



BANCA DATI

*S.F. Mussa*

# TECNICHE DI RESTAURO

**UTET**  
SCIENZE TECNICHE

# Tecniche di Restauro

1. Difesa
2. Deumidificazione
3. Smontaggi
4. Ricomposizioni
5. Pulitura
6. Consolidamenti
7. Integrazioni
8. Protezione
9. Manutenzione
10. Documentazione
11. Credits
12. Normativa

# 1. Disinfestazione

Introduzione. La difesa dei manufatti e degli spazi edilizi dagli agenti infestanti

Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni di natura vegetale (piante inferiori e superiori)

Disinfestazione del legno mediante applicazione di biocidi

Disinfestazione di vegetazione superiore e inferiore con trattamenti chimici

Sistemi fisici e indiretti per l'eliminazione di agenti biodeteriogeni

Fumigazione con gas tossici

Eliminazione di insetti mediante trappole

## 2. Deumidificazione

Introduzione. Deumidificazione E Difesa Delle Murature E Degli Ambienti Dall'Umidità

Deumidificazione con il metodo delle barre polarizzate

Depolarizzazione elettromagnetica

Intercettazione capillare

Elettrosmosi attiva

Elettrosmosi passiva

Drenaggio perimetrale e pozzi assorbenti

Applicazione di intonaco macroporoso

Deumidificazione mediante taglio della muratura

Deumidificazione mediante riduzione della sezione assorbente

Riduzione dei ponti termici

Vespaio orizzontale e verticale

Intercapedine esterna

Intercapedine interna con contromuro

Protezione delle fondazioni dall'umidità

Coperture ventilate o con interposizione di materiali termocoibenti

Climatizzazione degli ambienti

Trasformazione dei sali

# 3. Smontaggi, rimontaggi, demolizioni, rimozioni

Introduzione. Smontaggi e rimontaggi, demolizioni e rimozioni

Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici

Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei

Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei

Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura

Stacco a massello delle pitture murali

Trasferimento delle pitture murali: lo stacco e lo strappo

Rimozione e ricollocazione in situ di mosaici

Demolizione e rimozioni parziali nei manufatti architettonici

Ricomposizione per anastilosi

# 4. Ricomposizioni, riadesioni, ancoraggi

Introduzione. Ricomposizioni, riadesioni e ancoraggi nel restauro

Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi

Unione di parti fratturate con perni e spinotti

Consolidamento del sistema di aggancio di lastre lapidee

Riadesione di scaglie mediante adesivi

Riadesioni di distacchi tramite iniezioni

Riadesione di lastronature, impiallacciature e placature lignee

Ancoraggi puntuali di superfici musive

Incollaggio di materiali ceramici e vitrei

Riparazione mediante saldatura

Riadesione e integrazione di elementi metallici con adesivi o resine

Unione di parti lignee con perni e spinotti

# 5. Pulitura

Introduzione. La pulitura nel restauro architettonico

Pulitura con acqua nebulizzata mediante spruzzatore manuale

Pulitura con acqua nebulizzata o atomizzata

Pulitura con acqua atomizzata

Sistema di pulitura "Liquabrade"

Pulitura di superfici con spray d'acqua

Pulitura di superfici con spray d'acqua e getto di vapore

Pulitura di materiali lapidei con idrosabbiatura

Pulitura dei metalli mediante idrosabbiatura

Pulitura con i sistemi Jos e Rotec

Lavaggio con acqua demineralizzata o deionizzata

Pulitura mediante immersione in acqua

Tecnica del "gommage" per la pulitura delle superfici lapidee

Sabbiatura a secco

Microsabbiatura di superfici lapidee

Microsabbiatura di manufatti metallici

Pulitura con impacchi di argille adsorbenti

Pulitura dei materiali lapidei con impacco biologico

Descialbatura e desolfatazione o pulitura con resine a scambio ionico

Pulitura con tamponi o compresse imbevuti di prodotti detergenti

Pulitura con impacchi di carbonato di ammonio

Pulitura dei metalli con acido etilendiamminotetracetico (EDTA)

Pulitura mediante spazzolatura

Pulitura meccanica mediante bisturi e utensili appuntiti in genere

Asportazione di incrostazioni tramite martelletti o vibratorii

Pulitura per abrasione tramite piccole frese e mole

Pulitura di materiali lapidei mediante irraggiamento laser

Desalinazione dei materiali lapidei

Pulitura dei materiali lapidei con bagno elettrolitico

Rimozione dei materiali di ossidazione da metalli mediante riduzione elettrochimica

Pulitura dei metalli con soluzioni chelanti/complessanti-tiourea

Pulitura dei metalli con soluzione alcolica di ammoniacca

Pulitura con ultrasuoni in acqua deionizzata

Pulitura di metalli con sali di Rochelle

Pulitura a fiamma o ad aria calda

Pulitura disinfestante con sali quaternari

Pulitura dei metalli mediante sgrassaggio

Rimozione di vernici o smalti con sverniciatori chimici

Pulitura dei materiali lapidei con metodi enzimatici

Pulitura dei vetri con acqua distillata, demineralizzata o deionizzata

Pulitura di vetri con idrossido di idrazina e idrossilammonio cloruro

Pulitura del vetro con EDTA e bicarbonato di ammonio

Rimozione di macchie nere dai vetri

Pulitura con impacchi di agar agar



# 6. Consolidamenti e rinforzi

Introduzione. Consolidamenti e rinforzi

Preconsolidamento di superfici decoese

Consolidamento o realizzazione di sistemi di ancoraggio

Consolidamento con iniezioni

Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine

Consolidamento di manufatti mediante impregnazione sottovuoto

Adesione o incollaggio di frammenti e parti scollegate

Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio

Puntellature, centinature e armature provvisionali

Rinforzi e sostegni mediante speroni murari

Consolidamento e rinforzi con tiranti, stralli o catene

Tirantini antiespulsivi

Consolidamento di murature con betoncino armato

Diatoni artificiali

Risanamento del calcestruzzo con malte a ritiro controllato fibrorinforzate

Metodo dell'alluminato di calcio

Metodo del caseato di calcio

Metodo dell'applicazione di sospensioni stabili di idrossido di calcio

Riadesione e consolidamento di stucchi

Sostituzione del supporto di affreschi

Consolidamento con iniezione o colatura di malta a espansione

Desolfatazione e consolidamento col metodo del bario

Fissaggio della grisaglia con resine o cere

Doppiaggio di elementi vitrei

Consolidamento degli smalti ceramici con resine acriliche

Consolidamento e fissaggio di dorature su gesso e pietra

Consolidamento delle finiture dorate su oggetti di legno

Fissaggi e fermature di dorature su manufatti lignei

Consolidamento per impregnazione mediante fleboclisi

Unione di parti lignee con perni e spinotti

Consolidamento dei sistemi strutturali lignei

Consolidamento solai con apposizione all'estradosso di doppio tavolato

Consolidamento di solai con pannelli di legno all'estradosso

Apposizione di guance lignee (placcaggio laterale)

Consolidamento delle capriate e delle incavallature

Consolidamento dei solai con membrature per dimezzare l'interasse delle travi

Imbragatura di capriate

Inserimento di trave rompitratta

Consolidamento di membrature mediante viti autofilettanti e cerchiature

Riduzione della luce libera di una trave mediante saette

Rinforzo di travi lignee con profilato metallico al bordo superiore

Inserimento di trave lamellare all'interno di un solaio

Inserimento di profilato metallico all'interno di una trave

Appoggio supplementare per le testate di elementi strutturali lignei

Profilato metallico applicato al bordo inferiore della membratura

Rinforzo di elementi strutturali lignei con protesi in betoncino epossidico armato

Rinforzo di teste degradate delle travi con cuffie

Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche

Miglioramento delle condizioni di esercizio di una trave mediante mensole e appoggi supplementari

Ripristino delle giunzioni ai nodi di strutture lignee

Consolidamenti di solai lignei con soletta collaborante

Sostituzione di membratura lignea

Sostituzione di legno degradato con sostruzione di mattoncini di legno

Consolidamento di strutture lignee mediante tirantature

Traliccio interno realizzato con inserimento di barre di vetroresina

Rinforzo di strutture lignee con nuovi elementi resistenti

Consolidamento di strutture lignee mediante chiavarde o sogofese

Preconsolidamento di tessuti mediante imbastitura

Rinforzo delle murature con sistemi di confinamento attivo

Sistemi di consolidamento di architravi e piattabande

Impiego strutturale del titanio

# 7. Integrazioni

Introduzione. Le integrazioni in architettura

Risarcimento dei giunti di malta

Tassellatura dei materiali lapidei

Integrazione e consolidamento mediante "cuci-scuci"

Integrazione e "rincoccaiture" di murature

Integrazione mediante modellazione in opera di materiale plastico

Integrazioni di elementi lacunosi mediante formatura di impasti a banco o in opera

Integrazione dei mattoni alveolizzati o erosi

Integrazione mediante malte di resine epossidiche

Rappezzo di superfici con materiali a base cementizia applicati per colaggio

Reintegrazione/riadesione di intarsi lapidei

Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta

Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta

Integrazione di pavimento alla veneziana

Integrazione e consolidamento di controsoffitti

Integrazione di lacune mediante cassetta estraibile

Integrazione di lacune musive con tessere

Integrazione di lacune nei mosaici mediante impasti

Integrazione cromatica mediante tinteggiatura

Integrazione di lacune pittoriche mediante selezione e astrazione cromatica

Integrazione pittorica con colori a tratteggio

Connessione di parti separate mediante chiodatura

Integrazione mediante inserimento di tasselli lignei

Pulitura, consolidamento e integrazioni di dorature su gesso e pietra

Integrazione delle lacune di doratura su legno

Integrazione, pulitura e consolidamento di dorature su metalli

Stuccatura dei giunti tra piombo e vetro

## Integrazione di manufatti ceramici con impasti modellabili

# 8. Protezioni

Introduzione. Le tecniche di protezione dei manufatti

Impregnazione con prodotti a base di silicio

Protezione e impregnazione della pietra con prodotti impermeabilizzanti e/o consolidanti

Impregnazione con cere di marmi e pietre

Rivestimento e protezione superficiale con prodotti polimerici: silani, resine poliacriliche, resine viniliche, resine alchidiche

Protezione con il metodo del "ossalato di ammonio"

Impregnazione con perfluoropolietteri

Allontanamento dei volatili

Trattamento all'acqua di calce

Protezione antigraffiti

Integrazione delle lacune pittoriche a velatura

Protezione di creste di muri col metodo della foderatura di malta

Protezione di creste dei muri mediante spalmatura di malta e sassi infissi

Protezione di creste dei muri mediante strati di sacrificio

Protezione delle creste dei muri con bauletto di malta

Protezione di cornici e aggetti

Protezione del legno mediante applicazione di vernici o smalti

Protezione mediante inserimento di vetrate esterne

Protezione dei vetri con eteropolisilossani

Protezione delle tessere vitree con resine

# 9. Manutenzione

Introduzione. Manutenzione e restauro

Manutenzione di pavimenti alla veneziana

Manutenzione di pavimenti in cotto

Manutenzione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei

Manutenzione di pavimenti di marmo, ardesia, pietra

Manutenzione di tetti e coperture

Riparazione e manutenzione di infissi lignei

Restauro e manutenzione di elementi metallici

# 10. Documentazione

Introduzione. La documentazione di cantiere e la pratica del restauro

Documentazione fotografica dei lavori

Rilievi e misurazioni in corso d'opera

Resoconti, annotazioni, diario dei lavori

Prelievi, analisi e monitoraggi nel corso dei lavori

Collaudi, prove e controlli in corso d'opera

Simulazione degli interventi di restauro



# 11. Credits

Credits

# 12. Normativa

Reg. (CE) 16-12-2008 n. 1272/2008

D.Lgs. 3-12-2010 n. 205

Dir. Stato 9-2-2011

Reg. (CE) 25-10-2012 n. 1025/2012

## LA DIFESA DEI MANUFATTI E DEGLI SPAZI EDILIZI DAGLI AGENTI INFESTANTI

Per *disinfestazione*, in senso generale, si intende ogni operazione che tenda a distruggere piccoli animali, quali topi, arvicole, volatili, insetti, o vegetali che siano dannosi o invadenti<sup>1</sup>, mediante sistemi di lotta diversificati. Operazione non dissimile per finalità, ma volta alla distruzione di organismi con struttura biologica più semplice è la *disinfezione*, eseguita per mezzo di disinfettanti organici o inorganici (disinfezione chimica), con acqua in ebollizione, vapore d'acqua, calore secco o aria calda, radiazioni (disinfezione fisica, o più propriamente *sterilizzazione*), oppure per mezzo di filtri che trattengono i microbi (disinfezione meccanica)<sup>2</sup>.

Nel campo della salvaguardia dei beni culturali, lo scopo principale delle operazioni disinfestanti (o disinfettanti) è assicurare la sopravvivenza dei manufatti artistici, agendo sugli organismi che li infestano e che minacciano la loro integrità, con azioni meccaniche, chimiche o fisiche, spesso tra loro congiunte e legate al ciclo vitale degli organismi stessi.

Quasi tutte le operazioni di eliminazione degli attacchi biologici costituiscono per lo più adattamenti di sistemi di lotta agli organismi biodeteriogeni sviluppati in altri ambiti, con conseguenti limiti di applicabilità nel settore di nostro interesse, come d'altronde avviene spesso nel campo del restauro, anche rispetto ad altri problemi.

La questione di come fronteggiare aggressioni biologiche di varia natura si è posta in un primo momento, e con ricadute economiche e sociali di portata assai più rilevante, nel campo dell'igiene ambientale, in quello medico-sanitario, in quello agricolo e agro-alimentare e solo in parte in quello delle costruzioni. Si pensi, ad esempio, alle campagne di *derattizzazione* (eliminazione di topi e ratti), o di *disinsettazione* (lotta all'infestazione da insetti) attuate per assicurare la salubrità degli ambienti di vita dell'uomo e degli animali domestici oppure, in agricoltura, al *diserbo* (o *diserbatura*), impiegato per contrastare la diffusione anomala e incontrollata di specie vegetali concorrenti con quelle coltivate, con conseguente compromissione della resa dei raccolti. Ancora, si ricordi la disinfestazione preventiva, svolta a prescindere dal manifestarsi di un'aggressione biologica, delle derrate alimentari immagazzinate, per impedire lo sviluppo di muffe o di insetti, e attuata principalmente con sistemi di tipo fisico, per non contaminare gli alimenti con sostanze tossiche. Nel settore delle costruzioni, fin dalla prima metà del XIX secolo, i trattamenti industriali di preservazione del legno hanno avuto un precoce sviluppo in considerazione della pericolosità degli attacchi biologici per la durata del materiale.

I sistemi di eliminazione dei biodeteriogeni comunemente utilizzati possono essere suddivisi, rispetto ai mezzi impiegati, in disinfestazioni chimiche, fisiche e meccaniche.

Le disinfestazioni chimiche si basano sull'impiego di sostanze tossiche che, applicate con procedure diverse (a spruzzo, a pennello, mediante fumigazione, sottovuoto, a pressione ecc.) al manufatto, arrestano le funzioni vitali degli organismi parassiti. Questi metodi sono utilizzati nella eliminazione di moltissime aggressioni biologiche e su quasi ogni supporto, variando il tipo di biocida, la sua concentrazione e le metodiche applicative.

I sistemi fisici, invece, ricorrono alla variazione dei parametri ambientali fondamentali (temperatura, umidità e pressione) per indurre la cessazione dei processi vitali degli infestanti. A questo fine, sono utilizzate anche le radiazioni ionizzanti o le microonde, di recente sperimentazione.

I manufatti aggrediti da agenti biodeteriogeni sono posti in camere stagne, all'interno delle quali sono create e mantenute per un determinato tempo condizioni ambientali che impediscono la sopravvivenza degli organismi infestanti. Questi metodi sono impiegati soprattutto per l'eliminazione degli insetti dai manufatti realizzati con materiali organici e, in quest'ambito, assicurano elevata efficacia ma scarsa durata.

Infine, le disinfestazioni di tipo meccanico si basano sulla rimozione, manuale o mediante strumenti adatti (bisturi, raschietti, cesoie), dal manufatto o dall'ambiente in cui esso si trova, delle forme vitali che ne causano il degrado. Le disinfestazioni meccaniche utilizzate congiuntamente

con quelle chimiche costituiscono i sistemi forse più diffusi per l'eliminazione della vegetazione superiore dai siti, dagli edifici e dai resti archeologici, in quanto consentono di ridurre le dosi degli eventuali prodotti biocidi impiegati e sono adatti a interventi di tipo manutentivo da ripetersi ciclicamente.

#### **ASPETTI PROBLEMATICI DELLA DISINFESTAZIONE**

I problemi, gli interrogativi e i temi di riflessione posti dalle operazioni di disinfestazione (utilizzando tale termine in modo estensivo) sono molti. I più ricorrenti, nella letteratura e nel concreto operare, riguardano eminentemente la valutazione dell'effettiva necessità dell'eliminazione degli infestanti, l'efficacia dei trattamenti e la loro durata, gli effetti connessi con l'utilizzo di sostanze tossiche e le loro eventuali indesiderate interferenze con i materiali costitutivi dei manufatti, la loro nocività per l'uomo e i rischi di inquinamento ambientale.

Sono problemi che hanno dirette ricadute sul piano operativo e sembrano costituire il privilegiato campo di approfondimento scientifico e sperimentale. Ciò accade probabilmente perché molte sono ancora le lacune e le incertezze delle conoscenze sui meccanismi di degrado attivati da organismi viventi, ad esempio, sui materiali lapidei, forse anche a causa del fatto che gli studi sulle forme di biodeterioramento e sui sistemi di lotta usati per contrastarle sono molto recenti: le prime ricerche risalgono, infatti, agli anni settanta del XX secolo.

In realtà, di fronte a un manufatto che mostri i segni evidenti di un'infestazione biologica, prima ancora di decidere quale sistema di lotta adottare, appare innanzitutto opportuno chiedersi se sia sempre necessario procedere alla disinfestazione, e la risposta a questo interrogativo non dovrebbe dipendere unicamente da considerazioni di tipo tecnico, pure assai rilevanti.

La materia è, d'altronde, molto complessa, anche perché gli effetti degradanti indotti su un materiale o un manufatto da microorganismi di varia natura mutano molto tra un manufatto e un altro e, spesso, anche tra parti diverse di un medesimo oggetto e dipendono da numerosi fattori. Le condizioni climatiche, il tipo di substrato, la percentuale di umidità, la posizione e l'esposizione della parte aggredita, la contemporanea presenza di più forme biologiche influiscono sull'azione di deterioramento, mutandone le manifestazioni visibili e gli effetti nascosti.

Inoltre, risulta ancora difficile valutare l'effettiva pericolosità di molti attacchi biologici sui manufatti aggredibili e quindi la conseguente opportunità di eliminarli, tant'è che, al riguardo, le posizioni di molti esperti del settore sono contraddittorie. Spesso, poi, le superfici lapidee "pulite" possono essere più fragili, perché più porose o disgregate, a causa dell'attività biologica dell'infestante, perciò più facilmente aggredibili dagli agenti atmosferici o da nuove infestazioni.

Sembra inoltre confermato che determinate colonizzazioni biologiche, quali ad esempio alcune specie di licheni, svolgano un'azione protettiva delle superfici lapidee su cui sono insediate.

In numerosi casi, infatti, in corrispondenza di incrostazioni licheniche, si è riscontrata una ridotta presenza di altri fenomeni degradativi, quali, desquamazioni, polverizzazioni o efflorescenze. Questione ancora assai controversa appare, invece, il presunto legame tra le cosiddette patine a ossalato rinvenute sulla superficie di numerosi manufatti lapidei, e da alcuni ritenute protettive, e l'attività metabolica di alcune specie licheniche.

Tuttavia, qualora si riconosca necessario procedere alla disinfestazione, un'altra difficoltà consiste nel determinarne l'efficacia biocida del trattamento e la permanenza degli effetti.

Oggi si è in grado, mediante test di laboratorio e *in situ*, di valutare l'efficacia di un prodotto biocida, pur con i limiti di attendibilità di prove svolte su campioni coltivati in vitro o su limitate porzioni dei manufatti. Ma ciò è ancora cosa diversa rispetto alla valutazione dell'efficacia di un trattamento disinfestante, per la quale occorre tener conto di numerosi fattori, legati alla variabilità delle condizioni climatiche durante l'esecuzione dell'intervento, alle differenze di comportamento del substrato, alla maggiore o minore tenacità e resistenza degli agenti biodeteriogeni in relazione al tipo di aggressione e alla posizione della parte aggredita, solo per citarne alcuni. Fattori, questi, che rendono tale valutazione assai difficile e, spesso, affidata a sistemi empirici. I test preliminari sui prodotti sono in ogni caso utili (sempre se eseguiti con procedure codificate per fornire risultati utilizzabili e comparabili), in quanto aiutano nella scelta del tipo di prodotto, dei suoi dosaggi e dei modi di impiego più adatti in relazione al tipo, alla gravità dell'attacco e al substrato su cui sono applicati. Altrettanto importante appare la registrazione dei dati riguardanti i trattamenti disinfestanti realizzati per creare una più ampia e disponibile base di conoscenze per una proficua comparazione dei risultati delle diverse esperienze.

Un altro problema è rappresentato dal rischio che i trattamenti biocidi possano danneggiare il materiale che si intende risanare o quelli circostanti. Per ovviare a questi rischi, si tende a preferire, soprattutto nel caso di trattamenti di manufatti conservati in ambienti confinati, sistemi disinfestanti che non facciano uso di sostanze tossiche, anche perché queste, oltre a costituire un potenziale rischio per gli operatori, se trattenute all'interno del manufatto, possono rilasciare nel tempo componenti volatili nocive per le persone. Quando non è possibile rinunciare all'impiego di prodotti chimici biocidi, si prediligono quelli a bassa tossicità (III e IV classe tossicologica, secondo la legislazione vigente) che, tra l'altro, non richiedono particolari abilitazioni all'impiego da parte degli operatori ma che debbono essere caratterizzati da un ampio spettro di azione per non agevolare nuove colonizzazioni infestanti, anche più aggressive delle precedenti. Questi sistemi, meno dannosi per la salute e l'ambiente, hanno una limitatissima durata, se non sono accompagnati da azioni che modificano, ove possibile, le condizioni climatiche favorevoli all'attecchimento di nuovi organismi biodeteriogeni.

È dunque opportuno, ancor prima di scegliere qualsiasi intervento disinfestante, valutare la possibilità di variare le condizioni ambientali, e in particolare la temperatura, l'umidità relativa e il livello di illuminazione, per evitare la disinfestazione o di ritardare nuove colonizzazioni, a trattamento avvenuto. Il controllo del clima è possibile solo nel caso di ambienti confinati, come le sale dei musei, ma appare già difficoltoso, ad esempio, nelle chiese, a causa delle loro dimensioni e dell'articolazione spaziale.

Se è vero che le questioni tecniche aperte sono ancora molte e che occorre proseguire gli studi per migliorare la conoscenza dei fenomeni di biodeterioramento e l'efficacia dei trattamenti disinfestanti, sembra in ogni caso rischioso focalizzare l'attenzione su questi temi. Anzi, proprio la mancanza di certezze sul piano "scientifico" suggerisce l'opportunità di considerare anche gli aspetti di natura percettiva ed estetica, per evitare il rischio di operare scelte che si giustificano solo con l'adesione poco meditata alla prassi corrente.

Ogni operazione di disinfestazione, infatti, può causare mutamenti significativi nell'aspetto di un manufatto e di questi spesso non si tiene conto al momento di decidere se e come intervenire.

Si pensi, ad esempio, all'eliminazione di un manto di edera da un'architettura allo stato di rudere o all'ipotesi, estrema, di liberare dalla vegetazione i molti templi indiani o delle civiltà precolombiane completamente inglobati nei fusti e nelle radici aeree di alberi e rampicanti delle foreste tropicali. Un'azione così radicale potrebbe portare forse anche alla perdita di questi edifici, giacché, non di rado, le radici sono diventate al tempo stesso fattore disgregante e consolidante. In casi come questi, inoltre, il connubio tra architettura e vegetazione infestante può essere considerato esso stesso monumento e l'eliminazione della vegetazione, se pur risultasse salutare per il manufatto, potrebbe essere ritenuta fortemente lesiva per l'opera.

A considerazioni di questa natura va probabilmente ricondotta la scelta di lasciare alcuni templi del sito archeologico di Angkor, in Cambogia, nelle condizioni in cui furono trovati all'epoca della loro scoperta (fig. 1).

Anche considerando esempi meno emblematici, la presenza di vegetazione infestante gioca un ruolo non indifferente nella percezione di un qualsiasi manufatto. Così, come appare "ovvio", anche per ragioni di funzionalità e di sicurezza, rimuovere i ciuffi d'erba o i muschi cresciuti sui gradini di una scala d'accesso a un edificio, non è altrettanto ovvio, generalmente, eliminare un folto manto verde che parzialmente copra i muri esterni di una casa di campagna le cui componenti costruttive appaiano comunque in efficienza e sufficientemente protette dall'umidità, perché spesso consideriamo la vegetazione un elemento che "valorizza" l'edificio.

D'altronde, l'unione tra vegetazione e architettura è stata una delle principali componenti del gusto per il pittoresco e per le rovine, sviluppatosi tra Sette e Ottocento, gusto che esercita ancora una certa presa sulla nostra sensibilità estetica.

In definitiva, non sembra del tutto risolto il dilemma posto da Gustavo Giovannoni, quando, a proposito dei resti dell'abbazia cistercense di S. Maria di Valle Christi, presso Rapallo (GE), scrisse: "L'importante monumento romanico è tutto racchiuso in una verde veste d'edera che ne fa un insieme di mirabile bellezza pittoresca; ma questo stato di cose tende inesorabilmente a sgretolare e a rovinare il monumento, poiché [...] l'edera si abbarbica prepotente sulle pareti e sulle connessioni. E allora che fare? Togliercela e distruggere il bel quadro? Lasciarla e distruggere l'edificio? Diradarla e poterla, togliendola dai punti in cui produce maggiori danni e chiude le finestre, e paralizza le campane?"<sup>3</sup>.

## LE SCHEDE DELLA SEZIONE

Le tecniche comprese in questa sezione riguardano la distruzione di micro e macroorganismi che aggrediscono i manufatti lapidei o di origine organica, quali il legno, la carta, i tessuti, il cuoio.

Nella maggior parte dei casi, i sistemi per la disinfestazione agiscono direttamente sul manufatto aggredito, distruggendo gli organismi ospiti, e solo alcuni di essi esplicano la loro azione sugli agenti biodeteriogeni presenti nell'ambiente in cui si trova il bene infestato o a rischio di infestazione. Tra essi vi sono, ad esempio, le trappole per insetti o lo sfalcio periodico dell'erba.

Si è data quindi la prevalenza alle tecniche di disinfestazione diretta, limitando la trattazione di quelle ambientali ed escludendo i più estesi interventi di bonifica ambientale o i sistemi di climatizzazione degli ambienti confinati, in quanto, benché svolgano un ruolo importante nel controllo del degrado biologico, non possono essere comprese nelle disinfestazioni e richiedono approfondite trattazioni.

La lotta alle aggressioni biologiche che agiscono in profondità, come spesso avviene nel caso del legno, pone problemi operativi non indifferenti. Infatti, per assicurare la penetrazione di un prodotto all'interno, ad esempio, di un manufatto ligneo, si prediligono sistemi di immissione (sottovuoto, a pressione o a iniezione) che in molti casi richiedono la rimozione del pezzo da trattare dalla sua sede e, quindi, mostrano notevoli limiti di applicabilità alle componenti costruttive di un edificio. Alcuni metodi, però, sono stati adattati per renderne possibile un'applicazione *in situ*, almeno su parti di dimensioni limitate e isolabili dal manufatto al quale sono solidali, com'è per i serramenti o per una trave. Per il trattamento dei materiali lapidei – comprendendo in tale categoria anche i prodotti ceramici, le malte e gli intonaci – sono invece maggiormente diffusi i metodi di irrorazione superficiale, proprio perché l'aggressione biologica si concentra nelle parti più esterne dei manufatti.

Alcune schede, prima di affrontare la descrizione delle procedure operative delle tecniche, illustrano sinteticamente le manifestazioni evidenti del degrado indotto dai biodeteriogeni, i modi in cui le alterazioni si esplicano, i principali tipi di sostanze disinfestanti/disinfettanti oggi in uso, le loro caratteristiche biocide, le eventuali controindicazioni rispetto alla tossicità, all'interferenza con il substrato o a problemi interni alla stessa metodica applicativa (v. DSZ03 - Disinfestazione di vegetazione superiore e inferiore con trattamenti chimici; DSZ02 - Disinfestazione del legno mediante applicazione di biocidi). Queste schede costituiscono una sorta di introduzione utile anche per quelle altre che approfondiscono esclusivamente gli aspetti meramente esecutivi.

## Note

<sup>1</sup> Cfr. Aldo Duro (a cura di), *Vocabolario della lingua italiana*, Istituto dell'enciclopedia italiana, Roma, 1985-1996 alla voce *Disinfestazione*.

<sup>2</sup> G. Devoto, G. C. Oli, *Dizionario della Lingua Italiana*, Le Monnier, Firenze, 2000, alla voce *Disinfezione*.

<sup>3</sup> G. Giovannoni, *Il restauro dei Monumenti*, Cremonese, Roma, s.d., p. 85.



Figura 1 • Angkor (Cambogia), sito archeologico. Ta Prohm, unico complesso del sito mantenuto nelle condizioni in cui è stato scoperto.

**DSZ 01****ELIMINAZIONE MECCANICA DI AGENTI  
BIODETERIOGENI DI NATURA VEGETALE (PIANTE  
INFERIORI E SUPERIORI)****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La presenza di vegetazione infestante nei manufatti architettonici può determinare, in senso generale, un degrado di tipo "estetico" ma è in grado anche di provocare gravi forme di alterazione dei materiali e delle componenti costruttive, fino a indurre veri e propri dissesti di ordine strutturale. Per valutare tali rischi, è fondamentale la corretta identificazione e l'approfondita conoscenza degli agenti biodeteriogeni che interagiscono con i diversi substrati coinvolti dall'infestazione, ossia degli organismi vegetali che si sono insediati sul manufatto e di cui occorre valutare necessità e modi della eventuale rimozione che può essere eseguita, oltre che con mezzi chimici, anche con metodi meccanici.

In ogni caso, occorre anzitutto valutare il tipo di infestazione vegetale cui un manufatto è soggetto, e l'effettivo grado di pericolosità per la sua conservazione, ricordando che:

- le microalghe hanno un'azione sia diretta (ricoprente, meccanica, corrosiva) che indiretta, in quanto creano l'ambiente adatto all'ulteriore impianto anche di licheni, briofite (muschi ed epatiche) e tracheofite (piante) e di altri micro e macro organismi infestanti;
- i licheni agiscono invece creando fenomeni di copertura, decoesione, fratturazione e corrosione;
- le briofite (ossia muschi ed epatiche) e le tracheofite (ossia il gruppo di piante fornite di un sistema vascolare per la circolazione della linfa, comprendente le piante pteridofite e le spermatofite) hanno un'azione prioritaria di copertura, ma svolgono anche azioni meccaniche di disgregazione, penetrando all'interno dei materiali e degli elementi costruttivi.

Lo sviluppo di alghe, licheni e muschi, è generalmente favorito dalla presenza di un piccolo strato di humus, formato dal deposito di particolato atmosferico e di materiale organico di varia origine (guano di volatili, deiezioni animali in genere ecc.). La colonizzazione del manufatto da parte di tali organismi vegetali, inoltre, è segnale inequivocabile della presenza di un elevato tasso di umidità e ciò riveste particolare interesse per l'intero processo analitico e diagnostico che ogni intervento di risanamento richiede sia svolto sul manufatto e sul suo ambiente.

Le piante superiori svolgono un'azione distruttiva principalmente attraverso la pressione esercitata all'interno del manufatto dall'accrescimento del loro apparato radicale che può spingersi entro le discontinuità e le macrofratture preesistenti, o crearne di nuove producendo notevoli danni meccanici, quali il distacco degli intonaci o la caduta di muri, oltre a facilitare l'accesso dell'acqua all'interno della costruzione innescando ulteriori processi di degrado.

Per converso, occorre tuttavia ricordare come vi siano numerosi casi (ad es., molti templi dell'America centrale o del subcontinente indiano) in cui le radici di grandi piante arboree, paradossalmente, "tengono insieme" i resti architettonici di antichi monumenti. Simili casi, insieme ad altre ragioni più oltre evidenziate, inducono a esaminare attentamente origini, forme e agenti delle infestazioni vegetali e valutare con altrettanta cautela l'effettiva necessità e utilità della loro rimozione per evitare che essa provochi più danni di quanti non ne possa risolvere.

Anche l'azione chimica esercitata dalle sostanze organiche acide (quali l'acido 2-chetogluconico, ossalico e citrico) normalmente liberate dalle piante attraverso le radici, possono provocare consistenti danni al manufatto entro cui si sono sviluppate, contribuendo ad esempio alla solubilizzazione dei componenti minerali dei materiali cui sono ancorate.

Il problema della rimozione della vegetazione infestante (piante erbacee, arbustive e arboree) interessa molti manufatti architettonici esposti all'aperto (compresi quelli ricadenti in zone archeologiche e di scavo), soprattutto in climi caldi e umidi e in presenza di condizioni ambientali e climatiche favorevoli all'attecchimento e alla crescita dei diversi organismi.



In ogni caso e in termini generali, si può anzitutto ricordare che l'eliminazione meccanica di incrostazioni biologiche può essere effettuata tramite l'utilizzo di spatole, bisturi e spazzole, e con l'eventuale ricorso all'uso di acqua nebulizzata per ammorbidire la superficie delle incrostazioni, e alle tecniche di microsabbatura, anche se queste possono erodere e rovinare il substrato, ragione per cui il loro uso è altamente sconsigliato. Tali metodi, inoltre, sono spesso associati all'impiego di biocidi di vario genere (v. DSZ03 - Eliminazione vegetazione superiore e inferiore mediante trattamenti chimici).

Le piante superiori, invece, possono essere eliminate mediante taglio o mediante strappo (quest'ultimo esclusivamente in presenza di erbe e vegetazione inferiore non arbustiva né tanto meno arborea per evitare danni al manufatto), impiegando talvolta contemporaneamente erbicidi specifici (v. DSZ03 - Eliminazione vegetazione superiore e inferiore mediante trattamenti chimici).

#### CAMPI DI APPLICAZIONE

Gli interventi di disinfestazione meccanica devono essere sempre valutati caso per caso, tenendo conto di diversi parametri, quali la quantità di vegetazione da eliminare, la loro specie biologica, le condizioni di conservazione, stabilità e salubrità del manufatto architettonico, ricorrendo per questo a opportuni accertamenti analitici e diagnostici.

La rimozione meccanica di microvegetali, attuata con spazzole, bisturi e/o con microsabbatura deve preferibilmente essere limitata a superfici coerenti e compatte, poiché questi strumenti e i modi con cui sono utilizzati potrebbero provocare raschiature, lesioni o altri danni al substrato.

Quando si è in presenza di piante superiori infestanti, è inoltre importante capire di quale specie si tratti e i processi di accrescimento dei relativi apparati radicali, per verificarne la effettiva pericolosità.

A questo proposito, si riporta nella tabella 1 un elenco comprendente le più comuni specie vegetali infestanti e il loro "indice di pericolosità" [tratto dal testo: Rosa Lo Giudice e Antonia Cristaudo, *Biodeteriogeni vegetali dei complessi monumentali e archeologici della città di Enna*, in Quad. Bot. Ambientale Appl., 6 (1995), pp. 173-76]. L'"indice di pericolosità" è un indice numerico che esprime sinteticamente, per ciascuna specie vegetale, la pericolosità nei confronti dei manufatti architettonici. Esso varia da un minimo di 0 a un massimo di 10: le specie con I.P. da 0 a 3 sono considerate poco pericolose, con I.P. da 4 a 6 mediamente pericolose, con I.P. 7 e oltre molto pericolose.

	FORMA BIOLOGICA	TIPO COROLOGICO	I.P.	
<i>Aegilops geniculata</i>	T scap	Steno-Medit.-Turan.	(0.0.0)	0
<i>Avena barbata</i>	T scap	Euri-Medit.-Turan.	(0.0.0)	0
<i>Avena sterilis</i>	T scap	Euri-Medit.-Turan.	(0.0.0)	0
<i>Bromus gussonei</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.0)	0
<i>Bromus madritensis</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.0)	0
<i>Bromus rubens</i>	T scap	S.-Medit.-Turan.	(0.0.0)	0
<i>Catapodium rigidum</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.0)	0
<i>Cynosurus echinatus</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.0)	0
<i>Cynosurus elegans</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.0)	0
<i>Dasypirum villosum</i>	T scap	Euri-Medit.Turan.	(0.0.0)	0
<i>Digitaria sanguinalis</i>	T scap	Cosmop.	(0.0.0)	0
<i>Hordeum leporinum</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.0)	0

<i>Lagurus ovatus</i>	T caesp	Euri-Medit.	(0.0.0)	0
<i>Lophochloa cristata</i>	T caesp	Subcosmop.	(0.0.0)	0
<i>Poa annua</i>	T caesp	Cosmop.	(0.0.0)	0
<i>Polypogon monspeliensis</i>	T scap	Paleosubtrop.	(0.0.0)	0
<i>Setaria verticillata</i>	T scap	Termocosmop.	(0.0.0)	0
<i>Vulpia ciliata</i>	T caesp	Euri-Medit.	(0.0.0)	0
<i>Amaranthus deflexus</i>	T scap	Sudamer.	(0.0.1)	1
<i>Anthemis arvensis subsp. Arvensis</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Arabis verna</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Arenaria leptoclados</i>	T scap	Paleotemp.	(0.0.1)	1
<i>Blackstonia perfoliata</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Borago officinalis</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Campanula erinus</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Cardamine hirsuta</i>	T scap	Cosmop.	(0.0.1)	1
<i>Cerastium glomeratum</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.1)	1
<i>Cerastium pentandrum</i>	T scap	Euri-Medit.Turan.	(0.0.1)	1
<i>Chenopodium vulvaria</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Chrysanthemum coronarium</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Crupina crupinastrum</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Erodium cicutarium</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.1)	1
<i>Erophila verna</i>	T scap	Circumbor.	(0.0.1)	1
<i>Euphorbia helioscopia</i>	T scap	Cosmop.	(0.0.1)	1
<i>Fumaria officinalis subsp. wirtgenii</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.1)	1
<i>Galium murale</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Geranium lucidum</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Geranium molle</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.1)	1
<i>Geranium rotundifolium</i>	T scap	Paleotemp.	(0.0.1)	1
<i>Hyosciamus albus</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Hypochoeris achyrophorus</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Lamium amplexicaule</i>	T scap	Paleotemp.	(0.0.1)	1
<i>Medicago hispida</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Medicago orbicularis</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Medicago truncatula</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Melilotus sulcata</i>	T scap	S-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Mimuartia mediterranea</i>	T scap	NW-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Papaver rhoeas</i>	T scap	E-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Parentucellia latifolia</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Polycarpon diphylllum</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Portulaca oleracea</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.1)	1
<i>Sagina apetala</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Saxifraga tridactylites</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Scorpiurus subvillosus</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Sedum hispanicum</i>	T scap	ES-Europ.	(0.0.1)	1
<i>Senecio vulgaris</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Sheradia arvensis</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Silene nocturna</i>	T scap	S-Medit.-Macarones	(0.0.1)	1
<i>Sinapis alba</i>	T scap	E-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Sisymbrium officinale</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.1)	1
<i>Sisymbrium polyceratum</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Stellaria pallida</i>	T scap	Paleotemp.	(0.0.1)	1
<i>Triflium campestre</i>	T scap	Paleotemp.	(0.0.1)	1
<i>Trifolium nigrescens</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Trifolium scabrum</i>	T rept	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Trifolium stellatum</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1

<i>Urtica membranacea</i>	T scap	S-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Valantia muralis</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Veronica arvensis</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.1)	1
<i>Veronica cymbalaria</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Veronica hederifolia</i>	T scap	Eurasiat.	(0.0.1)	1
<i>Vicia villosa</i> subsp. <i>varia</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.1)	1
<i>Aster squamatus</i>	T scap	Neotropic.	(0.0.2)	2
<i>Astragalus amosus</i>	T scap	Medit.-Turan.	(0.0.2)	2
<i>Atriplex rosea</i>	T scap	Centroasiat.-Euri-Medit.	(0.0.2)	2
<i>Capsella bursa – pastoris</i>	H bienne	Cosmop.	(1.0.1)	2
<i>Chenopodium album</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.2)	2
<i>Conyza albida</i>	T scap	America tropic.	(0.0.2)	2
<i>Conyza bonariensis</i>	T scap	America tropic.	(0.0.2)	2
<i>Echium plantagineum</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.2)	2
<i>Inula graveolens</i>	T scap	Medit-Turan.	(0.0.2)	2
<i>Lavatera trimestis</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.2)	2
<i>Linaria reflexa</i>	T rept	SW-Medit.	(0.1.1)	2
<i>Pallensis spinosa</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.2)	2
<i>Parietaria lusitanic</i>	T rept	Steno-Medit.	(0.1.1)	2
<i>Picris echioides</i>	T scap	Euri-Medit.	(0.0.2)	2
<i>Reseda alba</i>	T scap	Steno-Medit.	(0.0.2)	2
<i>Sisymbrium irio</i>	T scap	Paleotemp.	(0.0.2)	2
<i>Solanum nigrum</i>	T scap	Cosmop.	(0.0.2)	2
<i>Spergularia rubra</i>	T scap	Subcosmop.	(0.0.2)	2
<i>Stellaria media</i> subsp. <i>cupaniana</i>	T rept	Cosmop.	(0.1.1)	2
<i>Stellaria media</i> subsp. <i>media</i>	T rept	Cosmop.	(0.1.1)	2
<i>Hirschfeldia incana</i>	H scap	Medit. Macarones	(0-1.0.2)	2-3
<i>Sonchus oleraceus</i>	T scap	Eurasiat.	(0-1.0.2)	2-3
<i>Sonchus tenerrimus</i>	T scap	Steno-Medit.	(0-1.0.2)	2-3
<i>Adiantum capillus veneris</i>	G rhiz	Pantropic.	(2.1.0)	3
<i>Agrostis stolonifera</i>	H rept	Circumbor.	(2.1.0)	3
<i>Allium ampeloprasum</i>	G bulb	Euri-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Allium subhirsutum</i>	G bulb	Steno-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Arrhenatherum elatius</i> subsp. <i>erianthum</i>	H caesp	Paleotemp.	(2.1.0)	3
<i>Asphodeline lutea</i>	G rhiz	E-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Carduus Pycnocephalus</i>	H bienne	Euri-Medit. Turan.	(1.0.2)	3
<i>Centaurea nicaeensis</i>	H bienne	SW-Steno-Medit.	(1.0.2)	3
<i>Crepis vescicaria</i>	T scap	Submedit.-Subatl.	(1.0.2)	3
<i>Daucus carota</i>	H bienne	Subcosmop.	(1.0.2)	3
<i>Dipsacus fullonum</i>	H bienne	Eurimedit.	(1.0.2)	3
<i>Dalium aparine</i>	T scap	Eurasiat.	(0.2.1)	3
<i>Isatis tinctoria</i>	H bienne	SE-Asiat.	(1.0.2)	3
<i>Picris hieracioides</i>	H bienne	Eurosib.	(1.0.2)	3
<i>Poa bulbosa</i>	H caesp	Paleotemp	(2.1.0)	3
<i>Poa sylvicola</i>	H caesp	Euri-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Polygon arenastrum</i>	T rept	Subcosmop.	(0.1.2)	3
<i>Saxifraga bulbifera</i>	H scap	NE-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Scabiosa maritima</i>	H bienne	Steno-Medit.	(1.0.2)	3
<i>Sedum clausianum</i>	Ch succ	Euri-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Sedum dasyphyllum</i> var. <i>glanduliferum</i>	Ch succ	Euri-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Trisetum flavescens</i>	H caesp	Eurasiat.	(2.1.0)	3
<i>Umbilicus horizontalis</i>	G bulb	Steno-Medit.	(2.1.0)	3
<i>Crepis leontodontoides</i>	H ros	W-Medit.-Mont.	(2.1.1)	4
<i>Cymbalaria muralis</i>	H scap	Subcosmop.	(2.1.1)	4

<i>Cynodon dactylon</i>	G rhiz	Cosmop.	(2.2.0)	4
<i>Dactylis Glomerata</i>	H caesp	Paleotemp.	(2.2.0)	4
<i>Dactylis hispanica</i>	H caesp	Steno-Medit.	(2.2.0)	4
<i>Datura stramonium</i>	T scap	Cosmop.	(0.2.2)	4
<i>Ecballium elaterium</i>	G bulb	Euri-Medit.	(2.1.1)	4
<i>Epilobium tetragonum</i> subsp. <i>tournefortii</i>	H scap	Paleotemp.	(2.1.1)	4
<i>Festuca circummediterranea</i>	H caesp	Euri-Medit.	(2.2.0)	4
<i>Hypericum perforatum</i>	H scap	Subcosmop.	(2.1.1)	4
<i>Lobularia maritima</i>	H scap	Steno-Medit.	(3.0.1)	4
<i>Opuntia ficus-indica</i>	P suc	Neotropic.-Natural.	(4.0.0)	4
<i>Oryzopsis miliacea</i>	H caesp	Steno-Medit.-Turan.	(2.2.0)	4
<i>Oxalis corniculata</i>	H rept	Euri-Medit.	(2.1.1)	4
<i>Samolus valerandi</i>	H scap	Subcosmop.	(2.1.1)	4
<i>Sedum rupestre</i>	Ch succ	W e Centroeurop.	(2.2.0)	4
<i>Teucrium polium</i>	Ch suffr	Steno-Medit.	(3.0.1)	4
<i>Veronica anagallis-aquatica</i>	H scap	Cosmop.	(2.1.1)	4
<i>Achillea ligustica</i>	H scap	Steno-Medit. Occid.	(2.1.2)	5
<i>Anthyllis vulneraria maura</i>	H scap	SW-Medit. (Steno-)	(2.1.2)	5
<i>Antirrhinum siculum</i>	Ch frut	Endem	(3.0.2)	5
<i>Asperula cynanchica</i>	H scap	Euri-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Ballota nigra</i> ssp. <i>Uncinata</i>	H scap	Steno-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Calamtha nepeta</i>	H scap	Medit.-Mont. (Euri)	(2.1.2)	5
<i>Calendula suffruticosa</i> subsp. <i>fulgida</i> var. <i>fulgida</i>	Ch suffr	Medit.centro-Orient.	(3.0.2)	5
<i>Centranthus ruber</i>	Ch suffr	Steno-Medit.	(3.0.2)	5
<i>Convolvulus althaeoides</i>	H scand	Steno-Medit.	(2.2.1)	5
<i>Convolvulus elegantissimus</i>	H scand	Steno-Medit.-Or.	(2.2.1)	5
<i>Crepis bursifolia</i>	H scap	Endem.	(2.1.2)	5
<i>Dianthus sylvestris</i> subsp. <i>garganicus</i>	H scap	Medit.-Mont.	(2.1.2)	5
<i>Diploxys crassifolia</i>	Ch suffr	S-Medit.	(3.0.2)	5
<i>Erysinum cheiri</i>	Ch suffr	Euri-Medit.	(3.0.2)	5
<i>Euphorbia rigida</i>	Ch suffr	S-Europ.-Pontica	(3.0.2)	5
<i>Galium lucidum</i>	H scap	Euri-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Hyoseris radiata</i>	H ros	Steno-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Hypericum hircinum</i>	NP	Steno-Medit.	(4.0.1)	5
<i>Hypocoeris cretensis</i>	H scap	Orof.-NE-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Hypocoeris laevigata</i>	H ros	SW-Medit.-Mont.	(2.1.2)	5
<i>Hypocoeris radicata</i>	H ros	Europ.-Caucas.	(2.1.2)	5
<i>Inula viscosa</i>	H scap	Euri-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Lotus cytisoides</i>	Ch suffr	Steno-Medit.	(3.0.2)	5
<i>Malva Sylvestris</i>	H scap	Subcosmop.	(2.1.2)	5
<i>Matthiola fruticulosa</i>	Ch suffr	Endem.	(3.0.2)	5
<i>Medicago lupulina</i>	T scap	Paleotemp.	(2.1.2)	5
<i>Micromeria canescens</i>	Ch suffr	Endem.	(3.0.2)	5
<i>Micromeria graeca</i>	Ch suffr	Steno-Medit.	(3.0.2)	5
<i>Pinpinella anisoides</i> var. <i>gussonei</i>	H scap	Endem.	(2.1.2)	5
<i>Plantago serraria</i>	H ros	Steno-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Psoralea bituminosa</i>	H scap	Euri-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Reichardia picroides</i>	H scap	Steno-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Reseda lutea</i>	H scap	Europ.	(2.1.2)	5
<i>Salvia verbenaca</i>	H scap	Medit. Atl.	(2.1.2)	5
<i>Sanguisorba minor</i>	H scap	Subcosmop.	(2.1.2)	5
<i>Silene fruticosa</i>	Ch suffr	NE-Medit.	(3.0.2)	5
<i>Silene italica</i>	H ros	Euri-Medit.	(2.1.2)	5
<i>Silene vulgaris</i>	H scap	Subcosmop.	(2.1.2)	5

Tab. 1 tratta da R. Lo Giudice, A. Cristaudo, *Biodeteriogeni vegetali dei complessi monumentali e archeologici della città di Enna, Sicilia Orientale*, in "Quaderni di Botanica Ambientale Applicata", n. 6, 1995, pp. 173-76

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

##### *Eliminazione di microvegetali:*

L'eliminazione meccanica di microvegetali dai manufatti esposti all'aperto, avviene principalmente utilizzando spazzole rigide, bisturi, spatole e, in alcuni casi, macchine microsabbiatrici (queste ultime sono tuttavia da evitarsi). Le piante inferiori, infatti, non hanno vere e proprie radici ma solo delle rizine (ife o apteri) facilmente asportabili e generalmente poco dannose per i supporti cui sono ancorate poiché scarsa è la loro penetrazione all'interno dei manufatti. In presenza di licheni crostosi, molto spessi e tenaci, la rimozione meccanica è in genere preceduta da un trattamento che prevede di stendere sul manufatto, a pennello o a spruzzo, una soluzione di ammoniaca diluita in acqua al 5%, per ottenere un ammorbidimento e un gonfiamento del tallo che ne favorisca la successiva rimozione meccanica.

##### *Eliminazione di macrovegetali:*

Gli strumenti impiegati per il taglio e lo strappo di macrovegetali o di piante superiori, infestanti sono seghe elettriche e/o manuali, forbici, accette, asce, puntoni, corde e funi, scalpelli e mazze.

Nei climi temperati, le piante che più frequentemente intaccano i manufatti architettonici sono rappresentate da specie di tipo erbaceo o cespuglioso (tra esse le: *Cynodon dactylon*, *Melica minuta*, *Parietaria officinalis*, *Capparis spinosa*, *Ceterach officinarum*, *Hedera helix*), e la loro estirpazione, per essere efficace, deve interessare anche l'apparato radicale, poiché potrebbe rigettare una nuova pianta. Questa operazione richiede la massima attenzione, in quanto le piante superiori si sviluppano soprattutto nei giunti di connessione o nelle discontinuità ove non vi è più la malta utilizzata originariamente per connettere tra loro gli elementi componenti delle strutture, oltre che nei vuoti esistenti tra suolo di fondazione e struttura muraria, quindi si rischierebbe in questi casi la rottura di parti del manufatto interessato.

In ogni caso, è bene sottolineare, che la rimozione meccanica dei vegetali infestanti avrà un effetto duraturo solo se si provvederà anche a creare condizioni che prevengano o riducano l'insorgere di nuovi attacchi biologici, intervenendo sull'umidità, la temperatura, la luce (con maggiore difficoltà) o eliminando l'apporto degli elementi di nutrizione degli organismi che si intende eliminare. Tali accorgimenti sono però difficili da applicare *in situ* e appare perciò più semplice ed efficace l'utilizzo associato delle tecniche di asportazione meccanica con quelle basate sull'uso di biocidi ed erbicidi specifici, a seconda che si voglia attuare un diserbo totale, temporaneo o selettivo (v. DSZ03 - Eliminazione vegetazione superiore e inferiore mediante trattamenti chimici).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

I metodi di disinfestazione meccanica hanno spesso il difetto di non assicurare risultati duraturi, in quanto non sempre sono in grado di arrestare completamente l'attività vegetativa degli organismi che s'intende eliminare. Inoltre, soprattutto nei casi in cui si debba agire su piante superiori, è importante valutare l'effettivo beneficio che deriverebbe dalla loro estirpazione, considerando diversi fattori, tra i quali lo stato di conservazione del manufatto architettonico, la crescita dell'apparato radicale, l'indice di pericolosità e i caratteri microclimatici dell'ambiente in cui il manufatto è inserito.

Non è pertanto automatico né necessario decidere di eliminare il biodeteriogeno, poiché questo potrebbe anche svolgere un'azione protettiva o addirittura di natura preconsolidante nei confronti del manufatto e delle sue componenti (si vedano i già citati casi dei templi Maia che sono ormai un tutt'uno con le radici dei grandi alberi della foresta andina) e occorre pertanto valutare se la specie vegetale infestante possa essere dannosa alla conservazione del manufatto o se, addirittura, la sua rimozione possa provocare danni peggiori alle strutture superstiti. In alcuni casi, infatti, l'apparato radicale di piante infestanti, quali la *Capparis spinosa*, *Pinus pinea* e *Quercus ilex*, può penetrare nel substrato in modo tale da raggiungere anche una profondità di diversi metri (10-20), per cui l'estirpazione meccanica provocherebbe il distacco degli intonaci e la caduta dei muri.

#### **ESPERIENZE**

Gruppo scultoreo posto nel giardino di Boboli, Firenze: asportazione meccanica di cuscinetti di muschio.

Colosso dell'Appennino del Giambologna, villa Demidoff a Pratolino, Firenze: eliminazione meccanica associata a biocidi di piante infestanti.

Fattoria fortificata di Ospedaletto, Siena: eliminazione meccanica di una grossa pianta di edera (*Hedera helix*).

Ossuccio (CO), Campanile della Chiesa di S. Maria Ospedaletto, 2006: applicazione biocida ed eliminazione manuale di biodeteriogeni.

Padova, Bastione di S. Giovanni: eliminazione meccanica e manuale di piante infestanti. Per radici più grandi: iniezione di prodotto devitalizzante (Glifosate).

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Balzarotti-Kämmlein R. 2000; Caneva G. 1985, pp. 199-209; Caneva G., Nugari M. P., Salvadori O. 1994; Caneva G., Nugari M. P., Pinna D., Salvadori O. 1996; Monte M. 1991; Nimis P. L., Pinna D., Salvadori O. 1992; Tiano P. 1991.

Carria F., *La conservazione delle facciate, materiali e tecniche per il recupero*, Tecniche Nuove, Milano, 2004

Carbonara G., *Atlante del Restauro*, Vol. VIII, Utet, 2004

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Dal momento che il legno è costituito da sostanze organiche, le principali cause che ne possono determinare il degrado sono di natura biologica, e sono riconducibili all'azione di vari organismi, quali batteri, funghi, insetti ecc.

In estrema sintesi, dunque, i fattori che maggiormente influenzano il biodegradamento del legno sono due:

— la durabilità naturale della specie legnosa, definita come la sua capacità di resistere all'attacco di organismi che trovano nutrimento nei costituenti chimici della parete cellulare (cellulosa, lignina, emicellulosa) delle sue fibre o nelle sostanze di riserva delle sue cellule parenchimatiche (zuccheri, amidi);

— le condizioni ambientali (temperatura, umidità relativa e, in genere, caratteri del microclima in cui la pianta vive o l'elemento è conservato, esposizione agli agenti atmosferici, e/o al contatto accidentale con l'acqua, nei suoi diversi possibili stati – liquido, aeriforme, solido...) in cui il manufatto ligneo si trova durante il suo ciclo utile quale elemento dell'architettura.

Per limitare, perciò, gli effetti del degrado del legno, s'interviene spesso su di esso con trattamenti di carattere preventivo e/o curativo.

Un trattamento preventivo protegge il legno dall'insediamento e dallo sviluppo di organismi di varia natura (ad es. impedendo agli insetti di deporre le uova sulle superfici e nelle cavità interne di un manufatto, o impedendo alle spore fungine di svilupparsi insinuando le loro ife entro le fibre legnose). La durata nel tempo dell'azione protettiva dipende dal tipo di sostanza impiegata (prodotti chimici biocidi) e dalle procedure della loro applicazione (a pressione, a immersione, a spruzzo, a pennello). Ad esempio essendo il legno un materiale altamente poroso, la tecnica per immersione si presta bene alla disinfestazione preventiva da insetti xilofagi e funghi, facendo penetrare il biocida negli strati interni, per una profondità che dipende anche dal tempo d'applicazione. In questo caso, s'immerge il manufatto da disinfestare, per periodi più o meno lunghi, in un apposito recipiente nel quale il livello del prodotto biocida è fatto aumentare gradualmente fino a ricoprire del tutto l'oggetto.

Un trattamento curativo, invece, mira a distruggere gli organismi già presenti all'interno del legno, come uova, larve, insetti, micelio fungino, impedendo il progredire l'espansione della colonia da essi costituita e, di conseguenza, del danno da essi provocato con progressivo interessamento del materiale ancora sano.

Perciò, l'intervento curativo può avvenire sia utilizzando mezzi fisici (ad es. con un innalzamento della temperatura mediante insufflazione nell'ambiente d'aria calda, l'eliminazione dei fenomeni di condensa e delle infiltrazioni d'acqua nel manufatto, uso di particolari radiofrequenze o di radiazioni gamma ecc.) sia ricorrendo a mezzi chimici (gas tossici, soffocamento mediante sottrazione di ossigeno, applicazione biocida) in grado di eliminare le condizioni favorevoli all'attecchimento e alla vita dei diversi organismi biodeteriogeni. L'applicazione di biocidi per l'eliminazione di microrganismi patogeni infestanti può avvenire mediante sottovuoto, iniezione e a pressione.

Il trattamento sottovuoto del legno può avere due scopi:

1) da un lato la condizione di rarefazione dell'aria unita a una forte riduzione della pressione e dell'umidità ambientale può provocare la morte, per anossia, disidratazione e per modificazioni dell'equilibrio omeostatico cellulare, degli organismi patogeni (efficace soprattutto contro gli insetti) contenuti nell'oggetto sottoposto al vuoto;

2) dall'altro lato il vuoto può migliorare la penetrazione dei prodotti biocidi all'interno dei pori del legno.

Quando si utilizza l'ambiente sottovuoto per l'impregnazione di un manufatto con sostanze di vario tipo e con finalità diverse, esso è generalmente anche associato all'applicazione di una sovrappressione.

I sistemi di disinfestazione basati sull'applicazione di biocidi sottovuoto sono di due tipi: a cellula piena e a cellula vuota. Con tali locuzioni si intendono i casi in cui la sostanza introdotta riempie le cellule legnose oppure le riveste solamente con un film. I due procedimenti costituiscono due brevetti diversi: il primo, noto come sistema Bethell, dal nome del suo inventore, si basa su un ciclo vuoto-pressione-vuoto; mentre il secondo, conosciuto come sistema Rueping si basa su un ciclo pressione-pressione-vuoto. Da questi sistemi sono derivate numerose varianti.

La disinfestazione mediante applicazione di biocidi a iniezione, con o senza pressione, consiste nell'iniettare, all'interno del manufatto ligneo, un prodotto biocida che, secondo l'impregnabilità dell'oggetto stesso, penetrerà a livello più o meno superficiale.

La penetrazione nel legno del prodotto dipende principalmente da due fattori:

a) la porosità del legno (che varia secondo la specie legnosa e il grado di attacco da parte di insetti: maggiore è l'attacco, maggiore è la porosità);

b) il tipo di biocida impiegato: i biocidi oleosi sono adatti solo per legni stagionati, mentre quelli salini penetrano bene nel materiale fresco di taglio (la penetrazione è da 2 a 5 volte superiore a quella nel legno stagionato nella direzione delle fibre, e da 1,2 a 2 volte in direzione trasversale).

In ogni caso, le principali caratteristiche delle sostanze biocidi da impiegare nel trattamento a iniezione sono:

- debole viscosità, per consentire facile penetrazione all'interno del legno;
- temperatura di ebollizione abbastanza elevata, per evitare il rapido drenaggio dei composti particolarmente volatili.

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Conoscere la durabilità naturale del legno e la sua naturale resistenza all'aggressione dei vari organismi che potenzialmente ne possono determinare il degrado è quindi di estrema importanza, sia in termini progettuali, per scegliere la specie legnosa più adatta per le condizioni di impiego previste in un intervento di restauro che preveda l'impiego di nuovi elementi lignei, sia in termini terapeutici, per determinare il tipo di trattamento preventivo o curativo più efficace per contrastare ed eliminare gli attacchi presenti.

La preservazione del materiale deve tuttavia iniziare già nella fase dell'abbattimento del tronco da cui l'elemento costruttivo sarà ricavato. I tronchi appena abbattuti, infatti, non essiccano facilmente e l'umidità che essi naturalmente contengono continua a esercitare un'azione favorevole allo sviluppo ad esempio dei funghi (la crescita di tali organismi è legata a valori di UR > 20%) e di altri organismi vegetali e animali. In questo caso, perciò, occorre anzitutto adottare le seguenti misure preventive:

- permettere una buona aerazione tra i tronchi (una volta accatastati in segheria o in deposito), ponendo tra i diversi strati delle loro cataste alcuni listelli sani che impediscono il reciproco contatto diretto tra i diversi elementi;
- eseguire una completa immersione dei tronchi in acqua dolce (poiché in questo modo si dilavano gli amidi in essi contenuti e se ne aumenta così la durabilità);
- attuare un trattamento dei tronchi tagliati utilizzando prodotti preservanti applicati per immersione, a spruzzo o per immissione sottovuoto.



Il legno, una volta messo in opera, va tuttavia incontro a ulteriori possibili processi di degrado che possono essere causati da diversi fattori di natura biologica, fisica, chimica o meccanica, variamente connessi anche a errori costruttivi, a modifiche degli schemi strutturali, a particolari condizioni ambientali aggressive legate agli usi dei manufatti o alla mancata loro manutenzione. Per quanto riguarda poi l'attacco da organismi infestanti, di origine animale o vegetale, occorre sottolineare che il degrado da essi provocato varia sensibilmente, per intensità, estensione ed esiti, in relazione alle varie specie coinvolte.

Sia gli insetti, che i funghi e i batteri lasciano inevitabilmente tracce più o meno profonde nel legno, in conseguenza dei loro stessi processi vitali, e saperle individuare e riconoscere è quindi di estrema importanza per diagnosticare la loro presenza, la gravità del danno apportato e decidere il trattamento curativo più idoneo per eliminarli o per ridurre l'impatto sul manufatto sottoposto a trattamento biocida.

I prodotti usati per la disinfezione sono più d'uno e tra i più diffusi si trovano il creosoto, ottenuto per distillazione del catrame del legno di faggio, relativamente insolubile in acqua, e tossico per i funghi e gli insetti; un'altra sostanza frequentemente impiegata è il pentaclorofenolo (PCP), impiegato soprattutto come fungicida, è però assai tossico e inquinante tanto che alcuni paesi ne hanno vietato l'uso; entrambi possono essere applicati secondo il sistema Bethell. L'ossido di trinitrobutil stagno (TBTO), con proprietà eminentemente antisettiche, è generalmente impiegato con l'aggiunta di un insetticida ed è applicato sottovuoto o a bassa pressione; infine, i borati costituiscono preservanti del legno ad ampio spettro; efficaci sia contro i funghi sia contro gli insetti, presentano in più una ridotta tossicità verso i mammiferi.

I limiti di applicabilità di questa tecnica sono connessi al tipo di biocida impiegato e al luogo abituale di permanenza del manufatto disinfestato, considerato che alcune di queste sostanze sono altamente nocive per l'uomo e pertanto non possono essere utilizzate per trattare oggetti che siano destinati ad ambienti chiusi di cui l'uomo o altri esseri viventi siano ospiti abituali.

Inoltre occorre aggiungere che alcuni prodotti in uso per il trattamento dei legnami da costruzione cambiano il colore del materiale (si pensi ad es. al creosoto) e non possono quindi essere utilizzati per la disinfezione di manufatti di interesse culturale.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

I trattamenti preventivi e curativi del legno e dei manufatti lignei, danno risultati positivi solo se è possibile identificare la causa e l'agente specifico che determina i processi deteriorativi rilevati.

L'esposizione a particolari condizioni microclimatiche e ambientali, soprattutto su manufatti lignei esposti all'aperto, può ad esempio facilmente innescare un attacco da funghi.

#### *Attacco da funghi*

I funghi del legno si dividono in: funghi cromogeni e funghi lignivori (detti anche funghi da carie).

I funghi cromogeni:

- si insediano sul legno molto umido ( $U > 30\%$ );
- attaccano normalmente e preferibilmente le conifere (pino, abete) e talvolta le latifoglie (pioppo, faggio, quercia, frassino, specie tropicali);
- in base alla loro penetrazione nel substrato legnoso, si distinguono usualmente in: funghi che si sviluppano solo sulla superficie dei manufatti (muffe polverose o lanuginose, verde nerastro o giallo bruno che si rimuovono con semplice spazzolatura) e funghi che si sviluppano anche in profondità, ove si nutrono di sostanze facilmente assimilabili (amido, proteine, zuccheri) presenti nelle fibre legnose e impartendo a esse una colorazione blu nerastra (azzurrimento) dovuta alle loro ife scure che s'insidiano nelle cellule dell'alburno, senza però attaccare la parte cellulare del legno;
- non alterano in modo sensibile le caratteristiche meccaniche del legno, mentre, a causa dei cambiamenti di colore, possono ridurre il valore commerciale o mutarne irrimediabilmente le caratteristiche estetiche.

I funghi lignivori (funghi da carie):

- sono soprattutto Basidiomiceti e si nutrono dei composti organici della parete cellulare del legno, provocando profonde modificazioni delle proprietà meccaniche, chimiche e fisiche dei manufatti che attaccano;
- attaccano soltanto materiali aventi tenori di umidità superiori al 18-20% e il legno può diventare, sotto il loro attacco, secondo la specie fungina responsabile dell'aggressione, più chiaro (carie bianca, attacca sia la cellulosa sia la lignina) o più scuro (carie bruna, attacca la cellulosa);
- con il progredire dell'attacco, il legno diventa in ogni caso più fragile e friabile, leggero e debole e può presentare fessurazioni, tanto in senso longitudinale quanto trasversale;
- la resistenza meccanica del manufatto diminuisce sensibilmente sotto l'azione di tali miceti.

La difesa dall'attacco fungino consiste soprattutto nella prevenzione, cioè nella rapida lavorazione ed essiccamento del legname dopo il taglio e nell'utilizzo di sostanze fungicide, disciolte in solventi organici (impregnazione con creosoto), o di prodotti idrosolubili, applicati preferibilmente al legno per immersione.

L'immersione con preservanti si esegue introducendo i tronchi o gli oggetti di legno in vasche di acciaio inox entro le quali viene lentamente immessa la soluzione biocida fino a ricoprirli totalmente.

Durante e dopo la fase d'impregnazione, i recipienti devono essere tenuti costantemente chiusi in modo da poter mantenere, al loro interno, un'atmosfera satura.

I tempi di trattamento possono essere di breve o di lunga durata: nel primo caso l'immersione può essere limitata a pochi minuti e interessa materiali con spessori inferiori a 30 mm, con umidità minore del 25%; nel secondo caso, l'immersione può durare da una a più settimane e interessa materiali con spessori maggiori e legni poco stagionati, con umidità superiore al 35%.

Una volta tolti gli oggetti dai recipienti, si eliminano dalle loro superfici esterne gli eventuali eccessi di prodotto e le impurità residue. I prodotti generalmente impiegati essiccano a temperatura ambiente nell'arco di circa due giorni e i trattamenti sono del tutto incolori e inodori.

L'attacco fungino sui manufatti dopo la loro posa in opera, dipende ampiamente dal tenore d'umidità presente nel legno (in genere > 20%). Il primo intervento preventivo consiste, perciò, a fronte di tali problemi, nell'eliminare o ridurre l'umidità presente nel manufatto (ricorrendo prevalentemente a mezzi fisici), anche se i funghi possono rimanere latenti, rigenerandosi appena l'aumento dell'umidità determina nuovamente le condizioni favorevoli allo sviluppo dei suoi processi vitali. Pertanto, è spesso opportuno ricorrere anche a un trattamento chimico, prelevando, preliminarmente, dei campioni sui quali eseguire idonei esami microbiologici per il riconoscimento della specie responsabile dell'attacco biodeteriogeno (v. DSZ03 - Disinfestazione di vegetazione superiore e inferiore con trattamenti chimici).

#### *Attacco da batteri*

L'attacco dei manufatti lignei da parte dei batteri è favorito da un ambiente in cui vi è un basso contenuto di ossigeno, dalla presenza di acqua e dal contatto diretto con il suolo.

L'azione batterica determina una serie di effetti sul materiale attaccato, tra i quali è opportuno ricordare anzitutto:

- la perforazione e la distruzione delle membrane dell'alburno;
- il progressivo consumo della parete cellulare;
- il progressivo consumo del contenuto nelle cellule parenchimatice.

Le conseguenze di tali azioni, per quanto riguarda le proprietà del legno, sono essenzialmente identificabili con:

- un aumento della permeabilità del legno (fino a 7-10 volte)
- un cambiamento del suo colore;
- un "rammollimento" dei suoi strati superficiali;
- un eccessivo ritiro delle sue fibre.

Si possono in ogni caso individuare almeno tre categorie di batteri che si distinguono anche in base ai fenomeni di degrado che possono innescare:

- batteri che scavano tunnel all'interno dei manufatti e agiscono solo nel legno sommerso e, spesso, in quello posto a diretto contatto con il suolo, sempre che esso sia contraddistinto da un alto contenuto di acqua. La superficie del legno attaccato da questi micro organismi è apparentemente soffice, di color marrone, in qualche caso grigia, e denuncia una spiccata perdita delle caratteristiche di resistenza meccanica delle fibre;
- batteri che formano cavità entro i manufatti attaccati e attecchiscono soprattutto sul legno di pino trattati con sali a base di cromo, rame e arsenico;
- batteri che erodono la parete delle fibre legnose dei manufatti aggrediti e attecchiscono prevalentemente su conifere e latifoglie, trattate o no, conservate in diverse condizioni ambientali, e sono in grado di degradare completamente sia la lignina sia la cellulosa.

I batteri possono inoltre contribuire alla definitiva decomposizione del legno già soggetto ad attacchi fungini o, viceversa, possono favorire l'attacco fungino stesso.

Una volta accertato l'esistenza di un attacco batterico su di un manufatto ligneo, l'intervento più opportuno è, ancora una volta, rappresentato dall'applicazione di adeguati prodotti chimici biocidi in grado di sopprimere la colonia di microorganismi (v. DSZ03 - Disinfestazione di vegetazione superiore e inferiore con trattamenti chimici).

#### *Attacco da insetti*

Se il legname è attaccato da insetti, può presentare problemi e tracce di deterioramento molto diverse da quelle ricordate a proposito dell'attacco di funghi e batteri, anche perché le esigenze ecologiche degli insetti sono assai più variabili di quelle di questi microorganismi. Gli insetti, peraltro, vivono bene e si sviluppano anche entro legni secchi e stagionati, a differenza di funghi e batteri ma possono anche essere associati a essi in presenza di adeguati valori dell'umidità e di altri fattori ambientali favorevoli allo sviluppo delle relative forme di vita.

Gli insetti, detti *xilofagi* (mangiatori di legno), che attaccano il legno stagionato, appartengono all'ordine dei Coleotteri (tarli) e all'ordine degli Isotteri (termiti).

Nella disamina dei possibili agenti di biodeterioramento dei legni, si considerano, in ogni caso anche alcuni insetti che infestano il legno ancora vivente, entro i boschi e le foreste, ma che completano il loro ciclo vitale quando i tronchi sono già abbattuti ed eventualmente posti in opera e trasformati in componenti costruttive.

Per individuare le tracce lasciate dagli insetti nel legno, è necessario conoscere come le singole loro specie vivono e come attaccano il legno.

L'individuazione della specie è inoltre essenziale per scegliere il tipo di trattamento da adottare, per eliminare l'attacco, e i tempi in cui eseguire gli interventi di disinfestazione.

Tra i Coleotteri, vi sono i *Lictidi*, i *Curculionidi*, gli *Anobidi* e i *Cerambycidi*.

I *Lictidi* si insediano solitamente su legni non resinosi (quercia) ma anche su aceri, pioppi, castagni, noci o robinie. In genere, questi coleotteri iniziano il loro attacco sul legno fresco, ma possono completarlo o attuare nuove aggressioni anche sul legno stagionato (essi costituiscono ad esempio un problema frequente soprattutto per i manufatti mobili e, talvolta, anche per elementi appartenenti a strutture architettoniche).

I *Curculionidi*, si sviluppano solo in presenza di un alto tasso di umidità e di scarsa illuminazione naturale. Generalmente essi si insediano sui derivati del legno (ad es. carta), ma, quando attaccano le strutture lignee, possono provocare danni assai gravi, perché vivono in genere in colonie molto numerose, si riproducono continuamente e le loro larve praticano gallerie in tutte le direzioni all'interno dei manufatti aggrediti.

Gli *Anobidi*, comunemente noti come "tarli", hanno un colore che va dal rossastro al bruno scuro e sono di piccole dimensioni (2-9 mm). Si possono trovare sia su elementi strutturali sia su elementi privi di valore costruttivo, quali supporti di dipinti, cornici, statue e altri manufatti lignei. La loro esistenza è chiaramente rilevata dalla presenza sulle superfici dei manufatti aggrediti di fori circolari (1-3 mm di diametro), detti "fori di farfallamento", poiché praticati dagli adulti nel momento della completa trasformazione dallo stato di larva.

Poiché essi scavano le loro gallerie nella zona dell'alburno, il danno sulle strutture lignee è confinato nei primi centimetri delle superfici esposte e, di conseguenza, non precludono generalmente a rischi di carattere strutturale. Se tuttavia le superfici dei manufatti aggrediti sono decorate o variamente rifinite, il danno può essere altrettanto grave per la loro tutela.

Sui manufatti mobili (statue, pitture ecc.) il danno può essere altrettanto grave perché, le gallerie interessano spesso l'intero loro spessore e i fori di farfallamento possono trovarsi anche su punti particolarmente delicati (ad es. viso statue).

I *Cerambycida* possono raggiungere anche alcuni centimetri di lunghezza e sono comunemente noti come "Capricorni". Sono i più pericolosi, soprattutto per gli elementi strutturali con ruoli portanti, perché le larve praticano lunghe gallerie che possono avere anche 1 cm di larghezza e raggiungere anche il centro della sezione della trave, pregiudicandone la resistenza meccanica.

La loro presenza è rivelata da una massa farinosa giallastra (rosura ed escrementi) che occlude le gallerie e dai fori di farfallamento, ovali, che possono raggiungere 0,5-1 cm di diametro. Il loro insediamento sui manufatti lignei è favorito dalla presenza della corteccia ed è quindi particolarmente comune negli elementi delle strutture di copertura soprattutto di ambito rurale, ove minori sono in genere le lavorazioni e le finiture dei tronchi impiegati.

*Gli Isotteri (termiti)* appartengono in Italia a due specie, le termiti sotterranee e le termiti del legno secco, che hanno abitudini, struttura sociale e habitat assai diversi.

Le conseguenze degli attacchi delle termiti sul legno secco, si possono notare anche a lunga distanza di anni dall'inizio dell'infestazione. Le colonie di queste termiti sono in genere poco numerose e non troppo virulente.

Le termiti sotterranee nidificano sempre nel terreno e, per raggiungere il legno da attaccare, percorrono spesso lunghi camminamenti ricavati negli spessori del muro o attraverso gallerie costruite da loro stessi. Le colonie, a differenza di quelle che attaccano il legno secco, sono costituite da numerosissimi individui e i danni da esse causati possono essere molto gravi: le strutture attaccate possono, infatti, apparire perfettamente integre, dall'esterno, anche se sono state interamente svuotate da numerose gallerie, portando anche al loro collasso.

Nel caso di attacco da insetti, si deve in ogni caso procedere anzitutto con un trattamento curativo, utilizzando cioè prodotti capaci di raggiungere le larve che si trovano all'interno delle gallerie e ucciderle prima che si sviluppino nello stadio successivo della vita degli insetti.

È inoltre importante valutare se l'attacco sia ormai esaurito oppure se sia ancora in atto.

I segni evidenti di un attacco ancora in atto da parte di insetti sono:

- la presenza di fori di farfallamento a margine netto e chiaro;
- i piccoli accumuli di rosura, sopra o sotto l'elemento in esame;
- la risposta, con un "suono sordo che denuncia la presenza di vuoti e cavità interne, a una sollecitazione sonora, valutata auscultando con attenzione. Allo stesso modo è anche possibile sentire il rumore delle larve che scavano (specie quelle di grosse dimensioni tipo *Cerambycida*).

Nel caso in cui si sospetti l'esistenza di un attacco in atto, si può inoltre approfondire l'indagine ricorrendo a un esame radiografico (radiografia ai raggi X) o con radioscopio elettronico o ancora, a una prospezione strumentale con ultrasuoni. Tali indagini accertano, infatti, in modo rigoroso la presenza di gallerie, di cavità o di zone alterate all'interno del manufatto anche se le sue superfici appaiono intatte (qualsiasi cavità nel legno determina ad esempio una variazione di densità, modificando l'assorbimento dei raggi X o influenzando la propagazione degli ultrasuoni).

Una volta accertata la presenza di un'infestazione in atto, s'interviene quindi con il trattamento più idoneo per la specie di insetti, il tipo di legno e i suoi caratteri (considerando, cioè, se si tratta di legno allo stato naturale oppure se è ricoperto da verniciature, da decorazioni policrome, da stucchi e dorature o altri materiali degradabili che tuttavia occorre conservare).

L'intervento di disinfestazione finalizzata all'eliminazione fisica e degli insetti xilofagi può essere realizzato, perciò, con mezzi fisici.

### *Legno naturale*

Gli elementi di legno naturale sopportano bene, senza inconvenienti, i trattamenti disinfestanti eseguiti con fumigazioni di gas tossici (bromuro di metile, ossido di etilene e di propilene, acido cianidrico) (v. DSZ05 - Fumigazione con gas tossici) sia il trattamento con irradiazione mediante i raggi gamma, che assicurano l'uccisione di tutte le larve e delle uova. Tali procedimenti sono efficaci contro insetti presenti all'atto dell'intervento, ma non garantiscono affatto dall'eventualità che si verifichino attacchi futuri.

L'impiego di raggi gamma può essere utile anche quando, oltre che disinfestare il materiale, si deve anche consolidare. È infatti possibile impregnare un oggetto ligneo con una resina in forma monomerica che, grazie all'irradiazione con raggi gamma, polimerizza.

I vantaggi di tale sistema sono molteplici, poiché:

1. si attua un risparmio nella quantità di monomero impiegato per l'impregnazione consolidante;
2. il monomero polimerizza velocemente (la velocità di polimerizzazione può essere controllata avvicinando o allontanando il manufatto dalla sorgente di radiazioni);
3. gli oggetti sono con ciò interamente sterilizzati, riducendo i rischi di un ulteriore proseguimento dell'attacco biodeteriogeno (la dose di irradiazione è di circa 2 Mrad).

Per prevenire un futuro attacco da parte di insetti, è sempre comunque necessario eseguire un trattamento mediante applicazione di antisettici diluiti in solventi organici.

Così anche, quando l'attacco di insetti è talmente avanzato da far temere la disgregazione del legno, dopo la disinfestazione con raggi gamma (raggiungendo i 15.000 röntgen), può essere utile procedere a un'ulteriore disinfestazione con antisettici applicati a iniezione.

Prima di procedere all'iniezione del prodotto, si devono eseguire dei fori che, secondo la posizione in cui si trova il manufatto, avranno specifiche diverse.

Per elementi lignei disposti orizzontalmente, i fori dovranno essere praticati verticalmente e interessare 2/3 o 3/4 dello spessore, con interassi determinati in base a una regola empirica che li fissa in ragione del doppio della profondità di penetrazione desiderata.

Nel caso si operi su elementi di capriate, i fori devono comunque essere posti a una distanza non inferiore a 15-20 cm, in direzione delle fibre, e non meno di 4-5-cm in direzione perpendicolare a esse.

Gli insetticidi liquidi possono essere in seguito iniettati con siringhe o pipette, o tramite particolari sistemi, tra i quali si citano i due seguenti.

1. Il *sistema Cobra*, che utilizza un ago cavo, di robustezza tale da poter essere spinto nel legno sino alla profondità di 60-80 mm, e un dispositivo di compressione meccanica a leva, per far penetrare la soluzione biocida (a base di dinitrofenolo e fluoruri) in ragione di circa 5 cm<sup>3</sup> per foro.
2. Il sistema basato su una vite cava, a testa esagonale, che può essere avvitata nel legno.

Nel corpo della vite sono praticati dei piccoli orifizi che consentono al prodotto, inserito al suo interno, di entrare nel legno. A tale scopo, sulla testa della vite è fissato un raccordo collegato al recipiente contenente la soluzione biocida che, per mezzo di una pompa, è fatto defluire sotto pressione (non più di 10 atm) nel legno. L'applicazione è spinta fino a rifiuto, ma con la precauzione di non far fuoriuscire il prodotto da eventuali fenditure o fori.

L'immissione continua di biocida alle varie profondità consente di interessare, con il trattamento, tutti gli strati delle fibre legnose.

Il numero di fori che mediamente deve essere praticato va determinato di volta in volta in base alla forma e alle dimensioni dell'oggetto, alle sue caratteristiche di porosità, all'entità e alla diffusione del degrado, tenendo presente che, per manufatti fortemente degradati, occorre integrare le iniezioni con un trattamento a spruzzo su tutta la superficie legnosa.

I prodotti impiegati sono principalmente a base di permotrina che possono essere disciolti anche in solventi esenti da composti clorurati e aromatici per favorire una maggiore penetrazione nel legno. Tenendo presente che la quantità di prodotto assorbita dipende dal tipo di legno e dal grado di danneggiamento, si possono fornire quantità medie di assorbimento che oscillano tra 150 e 350 g/m<sup>2</sup>.

La durata del trattamento per immissione a pressione del prodotto è garantita per almeno 10 anni.

Tale durata è assicurata principalmente all'impiego di prodotti a base di una sostanza stabile come la permotrina, sia all'iniezione in profondità del biocida.

Nel caso di un attacco da Anobidi, Lictidi o Curculionidi su manufatti non decorati, risulta invece più efficace ricorrere a un trattamento eseguito con prodotti biocidi disciolti in solventi organici (in genere sono a base di pentaclorofenolo o miscele di sostanze attive che oltre ad avere azione insetticida, hanno anche un'azione fungicida) applicati a pennello o a spruzzo.

#### *Fasi operative della disinfestazione*

Prima della disinfestazione, in ogni caso, è necessaria un'accurata pulizia del manufatto per ottenere una migliore efficacia del trattamento. Tale pulitura può essere effettuata semplicemente tramite spazzolatura o tramite impacchi con solventi neutri, per eliminare polveri e depositi.

Si può quindi procedere all'applicazione del prodotto biocida, sul legno pulito e asciutto.

Con l'applicazione a pennello, l'insetticida penetra solo a livello superficiale, e per garantire il completo annientamento degli insetti, si deve più volte ripetere l'applicazione fino a completo rifiuto da parte del manufatto trattato. In alcuni casi, in presenza di infestazioni estese e superficiali, può essere opportuno procedere al raschiamento della zona superficiale ammalorata, prima della distribuzione a pennello dell'insetticida.

La stesura di un prodotto disinfestante a pennello non richiede l'impiego di manodopera specializzata, mentre l'applicazione a spruzzo richiede maggiore attenzione, soprattutto nel caso in cui si operi su superfici decorate.

La resa del prodotto è assai variabile e dipende sia dall'impregnabilità del legno trattato, sia dal tipo di superficie su cui si esegue il trattamento.

Normalmente, per una superficie liscia di legno naturale, la quantità di un generico biocida (composto al 90% da dicofluanide e da permetrina, olio di lino, ragia minerale e dibutilfalato) varia da 200 a 350 cc per m<sup>2</sup> trattato.

L'essiccazione del prodotto avviene normalmente nell'arco di qualche giorno e, solo dopo alcune settimane, è possibile eseguire eventuali verniciature sul manufatto così disinfestato.

Nel caso si debba trattare un attacco dovuto all'attività di Cerambicidi, la disinfestazione risulta più complicata e si possono ottenere dei buoni risultati solo praticando alcuni fori, profondi 6-7 cm, sulla faccia superiore del manufatto, per poter poi far penetrare, tramite piccoli imbuti, il prodotto direttamente all'interno dell'oggetto garantendone una più rapida e generale diffusione ed efficacia. Si deve inoltre avere cura di riempire l'imbuti varie volte nel giro di alcuni giorni, fino a rifiuto. In questo caso s'impiegano specifici formulati contenenti anche resine sintetiche (miscele consolidanti) le quali, una volta evaporato il solvente entro cui sono diluite, formano con il rosario degli insetti una massa solida nell'interno delle gallerie scavate, conferendo così maggiore consistenza e resistenza meccanica al legno.

Un composto già confezionato, utilizzato in questi casi, è lo Xilamon, ma può essere utilizzato anche il Paraloid B72 diluito 8-20% in: acetone, benzolo, *white spirit*, etanotricloro. Si può anche applicare il prodotto direttamente all'interno del manufatto ligneo ricorrendo alla sua immissione a pressione.

Quando l'attacco è dovuto alle termiti sotterranee, prima di effettuare un trattamento del legno, è in ogni caso necessario individuare e distruggere il loro nido nel terreno, per interrompere le comunicazioni tra le termiti che si trovano nel legno e il suolo di provenienza.

Si procede, perciò, con un trattamento chimico eseguito per irrorazione, impiegando prodotti a base di Parathion, o di Malathion o di Triclorfon o di Diazinone, disciolti in acqua in ragione di 50-70 g di sostanza attiva per ettolitro d'acqua. Tale trattamento dovrà essere ripetuto nel caso in cui, in zone vicine, si ricostituisce parte della colonia appena eliminata.

Successivamente, si effettua un trattamento del manufatto aggredito dalle termiti, eseguito a spruzzo o a iniezione, con Xilamon o con altri formulati similari, aventi funzione sia di biocidi sia di consolidanti, nei punti del legno attaccato e lungo i camminamenti termitici che si dirigano verso il nido. Se si tratta di "termiti del legno secco", si può intervenire o mediante applicazione di insetticidi in solventi organici, o mediante gas tossici (v. DSZ05 - Fumigazione con gas tossici).

L'attacco delle termiti, sia sotterranee che del legno secco, interessa soprattutto le parti profonde del materiale e risulta pertanto più idoneo ed efficace un trattamento biocida eseguito secondo la tecnica a iniezione.

Per i trattamenti curativi di manufatti lignei aggrediti da funghi, muffe o insetti xilofagi, risulta valido impiegare anche la tecnica d'immissione sottovuoto di prodotti biocidi. Come descritto

precedentemente i sistemi di disinfestazione basati sull'applicazione di biocidi sottovuoto sono di due tipi: a cellula piena e a cellula vuota.

#### *Sistemi a "cellula piena":*

- 1) i semilavorati o i manufatti lignei sono introdotti in un'autoclave in cui si pratica il vuoto che permane per un tempo variabile, in dipendenza delle dimensioni dei pezzi da trattare, e che contribuisce a liberare i pori del legno dall'aria e da eventuale vapore che potrebbero ostruire l'ingresso al biocida;
- 2) s'introduce quindi all'interno dell'autoclave il biocida che può essere riscaldato (fino a 100 °C) per migliorarne la penetrazione all'interno delle fibre legnose e si applica una pressione superiore a quella atmosferica per favorire l'infiltrazione della sostanza disinfestante all'interno del legno, pressione che è mantenuta anche per qualche ora per consentire all'antisettico di fissarsi nelle cellule legnose. Il grado di ritenzione di biocida è espresso in chilogrammi di prodotto per metro cubo di materiale trattato;
- 3) a impregnazione avvenuta, il prodotto disinfestante contenuto nell'autoclave è fatto defluire nuovamente nel suo serbatoio;
- 4) infine all'interno dell'autoclave si crea nuovamente il vuoto, anche più spinto rispetto alla prima fase, per rimuovere gli eccessi di biocida (fig. 1).

#### *Sistemi a "cellula vuota":*

- 1) il legno o i manufatti di legno da trattare sono posti in un'autoclave, all'interno della quale è applicata una sovrappressione di non più di 4 atm. Tale pressione è mantenuta per circa trenta minuti;
- 2) quindi, sempre mantenendo questo livello di sovrappressione si introduce nell'autoclave il biocida, riscaldato a temperatura elevata (circa 100 °C);
- 3) la pressione è ora aumentata e portata a circa 10-14 atm, in modo da spingere all'interno del legno il prodotto disinfestante, fino a che esso non penetra all'interno delle cellule. In questa fase la ritenzione di prodotto da parte del legno è assai elevata e può raggiungere i 230 kg per metro cubo;
- 4) a questo punto la pressione va diminuita, l'autoclave è svuotata del fluido disinfestante e si crea quindi il vuoto che fa uscire dal legno circa la metà del biocida penetrato nelle fibre, il quale può essere riutilizzato per altri trattamenti. Le pareti delle cellule restano rivestite di un sottile film di biocida che preserva il legno da attacchi fungini o di insetti xilofagi (fig. 2).

#### *Legno decorato*

Per manufatti lignei dipinti policromi, quali sono le tavole dipinte, le sculture, e molti oggetti di arredo sacro e profano ecc., sorgono in particolare molte condizioni limitative legate sia all'importanza storico-artistica e all'unicità dell'oggetto, sia alla sua natura fisica (presenza simultanea di numerosi altri materiali, oltre al legno, quali pigmenti, leganti pittorici, vernici ecc.). Nel caso si debba quindi contrastare un attacco da parte di insetti, l'unico intervento possibile consiste nell'iniettare la sostanza biocida, con apposite siringhe all'interno del legno, senza toccare le parti decorate, o intaccandole il meno possibile. L'iniezione dell'insetticida deve essere operata nei fori di farfallamento, evitando di praticarne di nuovi, e facendo attenzione che la sostanza non fuoriesca dal foro, provocando danni alle parti decorate e/o verniciate. È necessario, perciò, effettuare un esame localizzato, per accertare che il solvente non sciolga la pittura, né provochi alterazioni dei suoi colori: i solventi possono, infatti, macchiare la pittura a tempera con aloni scuri o possono rigonfiare la pittura a olio e la doratura a missione.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Con i sistemi di disinfezione mediante applicazione di biocidi sottovuoto a cellula vuota si attua un notevole risparmio di antisettico, anche se l'efficacia del trattamento ha una durata minore nel tempo rispetto ai sistemi a cellula piena. D'altra parte questi ultimi rendono il legno pesante e di difficile impiego, pertanto nella maggior parte dei casi si preferisce l'utilizzo dei sistemi a cellula vuota che in ogni modo garantiscono una protezione durevole del legno.

Sono stati sviluppati nel corso degli anni sistemi basati sull'uso del sottovuoto e della pressione che ottengono contemporaneamente la disinfestazione/disinfezione del manufatto e il suo

consolidamento. A tale fine si utilizzano particolari miscele di sostanze che contengono resine sintetiche, solventi, antisettici e insetticidi. Questo tipo di trattamento complessivo presenta elementi di interesse anche per applicazioni nel settore dei beni culturali, soprattutto se le sostanze impiegate non alterano l'aspetto e le dimensioni del manufatto e se non ne danneggiano gli incollaggi.

In taluni casi, infatti, quando il legno è particolarmente degradato e non è più in grado di assolvere alle sue funzioni statiche, si può iniettare, all'interno del manufatto, il biocida miscelato con sostanze consolidanti, per dare maggior consistenza e resistenza meccanica al materiale ligneo.

Nel corso dei lavori di disinfestazione occorre utilizzare sempre guanti di gomma e mascherine munite di filtri speciali e, fino a quando i solventi non siano completamente evaporati, è opportuno evitare la presenza di fiamme e altre occasioni di innesco d'incendio. Valgono infine tutte le cautele ricordate nelle pagine precedenti, soprattutto riguardo alla necessità di salvaguardare i caratteri dei materiali e dei manufatti trattati e, soprattutto, delle loro eventuali finiture superficiali.

#### *Normativa*

In campo europeo opera il CEN (Comitato europeo di normalizzazione) con il Gruppo di lavoro TC/38, cui afferisce l'UNI (Comitato nazionale italiano di unificazione), il cui compito è quello di emanare normative sull'efficacia preventiva e curativa dei preservanti del legno nei riguardi degli organismi xilofagi, funghi e organismi marini. Si rimanda pertanto al ricco corpus di norme tecniche emanate da tali organismi anche in questo settore, poiché la materia è in costante evoluzione.

È solo opportuno ricordare che, per quanto riguarda la natura dei prodotti preservanti, in Italia essi sono considerati dal punto di vista normativo quali presidi medico-chirurgici e la loro fabbricazione e il loro uso soggiacciono pertanto ai relativi disposti legislativi del settore sanitario.

#### **ESPERIENZE**

Struttura lignea seicentesca della copertura della torre sinistra del castello del Valentino, Torino: interventi di disinfestazione: trattamenti preservanti, ventilazione di alcune zone del sottotetto, necessità di evitare la formazione di condense.

Abbazia di Pomposa, Pomposa: intervento alla sala delle stilate, con disinfestazione del legno tramite applicazione a pennello, a spruzzo e a iniezioni del biocida.

Palazzo d'Arnolfo, San Giovanni Valdarno (AR): intervento sulle strutture lignee di copertura e di impalcato, con trattamento mediante getto a pressione di insetticidi e mediante iniezioni dirette spinte a saturazione dei vuoti interni.

Sede della Cassa di risparmio di Rovigo, Rovigo, trattamento biocida delle strutture lignee.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Borasi V. 1985; Caneva G., Nugari M. P., Pinna D., Salvadori O. 1996; Cardinale G. 1989; Giordano G. 1974, 1993; Liotta G. 1991; Tampone G. (a cura di) 1983.

AA. VV., *La biologia vegetale per i beni culturali, Vol. 1, Biodeterioramento e conservazione*, a cura di G. Caneva, M.Pia Nugari, O. Salvadori, Nardini Editore, Firenze, 2007.

Balzarotti-Kämmlein R. 2000; Cardinale G. 1989; Giordano G. 1974; Liotta G. 1991; Mambelli R., Racagni P., Donati F., Fiori C. s.d.

Dolprà M., *Il degrado biotico del legno*, Daniele Piazza Editore, Torino, marzo 2007



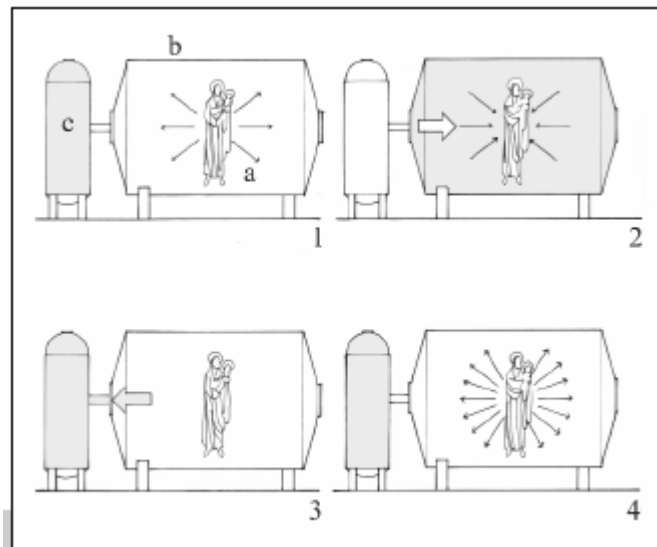


Figura 1 • Sistemi a “cellula piena”:

- 1) il manufatto ligneo (a) è introdotto in un'autoclave (b) in cui si pratica il vuoto;
- 2) s'introduce all'interno dell'autoclave il biocida (c);
- 3) a impregnazione avvenuta, il prodotto disinfestante contenuto nell'autoclave è fatto defluire nuovamente nel suo serbatoio;
- 4) si crea nuovamente il vuoto, più spinto rispetto alla prima fase, per rimuovere gli eccessi di biocida. (CAF)

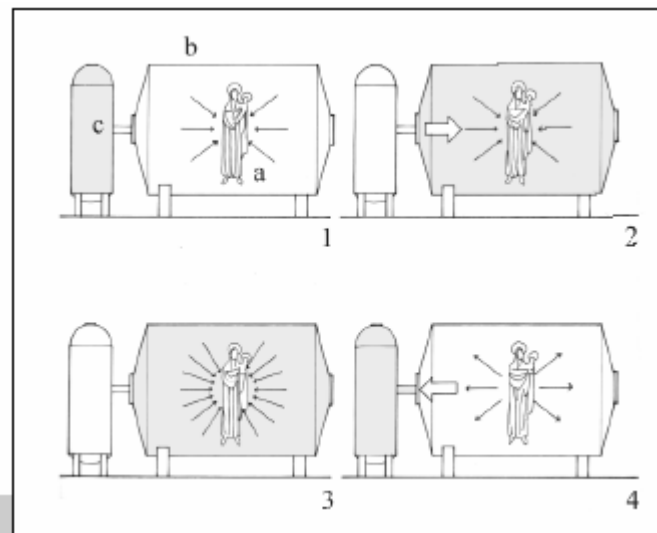


Figura 2 • Sistemi a “cellula vuota”:

- 1) il manufatto ligneo (a) è introdotto in un'autoclave (b), all'interno della quale è applicata una sovrappressione di non più di 4 atm. Tale pressione è mantenuta per circa trenta minuti;
  - 2) sempre mantenendo questo livello di sovrappressione si introduce nell'autoclave il biocida (c);
  - 3) la pressione è aumentata sino a circa 10-14 atm, in modo da spingere all'interno del legno il prodotto disinfestante;
- la pressione è diminuita, l'autoclave è svuotata del fluido disinfestante e si crea quindi il vuoto che fa uscire dal legno circa la metà del biocida penetrato nelle fibre. Le pareti delle cellule restano rivestite di un sottile film di biocida. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Qualsiasi manufatto esposto all'aperto è sottoposto a diverse azioni aggressive e, in particolare:

- all'azione dei fattori climatici (pioggia, irraggiamento solare, vento, cicli di gelo e disgelo ecc.);
- all'azione corrosiva esercitata dai prodotti acidi inquinanti presenti nell'atmosfera;
- all'azione dei processi di trasformazione indotti da meccanismi di tipo biologico, quali il metabolismo di micro e macroorganismi vegetali insediatisi.

La combinazione di tali fattori porta, nel tempo: all'aumento della porosità del materiale costitutivo dei manufatti, cui spesso si associa una riduzione delle sue caratteristiche di resistenza meccanica, a un accumulo progressivo di particolato atmosferico e alla connessa formazione di incrostazioni sulle sue superfici esterne e, infine, all'insediamento e alla crescita di alcuni vegetali (talli, radici, fusto) che possono provocare alterazioni dovute sia a stress meccanici sia alle trasformazioni chimico-fisiche che la vita degli organismi determina.

Per questo, è importante, prima di qualsiasi intervento, valutare lo stato di degrado del manufatto, identificare la specie di agenti biodeteriogeni responsabili del processo di alterazione e ricercare le cause che ne hanno favorito lo sviluppo. Nel caso di vegetazione superiore è necessario eseguire una specifica e accurata indagine di tipo floristico e fitologico, per distinguere tra le specie che infestano un manufatto, quelle effettivamente dannose da quelle pur sempre compatibili con la sua conservazione e accertarne, quindi, la pericolosità per i diversi substrati e le diverse componenti costruttive interessate dalla loro aggressione.

Per impedire ed eliminare la crescita spontanea di piante superiori (erbacee, arbustive e legnose) sui manufatti architettonici e al loro interno, si può intervenire, secondo i singoli e specifici casi, ricorrendo all'estirpazione meccanica (v. DSZ01 - Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni di natura vegetale, piante inferiori e superiori), a opportuni trattamenti biocidi oppure ancora, variamente combinando tra loro i due sistemi. In genere, il trattamento biocida è preferibile, rispetto a quello meccanico, in quanto l'azione specifica di un prodotto chimico è di maggiore efficacia e di minore rischio per il substrato, anche se la sua applicazione può richiedere tempi maggiori, manodopera specializzata e specifiche cautele a tutela dell'ambiente e degli operatori. Spesso, infatti, soprattutto se si devono eliminare piante legnose (ad es. le piante di edera e di olmo), l'estirpazione meccanica può compromettere l'integrità di un manufatto (per le sollecitazioni che tale intervento inevitabilmente esercita sul manufatto stesso), mentre l'applicazione di un diserbante facilita l'asportazione ed elimina la possibilità di nuovi getti dalle radici eventualmente rimaste in loco.

L'eliminazione della vegetazione inferiore comprende, oltre ai metodi meccanici e chimici, anche quelli fisici (v. DSZ04 - Sistemi fisici e indiretti per l'eliminazione di agenti biodeteriogeni).

Il metodo chimico si basa sull'impiego sia di prodotti di sintesi (biocidi) che di prodotti d'origine biologica (antibiotici). I biocidi eliminano gli organismi agendo per contatto, bloccando, ad esempio nei vegetali, la fotosintesi, o per assimilazione, e hanno ciascuno uno specifico spettro d'azione, più o meno ampio, secondo il tipo di principio attivo utilizzato.

Gli antibiotici, invece, agiscono specificatamente su un singolo e particolare gruppo di organismi (funghi, batteri e attinomiceti). È pertanto indispensabile conoscere le caratteristiche dell'organismo bersaglio, per scegliere il prodotto più idoneo alla sua eliminazione (tab. 1).

Tabella 1 • Schema dei diversi biocidi e dei loro campi di applicazione (da Kermes, anno IV, n. 10, gennaio-aprile 1992, p. 70).

PRINCIPIO ATTIVO	% SOLVENTE	EFFICACE CONTRO	SETTORE D'IMPIEGO
<i>Inorganico</i>			
(Zn)MgSiF <sub>6</sub>	4% acqua	alghe, licheni	lapidei, intonaci
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	120 volumi	alghe, licheni	lapidei, intonaci
AgNO <sub>3</sub>	2% acqua	batteri	lapidei, intonaci
<i>Organometallici</i>			
Tributil	1-5% acqua	alghe, funghi	lapidei, intonaci
Stagno-ossido	1-5% acqua	batteri	lapidei, intonaci
<i>Organico</i>			
Formalina	5% acqua	alghe, licheni, batteri	lapidei, intonaci
Dimetilditiocarbammato	1-2% acqua	alghe, licheni, funghi	lapidei, intonaci
<i>Derivati fenolo</i>			
Pentacloro Fenato di sodio	0,1-2% acqua	alghe, batteri, funghi, licheni	lapidei, intonaci

PRINCIPIO ATTIVO	% SOLVENTE	EFFICACE CONTRO	SETTORE D'IMPIEGO
<i>Sali ammonio quaternario</i>			
Hyamine 1622			
Benzalconio	1-3% acqua		
Cloruro	1-3% acqua	alghe, licheni, batteri,	lapidei, intonaci
Desogen	1-3% acqua	funghi	
<i>Erbicidi</i>			
Hexazinone	2% acqua	piante erb. arb.	lapidei
Glifosate	2% acqua	piante erbacee	monumenti
Fluometuron	2% acqua	alghe, licheni, muschi	

I parametri più importanti che occorre tenere in considerazione nella scelta dei prodotti chimici utilizzati nella disinfezione della vegetazione superiore ed inferiore, sono, in ogni caso la loro: a) efficacia, b) tossicità, c) non interferenza con il substrato.

a) L'efficacia riguarda l'azione che il prodotto impiegato è in grado di esercitare contro i diversi tipi di biodeteriogeni e dovrebbe essere massima quando utilizzato al minimo dosaggio e di lunga durata.

b) La caratteristica tossicologica di un biocida deve essere valutata sia in funzione del rischio di esposizione cui sono sottoposti gli operatori e gli utenti, sia del rischio di inquinamento ambientale, sia, infine, per gli effetti collaterali su insetti, piante e animali che non siano oggetto della disinfezione (ad es. gli animali domestici).

c) La non interferenza con il substrato riguarda la necessità che il prodotto utilizzato non abbia né interazioni di tipo chimico né di tipo fisico con i materiali costituenti il substrato su cui sono insediati gli agenti biodeteriogeni da eliminare. L'interferenza con il substrato, in particolare, può verificarsi in due modi:

— per reattività con alcuni componenti del materiale;

— per effetti di natura estetica come la colorazione, l'opacizzazione, e l'aumento della brillantezza del materiale.

Perciò i biocidi, nel momento in cui se ne propone l'applicazione in campo architettonico e, in particolare, sui manufatti lapidei, devono:

- essere incolori o trasparenti e avere principi attivi poco solubili in acqua (per evitare il rischio della dispersione nell'ambiente in quanto sono, solitamente, tossici);
- non lasciare, dopo l'applicazione, residui inerti che siano immediatamente dilavati dalle piogge. Devono quindi essere evitati tutti i formulati colorati, oleosi o quelli che possono lasciare tracce permanenti del loro impiego;
- essere degradabili nel tempo;
- presentare neutralità chimica (ossia non devono essere né acidi, né alcalini);
- avere uno spettro d'azione il più ampio possibile (in modo da estenderne l'efficacia a molte specie di organismi infestanti);
- non procurare fenomeni inquinanti per le acque superficiali e profonde della zona interessata all'applicazione, né danni alla salute di operatori e popolazione in genere;
- rigorosamente essere registrati presso i competenti organi preposti alla tutela dell'igiene pubblica.

I biocidi usualmente utilizzati per l'eliminazione degli organismi vegetali derivano principalmente dal settore medico (ad es. disinfettanti, insetticidi) e dal settore agrario (ad es. battericidi, fungicidi, erbicidi).

Gli erbicidi impiegati per l'eliminazione di organismi macrovegetali sono composti definiti come "azoto-organici", quali le triazine e i derivati dell'urea. Il prodotto a base di triazine ha in genere un effetto immediato sulle foglie e sugli steli delle piante, che essicano nel giro di due o tre giorni, come se avessero subito una forte ustione. Questo trattamento, pur essendo immediato, non sempre è efficace in quanto la pianta, attaccata nella parte alta del suo fogliame, non trasferisce interamente il prodotto alle radici che possono così sopravvivere al trattamento e rigenerare nuovamente. Per queste ragioni, sono ritenuti preferibili i biocidi che sono assorbiti più lentamente dalle foglie, poiché sono messi in circolo fino a raggiungere l'apparato radicale. Inoltre, tali prodotti chimici hanno generalmente un basso grado di tossicità per gli operatori, inquinano poco l'ambiente, sono compatibili con i materiali del substrato e si applicano con facilità.

I prodotti comunemente impiegati come biocidi per l'eliminazione di vegetazione inferiore sono: a) i fluosilicati, b) i metalli pesanti, c) i biocidi anionici, d) i biocidi cationici, e) le sostanze ossidanti, f) i fenoli, g) gli acidi, h) gli alcali, i) gli alcoli.

a) I *fluosilicati* (solitamente sali di zinco e magnesio) liberano silice e sono impiegati per l'eliminazione di funghi, batteri e actinomiceti (microorganismi a metà strada fra i batteri e i funghi).

b) I *metalli pesanti* e i loro sali, hanno una buona efficacia ma presentano diverse controindicazioni, quali l'elevata tossicità (ad es. i derivati del mercurio e dell'arsenico) e la forte interferenza potenziale con i materiali trattati (ad es. i derivati del rame possono colorare il substrato).

c) I biocidi *anionici*, quali i borati e i fenati, hanno anch'essi una buona efficacia, ma possono formare sali solubili dannosi ai manufatti trattati. I borati, infatti, possono reagire con l'anidride carbonica atmosferica e produrre acido borico e carbonato di sodio che, a sua volta, in atmosfere inquinate, reagisce con l'anidride solforosa formando solfiti e talvolta solfati, che tendono a cristallizzare e a interagire con i materiali del substrato, danneggiandoli.

d) Tra i biocidi *cationici* i più impiegati sono i sali di ammonio quaternario, molto usati per effettuare trattamenti contro i cianobatteri, le microalghe verdi, i funghi e i licheni. Sono poco costosi, hanno tossicità relativamente bassa, ma non hanno un effetto di lunga durata. Nell'eliminazione dei licheni, in particolare, i sali d'ammonio quaternario danno risultati soddisfacenti se sono miscelati con altri biocidi (ad es. miscela di ossido di tribul-stagno e sali di ammonio quaternario).

e) Le *sostanze ossidanti*, quali l'acqua ossigenata e il permanganato di potassio, liberano ossigeno nascente o altri composti attivi in grado di uccidere gli organismi infestanti.

Tali prodotti, però, possono causare cambiamenti di colore; ad esempio sulla pietra, dopo l'applicazione dell'acqua ossigenata, si nota un notevole effetto di sbiancamento.

L'acqua ossigenata, inoltre, è un catalizzatore della trasformazione di anidride solforosa in acido solforico, con effetto dannoso per la pietra, poiché la corrode e la consuma trasformando l'eventuale carbonato di calcio presente in solfato di calcio, ossia in gesso.

f) Anche i trattamenti attuati con i *fenoli* possono dare origine a macchie rosse o brune su pietre leggermente colorate, dovute alla loro reazione con il ferro eventualmente presente nella pietra.

g) Gli *acidi*, quali l'acido cloridrico e l'acido solforico, necrotizzano le cellule con cui vengono in contatto (quindi uccidono i micro e macro organismi che si intendono eliminare); il loro impiego è tuttavia limitato, poiché esercitano una notevole interferenza con i materiali sui quali sono applicati perché notevolmente corrosivi e in grado di attaccare sia le eventuali componenti carbonatiche sia quelle silicee delle rocce.

h) Gli *alcali* o *basi* agiscono sulle sostanze organiche disgregandone le cellule e saponificando i grassi. La potassa caustica, la soda caustica e l'idrato di calce, o latte di calce, trovano in particolare impiego soprattutto per la disinfezione di pavimenti lapidei.

i) Gli *alcoli* esplicano, infine, sulle strutture biologiche un'azione di disidratazione che dipende dalla concentrazione in solvente acquoso. Questi prodotti hanno anche una spiccata azione disinfettante.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

I prodotti chimici usualmente impiegati per la rimozione della vegetazione superiore, possono anzitutto essere classificati in funzione del tipo di vegetazione che si intende eliminare (prodotti contro la vegetazione erbacea, arbustiva o legnosa), della specie di pianta coinvolta (pianta a foglia larga o a foglia stretta), dei tempi di applicazione necessari all'efficacia dell'intervento, dell'assorbimento della sostanza da parte dell'organismo da eliminare (assorbimento fogliare o radicale) e, infine, in funzione delle loro specifiche caratteristiche di azione. Così anche per l'eliminazione della vegetazione inferiore la scelta delle sostanze chimiche biocida è in relazione al tipo di organismi oggetto d'intervento. Si distinguono in *alghicidi*, *battericidi*, *funghicidi*, *lichenicidi*, e possono essere applicati: a) a spruzzo, b) a pennello, c) a impacco.

*Gli alghicidi* sono impiegati contro alghe e cianobatteri, i *battericidi* e i *funghicidi* contro batteri e funghi, i *lichenicidi* contro licheni.

Prima di eseguire un qualunque trattamento biocida, è in ogni caso indispensabile conoscere il substrato su cui si agisce, il suo stato di conservazione e il tipo di interazione esistente tra microrganismi e substrato, per valutare il tipo e l'entità del danno, e per scegliere, infine, il prodotto biocida più adatto oltre che il metodo con cui applicarlo per ottenere i migliori risultati. I biocidi, infatti, non devono interagire chimicamente e/o fisicamente, con il manufatto trattato. Anche in questo caso, perciò, devono essere eseguite opportune prove preliminari in laboratorio, su campioni dello stesso tipo di materiale di cui è costituito il manufatto da disinfestare, oppure direttamente *in situ*, su porzioni del manufatto appositamente scelte per controllare gli effetti della sostanza biocida prescelta sul substrato (ad es. formazione di sali solubili, formazione di macchie o cambiamenti di colore).

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

#### *Metodi di applicazione dei biocidi per l'eliminazione di vegetazione superiore*

Le procedure di applicazione dei prodotti biocidi per l'eliminazione della vegetazione superiore sono diverse e comprendono essenzialmente:

a) l'irrorazione o trattamento a spruzzo, b) l'iniezione, c) l'impacco e d) lo spargimento di granuli.

a) Nel caso dell'irrorazione, il diserbante va diluito in acqua (generalmente allo 0,1-1%) e la quantità di soluzione da impiegare dipende dalla superficie complessiva da sottoporre a trattamento. L'irrorazione può essere eseguita utilizzando particolari annaffiatoi, dotati di pompe manuali simili a quelle impiegate per disinfestare le vigne, o più specifici nebulizzatori. Deve in ogni caso essere evitato l'impiego di pompe a pressione, poiché il loro utilizzo può avere effetti collaterali negativi per le superfici trattate (per effetti meccanici e abrasivi) e non permette un sufficiente controllo della dispersione del prodotto biocida. È comunque consigliabile eseguire questo tipo di trattamento solo in primavera o in autunno, quando le piante sono in pieno rigoglio, e

distribuire il prodotto nelle ore meno calde della giornata (al mattino) per evitarne l'evaporazione e la dispersione nell'ambiente. L'applicazione, inoltre, deve avvenire in assenza di vento, in quanto esso ridurrebbe l'efficacia del trattamento oltre ad aumentare, a sua volta, i rischi per l'operatore e per l'ambiente.

b) Quando si devono eliminare piante legnose di una certa dimensione, inserite nel substrato in modo tale che non se ne possa agevolmente estirpare l'apparato radicale per via meccanica, senza danneggiare il manufatto stesso, si consiglia di procedere anzitutto al taglio del tronco, nella zona del colletto radicale, e di eseguire poi un trattamento chimico, mediante iniezioni di soluzioni biocide concentrate nella parte tagliata (fig. 1). Per facilitare la penetrazione del prodotto, si praticano alcuni fori con un trapano dotato di punta da 10 mm al massimo, distribuiti a brevi intervalli su tutta la ceppaia. Il disseccamento dell'intera pianta avviene generalmente dopo 3/4 settimane dal trattamento. Tale procedimento presenta il vantaggio di evitare la dispersione del prodotto biocida al di fuori dell'area trattata e una sua possibile interferenza indesiderata con il manufatto e con le sue componenti materiali e costruttive.

c) Un altro trattamento, che limita la dispersione del prodotto nell'ambiente e che risulta efficace contro le piante lignificate, è il sistema cosiddetto "a impacco". Gli impacchi, generalmente costituiti da argille impregnate con le sostanze biocide prescelte, che si presentano in commercio sotto forma di cristalli o di polveri da sciogliere in opportuni solventi, si applicano sul colletto radicale delle ceppaie appena tagliate. Dopo l'applicazione dell'impacco, in genere a distanza di 24 ore, si procede inoltre a una pulitura con mezzi meccanici ossia con spazzole morbide e a un leggero lavaggio delle superfici trattate, eseguito con acqua distillata.

d) Il trattamento che prevede lo spargimento sulla zona infestata di sostanze biocide in granuli, può essere applicato soltanto su superfici orizzontali tra le quali, ad esempio, le aree pavimentali e quelle di scavo. Esso consiste nell'impiego di formulazioni granulari che, una volta disperse sul terreno, per l'azione dilavante delle piogge, rilasciano lentamente i loro principi attivi. È in ogni caso preferibile eseguire lo spargimento nel periodo invernale, per impedire la germinazione stessa dei semi delle piante che si intendono eliminare.

#### *Metodi di applicazione dei biocidi per l'eliminazione di vegetazione inferiore*

I microrganismi coinvolti nel degrado di manufatti architettonici si distinguono generalmente in microrganismi autotrofi e in microrganismi eterotrofi (tab. 2).

Biodeteriogeni (da Kermes, anno IV, n. 10, gennaio-aprile 1992, p. 58).

INQUINANTI BIOLOGICI (Aria)	SVILUPPO BIODETERIOGENI (Supporto)	AUTOTROFI	FOTOSINTETICI <i>Alghe, Licheni, Muschi, Piante infestanti</i>
			CHEMIOSINTETICI <i>Batteri del ciclo dello S, N, Fe</i>
			INFERIORI <i>Funghi, Aminoacidi, Batteri del ciclo del C</i>
		ETEROTROFI	SUPERIORI <i>Insetti, Microfauna</i>

Le fasi preliminari per qualsiasi tipo di intervento per l'eliminazione della vegetazione inferiore prevedono:

— l'identificazione degli agenti responsabili del degrado, attraverso prelievi di campioni da analizzare in laboratorio;

— l'analisi delle cause che hanno favorito lo sviluppo della vegetazione; in genere, fondamentali per la crescita di organismi indesiderati, sono i fattori ambientali come la luce, l'umidità, la temperatura e i prodotti di nutrizione.

Si elencano, a questo riguardo, le diverse specie di vegetazione inferiore che possono attecchire e infestare più comunemente i manufatti architettonici, con i relativi prodotti e metodi chimici adatti alla loro eliminazione.

*Alghe e cianobatteri*

Sono microrganismi fotosintetici, la cui crescita dipende dalla presenza di luce, elevata e costante umidità e sali minerali. Il loro sviluppo sui manufatti, si manifesta macroscopicamente in forma di patine o di pellicole che variano per colore (verde, arancio o anche grigio e nero, soprattutto nel caso di cianobatteri, in base ai pigmenti fotosintetici presenti nelle cellule del microrganismo in questione), per estensione, spessore e consistenza. Dal punto di vista chimico, il danno che provocano si esplica soprattutto attraverso la produzione di acidi organici o composti chelanti che attaccano il substrato, danneggiandolo e trasformandolo; i cianobatteri endolitici, inoltre, se penetrano nella pietra, solubilizzano i carbonati eventualmente presenti.

### *Alghicidi*

I biocidi utilizzati come alghicidi comprendono prodotti ad ampio spettro tra i quali: a) i Sali di ammonio quaternario, b) i derivati del fenolo, c) i composti organo metallici (Tri-n-butilossido di stagno), e anche, d) prodotti che bloccano la fotosintesi come i derivati dell'urea. Gli alghicidi vengono utilizzati sotto forma di soluzioni o di dispersioni acquose, a concentrazioni che variano dall'1% al 10%, e la loro applicazione dipende dalla consistenza della patina algale da rimuovere.

### *Metodi di applicazione degli alghicidi*

— *L'applicazione a pennello* degli alghicidi consente, in presenza di substrati porosi, una profonda penetrazione del biocida all'interno del manufatto da disinfestare, ove è lasciato agire per circa un'ora. Successivamente, esso è rimosso con abbondanti risciacqui e con un'accurata spazzolatura, per poi essere nuovamente applicato a distanza di uno o più giorni (l'intervallo può tuttavia estendersi anche a 10).

— *L'applicazione a spruzzo* è preferita per il trattamento di ampie superfici o nel caso si debbano trattare superfici dipinte (ad es. affreschi) (fig. 2).

— *L'applicazione mediante impacchi* è eseguita soprattutto nel caso si debbano rendere inerti e rimuovere incrostazioni piuttosto spesse (fig. 3). Nel trattamento di materiali lapidei in genere e di affreschi in particolare, si sono ottenuti buoni risultati con l'impiego dell'AB57, sostanza composta da bicarbonato di sodio e ammonio, sospesa in polpa di carta, applicata con impacchi per 24 ore, seguiti da altri impacchi disinfettanti, costituiti da un sale di ammonio quaternario, diluito al 10% in acqua, sospeso in polpa di carta, per una durata di circa 4 ore. È opportuno evidenziare che il trattamento può provocare un imbrunimento dei microrganismi, che può tuttavia essere successivamente eliminato tamponando la superficie con compresse di cotone idrofilo imbevute in alcool etilico puro al 95° o con acqua ossigenata a 130 vol.

— *I metodi meccanici per la rimozione delle patine algali* comprendono, infine, l'impiego di spazzole e soprattutto di bisturi. Nei secoli passati, era prassi corrente pulire con acqua e con spazzole a setole fitte i manufatti marmorei interessati da tali attacchi biodeteriogeni, provvedendo in seguito a proteggerli con cera d'api. L'impiego di strumenti come bisturi e spazzole risulta tuttavia generalmente svantaggioso, sia perché non riescono ad assicurare la totale rimozione della patina algale, sia perché possono danneggiare significativamente il substrato (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

### *Batteri chemioautotrofi*

I batteri chemioautotrofi (batteri del ciclo dello zolfo e dell'azoto), causano alterazioni morfologicamente molto simili a quelle di origine esclusivamente chimica, come le croste nere o le varie forme di polverizzazione e di esfoliazione dei materiali. Questi microrganismi traggono energia dall'ossidazione di sostanze inorganiche e possono dare luogo, come prodotti di rifiuto del loro metabolismo, a varie sostanze aggressive tra le quali l'acido solforico o gli acidi nitroso e nitrico, che possono indurre la formazione di gesso e di nitrato di calcio nella pietra sottoposta a trattamento disinfestante.

Non esistono, in ogni caso, trattamenti biocidi specifici contro i batteri chemioautotrofi ma, spesso, si ricorre per la loro eliminazione all'uso di sostanze consolidanti e di protettivi idrorepellenti che, riducendo il ristagno d'acqua sulle superfici dei manufatti, possono notevolmente limitare lo sviluppo e la diffusione di questi agenti biodeteriogeni.

### *Batteri e funghi*

Lo sviluppo di *batteri* e di *funghi* è favorito da condizioni microclimatiche stabili e caratterizzate da elevata umidità relativa e/o da forti ristagni d'acqua nei materiali, associati a scarso soleggiamento e a limitata circolazione d'aria. Funghi e batteri eterotrofi possono formare sulla superficie lapidea macchie, efflorescenze di sali solubili e patine di ossalati, per l'azione di metaboliti chelanti e di acidi. I funghi, inoltre, penetrano con le loro "ife" (appendici filiformi e ramificate che costituiscono il corpo del fungo) nelle fessure esistenti nel manufatto o ne creano di nuove, contribuendo a renderne il materiale decoeso e, soprattutto se si tratta di materiale lapideo, rendendolo più vulnerabile agli attacchi di agenti aggressivi esterni (chimici e fisici, atmosferici...).

#### *Battericidi e fungicidi e loro applicazione*

Nel caso di materiali molto porosi, le ife dei funghi possono raggiungere notevoli profondità ed è per questo preferibile applicare il biocida mediante impacchi, poiché in questo modo se ne favorisce la penetrazione e se ne prolunga l'azione. Solo per alcune sostanze attive sotto forma di vapore, quali il timolo e la formaldeide, si può ricorrere anche alla vaporizzazione del biocida o alla fumigazione del manufatto con i gas prodotti. Anche l'applicazione del biocida a pennello consente una maggiore penetrazione dei biocidi nel materiale, mentre il trattamento a spruzzo permette applicazioni su vaste aree e trattamenti di materiali fragili e decoesi. Quest'ultimo sistema, però, deve essere adottato con le dovute cautele, sia per gli operatori, che devono essere dotati di opportune maschere protettive con filtro, per evitare pericolose inalazioni e danni all'apparato respiratorio, sia nei casi in cui si agisca su attacchi fungini in fase di sporificazione, in quanto le spore fungine possono essere facilmente diffuse nell'ambiente e determinare nuove colonizzazioni o danni alla salute, dal momento che la diffusione di spore di alcune specie fungine nell'aria può provocare allergie alle persone.

#### *Licheni*

L'unione, in una stessa forma associativa infestante, di funghi con cianobatteri o con alghe costituisce la grande varietà dei licheni. Il partner fungino (micobionte) dell'associazione e quello algale (fotobionte) danno, in questi casi, origine al tallo, che può essere omeomero, se in sezione non appare differenziato, o eteromero se in sezione si distinguono vari strati, tra cui, dall'alto in basso, si distinguono:

- uno strato corticale formato da ife fungine più o meno aggregate;
- uno strato occupato dal fotobionte;
- uno strato formato da ife fungine debolmente intrecciate;
- uno strato corticale inferiore su cui a volte vi sono fasci di ife che ancorano il lichene al substrato (rizine).

Rispetto alla forma del tallo e al tipo di riproduzione del lichene si possono infine avere licheni fogliosi, crostosi, endolitici, sorediati.

Per tutte queste ragioni, è importante procedere anzitutto all'identificazione della specie di lichene interessato dal trattamento disinfestante attraverso analisi di laboratorio, poiché diversi sono i ruoli che essi possono assumere nei processi di degrado della pietra, e diversi i metodi di intervento.

#### *Metodologie di intervento: A) metodi meccanici, B) metodi chimici*

A) *Metodi meccanici*. La rimozione meccanica è sufficiente solo quando si è in presenza di licheni *fogliosi* poiché questi, avendo un tallo a forma fogliacea attaccato al substrato per mezzo di rizine, hanno un rapporto particolarmente labile con il substrato. Il trattamento meccanico è, in genere, preferibile anche nel caso di licheni *endofitici* (con tallo interno al substrato), poiché l'applicazione di un biocida, pur determinando la morte di alghe e funghi, provoca una degenerazione del tallo secondo una desquamazione progressiva dello strato corticale, che si stacca in piccole scaglie; si ha quindi l'esposizione all'atmosfera di una superficie del manufatto litico maggiore di quella originaria, con un sensibile aumento del rischio che s'innescino altri processi di degrado a suo carico. La rimozione meccanica è in genere effettuata con l'impiego di bisturi e spazzole e può essere facilitata dall'applicazione di una soluzione di ammoniacca debolmente concentrata (2 a 5%)



poiché l'ammoniaca provoca il rigonfiamento e l'ammorbidimento del tallo, ne diminuisce l'adesione al substrato e ne facilita quindi la rimozione.

B) *Metodi chimici*. In presenza di licheni crostosi (con tallo a forma crostosa tenacemente ancorato al substrato e senza rizine), è necessario applicare un biocida e, solo dopo la loro morte, è possibile rimuoverli meccanicamente. Anche per i licheni soorediati (licheni che hanno riproduzione agamica attraverso i sooredii, formati da un'alga contornata da ife fungine, che sono dispersi dal vento favorendo la propagazione del tallo) è preferibile l'impiego di un biocida. Un'asportazione dei talli con metodi meccanici, infatti, causerebbe in questi casi la dispersione nell'aria d'innomerevoli propagoli vegetativi. I biocidi comunemente utilizzati per l'eliminazione dei licheni sono solubili in acqua e sono pertanto applicati in soluzioni acquose debolmente concentrate (1-3%). Le soluzioni sono preparate al momento dell'uso, perché, se conservate per lungo tempo, l'efficacia del principio attivo in esse presente può sensibilmente diminuire.

I prodotti lichenicidi impiegati comprendono, essenzialmente: a) i sali di ammonio quaternario e, b) gli enzimi proteolitici.

a) La classe di prodotti più largamente impiegata come lichenicidi è quella dei sali di ammonio quaternario, applicati a spruzzo, a pennello o a impacco. Generalmente, le soluzioni di sali di ammonio quaternario, sono applicate con un'irrorazione spray a bassa pressione, con una concentrazione che deve essere stabilita in base alla porosità del materiale lapideo trattato; nel caso di pietre a bassa porosità (ad es. alcuni marmi) le concentrazioni possono raddoppiare. Solitamente, si consiglia di eseguire il trattamento in condizioni climatiche stabili, in assenza di precipitazioni e di vento, per evitare che il biocida sia rimosso prima di esercitare la sua azione e per non causare rischi agli operatori, vista la tossicità delle sostanze usate. L'applicazione a pennello non è consigliabile nel caso di substrati molto deteriorati e l'applicazione a impacco è utilizzata per una maggiore permanenza della soluzione biocida sulla colonia di microrganismi da rimuovere.

b) Per l'eliminazione di licheni su aree di limitata estensione, può in ogni caso essere idoneo anche l'impiego di *enzimi proteolitici* (tripsina in tampone borato a pH 8,2 con concentrazioni di 200 mg/l). La soluzione contenente tali enzimi è applicata sia a impacco, sia a pennello, in ragione di circa 50 ml di prodotto diluito per ogni 500 cm<sup>2</sup>. Dopo 30 minuti circa dall'applicazione, si procede a una blanda azione meccanica, esercitata con uno spazzolino morbido e lavando la zona trattata con acqua distillata.

L'uso di enzimi proteolitici non implica problemi di natura tossicologica, ma richiede che la temperatura sia mantenuta costante (circa sui 25 °C) durante l'applicazione, affinché l'enzima eserciti la sua massima attività. Tutto ciò, insieme all'esigenza di conservare gli enzimi a 4 °C, rende tale metodo di difficile applicabilità, specialmente su vaste aree.

Dopo l'applicazione dei prodotti biocidi, per uccidere le colonie di batteri (funghi, alghe e licheni) può essere o no eseguita anche una pulitura del substrato mediante lavaggio con acqua. In genere, questa operazione tende a rimuovere i residui delle colonizzazioni biologiche macroscopicamente ancora presenti *in situ*, quando esistono problemi di incompatibilità con protettivi e consolidanti utilizzati nelle fasi successive, quando si vuole evitare una possibile interferenza con i materiali del substrato o, infine, quando si siano utilizzati biocidi a rischio tossicologico non trascurabile.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

I trattamenti eseguiti con prodotti diserbanti vanno evitati durante i periodi di pioggia e in condizioni di forte ventosità, per evitare la dispersione dei biocidi nell'ambiente.

È sconsigliabile anche applicare i prodotti in presenza di un eccessivo surriscaldamento delle superfici, per impedire una loro rapida evaporazione e diffusione nell'aria, ed è quindi preferibile agire durante le prime ore del mattino.

Per quanto riguarda la vegetazione inferiore, la presenza o meno di microrganismi non sempre è macroscopicamente visibile e riconoscibile.

Spesso, infatti, la morfologia dell'alterazione causata dagli organismi biodeteriogeni può essere confusa con danni di tipo chimico, come accade, ad esempio, quando si confondono le patine di attinomiceti con efflorescenze saline o le patine nere associate alla presenza di cianobatteri, con depositi di particolato atmosferico o con croste nere. È quindi necessario procedere, preliminarmente a ogni tipo d'intervento, alla verifica circa la natura degli agenti biodeteriogeni

presenti che s'intende rimuovere, utilizzando a tal fine, opportuni prelievi di campioni di materiale proveniente dalle zone di manufatto soggette ad alterazione, da sottoporre a specifiche analisi di laboratorio.

È inoltre importante valutare la rilevanza dei fenomeni in atto, scegliere la sostanza biocida più idonea, in base ai criteri evidenziati nella scheda, e valutare gli eventuali danni che le colonie di organismi in questione possono indurre al manufatto oltre che quelli eventualmente associati alla rimozione stessa.

È anzitutto opportuno ricordare, a questo proposito, che i prodotti biocidi devono rispondere a esigenze sia di tipo tecnico sia di tipo sanitario, ossia debbono assicurare un'elevata efficacia contro gli agenti biodeteriogeni responsabili dell'attacco e dell'alterazione, l'assenza d'interferenza con i materiali costitutivi del manufatto sottoposto a trattamento disinfestante, una bassa tossicità per la salute umana e un ridotto rischio di inquinamento ambientale. Un biocida è in ogni caso più efficace quanto più è ridotta la dose necessaria per il trattamento, quanto più ampio è il suo spettro d'azione e, infine, quanto più a lungo persiste la sua azione. Va tuttavia osservato che, generalmente, i biocidi ad ampio spettro d'azione presentano un rischio tossicologico maggiore e che, analogamente, alti valori di persistenza sono negativi dal punto di vista dell'igiene ambientale poiché in questi casi essi rimangono attivi per lungo tempo e possono conseguentemente esercitare effetti nocivi sull'ambiente per periodi molto lunghi.

Poiché, inoltre, il biocida prescelto non dovrebbe interagire con il substrato (per le ragioni più volte evidenziate), è necessario evitare l'impiego di prodotti colorati, oleosi o filmogeni e preferire all'opposto quelli che possiedano pH prossimo alla neutralità o simile a quello proprio del substrato. L'acqua ossigenata induce, ad esempio, notevoli variazioni sull'arenaria ossidando le sue eventuali inclusioni ferrose, con conseguente produzione di macchie color ruggine, mentre, sul marmo, ha un effetto sbiancante. È perciò spesso opportuno effettuare prove preliminari, *in situ* o in laboratorio, per accertare che il biocida scelto non interferisca con il materiale da trattare.

### *Normativa*

Non tutti i prodotti impiegati nel restauro, come sostanze biocide, sono interessate da specifiche norme o da indicazioni della legislazione o del sistema di normazione tecnica italiana. Alcuni fungicidi e battericidi, tuttavia, utilizzati soprattutto in agricoltura, rientrano nella apposita legislazione in quanto classificati quali *presidi sanitari*; altri, che trovano invece impiego per usi civili (ad es. i disinfettanti, gli insetticidi ecc.), rientrano nella categoria dei *presidi medico-chirurgici*. Entrambe queste categorie di prodotti sono pertanto soggette a registrazione da parte del Ministero della sanità che predispone e aggiorna appositi elenchi di prodotti "registrati" e quindi "accettati" e di cui sono note le caratteristiche di composizione, le utilizzazioni consentite e le forme di commercializzazione e somministrazione, in relazione sia agli scopi desiderati sia alla tutela della salute pubblica.

Il Parlamento Europeo il 23 settembre 2010 ha approvato una nuova normativa sui biocidi, prodotti per controllare infestanti e batteri, grazie alla quale tali prodotti diventeranno più sicuri e rispettosi dell'ambiente. I nuovi prodotti saranno inoltre autorizzati e commercializzati più rapidamente rispetto ai tempi ora necessari. L'obiettivo più ampio del progetto di regolamento è aggiornare le norme comunitarie che disciplinano questo genere di prodotti, che vanno dai repellenti per insetti ai prodotti chimici per il trattamento delle acque (i pesticidi agricoli sono coperti da una legislazione a parte), regolamentando per la prima volta anche i materiali trattati con i biocidi e cercando di implementare la sicurezza di questo filone di prodotti.

Le disposizioni previste dalla legge sulla registrazione, la vendita, il trasporto e l'imballaggio dei prodotti, genericamente denominati pesticidi, invece, sono in continuo aggiornamento e si rimanda pertanto alla legislazione di settore per ogni aggiornata notizia in merito.

### **ESPERIENZE**

Statua del Gigante dell'Appennino del Giambologna, parco di villa Demidoff, Firenze: trattamento con erbicida a spruzzo sulla mano destra e iniezioni sulla schiena.

Sepolcro di Pompeo di marmo peperino, Albano: asportazione delle alghe con trattamento biocida a impacco.

Chiesa S. Croce in pietra leccese (calcarea), Lecce: asportazione dei licheni con impacchi e pennellature di enzimi proteolitici.

Basamento di una statua del Prato della Valle, Padova: trattamento biocida a impacco.

Chiesa S. Maria Assunta a Ponte di Cerreto, Perugia: asportazione delle alghe con impacchi di AB57 in soluzione (per 24 ore) alternati a impacchi di ammonio quaternario al 10% in acqua (per 4 ore).

Domus Aurea, Roma: asportazione delle alghe dalle pitture murali con applicazione di biocida dato a pennello in soluzione acquosa all'1%.

Basamento marmoreo ai fori Traiani, Roma: trattamento biocida mediante spennellatura.

Statua Dovizia di marmo collocata nella zona a ridosso del forte Belvedere, Roma: asportazione di alghe e licheni con ammonio quaternario in soluzione acquosa al 3% dato a spruzzo.

I licheni crostosi furono trattati preliminarmente a spray con  $H_2O_2$ . Successivamente tutta la statua fu coperta con un telo impermeabile alla luce per circa un mese.

Brescia, Santuario repubblicano, 2006-2008. Applicazione biocida su intonaci e dipinti murali.

Lecco (Como), Villa di Balbianello, 2008-2009. Prodotti biocidi per l'eliminazione di microorganismi sull'intonaco.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Caneva G. 1985; Caneva G., Nugari M. P., Salvadori O. 1994; Caneva G., Nugari M. P., Pinna D., Salvadori O. 1996; Monte M. 1991; Nimis P. L., Pinna D., Salvadori O. 1992; Tiano P. 1991.

AA.VV., *La biologia vegetale per i beni culturali, Vol. 1, Biodeterioramento e conservazione*, a cura di G. Caneva, M. Pia Nugari, O. Salvadori, Nardini Editore, Firenze, 2007.

(VOL)



Figura 1 • Dopo l'applicazione di prodotto biocida l'operatore procede con l'estirpazione manuale della vegetazione infestante.



Figura 2 • Applicazione a spruzzo del liquido disinfestante.



Figura 3 • Impacco in polpa di carta impregnata di biocida.

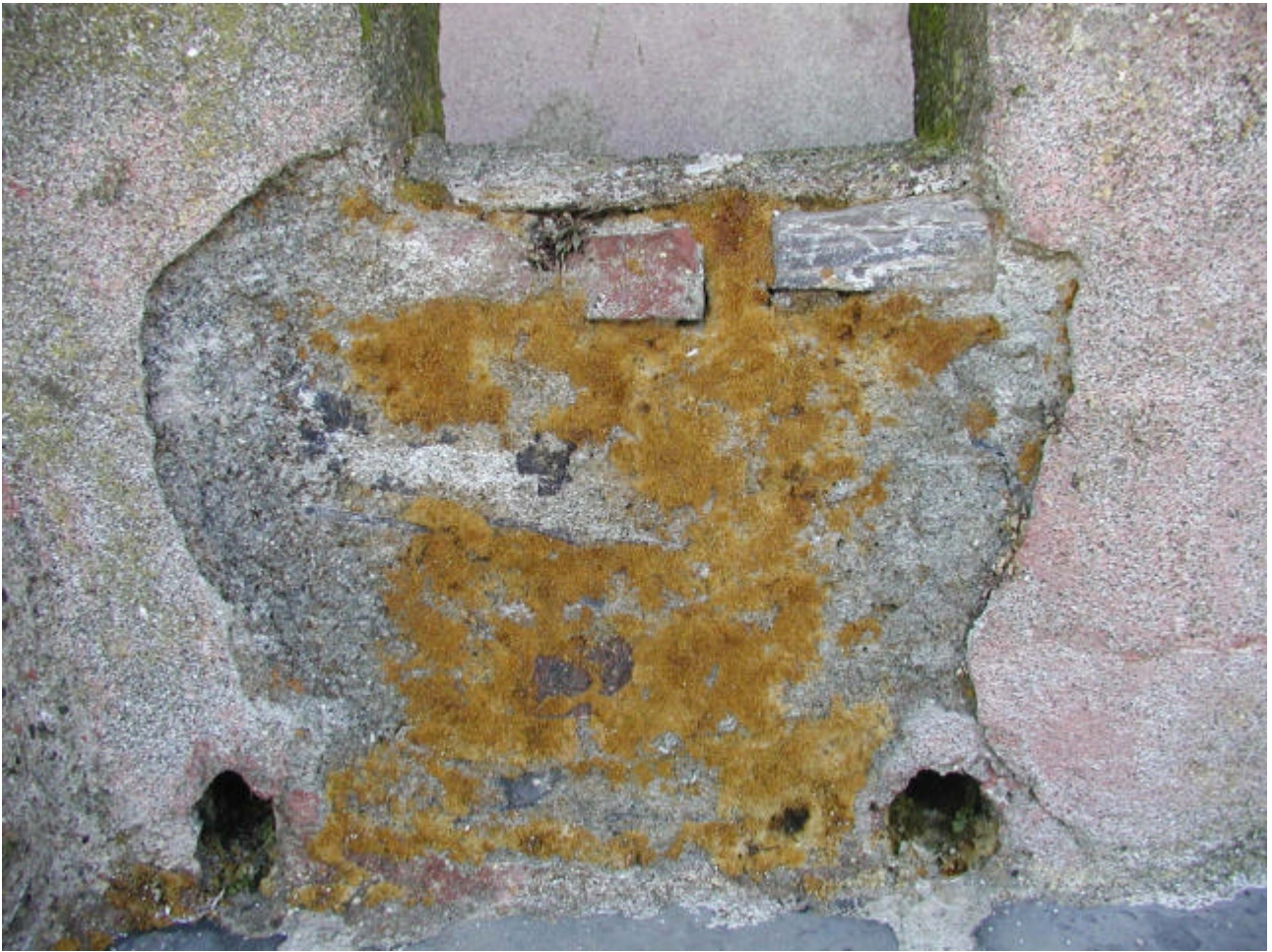


Figura 4 • Patina biologica dopo l'applicazione del disinfestante.



Figura 5 • Eliminazione della patina biologica secca, mediante spazzolatura.



Figura 6 • Risultato parziale della disinfestazione.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La crescita e lo sviluppo di agenti biodeteriogeni sui manufatti architettonici dipende da vari fattori tra i quali, anzitutto, la presenza di alte concentrazioni di umidità, i valori della temperatura, la luce, la composizione dei materiali e l'inquinamento atmosferico.

— La quantità di umidità o di acqua contenuta nei materiali, nei suoi diversi possibili stati, incide notevolmente sulla germinazione dei semi e delle spore vegetali, sull'impianto di funghi e batteri e sulla crescita delle larve e degli insetti. L'intervallo dei valori dell'umidità relativa entro cui è possibile o è favorito lo sviluppo della maggior parte degli organismi viventi, va dal 70 al 100%. Importante è anche la durata del periodo in cui si registra il permanere di un elevato tasso di umidità, dal momento che l'acqua ha bisogno di un certo tempo per essere assorbita dai materiali e permettere, di conseguenza, la germinazione degli organi riproduttivi e l'insediamento delle diverse forme viventi.

— Temperature elevate, a loro volta, possono favorire e incrementare la crescita biologica di molti micro e macroorganismi, in quanto velocizzano le reazioni chimiche che caratterizzano i loro processi vitali. Valori compresi tra i 15 e i 28 °C sono ideali per la germinazione dei semi e delle spore; una temperatura costante ed elevata (intorno ai 22-25 °C), prolungata per un certo intervallo di tempo, favorisce inoltre la schiusa delle uova di alcune specie di insetti.

— Tutti gli organismi fotosintetici, quali sono ad esempio i muschi, i licheni, le alghe, ma anche molti organismi animali, per vivere hanno bisogno della luce, e ciascuna specie si sviluppa in habitat specifici, anche in funzione del tipo di frequenza della radiazione luminosa, del grado della sua intensità e della sua durata nel tempo.

— Il pH, ossia il grado di acidità, proprio del substrato può a sua volta favorire la crescita preferenziale di certi gruppi di agenti biodeteriogeni rispetto ad altri, poiché gli organismi possono essere acidofili, basofili o neutrofilo. I funghi e i muschi, ad esempio, si sviluppano più facilmente in ambienti leggermente acidi (pH pari a 5,4-6,8), mentre le alghe preferiscono un ambiente leggermente alcalino (pH pari a 7,5-8,5) e i batteri o i licheni hanno, invece, un ampio spettro di adattamento in dipendenza della singola specie.

Per queste ragioni, ogni sistema di natura fisica e di tipo indiretto volto all'eliminazione di agenti biodeteriogeni, fa ricorso a metodi legati alla variazione dei fattori brevemente richiamati, prevedendo, ad esempio, l'eliminazione o la riduzione delle fonti di illuminazione che agiscono sul materiale e sul manufatto da disinfestare, allontanando le acque che, in diversa forma e in diversi stati, lo raggiungono, oppure controllando e modificando l'atmosfera che lo circonda. I parametri sinteticamente evidenziati, tuttavia, sono spesso difficilmente modificabili e se è possibile, ad esempio, modificare e controllare le condizioni di un ambiente confinato, è assai più arduo, se non impossibile, agire sulle condizioni ambientali di un manufatto esposto all'aperto.

L'impiego di atmosfere modificate rappresenta un'ottima tecnica per la disinfestazione di manufatti cartacei, lignei ed organici in generale. Operativamente, il manufatto da trattare viene confinato in un ambiente chiuso e limitato nel quale si provvede a modificare la composizione dell'aria, sostituendo l'ossigeno con azoto, biossido di carbonio o argon.

L'atmosfera così modificata non è più adatta alla vita di insetti e microrganismi infestanti.



Poiché molti manufatti realizzati con materiali di origine biologica, come il legno o la carta, possono subire danni ingenti da un'esposizione a un ambiente in cui la temperatura sia troppo alta o il tenore di umidità relativa troppo basso, occorre che tali parametri non subiscano brusche variazioni durante il trattamento. Gli insetti, d'altra parte, mostrano differenti capacità di resistenza in atmosfere a basso contenuto d'ossigeno, in ragione anche delle specie e degli stadi di sviluppo in cui si trovano (generalmente le larve e le uova sembrano, ad es., più resistenti degli insetti adulti).

È stato inoltre rilevato che, in un'atmosfera con un contenuto d'ossigeno pari al 3%, la mortalità di varie specie di insetti è piuttosto bassa, mentre si alza decisamente quando tale valore si riduce all'1%. I risultati migliori sono stati ottenuti, in presenza di tenori d'ossigeno inferiori allo 0,1%. Se si intendono ridurre i tempi d'esposizione dei manufatti nelle atmosfere così modificate, o quando non si è in grado di raggiungere o mantenere i bassi livelli richiesti di ossigeno, è possibile variare gli altri due parametri ambientali in

gioco, e cioè la temperatura e l'umidità relativa. L'aumento di temperatura, così come la diminuzione dell'umidità relativa dell'atmosfera, aumentano il tasso di mortalità degli insetti.

Gli intervalli entro cui questi parametri possono variare, senza causare danni ai manufatti, non sono tuttavia amplissimi. Si ritiene, ad esempio, che la temperatura alla quale un manufatto artistico può essere esposto anche per un periodo prolungato di tempo, senza conseguenze per la sua conservazione, possa variare tra i 30 e i 35 °C, mentre l'umidità relativa può essere compresa tra il 35% e il 70%.

Un altro sistema efficace per uccidere gli organismi viventi che infestano prevalentemente i manufatti lignei e cartacei, ma anch'esso difficilmente applicabile in situ, è l'impiego del calore, secco o umido. L'effetto biocida indotto dal calore è dovuto alla denaturazione o scissione (ossia alla rottura dei legami chimici) delle molecole che costituiscono gli organismi viventi. Il metodo, approntato da H. W. Von Rothberg, non richiede temperature elevate, in quanto già a 55 °C le proteine degli organismi viventi coagulano, ossia si uniscono in agglomerati più grandi, separandosi dalla fase liquida e causando così la cessazione dei processi vitali. Il sistema è efficace contro tutti gli stadi di sviluppo degli insetti che si nutrono di cellulosa. L'associazione del calore con l'umidità consente di ricorrere a temperature più basse e di evitare così la disidratazione del manufatto sottoposto al trattamento.

Recentemente viene utilizzato anche il vapore caldo sui materiali lapidei ed anche il surriscaldamento indotto con microonde che ha un'efficacia su ogni tipo di parassita (funghi saprofiti, batteri e insetti xilofagi, tra cui anche le termiti) in qualunque stadio vitale (uova, larva, adulto).

Le microonde, infatti, penetrando in profondità, raggiungono i vari cunicoli dove si annidano i parassiti ed il veloce riscaldamento non permette l'adeguamento degli organismi alle nuove condizioni termiche, mediante le proprie capacità di termoregolazione. Questa tecnologia inoltre offre un'assoluta atossicità per l'uomo e un basso impatto ambientale, evitando l'utilizzo di agenti chimici, quali bromuro di metile ed altri prodotti biocidi. Gli accurati controlli di processo (sensori di temperatura sul manufatto, rilievi di emissioni e regolazione della potenza emessa) consentono un accurato monitoraggio per la salvaguardia dell'oggetto e la sicurezza degli operatori.

Vi sono poi altri sistemi di natura fisica, ma di tipo diretto, quali ad esempio le radiazioni elettromagnetiche che comprendono trattamenti disinfestanti eseguiti con l'impiego di raggi ultravioletti particolarmente efficaci contro alghe e cianobatteri, o di raggi gamma, utili per eliminare insetti e funghi. Le lunghezze d'onda dei raggi gamma sono molto piccole ( $10^{10}$ - $10^{14}$  m), caratteristica che dona a tale tipo di radiazione un elevato potere di penetrazione e, per converso, un basso potere ionizzante. Un'altra caratteristica interessante di questo tipo di radiazione, ai fini del suo impiego per la disinfezione dei manufatti, risiede nel fatto che non lascia radioattività residua nel materiale sottoposto a irradiazione. Nel campo della disinfezione, i raggi gamma utilizzati provengono da un elemento radioattivo artificiale, l'isotopo 60 del cobalto.

L'azione letale delle radiazioni gamma nei confronti degli esseri viventi si esplica principalmente attraverso l'interferenza con le molecole del DNA, che presiedono alla riproduzione delle cellule (e dell'organismo stesso), al loro sviluppo e alla regolazione delle loro specifiche funzioni. Il contenuto informativo del DNA viene modificato dall'azione della radiazione, provocando alterazioni, anche gravi, nel patrimonio genetico e nei meccanismi della sua trasmissione, causando, per livelli elevati

di irraggiamento (variabili in relazione alle specie di organismi irraggiati), la morte degli individui (fig. 1).

La sensibilità degli organismi viventi alle radiazioni varia in dipendenza di ciascuna specie e, nell'ambito di una medesima specie, con lo stadio di sviluppo degli individui. In particolare, ad esempio, gli insetti adulti sono molto più resistenti alle radiazioni di quanto non lo siano le uova o le larve. Alcuni esperimenti condotti negli anni sessanta sulla radiosensibilità di alcune specie di insetti xilofagi della famiglia degli Anobidi (in particolare delle specie *Xestobium rufovillosum* e *Anobium punctatum*, il cosiddetto tarlo delle case) e dei Lictidi hanno evidenziato che le dosi di irraggiamento necessarie per impedire la schiusa delle uova aumenta considerevolmente con la maturità delle uova stesse.

La possibilità di distruggere le cellule viventi mediante l'azione di radiazioni ionizzanti, quali i raggi gamma, fu messa in evidenza intorno agli anni venti del secolo scorso, ma solo a partire dagli anni sessanta dello stesso secolo si sono diffuse le applicazioni di tipo industriale finalizzate alla sterilizzazione del materiale medico, delle derrate alimentari e alla distruzione degli insetti infestanti le riserve di granaglie. Attualmente, nel mondo, sono in funzione più di un centinaio di installazioni industriali per il trattamento sterilizzante con radiazioni gamma.

L'impiego dei raggi gamma per la disinfestazione di oggetti d'interesse artistico ha invece conosciuto uno sviluppo più ridotto. Le prime sperimentazioni risalgono agli anni sessanta del XX secolo e riguardarono manufatti cartacei, mentre negli anni settanta si realizzarono i primi interventi di disinfestazione su mobili, sculture e oggetti di interesse etnografico.

Gli ultrasuoni, poi, sono spesso impiegati per allontanare dal manufatto sottoposto a disinfestazione i roditori, mentre una corrente elettrica a bassa tensione viene ormai diffusamente utilizzata per allontanare i volatili (v. PTZ07 - Allontanamento dei volatili). I sistemi di corrente ad alta frequenza, invece, vengono impiegati per uccidere insetti responsabili del deterioramento del legno.

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

I metodi di disinfestazione di natura fisica non hanno potere di prevenzione ma solo di eliminazione degli agenti biodeteriogeni di varia natura.

I sistemi fisici indiretti possono essere impiegati per risanare qualsiasi manufatto attaccato da agenti biodeteriogeni, ma occorre attentamente valutare, caso per caso, la loro effettiva efficacia rispetto ai suoi caratteri, alla sua consistenza e stato di conservazione, oltre che al tipo di attacco in atto. Inoltre è bene ricordare che la scelta di procedere con sistemi fisici indiretti, come ad esempio modificando i parametri ambientali, risulta più semplice per elementi non esposti all'esterno e di non grandi dimensioni, per le ragioni già evidenziate. Così anche alcuni trattamenti fisici diretti, quali l'utilizzo dei raggi ultravioletti e dei raggi gamma, interessano principalmente oggetti di dimensioni piccole o medie, o manufatti composti di parti assemblate e disaggregabili.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

##### *Metodi fisici indiretti*

Come accennato, la crescita e lo sviluppo di agenti biodeteriogeni sui manufatti dipende da diversi fattori, e perciò è possibile bloccare la crescita e, in alcuni casi, eliminare definitivamente l'organismo bersaglio responsabile dell'infestazione.

Si può perciò intervenire a tal fine: 1) eliminando le fonti di illuminazione del manufatto infestato; 2) deumidificando l'ambiente o il manufatto; 3) modificando l'atmosfera con gas inerti; 4) impiegando il calore. 1) La maggior parte degli agenti infestanti di natura biologica (alghe, licheni e muschi), per vivere e svilupparsi, hanno bisogno di un certo livello di radiazione luminosa. La loro eliminazione, perciò, può essere ottenuta avvolgendo il manufatto interessato con teli impermeabili alla luce o rivestendolo con impacchi schermanti, per un tempo variabile in funzione della specie di organismi da eliminare e dell'intensità del loro sviluppo. Questo tipo d'intervento è possibile sia su manufatti conservati all'interno di ambienti confinati sia manufatti esposti all'aperto, purché siano generalmente di ridotte dimensioni.

2) È analogamente difficile agire sull'umidità che in varie forme e per diverse ragioni è presente nei manufatti da disinfestare, in quanto sarebbe necessario creargli un ambiente confinato e controllabile, agendo anzitutto con un aumento della temperatura e con sistemi di abbassamento del tasso di umidità mediante apparecchi deumidificatori. Per questa ragione, ogni azione tesa a

sottrarre umidità dai manufatti aggrediti da organismi deterioranti può essere attuata solo se questi possono essere trasportati e posti in ambienti asciutti e ventilati, fino a quando i microrganismi responsabili dell'attacco non siano completamente seccati e possano, di conseguenza, essere asportati, ad esempio, con mezzi meccanici (v. DSZ01 - Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni di natura vegetale, piante inferiori e superiori). La crescita di molte specie di agenti biodeteriogeni insediati su manufatti esposti all'esterno può, in ogni caso, essere sensibilmente rallentata e ostacolata anche da una corretta pulitura delle parti interessate, poiché l'asportazione di depositi di varia natura sottrae loro le sostanze nutritive necessarie alla crescita, soprattutto se si tratta di microrganismi, di natura eterotrofa, il cui metabolismo dipende appunto dall'assunzione di sostanze dall'ambiente esterno e, in primo luogo, dal substrato cui sono ancorati.

L'efficacia della pulitura può inoltre essere migliorata dall'eventuale contemporanea stuccatura e sigillatura di lacune, fratture e cretture presenti sul manufatto, poiché in ogni sua discontinuità si accumulano facilmente il particolato atmosferico e altri depositi che, a loro volta, favoriscono l'insediamento, la germinazione dei semi e il proliferare di altre forme di vita parassitaria.

3) L'applicazione dell'atmosfera modificata consiste nel porre l'elemento infestato in involucri stagni realizzati su misura con materiali plastici a barriera di gas, in cui l'ossigeno viene sostituito con gas inerti come l'azoto, il biossido di carbonio e l'argon.

La riuscita dei trattamenti è legata al soddisfacimento di alcune precise condizioni proprie di ogni tipologia di gas di sostituzione impiegato, cioè:

- Il rapporto tra le concentrazioni delle singole sostanze componenti l'atmosfera modificata;
- La possibilità di tenere "sotto controllo" (da cui il termine *atmosfera controllata*) la presenza percentuale dei gas componenti l'atmosfera modificata per tutto il periodo di esposizione;
- La possibilità di condizionare i comportamenti fisici dei gas componenti l'atmosfera modificata;
- La temperatura d'esercizio;
- Il tempo di esposizione.

Tali parametri, infatti, assumono valori differenti a seconda che l'atmosfera venga modificata con azoto o con biossido di carbonio, come riportato in tab. 1.

TABELLA								
Atmosfera modificata con azoto				Atmosfera modificata con biossido di carbonio				
(N <sub>2</sub> )	(O <sub>2</sub> )	T	t	(CO <sub>2</sub> )	(O <sub>2</sub> )	(N <sub>2</sub> )	T	t
99% c.a.	< 1%	18÷26 °C	21÷30 gg	60÷65%	8÷7%	32÷28%	18÷26 °C	12÷15 gg

Tabella 1 - tratta da *Disinfestazione e Igiene Ambientale*, luglio/agosto 2008, pag. 36 – [www.moedco.it](http://www.moedco.it)

Le caratteristiche del biossido di carbonio permettono di raggiungere l'obiettivo in tempi più brevi rispetto all'azoto e senza la necessità di ottenere percentuali residue di ossigeno minime (<1%), situazione tecnicamente più impegnativa.

Ad un livello di concentrazione di ossigeno inferiore allo 0,4%, gli insetti muoiono principalmente per disidratazione. L'anossia è efficace per eliminare gli insetti larvali ad ogni stadio vitale. Il tempo che occorre dipende dalla temperatura ambiente. Alla temperatura di 20 °C e con un'umidità relativa del 55% i tempi di esposizione per indurre la morte delle varie fasi sono: 3-4 giorni per l'insetto adulto, 7-10 giorni per l'uovo, 14-20 giorni per la larva e 14-20 giorni per la pupa.

Esistono tre diversi modi per ottenere un'atmosfera a basso contenuto di ossigeno, rispettivamente denominati: a) sistema *dinamico*, b) sistema *statico-dinamico* e c) sistema *statico*.

a) Nel primo metodo, l'aria è espulsa dalla "camera di fumigazione" mediante l'insufflaggio rapido di un gas inerte; quando si è raggiunto il tasso di ossigeno richiesto, si diminuisce il flusso del gas e si mantiene costante, in modo da assicurare nell'ambiente ad atmosfera modificata livelli di ossigeno molto bassi per tutta la durata del trattamento.

b) Nel secondo sistema, muta il modo con il quale si mantengono le condizioni e si controllano i parametri durante la fase di inserimento del gas. Infatti, invece di continuare a immettere nella camera stagna una sia pur ridotta quantità di gas, si inserisce all'interno del contenitore una sostanza riducente che si combina con l'ossigeno ancora presente.

c) Nel sistema statico non si prevede l'espulsione dell'aria, poiché si ritiene sufficiente inserire nella camera di fumigazione un quantitativo adeguato di sostanza riducente che riduca l'ossigeno e mantenga costanti le caratteristiche dell'atmosfera modificata. Questa tecnica è utilizzata soprattutto per oggetti di ridotte dimensioni.

La sostanza riducente comunemente impiegata nel settore delle disinfestazioni, è costituita da una miscela in polvere di ossido ferroso e cloruro di potassio. Tale sostanza è fornita in confezioni di diverse dimensioni, in ragione della quantità d'ossigeno che deve essere assorbito, valutata in millilitri per litro d'aria e chiaramente indicata sull'imballaggio.

Per evitare indesiderati e incontrollati sbalzi igrometrici, il gas, prima di essere inserito è sottoposto a umidificazione, in modo da ottenere l'umidità relativa utile e compatibile con le caratteristiche del manufatto. Il gas è immesso nella camera stagna attraverso un condotto a T, suddiviso in due linee controllate da valvole a due vie. Una tubatura insuffla il gas, generalmente azoto, in un contenitore parzialmente riempito con acqua; uscendo da esso, il gas umidificato si unisce, in una camera di miscelazione, a quello secco proveniente dalla bombola, per essere poi convogliato in una terza camera contenente un sensore dell'umidità. Controllando l'apertura delle valvole poste sui due condotti che immettono il gas nella camera di umidificazione e in quella di miscelazione, è possibile dosare la quantità di fluido umido che va a miscelarsi con quello secco e ottenere così il tasso desiderato di UR nel flusso di gas che sarà introdotto nella camera di fumigazione (fig. 2).

L'involucro è munito di più manicotti a tenuta, destinati all'introduzione dell'azoto e alla regolazione della pressione del gas e del contenuto di ossigeno.

In una corretta applicazione della tecnica, si sottopone anzitutto la camera di fumigazione a un flusso di gas elevato, in modo che l'azoto non si misceli con l'aria ma la espella. Si può eseguire il trattamento in condizioni di pressione normali, consentendo all'iniziale sovrappressione provocata all'interno della camera dall'immissione repentina di azoto, di tornare in equilibrio con quella esterna; oppure mantenendo una leggera sovrappressione, dell'ordine dei 5-10 Pa, che inibisce la diffusione dell'ossigeno all'interno dell'ambiente.

Se si applica il sistema statico-dinamico (b), il foro praticato nell'involucro per la fuoriuscita dell'aria è sigillato quando il tasso di ossigeno ha raggiunto il livello desiderato, misurato da un sensore. All'interno della camera va inserita rapidamente un'opportuna quantità di una sostanza riducente che "assorba" l'ossigeno ancora presente; si sospende quindi l'immissione di azoto e si sigilla anche il foro d'ingresso del gas. È anche possibile ottenere una maggiore tenuta dell'involucro utilizzando un materiale diverso dalla plastica e più impermeabile all'azoto, utilizzando, eventualmente, camere costruite *ad hoc* con lastre di plexiglas sigillate con silicone strutturale, o con tavole di legno avvolte da teli di plastica.

Pur potendo utilizzare anche l'anidride carbonica per sostituire l'ossigeno, nel caso di trattamenti di manufatti artistici con parti dipinte, l'azoto si dimostra più adatto, in quanto il biossido di carbonio si combina con l'umidità presente nell'ambiente e nell'oggetto sottoposto a trattamento, generando acido carbonico che può danneggiare i pigmenti non protetti dalle vernici (ad es., quando lo strato di colore presenta microfessure).

Recenti ricerche hanno evidenziato come l'impiego alternativo dell'argon consentirebbe trattamenti più brevi, in quanto sembra avere un'efficacia maggiore dell'azoto nell'uccidere i parassiti del legno. Sono state infine sperimentate con successo alcune camere di grandi dimensioni, realizzate sia con fogli di plastica sia con lamiere di metallo (una di queste misurava m 7,5 x3 x3), e si sta esplorando la possibilità di riconvertire le camere di fumigazione tradizionali per adattare a questo nuovo metodo.

Per i casi di strutture lignee di ridotte dimensioni e rimuovibili è stato brevettato il sistema VELOXY (Very Low Oxygen), un macchinario trasportabile che può creare atmosfera senza ossigeno all'interno di un involucro di plastica stagno creato su misura. Il trattamento può essere utilizzato anche per componenti lignei contenenti elementi metallici.

4) Il calore, secco o umido, è impiegato nelle disinfestazioni di materiali organici. In particolare il trattamento con calore umido cioè con una temperatura di 95 °C e un'umidità relativa del 40%, prolungato per quattro ore è una delle tecniche più largamente utilizzate per il trattamento di

manufatti cartacei. Secondo una variante della tecnica messa a punto da H. W. von Rothberg nel laboratorio di Heidelberg, gli oggetti da trattare sono posti in una camera climatica di circa 30 m<sup>3</sup>, controllata elettronicamente e munita di termometri per il controllo della temperatura e di un sensore di umidità. Un apparecchio per la regolazione del calore e dell'umidità è raccordato alla camera climatica tramite un sistema di tubazioni, mediante il quale si aumenta gradualmente la temperatura al suo interno. L'apparecchio, inoltre, consente di adeguare progressivamente la percentuale di umidità entro la camera stagna, in modo che vi sia sempre mantenuto l'equilibrio igrometrico tra le condizioni microambientali e l'oggetto da trattare, ed evitare che questo ceda umidità nella fase di riscaldamento, esponendosi a inconvenienti anche gravi (ritiri, deformazioni, rotture).

L'oggetto va lasciato a una temperatura maggiore o uguale a 55 °C per un tempo che assicura la morte degli agenti infestanti e che varia in funzione delle dimensioni e delle caratteristiche del manufatto. È in ogni modo importante che in ogni parte dell'oggetto trattato sia raggiunta una temperatura di almeno 55 °C, poiché solo così il trattamento sarà efficace.

Ciò può essere verificato con misurazioni successive della temperatura, poiché quando questa si stabilizza si è certi che ovunque essa ha raggiunto il valore voluto.

Recentemente tale tecnica, per quanto riguarda le strutture lignee, è possibile adottarla anche *in situ*. Il riscaldamento *in situ* viene ottenuto con l'impiego di particolari apparecchiature che immettono negli ambienti aria calda a temperature elevate per parecchie ore. Gli ambienti, durante il trattamento, devono essere abbandonati dagli occupanti. Il trattamento termico può essere applicato anche ad interi edifici. Dopo avere termicamente isolato l'edificio con un involucro esterno, l'aria viene riscaldata fino a 100-120 °C in una apparecchiatura posta all'esterno ed introdotta dentro l'edificio attraverso tubi di metallo o in materiali speciali. Gli elementi lignei che possono essere rimossi e trasportati, il riscaldamento avviene in forni e/o camere climatiche stagne.

#### *Metodi fisici diretti*

- 1) Raggi ultravioletti (UV). I raggi ultravioletti sono usati specialmente contro batteri, alghe e funghi. La parte di spettro UV con attività germicida è compresa tra 300 e 200 μm, con un massimo di attività tra 275-230 μm. La sensibilità dei microrganismi varia a seconda della loro fase di crescita e della natura del substrato su cui si trovano. Le radiazioni UV sono più efficaci a valori di RH bassi (meno del 50-60%). La loro applicazione è molto semplice e poco costosa ma è limitata per lo scarso potere di penetrazione. Un'ulteriore controindicazione all'impiego di radiazioni ultraviolette deriva inoltre dal rischio che possano indurre sensibili alterazioni cromatiche al substrato trattato.
- 2) Raggi gamma. Sono largamente utilizzati per la disinfestazione della microflora e l'uccisione di insetti, specialmente su materiali organici come carta, pergamena e legno. Le dosi di radiazione comunemente utilizzate per l'eliminazione degli insetti dal legno corrisponde a 500 Gy mentre quella per la distruzione dei funghi è assai maggiore ed è compresa tra i 5.000 e i 18.000 Gy (Gray, unità di misura della dose di radiazione assorbita; 1 Gy corrisponde alla dose di una qualsiasi radiazione ionizzante che cede 1 J di energia per ogni chilogrammo di materia attraversata). Per la determinazione della quantità di radiazione da utilizzare è opportuno tener conto anche di alcuni fattori ambientali che incidono sull'efficacia dei trattamenti, tra cui vi sono soprattutto la temperatura e la percentuale di ossigeno. In particolare, un aumento della temperatura durante l'irradiazione fa diminuire la dose letale e così pure l'arricchimento di ossigeno nell'atmosfera dell'ambiente confinato in cui si esegue il trattamento. I manufatti da disinfestare sono posti in ambienti realizzati *ad hoc*, e adeguatamente isolati rispetto all'ambiente esterno – ad esempio i muri di calcestruzzo della cella d'irradiazione del Centro di studi nucleari di Grenoble (Ceng) hanno uno spessore di circa 1 metro e mezzo – che contengono anche la fonte di radiazione e sono in essi chiusi ermeticamente. La durata del trattamento dipende dal tipo di parassita da eliminare, dalle caratteristiche geometriche e dimensionali dell'oggetto, dalla densità del materiale di cui è costituito e dalla potenza della sorgente di radiazione, oltre che dalla sua forma. Ad esempio, presso il Ceng è in funzione un apparecchio che possiede una sorgente di attività pari a 20.000 Ci (Curie, unità di misura dell'attività di una sorgente radioattiva), con il quale è possibile disinfestare un manufatto dagli insetti in circa tre ore, mentre l'apparecchiatura a disposizione del Museo della

Boemia Centrale a Roztoky, presso Praga, che ha una sorgente di radioattività di 2.000 Ci, richiede tempi, per un trattamento analogo, circa dieci volte superiori a quelli necessari con la strumentazione del centro di Grenoble. Benché i raggi gamma siano caratterizzati da un elevato potere di penetrazione, la loro intensità subisce un'attenuazione nell'attraversare un materiale, il che significa che per assicurare l'irradiazione delle porzioni più profonde di un manufatto con la quantità di radiazione necessaria all'eliminazione delle specie infestanti presenti al suo interno, occorrerà sottoporre le parti più superficiali a un sovradosaggio. Questo sarà basso nel caso di oggetti realizzati con materiali a bassa densità o di ridotto spessore ma può essere elevato per manufatti di grandi dimensioni e comportare rischi per il materiale sottoposto a trattamento. Gli effetti della sottoposizione di un manufatto ligneo alle radiazioni gamma possono riguardare sia il suo materiale costituente, cioè il legno, sia altri materiali presenti sulla sua superficie, quali colle, leganti e pigmenti. Nel caso del legno, alcuni studi hanno evidenziato che i raggi gamma agiscono essenzialmente sulla cellulosa, mentre la lignina sembra essere assai poco sensibile a tali radiazioni. Le radiazioni modificano la lunghezza delle catene polimeriche della cellulosa e, a dosi ridotte, esse mostrano la tendenza a saldarsi e a dare vita a molecole più grandi, fenomeno che induce un lieve miglioramento nelle caratteristiche meccaniche del legno che, però, vengono meno coll'aumentare della quantità di radiazione assorbita. Per quanto riguarda i materiali come pigmenti o colle, gli esperimenti finora condotti hanno dimostrato che si manifestano alterazioni solo per dosi elevate di radiazione (fig. 3, fig. 4). In sintesi, si può affermare che la quantità di radiazione mediamente necessaria per debellare attacchi da insetti non produce danni né al legno né ai prodotti più diffusamente impiegati come leganti o come ingredienti dei colori. Invece, l'utilizzo delle radiazioni per l'eliminazione di funghi o muffe richiede dosi di radiazione assai maggiori, che possono interferire negativamente con il manufatto sottoposto a trattamento, e va valutato caso per caso.

- 3) **Elettricità.** La tecnica si basa sul fatto che si può indurre la morte degli insetti per scossa elettrica. A tal fine è stata brevettata un'elettropistola che emette elettricità ad alta frequenza (6.000 Hertz) e ad alto voltaggio (> 90000 Volt), poiché deve superare la resistenza del legno al flusso della corrente elettrica, ma ad intensità < 0,5 Amper. La corrente applicata con questo dispositivo fluisce nelle gallerie e uccide gli insetti attraversando i loro corpi. Questo accade perché la corrente elettrica trova meno resistenza nell'aria umida delle gallerie e dei corpi degli insetti. La maggior parte degli insetti viene uccisa istantaneamente per scossa diretta, altri muoiono nell'arco di 2-6 settimane dopo il trattamento perché incapaci di nutrirsi. L'impiego dell'elettropistola è un trattamento efficace per combattere insetti sia larvali che sociali ed è particolarmente consigliato contro le termiti. La durata del trattamento dipende dall'entità dell'infestazione. Può durare alcune ore fino ad un giorno. Il trattamento non è pericoloso per l'operatore che utilizza l'elettropistola perché in caso di contatto accidentale l'intensità della corrente è molto bassa. L'elettricità non incrementa la temperatura del legno al punto dell'accensione, ma solo di 10-20°C. Non è necessario sgomberare gli ambienti ed il trattamento può essere fatto direttamente sull'elemento ligneo infestato senza rimuoverlo. Il trattamento non è efficace laddove le infestazioni sono diffuse ed i manufatti lignei non sono facilmente raggiungibili.

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

### *Metodi fisici indiretti*

Per manufatti esposti all'ambiente esterno, un'azione di tipo preventivo è costituita dall'utilizzo di prodotti idrorepellenti (v. sezione *Protezioni*) che, rendendo la superficie poco permeabile all'acqua, diminuiscono il livello di umidità presente nel manufatto o sulle sue superfici e contrastano quindi la crescita degli agenti biodeteriogeni.

I prodotti idrorepellenti, però, possono costituire a loro volta fonte nutritiva per altri microrganismi quali i funghi e favorirne il loro sviluppo ed è pertanto necessario aggiungere a tali prodotti opportune sostanze biocide (v. DSZ03 - Disinfestazione di vegetazione superiore e inferiore con trattamenti chimici). Per quanto riguarda la disinfestazione di elementi lignei, il trattamento con calore evita l'impiego di sostanze tossiche, e offre la garanzia che ogni parte dell'oggetto può essere effettivamente raggiunta durante il trattamento, con risultati di indubbia efficacia. Il

trattamento, tuttavia, non assicura nessuna protezione futura da nuovi attacchi di xilofagi. Inoltre, il riscaldamento al quale il manufatto è sottoposto durante il trattamento stimola l'evaporazione dell'umidità presente al suo interno, e la pressione del vapore può indurre sollevamenti ed esfoliazioni degli strati pittorici o delle dorature eventualmente presenti sulla superficie, a causa della loro minore permeabilità al vapore rispetto al legno. Il calore stesso, infine, può ammorbidire o addirittura sciogliere gli strati di colore o le finiture presenti sul manufatto e aumentare il tasso di ossidazione e di disidratazione del legno. È pertanto opportuno non utilizzare questa metodica di disinfestazione su manufatti lignei molto degradati o particolarmente sensibili e delicati.

In tutti i trattamenti con atmosfere modificate, è necessario tenere sotto controllo l'umidità relativa dell'ambiente confinato in cui si immettono i gas. Vanno evitati da un lato i fenomeni di condensa sui materiali e dall'altro quelli che portano ad una eccessiva disidratazione. I contenitori da impiegare devono perciò essere costituiti da plastiche multistrato al fine di garantire una valida barriera sia ai gas che al vapore acqueo.

Inoltre, occorre ricordare, che l'azione dei riducenti a base di ossido ferroso, come quello preparato dalla Mitsubishi Gas Chemical Company, si svolge mediante una reazione esotermica e il calore sviluppato è proporzionale alla quantità d'ossigeno con cui il prodotto si combina.

Pertanto, tale sostanza non va posta a contatto o vicino alla superficie dei manufatti da disinfestare, perché questi potrebbero subire danni assai gravi, e deve essere maneggiata con attenzione per evitare ustioni.

È stato anche approntato un sistema alternativo all'impiego di sostanze riducenti, che si basa sull'uso di celle elettrochimiche realizzate per questo scopo e costituite da due elettrodi separati da una membrana permeabile ai protoni. Tali celle hanno la proprietà di sottrarre ossigeno all'aria, producendo una miscela di gas deossigenata il cui componente principale è l'azoto (tab. 1).

Le celle di questo tipo hanno mostrato la massima efficacia nell'eliminazione dell'ossigeno in ambienti ove esso sia già stato portato a percentuali molto basse, ad esempio mediante sostituzione con azoto, mentre è richiesto un tempo piuttosto lungo per eliminarlo se esso è presente in concentrazioni elevate. Il metodo richiede inoltre notevoli modifiche che consentano una più semplice applicazione e un maggior controllo dell'umidità relativa.

Recentemente è stato messo a punto e brevettato da un'impresa italiana un sistema di estrazione dell'ossigeno che si basa sulla separazione dell'ossigeno dall'aria atmosferica mediante zeoliti, strutture cristalline a base di silicati di alluminio, che fungono da setacci molecolari. L'aria che si trova all'interno della camera di fumigazione, realizzata con fogli di polietilene a bassa permeabilità all'ossigeno e contenente l'oggetto da disinfestare, va estratta e fatta scorrere in un condotto contenente le sostanze che trattengono l'ossigeno (il quale è raccolto ed espulso nell'ambiente esterno) e lasciano invece passare l'azoto; l'atmosfera così deossigenata entra nuovamente nella camera di fumigazione, ove permane per circa tre settimane, il tempo necessario per assicurare la morte degli insetti infestanti. I vantaggi presentati da questa variante tecnica sono molteplici. Infatti, l'azoto non è dannoso né per i manufatti da disinfestare né per l'uomo, inoltre il metodo si basa sull'impiego dell'azoto già presente nell'aria, rendendo superfluo l'utilizzo di bombole sotto pressione.

L'esiguità dell'attrezzatura e la sua facilità d'impiego evitano, inoltre, il ricorso a personale altamente specializzato. Il costo dell'intera operazione è contenuto sia per l'attrezzatura sia per la sostanza impiegata (decisamente economica, rispetto a qualsiasi biocida). Tra i limiti di questa tecnica va considerata l'applicabilità difficoltosa e di incerta efficacia su oggetti di grandi dimensioni e difficilmente rimovibili dalla propria sede, come sono, ad esempio, gli elementi portanti di solai e coperture, gli altari lignei, le *boiseries*, se non a seguito di un loro accurato smontaggio, non sempre consigliabile. Devono poi essere ancora verificate l'efficacia nel tempo di questo tipo di trattamento, e la sua azione su tutti gli stadi vitali del tarlo comune e di altri insetti xilofagi. Inoltre, non sono ancora stati determinati con precisione i parametri da rispettare nella fumigazione per un'efficace lotta agli insetti xilofagi, anche in funzione dello spessore degli oggetti da trattare.

Un ultimo, ma non meno importante problema è costituito dal corretto mantenimento degli oggetti disinfestati, affinché sia garantita un'efficacia duratura ai trattamenti effettuati.

#### *Metodi fisici diretti*

La disinfestazione per irradiazione con raggi gamma ha un effetto solo curativo, come anche altri sistemi di disinfestazione, la cui azione è limitata quindi al momento del trattamento.

Per limitare i rischi di nuovi attacchi è quindi necessario assicurarsi che anche gli ambienti di permanenza degli oggetti trattati siano stati disinfestati e se possibile siano stabilite condizioni termoigrometriche che impediscano l'insediarsi dei parassiti. Talvolta, per garantire la durata del trattamento disinfestante, si ricorre all'applicazione preventiva di sostanze biocide quali il pentaclorofenolo o l'ossido di tributil stagno (TBTO).

Una variante interessante di questa tecnica è costituita da un trattamento disinfestante/consolidante: il manufatto oggetto di intervento viene prima impregnato, in genere per immersione, con un prodotto consolidante costituito da un monomero e, quindi, sottoposto a irradiazione con raggi gamma, ottenendo contemporaneamente la polimerizzazione della sostanza consolidante e la disinfestazione dell'oggetto.

Uno dei limiti più evidenti della disinfestazione con radiazioni gamma risiede nel fatto che esso può essere condotto solo in laboratorio e richiede attrezzature sofisticate e costose, operatori a elevata specializzazione, oltre che notevoli misure di sicurezza.

Il trattamento con elettricità per la disinfestazione del legno, non è efficace nel caso in cui nei manufatti lignei vi sia la presenza di elementi metallici o in c.a. Questi elementi, più conduttivi dell'aria umida presente nelle gallerie e nei corpi degli insetti, possono deviare ed allontanare la corrente elettrica.

## ESPERIENZE

### *Metodi fisici indiretti*

Statua di marmo, villa Dosi, Pontremoli: rivestimento della statua attaccata da alghe e licheni con telo per impedire il passaggio della luce.

Domus Aurea, Roma.

Castello di Tirolo (BZ).

I manufatti disinfestati con il trattamento in atmosfera modificata sono ormai numerosissimi, solo a titolo di esempio si ricordano:

I modelli lignei del duomo di Como, conservati presso i Musei civici Giovio e Garibaldi a Como: disinfestazione con il sistema Veloxly.

I volumi conservati presso la Biblioteca Marciana a Venezia: disinfestazione con il sistema Veloxly.

Crocefisso di Cimabue in Santa Croce a Firenze: disinfestazione con una miscela di biossido di carbonio e azoto.

Anche se non si hanno informazioni su specifici trattamenti disinfestanti con il calore, la letteratura specialistica fa continuo riferimento a numerose applicazioni, non soltanto a oggetti cartacei come i libri, ma anche a scaffalature e *boiseries* smontabili, oltre che a pannelli lignei di rivestimento.

### *Metodi fisici diretti*

Diversi manufatti artistici e di origine etnografica e archeologica sono stati sottoposti a disinfestazione con raggi gamma; tra questi si ricorda la mummia del faraone Ramsete II, trattata per l'eliminazione di funghi (1977).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Caneva G. 1985, pagg. 199-209; Caneva G., Nugari M. P., Salvadori O. 1994; Caneva G., Nugari M. P.,

Pinna D., Salvadori O. 1996; Monte M. 1991; Nimis P. L., Pinna D., Salvadori O. 1992; Tiano P. 1991.

(VOL)

Rothberg H. W. von 1990. Castelli C., Gambetta A., Matteini M., Moles A., Orlandi E., Pandolfo A., Rizzi M., Sansoni M., Tosini I. 1989; Giordano G. 1974, vol. I.

(DEM)

AA. VV., *La biologia vegetale per i beni culturali, Vol. 1, Biodeterioramento e conservazione*, a cura di G. Caneva, M. Pia Nugari, O. Salvadori, Nardini Editore, Firenze, 2007.



Capizzi E., Zanelli B., *Atmosfere modificate per la disinfezione di manufatti lignei e cartacei*, Disinfezione e Igiene Ambientale, luglio-agosto 2008, [www.moedco.it](http://www.moedco.it)  
 Dolprà M., *Il degrado biotico del legno*, Daniele Piazza Editore, Torino, marzo 2007.  
 Federici C., *Cronache dalla conservazione.11.la disinfezione con atmosfere modificate*, in "AIB notizie", 22, 2010, n. 5, p. 9.

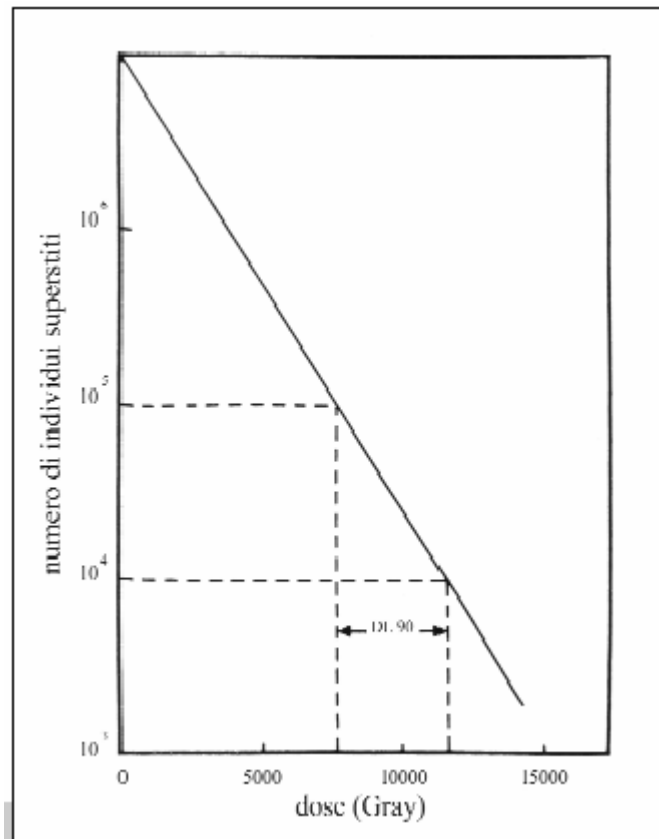


Figura 1 - Curva di sopravvivenza

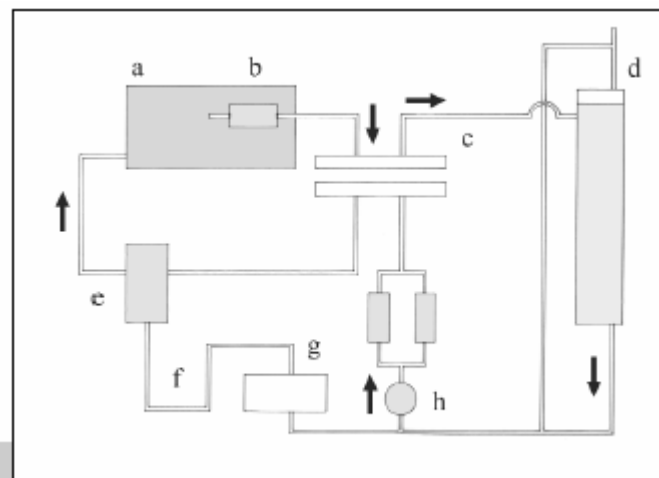


Figura 2 - Schema di funzionamento delle celle elettrochimiche. a) Camera di fumigazione; b) pompa dell'aria; c) celle; d) sfiato per l'ossigeno; e) deumidificatore; f) condotto; g) serbatoio d'acqua; h) pompa dell'acqua. (CAF)

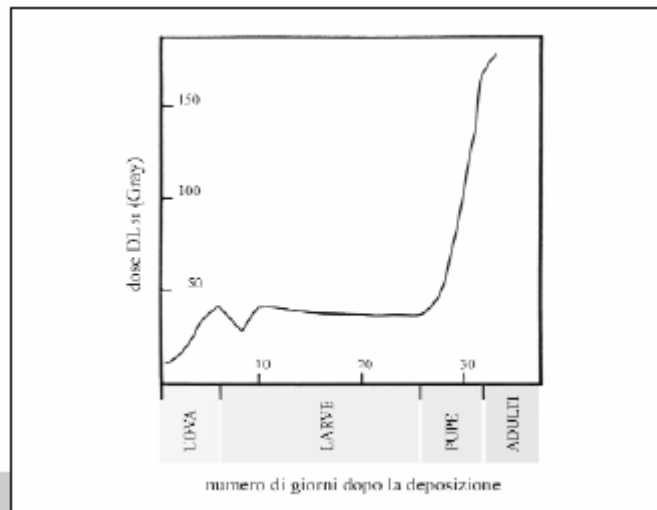


Figura 3 - Relazione tra la dose letale della Calandra granaria e i suoi stati di sviluppo.

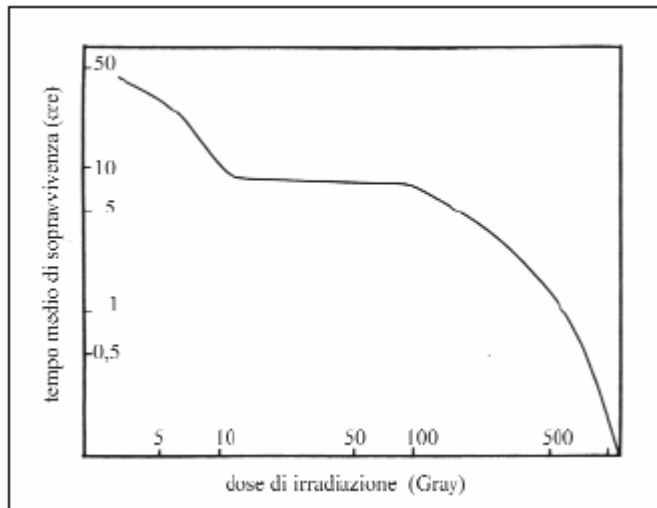


Figura 4 - Relazione tra i tempi medi di sopravvivenza di un tipo irradiato e la dose di irradiazione.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La fumigazione con gas tossici appartiene al gruppo delle tecniche di disinfestazione che sfruttano mezzi chimici. Con essa si colpiscono i coleotteri e gli isotteri saprofiti del legno in tutti gli stadi vitali (larva, baco, pupa, insetto adulto). Essa sfrutta l'effetto tossico che alcune sostanze – bromuro di metile, acido cianidrico, anidride solforosa, ossido di etilene, fluoruro solforico – possiedono nei confronti degli insetti, se insufflate (o assorbite da un supporto) allo stato gassoso in vani ermeticamente chiusi – e in alcuni casi sottoposti a un vuoto molto spinto – contenenti il legno infestato.

L'insufflazione di una delle sostanze citate causa il soffocamento di coleotteri e isotteri e la loro sterilità. L'efficacia del metodo dipende dalla quantità di legno da disinfestare, dalla quantità di sostanza insufflata e dalla durata della permanenza del legno nella "camera a gas".

La fumigazione non lascia alcun deposito tossico e i gas utilizzati sono resi innocui per la salute tramite un filtraggio successivo all'evacuazione. Questa tecnica non protegge da successive, nuove infestazioni, quindi è necessario ripetere periodicamente un trattamento antitarlo nelle stagioni di massima attività infestante (primavera e autunno).

L'effetto disinfestante è prodotto da fumi della combustione incompleta di bromuro di metile – il più usato perché, oltre ad avere un'azione insetticida, è particolarmente adatto per la disinfestazione del legno, grazie alla sua buona capacità di penetrazione in un ambiente ermeticamente sigillato e sottoposto a vuoto molto spinto – acido cianidrico, anidride solforosa, ossido di etilene, fluoruro solforico. L'immissione nell'ambiente avviene tramite candelotti fumogeni che, emanando particelle a seguito di una reazione termica, uccidono i tarli o li rendono sterili, oppure ci si serve di supporti che assorbono la sostanza velenosa e la rilasciano nell'ambiente nell'arco di un paio di giorni.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La fumigazione con acido cianidrico è stata a lungo il metodo più utilizzato per disinfestare le navi da trasporto merci dalle invasioni dei roditori, e in tempi più recenti si è applicato nel settore del restauro per il trattamento di manufatti antichi, quali statue policrome, pale dipinte, mobili intarsiati, strumenti musicali, elementi di arredo fisso come porte finestre, scaffalature, rivestimenti lignei, solai, cassettonati, grandi e piccole orditure dei tetti ecc.

Se le dimensioni degli oggetti da disinfestare sono contenute, li si può inserire in un vano stagno allestito presso alcune ditte specializzate; tuttavia è possibile anche applicare questo metodo a strutture architettoniche di dimensioni rilevanti o a un gran numero di oggetti contemporaneamente – collezioni, pavimenti o tegole di coperture – o quando si vogliono poi usare delle resine per il consolidamento senza correre il rischio di ottenere una scarsa impregnazione a causa dei depositi oleosi lasciati dai disinfestanti liquidi (in questo caso si lascia evaporare la sostanza velenosa nell'ambiente in cui sono ospitati gli oggetti infestati).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Esistono due varianti, analoghe nei principi di funzionamento, di questa tecnica, la scelta delle quali dipende esclusivamente dalle dimensioni e dal numero di oggetti da risanare.

1) Se gli oggetti sono di piccole dimensioni e occupano complessivamente uno spazio tra i 10 e i 30 m<sup>3</sup>, li si colloca in un'autoclave stagna in materiale plastico, si crea all'interno un vuoto molto spinto (di 0,5 bar) e s'inserisce, tramite un tubo, del bromuro di metile alla temperatura di circa 20

°C (in inverno il gas deve essere riscaldato fino a raggiungere questa temperatura) nella dose di 40-50 g per ogni metro cubo di capacità dell'autoclave.

La fumigazione dura dalle tre ore e mezzo alle cinque ore. Dopo il trattamento, i gas, che potenzialmente sono molto tossici, sono estratti dall'autoclave, filtrati con dei carboni e immessi nell'atmosfera.

2) Se gli oggetti sono troppo grandi o troppo numerosi e si è valutata la non convenienza economica di molte applicazioni in autoclave, si può impregnare un supporto di acido cianidrico nella dose di 12-15 g per metro cubo di capacità dell'ambiente, e si lascia evaporare nell'ambiente ermeticamente chiuso per circa 48 ore a pressione atmosferica.

I dosaggi e i tempi sono quelli normalmente impiegati dalle ditte specializzate per effettuare trattamenti efficaci nell'uccisione dei tarli in ogni stadio vitale.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Gli accorgimenti necessari per la protezione degli operatori sono la sigillatura dei locali e l'assenza di contatti diretti con i gas impiegati, data la loro alta tossicità.

La fumigazione con gas tossici non garantisce l'assoluta penetrazione del gas nel legno, se questo è piuttosto spesso. Può giovare, a questo fine, l'applicazione del bromuro di metile in un vano sottovuoto molto spinto (v. DSZ02 - Disinfestazione del legno mediante applicazione di biocidi), che però è sconsigliata se si adoperano vernici che potrebbero volatilizzare.

Una variante molto diffusa del metodo di disinfestazione per fumigazione con gas tossici è quello che molti artigiani restauratori di mobili applicano in ambienti di lavoro non ermetici e per pezzi di dimensioni contenute. Anziché insufflare direttamente i gas tossici nell'aria di vani stagni, essi creano con fogli di nylon delle "tende" stagne rudimentali intorno ai mobili e applicano a pennello o a spruzzo delle sostanze antitarlo che, nello spazio limitato all'interno della tenda, sviluppano gas tossici che soffocano i tarli già formati, ma non le uova.

Recentemente godono di ampio successo le camere stagne realizzate con doppi fogli di plastica ad alta resistenza, portatili o semipermanenti, dotate di meccanismo di chiusura ermetico, di qualsiasi forma e di volume variabile fra 1 e 160 m<sup>3</sup>, di minimo ingombro quando non in uso (fig. 1).

L'antitarlo si applica a pennello in mani successive. Si avvolge il mobile (o altro) nel nylon, si sigilla con nastro adesivo da imballaggio e si lascia riposare all'aperto per 2-3 settimane, evitando di sottoporlo direttamente alla luce del sole, alla pioggia o a temperature estreme. Il trattamento deve essere eseguito due volte l'anno e le stagioni migliori sono primavera e tarda estate, per sorprendere tutti i tarli presenti nella fase di larva. Non si può escludere a priori la necessità di un nuovo ciclo di applicazioni nell'anno successivo, poiché tutto dipende dallo stadio del ciclo vitale che i tarli raggiungono al momento delle due fumigazioni iniziali.

La fumigazione con gas tossici non protegge, né previene il legno da successivi attacchi d'insetti; il trattamento non è mai definitivo (anche se dovrebbe nettamente rallentare, ove sia ben eseguito, il processo vitale dei tarli), e ogni eventuale ripresa del fenomeno infestante richiede iniezioni di antitarlo liquido con siringa direttamente nei fori (v. DSZ02 - Disinfestazione del legno mediante applicazione di biocidi), in alternativa ad altri cicli di trattamento per fumigazione.

Altro grosso limite deriva, per entrambe le versioni industriali e per la variante artigianale, dall'alta tossicità dei gas impiegati e dal problema del loro smaltimento nell'ambiente. Solo ditte specializzate sono autorizzate a utilizzare questo metodo di disinfestazione.

Comunemente non si ritiene che questa tecnica abbia reali possibilità di impiego industriale su vasta scala, sia per i rischi che essa comporta, sia per il costo elevato di grandi camere a tenuta stagna dotate di ventilazione forzata e di neutralizzazione della tossicità dei gas di scarico.

#### *Aspetti normativi*

La legge 147 del 1927 affronta il tema della fumigazione con gas tossici. Elenca tutti i gas utilizzabili e stabilisce alcune prescrizioni da osservare rigorosamente, che prevedono: 1) l'obbligo per gli addetti specializzati e per i custodi del conseguimento di una patente in seguito a un esame; 2) l'obbligo di un'autorizzazione per la ditta cui gli operatori fanno capo; 3) la garanzia della presenza e del controllo di un direttore tecnico laureato in chimica nelle fasi d'applicazione dei gas velenosi, oltre a controlli medico-sanitari per gli operatori del settore.

In Germania questo metodo di disinfestazione è vietato perché i gas impiegati sono ritenuti dannosi alla salute e all'ambiente, ed è previsto che il divieto sia esteso entro breve tempo in tutta Europa. In Italia, a oggi, poche ditte criticate UNI EN ISO 9002, specializzate e autorizzate soddisfano le richieste dei restauratori professionisti.

#### **ESPERIENZE**

Disinfestazione di pala di Francesco di Giorgio Martini e tele di Cimabue.

Disinfestazione degli strumenti musicali del Museo degli strumenti musicali medievali di Bologna.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Castelli C., Gambetta A., Matteini M., Moles A., Orlandi E., Pandolfo A., Rizzi M., Sansoni M., Tosini I. 1989; Gambetta A. 1983; Giordano G. 1974; Giuriato R. 1985; Hayward C. H. 1993; Liotta G. 1991; Trevisan M., Ragazzo E. 1991.

Caneva G., Nugari M.P. e Salvadori O. (a cura di), *La biologia vegetale per i beni culturali*, Firenze, 2007.



Figura 1 • Camera di fumigazione portatile.

## DSZ 06 ELIMINAZIONE DI INSETTI MEDIANTE TRAPPOLE

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Negli ambienti di vita e in quelli destinati alla conservazione di beni storico artistici, la presenza di insetti parassiti, come tarli, camole, blatte ecc. che possono provocare danni anche gravi soprattutto ai manufatti realizzati con materiali di origine organica, come il legno, la carta o i tessuti, ha reso necessario mettere a punto sistemi di allontanamento o di distruzione dei parassiti. Il principio su cui si basano questi sistemi è semplice: si tratta, letteralmente, di predisporre delle trappole, che possono prevedere anche l'impiego di sostanze- esca, in grado di catturare i parassiti, rendendoli innocui oppure uccidendoli. Le trappole sono collocate all'interno degli ambienti potenzialmente o già infestati, in posizioni adatte ad intercettare i parassiti da eliminare. Una variante estremamente efficace di questa tecnica prevede l'utilizzo di ferormoni quale esca per i parassiti (vedi infra, sezione Accorgimenti, varianti e limiti).

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Le trappole consentono anzitutto la "diagnosi" precoce di un attacco parassitario in atto, l'analisi dello stadio d'invasione, il controllo della provenienza dei parassiti e il riconoscimento della loro esatta natura, la verifica della violenza dell'infestazione e l'esatta localizzazione dell'azione aggressiva, il confinamento del gruppo d'attacco, la riduzione dell'attacco e la profilassi, la determinazione delle variazioni della popolazione e del comportamento dei parassiti, la determinazione dei limiti della lotta e, infine, la diminuzione dell'impiego di pesticidi nelle successive fasi di eliminazione dei parassiti stessi.

Le trappole si prestano quindi soprattutto ad azioni preventive e di monitoraggio, mentre non sembrano particolarmente efficaci nella bonifica vera e propria, che deve essere condotta con altre tecniche più efficaci. Il sistema è impiegato negli ambienti esposti al rischio di infestazioni, come musei, archivi, biblioteche, collezioni, ma anche nei locali normalmente destinati al lavoro e all'abitazione.

In particolare, le trappole ai ferormoni sono impiegate prevalentemente e con maggior successo per il monitoraggio di eventuali attacchi infestanti, come segnalatori di presenza, allo scopo di individuare, già nello stadio iniziale, l'attacco degli insetti.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Esistono diversi tipi di trappole e la loro attrattiva può essere aumentata con l'aggiunta di un'esca, alimentare o a base di ferormoni. Tra i tipi più comuni e diffusi vi sono:

1) *Le trappole di "inciampo"*. Le più semplici sono costituite da piccole strisce di cartone (60 x 200 mm circa) la cui faccia superiore è impregnata di colla (generalmente a base di polibutilene). Esse vanno per lo più poste tra la parete e il pavimento dell'ambiente da disinfestare, ove più facilmente si annidano i parassiti dei tappeti e delle pellicce, i quali, durante i loro movimenti possono incappare nelle trappole ed essere catturati dalla colla che le ricopre. Con questo genere di trappole è possibile catturare ogni specie d'insetti non volatori e, di conseguenza, si può facilmente avere un quadro preciso delle varietà infestanti presenti nell'ambiente trattato. Il limite di questi sistemi di cattura sta tuttavia nel rapido decadimento dell'efficacia della striscia adesiva, per progressiva e rapida essiccazione, e nel rischio che gli utenti calpestino le fasce collanti.

2) *Le trappole a colla* costituiscono una variante delle trappole di “inciampo” e possono essere provviste di tettuccio protettivo, che impedisce che polvere o frammenti di sporczia cadano sulla parte adesiva rendendola inutilizzabile; il tettuccio, inoltre, protegge gli utenti da contatti involontari.

3) *Le trappole a finestra*. Sono costituite anch'esse da una striscia adesiva protetta da una specie di coperchio in cui è aperta una finestra; esse lavorano con i ferormoni o con combinazioni di ferormoni ed esche a base di cibo. La finestra permette un migliore e più veloce controllo visivo di tutta la striscia appiccicosa, consente di capire la quantità di insetti catturati senza che la trappola debba essere rimossa, aperta o in qualsiasi modo danneggiata.

4) *Le trappole a graticola*. Sono costituite da una specie di portalampada, munito di una sorgente di luce U.V. o a fluorescenza, protetta da un graticcio ad alto o a basso voltaggio e sono impiegate contro gli insetti volatori. Gli insetti, attratti dalla fonte luminosa, sono intercettati dalla griglia elettrificata che ne provoca la morte; i residui si raccolgono in un vassoio posto sotto alla griglia e possono essere agevolmente e periodicamente rimossi. L'uso delle trappole con lampade U.V. può creare qualche inconveniente, poiché questo tipo di luce può provocare reazioni fotochimiche nelle opere d'arte e formare ozono dall'ossigeno dell'aria, che provoca imbianchimenti. Inoltre, può capitare che alcune carcasse cadano al di fuori del vassoio e macchino i manufatti conservati negli ambienti sottoposti al trattamento; i resti degli insetti morti, poi, possono servire come fonte aggiuntiva di nutrimento soprattutto per i parassiti dei tappeti, contribuendo al prosperare di altre specie di parassiti. Non si può neppure tacere l'impatto per certi aspetti sgradevole che l'installazione di simili dispositivi generalmente ha sugli utenti degli spazi con essi difesi.

5) *Le trappole a imbuto*. Si tratta genericamente di recipienti di varie fogge e dimensioni riempiti con una soluzione nutritiva fluida attraente, ossia di trappole essenzialmente efficaci contro gli insetti volatori. Gli insetti volano o scivolano nel recipiente – dotato di un'apertura imbutiforme – per suggerire il nutrimento in esso contenuto e, non riuscendo più ad uscirne a causa della forma dell'apertura, annegano nella soluzione. Gli imbuti presentano spesso, oltre alla particolare forma che rende difficile la fuoriuscita degli insetti, un colore e/o un disegno che funziona come esca, grazie a diversi meccanismi che agiscono sul loro comportamento.

6) *Le “Lure and kill traps”*. È un genere di trappole fornito di un insetticida volatile che attira gli insetti e poi li avvelena. Occorre tuttavia prestare attenzione nella scelta della sostanza, perché alcune di esse sono ripugnanti per gli insetti e la trappola è inefficace.

Particolare cura, inoltre, deve essere posta nella scelta e nella disposizione di queste trappole nell'ambiente, a tutela della salute e dell'incolumità delle persone. Esse, infatti, prevedono spesso l'uso di una fiamma libera, di una lenta combustione diretta o di una resistenza elettrica variamente alimentata (anche direttamente dalla rete) per produrre il calore necessario alla volatilizzazione della sostanza.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le trappole vanno collocate nei punti più opportuni, tenendo conto del tipo di insetto da catturare, del suo stadio vitale e del sistema di cattura adottato.

Esse dovrebbero essere in ogni modo collocate dove ci si aspetta che il passaggio degli insetti sia più intenso. La loro posizione deve tener conto, tra le altre cose, di quali siano i luoghi preferiti di soggiorno dei parassiti, sapendo, ad esempio, che le camole dei tappeti frequentano particolarmente la zona compresa tra la parete e il pavimento. Le trappole contro le camole dei vestiti, invece, non devono essere appese troppo in alto, dove le farfalle non volano. Altri punti importanti di stazionamento sono quelli posti vicino alle fonti di luce, i camini, le soglie e i davanzali. Nel periodo del volo nuziale degli insetti, invece, le trappole non devono essere poste nei pressi delle finestre, perché in quella posizione potrebbero divenire fonti di adescamento di parassiti provenienti dall'esterno.

I controlli e l'identificazione delle specie catturate, oltre alla documentazione dei risultati ottenuti, è bene siano eseguiti almeno settimanalmente (con una frequenza maggiore in inverno che in estate).

Le trappole possono essere rese più efficaci attraverso l'impiego dei ferormoni come sostanza-esca per attrarre e catturare gli insetti nocivi. I ferormoni sono sostanze che gli insetti emettono naturalmente: ciascuna specie d'insetti produce ferormoni specifici, in genere costituiti da miscele di un certo numero di composti a diverso dosaggio, in buona parte noti alle scienze biologiche.

Le trappole con ferormoni sono, in ogni caso, notevolmente più efficaci dei semplici dispositivi di intercettazione con strisce adesive: gli insetti, infatti, sono attratti dai ferormoni sessuali o di aggregazione in esse contenuti e la possibilità di cattura è maggiore di quanto non sia per le trappole che semplicemente li intercettano durante i loro normali spostamenti.

Per questi dispositivi di cattura si fa uso di ferormoni artificiali. I ferormoni impiegati, soprattutto quelli di natura sessuale e quelli detti “di aggregazione” (questi ultimi, tipici delle specie d’insetti che vivono in forma gregaria, spingono gli individui di una stessa specie a raccogliersi in gruppi) possono essere rilasciati da uno speciale pane di gomma, da un’ampolla o, nel caso s’impieghino trappole con strisce adesive, direttamente dalla superficie appiccicosa della striscia.

L’azione disinfestante può essere finalizzata all’eliminazione diretta della popolazione maschile o femminile degli insetti infestanti, secondo il tipo di ferormone utilizzato, riducendone anche la possibilità di riproduzione. A questo scopo, si adottano prevalentemente i ferormoni sessuali femminili per eliminare i maschi. Molti esperimenti hanno dimostrato che non è possibile sterminare completamente la popolazione responsabile di un attacco, ma, nel migliore dei casi, si ottiene una riduzione localizzata, anche se elevata. Con gli esperimenti eseguiti sulle tarme, si è eliminato circa il 95% degli individui di sesso maschile e la popolazione ha di conseguenza subito una sensibile flessione. In questi casi, ciascuna trappola, contenente ferormoni femminili entra, infatti, “in concorrenza” con i ferormoni emessi naturalmente dalle femmine, attirando i maschi verso la morte.

Data la loro capacità attrattiva, i ferormoni possono essere utilizzati nelle trappole ‘tradizionali’ come additivi di attrazione dei parassiti oppure le loro proprietà possono essere sfruttate nei sistemi indiretti di lotta: è il caso della disinfestazione con il metodo “del disorientamento”. L’ambiente infestato è inondato con i ferormoni femminili, cosicché i giovani maschi non sono più in grado di localizzare le femmine della propria specie, ossia i punti d’emissione naturale di tali ormoni attrattivi, e gli insetti riescono ad accoppiarsi solo per caso. La maggior parte dei maschi non è più in grado di distinguere le femmine libere e non può addirittura accoppiarsi, con la conseguente distruzione graduale e progressiva della popolazione infestante. Non a caso, questa strategia di lotta ai parassiti ambientali è nota anche col nome di “interruzione di accoppiamento”. Il tempo di permanenza del carico di ferormoni, anche dopo il trattamento degli ambienti infestati, dipende in primo luogo dalla stabilità dei ferormoni stessi, dal momento che essi si trasformano per fotolisi e per l’azione della temperatura, col passare del tempo. La loro concentrazione nell’atmosfera dell’ambiente trattato cala progressivamente e, quando la concentrazione scende al di sotto di un determinato livello, l’ormone perde ogni sua efficacia biologica e attrattiva.

Tuttavia, il sistema di ricezione di certi parassiti è così sviluppato che anche poche molecole di ferormone possono essere percepite e restare efficaci per lungo tempo. Nei dispenser delle trappole è generalmente contenuta una quantità di ferormoni che oscilla tra 0,1 e 1 milligrammo.

Al momento, soprattutto nei musei, le trappole ai ferormoni sono impiegate prevalentemente e con maggiore successo per il monitoraggio di eventuali attacchi infestanti. In questi casi, le trappole ai ferormoni sono utilizzate come segnalatori di presenza, allo scopo di individuare, già nello stadio iniziale, l’attacco degli insetti. Per questo, non è fondamentale la quantità di insetti che una trappola può catturare, ma con quanta sensibilità essa reagisca nei confronti di un attacco anche debole.

L’efficacia delle trappole ai ferormoni varia anche secondo il tipo d’insetto presente nell’ambiente da disinfestare. Per quanto riguarda, ad esempio, il “tarlo delle case” (*anobium punctatum*), se si adoperano i ferormoni sessuali, le trappole sono attive essenzialmente nei confronti degli individui maschili, che vivono appena due o tre settimane. Gli stadi immobili della loro vita, come le uova e le pupe, presentano una percentuale di cattura assai bassa, così come le larve che vivono nel legno. Diverso è per le tarme dei tappeti e per i tarli del cuoio, o per le blatte: in tutti questi casi, oltre agli adulti, si riesce a catturare anche le larve e le ninfe, molto mobili, assicurando così un’elevata efficacia e una reale durevolezza del trattamento disinfestante.

Le trappole per le blatte sono particolarmente attraenti se contengono ferormoni “di aggregazione”, più graditi dalle ninfe che dagli adulti. Per attacchi massicci di blatte, le trappole con ferormoni d’aggregazione sono apparentemente inefficaci se nei pressi c’è anche un’elevata quantità di ferormoni naturali. Ciò vale anche per le trappole munite di esche alimentari, quasi inutili se nelle vicinanze si trova sovrabbondanza di cibo.



È bene ricordare che molti ferormoni sono purtroppo assai volatili, perché devono poter essere trasportati verso il partner sessuale o verso il compagno di specie, grazie alla sola corrente e ai semplici moti convettivi dell'aria, e devono inoltre agire solo per un determinato lasso di tempo, commisurato al ciclo riproduttivo della specie.

Inoltre, la sintesi dei ferormoni è difficile, in quanto si tratta di sostanze con formulazione chimica assai complessa. Le molecole che compongono tali "ormoni" possono, infatti, presentare più di una disposizione spaziale ma, generalmente, solo una di queste è effettivamente esistente in natura ed è quella che presenta la massima efficacia nell'attrarre gli insetti della specie desiderata. Nella sintesi artificiale di tali sostanze, spesso si formano anche altre disposizioni, oltre quella naturale che in realtà interessa ai nostri fini, ed è quindi necessario eliminarle, in quanto la minima impurità può ridurre l'efficacia del ferormone di sintesi, o renderlo addirittura repellente per gli insetti da attirare e catturare. A ciò va aggiunto che, sia la larva sia l'insetto adulto di ogni singola specie, secondo le condizioni di stimolo cui è sottoposto, emette ulteriori e diversi composti, oltre al ferormone principale, con il quale si miscelano in determinate proporzioni. Queste proporzioni vanno quindi rispettate anche nelle esche artificiali (i ferormoni artificiali, appunto), poiché in caso contrario non si otterrebbe una soddisfacente efficacia del cocktail. In genere, si usano le medesime sostanze per attirare molte specie d'insetti, ma si ricorre a dosaggi differenti per ciascuna singola specie. Un altro limite di questo sistema di disinfestazione è costituito dal fatto che la sintesi dei ferormoni è ancora difficoltosa e che, per ora, non si è ancora in grado di disporre dei ferormoni specifici per ciascuna specie di insetti. Quest'ultimo è, non a caso, il primo obiettivo delle ricerche attualmente sviluppate in questo campo, perché lo scopo è aumentare la capacità di attrazione delle trappole contro le diverse specie. In effetti, le trappole attualmente utilizzate per la disinfestazione hanno ancora una percentuale troppo bassa d'efficacia e possono essere impiegate vantaggiosamente solo per il controllo di ambienti già disinfestati con altri metodi o che non sembrano aver ancora subito attacchi.

Per quanto riguarda i raggi d'azione dei diversi tipi di ferormoni, è da notare che quelli sessuali degli insetti volatori agiscono a una distanza maggiore di quelli degli insetti non volatori (ad es., i ferormoni delle tarme volatrici hanno un raggio d'azione fino a dieci metri, mentre quelli delle tarme "striscianti" non superano i due metri). Per contro, i ferormoni "di aggregazione" sono attivi solo a una distanza molto contenuta, non superiore a un metro e mezzo. Inoltre, la volatilità di questi ormoni impone che il dispenser contenente il ferormone debba essere cambiato dopo un certo tempo (dalle due alle dodici settimane, secondo il ferormone utilizzato), in modo che le trappole rimangano attive.

Le trappole non devono in ogni caso essere poste vicino a finestre aperte, a corpi scaldanti o a condizionatori d'aria per non pregiudicarne l'efficacia e l'efficienza. Il rilascio del ferormone aumenta, infatti, con il caldo e con il movimento dell'aria. Questo è, tra l'altro, il motivo per il quale i dispositivi di cattura devono essere tenuti al fresco prima di essere usati.

Per sorvegliare e gestire efficacemente la disinfestazione, le trappole ai ferormoni vanno installate, tenuto conto del volume interessato, il più possibile alla stessa distanza l'una dall'altra e ordinate in un sistema a pianta quadrata. La densità della disposizione fa sì che la segnalazione di un attacco sia più o meno tempestiva, cosa assai importante ai fini del monitoraggio.

Due sono i maggiori limiti del sistema di lotta ai parassiti con le trappole: in primo luogo, esse hanno ancora una percentuale troppo bassa d'efficacia per la disinfestazione vera e propria e quindi possono essere impiegate vantaggiosamente solo per il controllo di ambienti già disinfestati o di spazi che sembrano non aver ancora subito attacchi, come strumento di monitoraggio. Infine, occorre ricordare che tutti i tipi di trappole intercettano solo gli stadi mobili dei parassiti, come larve, ninfe e insetti adulti, mentre non svolgono alcuna azione sulle uova o sulle pupe.

## ESPERIENZE

Molte delle trappole descritte nella scheda fanno in realtà parte della nostra esperienza quotidiana poiché sono spesso commercializzate, in farmacia, per garantire la nostra difesa da insetti nocivi o fastidiosi, quali le mosche e le zanzare. In senso più specifico, questi dispositivi compaiono tra le

normali dotazioni dei musei e degli ambienti espositivi ove sono utilizzati in modo coordinato e secondo specifici piani di difesa degli ambienti e dei manufatti in essi conservati.

Beuerberg (Germania), chiesa dei SS. Pietro e Paolo, Utilizzo di trappole ai ferormoni.  
 Venezia Biblioteca Marciana. Utilizzo di trappole ai ferormoni per la disinfestazione degli ambienti di conservazione dei manufatti cartacei.  
 Lodi, Archivio della curia vescovile. Programma di lotta integrata con trappole a colla con attrattivo alimentare e lampade UV, al fine di coadiuvare la bonifica vera e propria.  
 Poppi (AR), Biblioteca Rilli-Vettori. Monitoraggio con Lampade UV e trappole con attrattivo alimentare a seguito di bonifica attuata con sistemi fisici (anossia, onde elettromagnetiche, aeroterapia).  
 Pontremoli (MS), Sezione d'archivio, Archivio di Stato di Massa. Individuazione delle specie infestanti del materiale cartaceo mediante trappole adesive;  
 Roma, Archivio di Stato. Monitoraggio dell'infestazione entomologica mediante trappole.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Binker G. 1995;  
 Gambetta A., De Capua E. L., Ruschioni E., *L'intervento di disinfestazione di manufatti cartacei con gas non tossici per l'Archivio di Stato di Massa* in "Bollettino ICR" n. 2, a. 2001.  
 Cesareo U., Marinucci G., Veca E., Ruschioni E., *Il monitoraggio entomologico negli ambienti archivistici: un'esperienza nell'Archivio di Stato di Roma* in "Bollettino ICR" n. 13, a. 2006.

Materiale informativo della ditta Fiorini reperito sul sito internet <http://www.impresafiorini.it>;  
 Materiale informativo della ditta Gea s.r.l., reperito sulla pagina web <http://web.tin.it/gea/index.htm>;  
 Materiale informativo della ditta Leica tratto dal sito internet <http://www.leicaspa.it>.  
 Materiale informativo della ditta C.I.A.R.T. tratto dal sito internet <http://www.ciart.com>.

## DEUMIDIFICAZIONE E DIFESA DELLE MURATURE E DEGLI AMBIENTI DALL'UMIDITÀ

Questa sezione comprende e descrive i presidi tecnici che hanno lo scopo di difendere l'edificio dal degrado indotto dall'acqua e dall'umidità ambientale. Le tecniche sono orientate ad allontanarne, ridurne o eliminarne l'azione e riguardano i drenaggi, i vespai, le intercapedini, le barriere fisiche e chimiche, i sistemi elettrosmotici e altri dispositivi. Alcune tecniche descrivono, inoltre, sistemi di eliminazione o di riduzione dell'umidità degli ambienti tramite interventi di controllo dell'aria, come la ventilazione e la climatizzazione.

Si tratta di un campo di competenze assai vasto che trova applicazione sia nel mondo del restauro sia in quello delle nuove costruzioni.

Vitruvio<sup>1</sup>, Alberti e altri trattatisti raccomandavano di costruire gli edifici lontano da possibili fonti di umidità, in luoghi non malsani, sapendo che l'acqua è un pericolo da evitare eliminandone la presenza all'origine e che, una volta presente, è quasi impossibile opporvisi. A tali precauzioni generali, si aggiungevano quelle sulla scelta dei materiali, sulla preparazione delle malte, sui procedimenti costruttivi. È noto, del resto, il ruolo svolto dalle cariche di pozzolana o di coccio pesto nella composizione degli impasti per gli intonaci delle cisterne e per gli strati di allettamento. Alcuni studi fanno pensare che già ai tempi di Plinio esistessero degli intonaci spugnosi (oggi li chiameremmo macroporosi) in grado di aumentare l'evaporazione dell'umidità dei muri, e lo stesso Peruzzi pare fosse a conoscenza di tali tecniche.

Con l'evoluzione post industriale delle tecniche costruttive e con il contributo di nuovi materiali, l'approccio al problema della salubrità dei siti è stato affrontato diversamente e si è pensato di poterlo risolvere grazie a sistemi di isolamento e di impermeabilizzazione sempre più sofisticati. A questo cambiamento ha contribuito lo sviluppo delle tecniche di protezione delle fondazioni, di sbarramento dei muri con orizzontamenti in pietra compatta poco permeabile, di pavimentazioni isolanti, di coperture impermeabili<sup>2</sup>. Ma, se le tecniche che riguardano lo sbarramento alla penetrazione delle acque e i presidi di isolamento delle murature dal terreno sono peculiari della progettazione del nuovo, il campo delle deumidificazioni appartiene strettamente al complesso degli interventi destinati alla conservazione dei manufatti storici e al loro risanamento. Va subito osservato che, in questo campo, il problema si presenta in forme inedite, perché si tratta di applicare risorse tecnologiche moderne a manufatti edilizi concepiti e realizzati con i vecchi sistemi costruttivi e per di più menomati dall'invecchiamento e dagli eventi aggressivi di origine naturale e antropica. Nella difesa delle costruzioni storiche dai fenomeni dell'umidità, si genera, in altre parole, una sorta d'ibridazione tra due universi tecnologici diversi: quello della tradizione e quello proprio del nostro tempo.

Uno dei primi dati che emerge, anche a una veloce scorsa dei testi che si occupano dei problemi legati alla presenza d'acqua negli edifici, partendo dall'ormai classico testo dei Massari<sup>3</sup>, è che quasi tutti concordano sulla pericolosità del fenomeno umidità<sup>4</sup> e, al tempo stesso, ammettono che i rimedi fino a oggi sperimentati e adottati hanno limiti tali da farceli considerare inefficaci per un'effettiva soluzione del problema. Si va, dunque, dall'ironica diffidenza del Massari verso numerose soluzioni offerte dal mercato<sup>5</sup>, a una sorta di neutralità degli esperti come massima espressione di ottimismo nei confronti di procedimenti che, sostenuti da una concorrenza attivissima, subiscono gli alti e bassi delle mode, delle improvvise legittimazioni e degli altrettanto rapidi abbandoni. Basti pensare all'accoglienza riservata, sin dalla loro presentazione sulla scena tecnica, ai sifoni Knapen, alle barriere chimiche o all'elettrosmosi. Tali metodiche, proposte come risolutive e adottate con fiducia, hanno di solito dato luogo a delusioni cocenti, per non aver retto la prova del tempo e per avere, in ogni caso, fornito risultati parziali se non addirittura nulli.

Non vi è dubbio, perciò, che l'umidità delle costruzioni sia una delle questioni centrali tra i problemi della conservazione dei manufatti storici, perché investe la salubrità degli edifici con le conseguenti possibilità d'uso, e comporta rischi per la tutela della loro integrità materiale.

Per umidità s'intende la quantità di acqua, allo stato gassoso, che è presente nell'aria in un determinato momento e in un determinato luogo. Questa grandezza non è interessante come dato assoluto, cioè come quantità d'acqua presente nell'unità di volume dell'aria, ma come valore riferito anche alla temperatura, alla pressione e ad altri parametri. Per tale ragione si parla di *Umidità Relativa* (UR), per indicare la percentuale di vapore acqueo contenuto da un volume di aria rispetto a quello massimo contenibile nelle condizioni di temperatura e di pressione in cui l'aria stessa si trova. Ciò significa che una stessa quantità assoluta di acqua in un volume d'aria dà luogo a una UR tanto più bassa quanto più elevate sono la temperatura e la pressione della miscela aria-vapore.

Parlando di umidità, dunque, ci si dovrebbe riferire unicamente al contenuto di vapore presente nell'aria, mentre normalmente si intende con questo termine anche la presenza di acqua all'interno delle murature allo stato liquido e non solo in fase gassosa.

Tale presenza può avere diverse cause e origini, che possiamo schematicamente ridurre a tre: la *risalita capillare* dal terreno che determina *umidità ascendente*, la presenza di aria umida negli interni che, in particolari condizioni, produce *condensa* sulle pareti e, infine le *infiltrazioni* che si possono imputare al cattivo sistema di allontanamento delle acque piovane, alla perdita da tubazioni e canali o alla presenza di masse idriche come cisterne o pozzi.

L'*umidità ascendente* dal terreno, detta anche *di risalita*, può essere indicata come la causa principale dei fenomeni riscontrabili nelle murature ed è sostanzialmente determinata da forze capillari che attraggono all'interno del materiale le acque contenute nel suolo impregnato.

La *condensazione* si manifesta, solitamente in un interno, quando il vapore acqueo è presente nell'aria a elevate concentrazioni e, venendo a contatto con una superficie fredda (ad es. le pareti che danno verso l'esterno), passa dallo stato gassoso a quello liquido, depositandosi sui muri. Infine, l'*umidità da infiltrazione* è causata dalla presenza di discontinuità nelle pareti esposte all'acqua piovana battente, alle perdite degli impianti idrici e fognanti, all'azione dei flutti marini, al passaggio d'acqua dalle pareti di pozzi e cisterne e ad altre analoghe circostanze. È un fenomeno tipico dei manufatti che non hanno subito i necessari cicli di manutenzione e vedono così ridotti i presidi di autoprotezione, come la tenuta delle coperture, delle gronde e dei pluviali, l'integrità delle tubazioni, la continuità dei paramenti esterni e dei muri interrati, e così via.

La semplice presenza dell'acqua non provoca danni ingenti; in tutte le murature, infatti, ne esiste una percentuale, detta *acqua essenziale*<sup>6</sup>. Ma, se tale percentuale, per le cause sopra schematizzate, supera la soglia di una determinata proporzione tra il suo volume e quello dei capillari presenti nel materiale, è possibile parlare di presenza patologica che fa sì che si inneschino i reali processi di degrado, quali la solubilizzazione, la migrazione e la ricristallizzazione di sali, il ciclo del gelo-disgelo, l'attecchimento di vegetazione infestante, l'attivazione di processi di trasformazione chimico fisica delle croste, la formazione di patine biologiche. L'acqua quindi può provocare fenomeni di natura puramente fisica – ad esempio, tramite i cicli di gelo e disgelo –, chimico-fisica, attraverso l'azione solvente e l'innescò dei processi di dissoluzione, cristallizzazione e idratazione dei sali, e infine biologica, favorendo la formazione di muffe, muschi, licheni e vegetazione superiore.

Quando l'acqua è presente nella fase liquida, sovente lo è sotto forma di *soluzione salina* i cui sali possono avere diversa provenienza: i nitrati dal terreno, i solfati e i cloruri dall'esterno o, nel caso dei solfati di sodio e di magnesio, direttamente dal materiale che compone la muratura. La soluzione salina risale il muro per capillarità e, quando l'acqua evapora, i sali si depositano cristallizzando sulla superficie e originando *efflorescenze* che sovente rappresentano anche la traccia visibile che segnala il livello massimo della risalita dell'acqua. Se l'evaporazione è molto rapida, in condizioni di aria molto secca o di forte vento, la cristallizzazione non avviene in superficie ma già all'interno del materiale, dando origine a *subefflorescenze*, più dannose di quelle esterne, che, al contrario, provocano nel tempo una disgregazione che si limita alla superficie del materiale. I sali, infatti, cristallizzando all'interno dei pori del materiale, esercitano delle forti tensioni a causa della loro igroscopicità che li fa aumentare di volume in situazioni di accrescimento del tasso di umidità. Questo fa sì che il ciclo di dissoluzione e ricristallizzazione induca una disgregazione profonda del materiale, che in breve dà origine a estese mancanze. Allo stesso modo, quando nei climi freddi l'acqua passa dalla fase liquida a quella solida, trasformandosi in ghiaccio, essa aumenta di volume provocando tensioni interne al materiale. Ma

anche in questo caso è l'andamento ciclico del fenomeno a creare il degrado maggiore, dal momento che il quotidiano gelo e disgelo dell'acqua porta al totale sgretolamento, soprattutto se esso è molto poroso.

La presenza dell'umidità, poi, è un fattore che favorisce l'attecchimento di patine biologiche e vegetali infestanti, la cui pericolosità (v. sezione - *Disinfestazioni*) può essere imputata sia all'estensione dell'apparato radicale che essi insinuano tra le connessioni delle pietre, sia alla loro capacità di utilizzare, per il proprio nutrimento, alcune componenti della pietra su cui sono insediate.

Questi accenni al degrado indotto dalla presenza d'acqua nelle murature spiegano la perversità con cui si cerca di eliminarla. A Venezia, vista la speciale situazione idrogeologica della città, si è adottato a lungo la tecnica dello scuci-cuci che, piuttosto che come tecnica di deumidificazione, si poneva soprattutto come rinnovo di quei tratti di muratura ormai ammalorata dall'azione dei sali. Da questa forma di opposizione passiva all'umidità si è passati, nel XX secolo, a metodi di tipo attivo che cercano di prevenire i danni indotti dall'umidità e, quando ciò non è più possibile, di limitarne la portata.

Come in altri casi, il degrado indotto dall'acqua non è un fenomeno singolo e isolato, ma appartiene a un processo complesso nel quale le cause e le conseguenze che ne derivano si accavallano, si amplificano e si complicano, associandosi e interagendo le une con le altre.

Non è possibile parlare di umidità di risalita o di condensa come di un fenomeno univoco, schematizzabile e isolabile rispetto ad altri e in questa difficoltà si nasconde l'insidia maggiore nella lotta all'umidità che troppo spesso si traduce nella ricerca della "causa" da combattere con "una" singola tecnica, raffinata e complessa e, possibilmente, legittimata da articolati argomenti di tipo fisico-chimico. Ma in natura, di norma, non esiste la causa unica di un processo, ed è spesso su tale equivoco che si basa l'inefficacia di quasi tutte le tecniche di deumidificazione proposte dal mercato.

Rientrano in questa categoria, ad esempio i sifoni Knapen, utilizzati fino a pochi anni fa, nonostante già dagli anni sessanta fosse chiaro l'equivoco su cui si basava la convinzione del loro funzionamento. L'intuizione di Knapen fu di associare direttamente un particolare comportamento dell'olio, rispetto all'acqua, al comportamento dell'acqua contenuta nella muratura, rispetto all'atmosfera. Il che non è del tutto corretto, infatti "[...] per uscire dal sifone, non basta che l'aria sia carica di vapore acqueo, giacché, a parità di temperatura la miscela aria-vapore diventa tanto più leggera quanto più vapore contiene; l'aria più è asciutta e più pesa e uscirà, quindi, dal sifone non perché umida, ma solo se si è raffreddata tanto da essere più pesante di quella esterna. In inverno accade però che i muri siano spesso più caldi dell'aria esterna e, quindi, l'aria umida contenuta nei sifoni non esce, perché è più leggera di quella esterna. Per ovviare a tutto ciò, sarebbe allora necessario orientare la bocca dei tubi verso l'alto, ma in questo modo, essi si comporterebbero in sostanza come degli imbuti pronti a raccogliere pioggia e neve, divenendo con ciò fonte di ulteriori problemi. In estate, analogamente, se il muro è esposto al sole, l'aria contenuta nel sifone è sì più umida, ma si riscalda sotto l'effetto della radiazione solare e vi rimane intrappolata perché più leggera di quella esterna. Se, invece, il muro è freddo e l'aria esterna è calda e umida, si crea all'interno del sifone un fenomeno di condensa che anziché disperdere l'umidità contenuta nel muro la raccoglie e la trattiene".

Come i sifoni, anche le barriere hanno evidenziato limiti notevoli. Se quelle che si basano sul taglio delle murature non hanno dimostrato, a tutt'oggi, di essere completamente innocue per la stabilità del manufatto, quelle chimiche non permettono il controllo da parte dell'operatore della diffusione effettiva del prodotto all'interno della muratura.

Tra l'altro mancano quasi completamente ricerche sperimentali sul comportamento delle murature sottoposte a deumidificazioni troppo repentine che potrebbero causare decoesione dei materiali, distacchi e naturalmente formazione di ulteriori efflorescenze sulle superfici.

E non esistono modelli che descrivono cosa accade in quelle porzioni di muratura che si trovano al di sotto delle barriere e che prevedibilmente vedono aumentare il loro contenuto d'acqua<sup>7</sup>.

Nella descrizione dei procedimenti presi in esame in questa sezione, si vedrà come per ognuna delle tecniche individuate nella letteratura specializzata e in uso nella pratica di cantiere si dia conto di limiti e controindicazioni. Ciò evidenzia la necessità di intervenire con un progetto che preveda interventi globali di controllo dell'umidità, sia essa di risalita, di condensa o d'infiltrazione e che, partendo da una seria analisi dello stato di fatto, individui esattamente il risultato al quale è

realistico aspirare, scegliendo la tecnica o, meglio, il complesso di tecniche più adatte per raggiungerlo.

Raramente, invece, si ricorre a sistemi integrati di più tecniche di deumidificazione, in modo che l'una sia complementare all'altra. Questo perché, più che in altri settori esecutivi del restauro, ci si affida quasi totalmente alle ditte specializzate, che tendono naturalmente a privilegiare il proprio brevetto o le soluzioni con cui hanno dimestichezza<sup>8</sup>. E questa circostanza ci conduce a un problema emergente in questi tempi di rapido sviluppo tecnologico: i rischi di una delega sempre più spinta delle strategie d'intervento a tecnici di settore, certamente specializzati ma non necessariamente dotati di una generale e complessiva visione del problema.

Questa sezione, di conseguenza, si propone soprattutto come guida operativa che si aggiunge ma non sostituisce né surroga le decisioni progettuali che ogni progettista deve essere in grado di compiere autonomamente, nonostante le sollecitazioni che provengono dall'universo tecnico. In questo senso vanno attentamente considerati i paragrafi su *"limiti accorgimenti e varianti"* che concludono ogni scheda e in cui si dà avviso delle cautele necessarie per valutare realisticamente le possibilità di ogni procedimento. Un obiettivo che ci si è posti è di permettere al progettista che abbia compiuto le indispensabili indagini preliminari sullo stato della fabbrica, tramite analisi che consentano di comprendere l'effettiva entità e natura dei fenomeni, di operare una scelta tecnica consapevole o, quanto meno, di essere in grado di valutare la reale efficacia dei diversi rimedi, rispetto ai problemi di ogni caso specifico.

Infine, è necessario ricordare che spesso il fenomeno dell'umidità è legato a fattori che non appartengono alla classe di problemi risolvibili con le tecniche descritte in questa sezione, e che talvolta un buon piano di manutenzione ordinaria o straordinaria, oppure specifici interventi di integrazione, di consolidamento o di protezione possono eliminare le cause di umidità alla radice (v. sezioni *Puliture, Consolidamenti, Protezioni, Integrazioni, Manutenzioni*).

## Note:

<sup>1</sup> "Prima di dare incominciamento a fabbricare le mura di una città, si dovrà scegliere un luogo d'ottima aria. Questa si ottiene se il luogo sarà eminente, non nebbioso né brinoso, e riguardante gli aspetti del Cielo, né caldi, né freddi, ma temperati; ed oltre a ciò si eviterà la vicinanza dei luoghi paludosi. [...]" in *Dell'architettura di Marco Vitruvio Pollione libri dieci pubblicati da Carlo Amati*, Milano, coi tipi di Giacomo Pirola, MDCCCXXIX, libro primo, capo IV.

<sup>2</sup> Cfr. Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R., *Manuale del risanamento. La difesa dall'umidità nella pratica edificatoria*, Kappa, Roma, 2000, Tomo I, pp. 17-58.

<sup>3</sup> Giovanni e Ippolito Massari, *Risanamento igienico dei locali umidi*, Hoepli, Milano, 1985.

<sup>4</sup> "L'acqua è il nemico comune della maggior parte dei materiali da costruzione. Il deterioramento della pietra, la disintegrazione delle strutture cementizie, la corrosione dei metalli, la decomposizione del legno, l'invecchiamento delle materie plastiche comportano tutti delle reazioni più o meno dirette con l'acqua". In Amoroso Giovanni G., *Materiali e tecniche nel restauro*, Flaccovio, Palermo, 1996, p. 161.

<sup>5</sup> Leggiamo cosa scrive Massari nella didascalia di una figura che mostra l'applicazione dei sifoni drenanti: "Ancora oggi imprese di restauro e uffici tecnici pubblici addetti ai monumenti, arretrati di informazioni applicano contro la temibile umidità capillare ascendente dei piani terreni una coppia di due vecchi esorcismi: l'intercapedine perimetrale esterna [...] ed i tubi deumidificatori tipo Knapen che qui sono messi in caricatura come fossero soffioni di vapore o addirittura rubinetti che versano fuori l'acqua contenuta nel muro. Due tecniche da asilo infantile: non possiamo che riderne". Giovanni e Ippolito Massari, *Risanamento igienico dei locali umidi*, Hoepli, Milano, 1985, p. 116.

<sup>6</sup> Cfr. Giovanni G. Amoroso, *Materiali...*, op. cit., pp. 161-191.

<sup>7</sup> Cfr. Massimo Valentini, *Rassegna delle tecniche di risanamento delle murature dall'umidità*, in "Tema" n. 2, 1999, pp. 24-32.

<sup>8</sup> "Occorre dunque (...) che le imprese si rendano conto che è necessaria la presenza di un tecnico qualificato, che il modo di operare non può essere affidato acriticamente ad un produttore, che il 'metodo' non può essere scelto a caso, o pressappoco, come si acquista un prodotto di modesta importanza sullo scaffale di un supermercato.", Amedeo Bellini, *Scelte tecniche per il risanamento*, in "Tema", n. 2, 1999, p. 2.

**DMF 01****DEUMIDIFICAZIONE COL METODO DELLE BARRE  
POLARIZZATE****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il metodo, noto anche come tecnologia a compensazione di carica, si propone di contrastare la risalita capillare mediante l'introduzione nella muratura di barre metalliche non collegate che, subendo l'effetto del campo elettrostatico, si polarizzano.

La risalita del flusso di molecole d'acqua elettricamente non neutre è, quindi, contrastata dalle cariche indotte alle estremità.

Anche questo procedimento fa parte dei sistemi che fondano il loro funzionamento sulla considerazione che all'origine della risalita capillare vi sia la presenza di un campo elettrico, ma, al contrario dei sistemi tradizionali (v. DMF04 - Elettrosmosi attiva; DMF05 - Elettrosmosi passiva), non è prevista l'applicazione di un campo elettrico esterno.

Il sistema sfrutta la differenza di potenziale che si crea naturalmente tra muratura di fondazione e muro in elevazione, dovuto al moto ascensionale capillare del liquido, e basa il suo funzionamento sul principio dell'induzione elettrostatica subita dalle barre inserite nella muratura che genera un proprio campo elettrico che, a sua volta, si oppone alla causa che lo ha generato.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il metodo di interdizione alla risalita dell'acqua da una parete satura di umidità è impiegato nei casi di umidità ascendente, connessa a fenomeni di risalita capillare in murature verticali a contatto con il terreno umido o con acqua di falda.

L'impianto può essere applicato a tutti i tipi di strutture, su murature fuori terra e seminterrati, in mattoni, pietra, calcestruzzo, miste.

Il sistema, introdotto in Italia all'inizio degli anni novanta, è stato a lungo sperimentato e impiegato in Germania, può essere installato anche su strutture murarie in condizioni statiche non ottimali, in quanto con l'introduzione nella muratura di barre di acciaio opportunamente disposte e la loro cementazione, si ottiene anche un effetto consolidante.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le principali operazioni da compiere sono riassumibili nel modo seguente.

- a) Individuazione della linea di massima risalita dell'acqua. L'operazione può essere svolta mediante indagine visiva, se sono presenti sulla muratura segni evidenti quali macchie ed efflorescenze, oppure con metodi di misurazione ponderali o attraverso termografia. È opportuno, quando possibile, rimuovere l'intonaco non più recuperabile fino a una quota superiore di circa 50 cm all'altezza massima di risalita dell'acqua, per facilitare il processo di evaporazione.
- b) Esecuzione dei fori di contenimento delle barre. Per spessori inferiori a 90 cm l'intervento va eseguito solo su un lato della parete: la scelta è dettata da necessità di spazio per il movimento del macchinario e da condizioni di disagio se i locali sono abitati. Per questo motivo è preferibilmente eseguire l'intervento sulla parete esterna l'edificio, salvo che sulla sua superficie si trovino qualità di intonaco, tinteggiature o decorazioni che sconsigliano tale scelta. Per murature di spessore superiore a 90-100 cm, si deve eseguire un doppio intervento, interessando entrambi i lati delle pareti.

La perforazione si esegue dall'alto verso il basso, con speciali macchine carotatrici elettriche dotate di punta diamantata e progettate in modo da non indurre vibrazioni alla muratura (fig. 1, fig. 2).

La macchina permette di eseguire perforazioni inclinate rispetto alla superficie verticale del paramento di circa 30°.

Le serie dei fori, del diametro di 28 mm e disposti su linee orizzontali, vanno progettate in modo da raggiungere la linea di confine tra zona bagnata e zona asciutta e, se possibile, in modo da intercettare le fondamenta.

c) Introduzione delle barre costituite da aste in acciaio dolce non legato rivestite esternamente da un doppio strato di neoprene vulcanizzato oppure in rame debolmente legato, senza protezione.

La distanza tra due barre varia da 20 a 100 cm, la lunghezza da 120 a 200 cm e il diametro da 12 a 16 mm; queste grandezze e la loro disposizione sono stabilite in funzione del materiale e dello spessore della muratura.

In caso di murature di spessore ridotto (inferiore a 35 cm), le barre devono essere leggermente piegate e alloggiare in parte nei fori di lunghezza ridotta realizzati alla base della muratura e, nella parte superiore, collocate sotto traccia nella muratura.

Se si è nell'impossibilità di praticare fori lungo un allineamento orizzontale, e si deve effettuare un cambio di pendenza, è necessario posizionare due aste metalliche nel punto di passaggio di quota.

d) Sigillatura dei fori con malta compatibile con quella della muratura, generalmente a base di calce e sabbia.

e) Eventuale intonacatura con malte di calce aerea stagionata e sabbia o posa di intonaco macroporoso. Se la finitura richiede che la parete sia tinteggiata, è necessario impiegare pitture traspiranti.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le barre, se opportunamente disposte rispetto all'asse neutro della sezione resistente del muro, possono contribuire al suo miglioramento strutturale, con un aumento della resistenza alla flessione. In questo caso, s'impiegano barre zincate e acciaio ad aderenza migliorata.

Al di sotto della schermatura che dovrebbe crearsi per impedire la risalita di acqua proveniente dal terreno, si raccoglie l'acqua che in ogni modo continua a entrare nella muratura.

Solo nei casi in cui si possano realizzare le perforazioni fino alle fondamenta, la causa di umidità dovrebbe essere eliminata.

Il metodo può avere durata illimitata ed è caratterizzato "da una sorta di *autoregolazione* del sistema in funzione della risalita, poiché l'induzione elettrostatica segue e contrasta ovviamente le differenze di potenziale spontanee che si stabiliscono nel sistema" (Franzoni E., Sandolini F., 1999).

La protezione delle barre d'acciaio con materiale che non si deteriora sotto l'effetto di correnti vaganti, e pressoché inerte all'aggressività salina, oltre al fatto che non siano collegate, dovrebbe impedire la loro distruzione per elettroerosione. Le barre in rame, invece, per le caratteristiche del materiale che le compone e la sua capacità di "auto proteggersi" dalla corrosione, non richiedono di essere isolate da guaine.

Il sistema può essere applicato anche in locali scantinati con muratura a diretto contatto con il terreno. In questo caso, per ottenere uno sbarramento all'infiltrazione di acqua, è necessario realizzare due file di barre, una nel locale interrato (parete interna), l'altra a quota del piano di campagna (lato esterno), e collegarle per mezzo di barre verticali. È importante che il materiale utilizzato per le diverse parti sia della stessa natura, per evitare la formazione di tensioni elettriche. Fenomeni di disturbo possono derivare dalla natura del sottosuolo, dalla concentrazione di sali nell'acqua, dalla microstruttura dei materiali, dalle variazioni stagionali, dalla velocità di evaporazione che dipende dallo stato igrometrico.

#### **ESPERIENZE**

Cattedrale di S. Nicola, Lipsia, 1966. Primo intervento realizzato con il sistema delle barre polarizzate.



Castello di Gabiano (del XIII secolo), presso Casale Monferrato (AL), 1991. L'intervento è stato eseguito nella sala del caminetto sul lato interno di una muratura in mattoni dello spessore di 80 cm.

Casa di Agrippa, Genova, 1992. Edificio romano-medievale. Le barre sono state inserite a piano terreno nelle murature in pietra di promontorio sui lati ovest e nord (parete contro terra), al primo piano solo sul lato nord (livello strada).

Pie Discepoli del culto sacro, Genova 1994. Edificio del XVI secolo in pietra di promontorio.

Chiesa di S. Pietro, Morano Po (AL), 1995. Intervento di risanamento a seguito dell'alluvione del novembre 1994.

Chiesa di S. Antonio Abate, Mombaruzzo (AT), 1995.

Chiesa SS. Crocifisso, Cimitero monumentale, Ravenna, 1996. Il complesso è afflitto da forte umidità ascendente dovuta alla vicinanza con il canale Corsini.

Casa di Cristoforo Colombo, Genova, 2001.

Porta Fiorentina, Castrocaro Terme e Terra del Sole (FC), 2003. Porta nella cinta muraria medicea della città-fortezza di Terra del Sole.

Ex Macello Mulini Passuello, Venezia, 2002-2006. Vasto complesso industriale ottocentesco rifunzionalizzato per accogliere la Facoltà di Economia e Commercio dell'Università Ca' Foscari di Venezia. Le murature in laterizio erano interessate da rilevante presenza di Sali, in particolare cloruri e nitrati, veicolati dall'acqua di risalita capillare.

Ex Convento dei Gesuiti, Novellara (RE), 2007. L'edificio di notevoli dimensioni, costruito alla fine del '500: le murature in laterizio presentavano evidenti e diffusi fenomeni di umidità di risalita capillare.

Chiesa di S. Maria delle Grazie, Codogno (LO), 2008. L'edificio, noto anche come Chiesa dei Frati, fu costruito fra il 1620 e il 1623 su progetto di Gianbattista Barattieri. Le murature in laterizio denunciavano la presenza di umidità di risalita e depositi salini. L'intervento di risanamento ha interessato, oltre alla Chiesa, anche il Campanile, la Sacrestia e il Chiostro settecentesco.

Chiesa di Santa Giustina, Ravenna, 2008. Il piccolo edificio è stato realizzato tra il 1747 e il 1750 su progetto di Francesco Buonamici, cui si deve anche il progetto del Duomo della città.

Casa Parrocchiale di S. Biagio e S.M. Immacolata, Codogno (LO), 2012

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Franzoni E., Sandolini F. 1999; Valentini M. 1999; Bosia D. 2005; Pinto Guerra E. 2008.



Figura 1 • Esecuzione dei fori di contenimento delle barre. La perforazione si esegue dall'alto verso il basso, con speciali carotatrici elettriche dotate di punta diamantata e progettate in modo da non indurre vibrazioni alla muratura.



Figura 2 • Esecuzione dei fori di contenimento delle barre. Macchina carotatrice.

## DMF 02 | DEPOLARIZZAZIONE ELETTROMAGNETICA

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Il sistema si propone di eliminare l'umidità presente nelle murature mediante l'installazione di una centralina elettronica che agisce tramite radiofrequenza.

Il sistema elettro-fisico si pone l'obiettivo di dissolvere il legame di carica tra le molecole d'acqua e lo strato superficiale dei capillari, per ridurre le forze capillari e annullare la forza ascensionale dell'umidità.

Le molecole d'acqua distaccate dovrebbero, così, ricadere nel terreno per gravità o evaporare.

L'imposizione alla muratura di un potenziale analogo, ma opposto, è creata tramite la trasmissione di un debole segnale a frequenza di depolarizzazione, via radio.

Il sistema fa parte di quei metodi per eliminare l'acqua dalle murature che fondano il loro funzionamento sulla considerazione che all'origine della risalita capillare vi sia anche un disturbo del campo elettromagnetico.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Il metodo di evacuazione dell'acqua da una parete satura di umidità è impiegato nei casi di umidità di risalita capillare alimentata da acqua dispersa accidentalmente nel terreno o dalla falda freatica, in murature verticali o strati pavimentali a contatto con il terreno.

L'installazione dell'impianto può essere adottata su tutti i tipi di strutture, su murature di mattoni, di pietra, miste, affrescate, anche controterra e su fondazioni.

L'assenza di opere murarie nell'installazione del sistema favorisce il suo impiego per l'assenza d'invasività o di modificazione del costruito.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La localizzazione della centralina va progettata considerando che la zona interessata dall'influenza del campo prodotto sia quella nell'area circostante la sua posizione, ma anche che il raggio di azione varia da 5 a 25 m circa, secondo la potenza dell'impianto, e che l'effetto è sferico o cilindrico, in ragione dei diversi brevetti esistenti; per cui il sistema dovrebbe agire su tutte le strutture appartenenti a quest'area (pavimentazioni, altre murature ecc.).

Prima dell'installazione è necessaria l'individuazione della linea di massima risalita dell'acqua, che può essere svolta mediante indagine visiva, se sono presenti sulla muratura segni evidenti quali macchie ed efflorescenze, oppure con metodi di misurazione ponderali o attraverso la termografia.

La centrale è posta in corrispondenza della linea di maggior flusso, in genere a un'altezza da terra compresa tra 150 e 190 cm. Se per motivi pratici l'installazione è fatta al di sotto di tale quota è possibile che il prosciugamento impieghi un tempo più lungo.

Il campo elettrico formatosi nella parete è caratterizzato da potenziale massimo intorno alla centralina e decresce con la distanza. Alcune ditte propongono anche dei dispositivi satellite che permettono di potenziare il raggio d'azione.

Nella maggior parte dei casi lo strumento è attaccato alla parete o collocato in una nicchia o in altra zona che ne nasconda la vista e non è necessaria la rimozione dell'intonaco. Nel caso si scelga di eliminare gli strati distaccati e attaccati da sali, muffe o altro, a causa dell'abbondante presenza di acqua al loro interno, l'intervento di deumidificazione andrà eseguito a lavori ultimati.

La centralina è allacciata alla comune rete elettrica da 220 V, ma vi sono sul mercato anche sistemi passivi che non richiedono alimentazione elettrica (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le tecniche, sia nel caso dei sistemi passivi che di quelli che richiedono alimentazione elettrica, sono state introdotte in Italia intorno agli Novanta, dopo sperimentazioni e numerose applicazioni in Francia, in Austria, in Germania e in altri paesi. Si tratta di sistemi di deumidificazione che contano numerose applicazioni anche in Italia ma non sempre è chiaro e scientificamente provato il loro funzionamento; pertanto, molto spesso vengono effettuate campagne di monitoraggio per testare l'efficacia e l'affidabilità degli impianti. L'Istituto centrale per il restauro di Roma, negli ultimi anni, ha condotto su alcune applicazioni come, ad esempio, sulla Chiesa di S. Maria in Trastevere, il monitoraggio ambientale con prove non distruttive, per valutare i livelli di umidità e l'efficacia del sistema di deumidificazione installato.

Il mercato attuale offre diverse versioni del sistema, corrispondenti a specifici brevetti. I sistemi si differenziano oltre che per la necessità o meno di alimentazione elettrica per funzionare, anche per l'effetto cilindrico o sferico, con un raggio d'azione compreso tra 5 e 25 m, secondo la potenza richiesta.

Il sistema è caratterizzato da un basso consumo energetico che si aggira da 5 a 7 W/h e dalla formazione di un campo elettrico molto basso (0,3 V/m).

L'applicazione di una bassa forza di campo potrebbe influenzare il fenomeno di cristallizzazione dei sali, impedendo che questa avvenga in corrispondenza dell'intonaco o della pellicola pittorica.

Limiti al funzionamento del sistema potrebbero essere legati al principio di risalita dell'acqua nella muratura anche per effetto di forze capillari (legge di Jourin-Borelli). Queste sono, a loro volta, dipendenti dalla porometria dei capillari, dalla tensione del liquido verso la parete del capillare, dal loro numero e regolarità, dalla temperatura esterna e del muro, dalla concentrazione dei sali presenti nelle murature, dalla pressione barometrica, dall'esposizione, dal grado d'evaporazione e permeabilità al vapore.

Fenomeni di disturbo potrebbero, inoltre, derivare dalla natura del sottosuolo e dalla concentrazione di sali nell'acqua, dalla microstruttura dei materiali, dalle variazioni stagionali, dalla velocità di evaporazione che dipende dal contenuto, dallo stato idrometrico.

### **ESPERIENZE**

Chiesa S. Maria Assunta, Pinasca (Torino) 1998. Nell'edificio, di larghezza 18 m e lunghezza 24 m, sono state messe tre centraline in modo da ottenere una copertura totale: due sui lati lunghi simmetriche rispetto all'ingresso e una nella sagrestia dietro l'abside.

Chiesa del Padre Santo, Genova, 2000.

Castello di Macello (Torino) 2001.

Chiesa della Visitazione, Trento, 2001.

Chiesa della Natività, Sestri Ponente (GE), 2001.

Biblioteca dei Padri Domenicani - Basilica di S. Maria delle Grazie, Milano, 2005.

Cattedrale S. Maria Assunta, Savona, 2007

Duomo, Bra (CN), 2007. L'edificio presentava presenza elevata di umidità nelle murature e di sali in superficie. Per il problema dell'umidità sono state collocate due centraline con satelliti a copertura totale dell'edificio.

Basilica di S. Maria in Trastevere, Roma, 2008.

Chiesa di S. Margherita, Roma, 2009.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A.R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*, Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005.



Figura 1 • Un cantiere di restauro di un edificio con gravi problemi di umidità. (VAC)

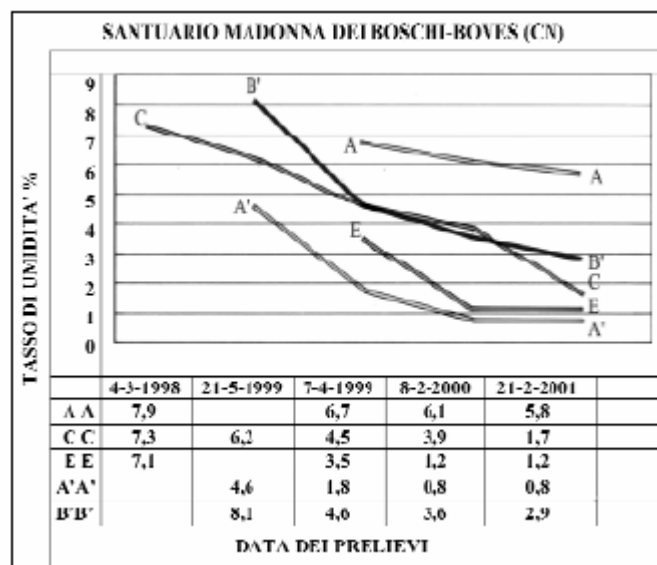


Figura 2 • Diagramma delle variazioni di umidità nei muri del santuario della Madonna dei Boschi, a Boves (CN). Sono indicati i valori registrati in 5 zone della muratura, nell'arco di 3 anni circa. (VAC)



Figura 3 • La "scatola nera" contenente l'apparecchiatura. (VAC)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica prevede lo sbarramento fisico continuo orizzontale e/o verticale della risalita capillare di acqua all'interno di una parete, mediante l'interruzione del flusso realizzata attraverso l'occlusione di pori e capillari e/o mediante la riduzione del loro potere di assorbimento.

Lo sbarramento può avvenire per impregnazione a lenta diffusione o per iniezione di formulati chimici liquidi all'interno di una muratura.

Il sistema basa il suo funzionamento sul fatto che i materiali da costruzione sono caratterizzati da una fitta rete di capillari e che l'acqua sale all'interno della muratura anche per il principio dei vasi comunicanti (legge di Jurin).

Lo sbarramento del flusso può essere ottenuto mediante: a) l'inserimento di formulati a effetto occludente; b) l'immissione di formulati con effetto idrofobizzante, che dovrebbero causare la riduzione delle forze di adesione con l'abbassamento della tensione superficiale (inversione del menisco) rendendo le pareti dei vasi idrorepellenti.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il sistema è impiegato nei casi di umidità ascendente connessa a fenomeni di risalita capillare in murature verticali e/o orizzontali a contatto con il terreno umido o con acqua di falda.

Il metodo è praticabile in muri fuori terra e/o interrati di mattoni, di pietra, misti o a sacco, o di calcestruzzo. Può essere utilizzato anche nelle murature in pietra dura, con conci non squadri e disposti su filari non paralleli.

Il sistema è applicabile senza interferire con le funzioni d'uso degli edifici, in qualsiasi periodo dell'anno, sia pure considerando che i tempi di indurimento del materiale, a basse temperature, possono aumentare anche del 60% circa.

La realizzazione di una barriera chimica non arreca cambiamenti statici alla struttura e non esistono controindicazioni per il suo impiego su pareti lesionate, sconnesse e non compatte, anche se, come si vedrà in seguito, in questi casi possono esserci dispersioni di materiale non previste e tali da rendere inefficace l'intervento.

Il sistema può essere impiegato per realizzare sia barriere orizzontali sia barriere verticali, realizzate ad esempio su muri interrati a diretto contatto con il terreno; in questo caso viene spesso affiancata, nella parte fuori terra, una barriera orizzontale (v. DMF08 - Deumidificazione mediante taglio della muratura).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le caratteristiche dimensionali e strutturali della parete, il suo stato di conservazione, il potere di assorbimento del muro e del legante sono fattori che determinano la scelta del formulato e la tecnica di immissione, che varia a sua volta in funzione della sostanza utilizzata.

Le sostanze impiegate per lo sbarramento sono perlopiù resine o derivati inorganici del silicio e, in base al tipo di azione che esercitano sulla risalita capillare, si possono suddividere nel modo seguente.

1) *Formulati con effetto occludente* sono caratterizzati anche da potere consolidante e comprendono: *resine poliuretaniche, resine epossidiche, silicati* (generalmente di sodio e di potassio), *gel acril-ammidici*.

Altre sostanze utilizzate con effetto occludente sono le paraffine pure, il lattice siliconato e i cementi osmotici.

Le resine epossidiche si contraddistinguono per le buone proprietà meccaniche. Esse garantiscono un'ottima adesione alla maggior parte dei supporti, anche se presentano elevata viscosità che potrebbe impedire una profonda penetrazione del prodotto e quindi un'insufficiente protezione. Presentano, inoltre le seguenti caratteristiche:

- ottima capacità di indurimento anche a basse temperature;
- sufficiente adesione, anche in presenza di umidità, su una vasta gamma di materiali da costruzione;
- assorbimento a volte anche capillare e, quindi, ottima saturazione delle superfici di contatto;
- tempi di lavorabilità agevoli anche in periodo estivo, quando gli indurimenti sono più rapidi;
- resistenza meccanica alle sollecitazioni superiore a quella della muratura;
- ritiro irrilevante durante l'indurimento.

I silicati favoriscono la formazione di sali (carbonato di sodio e di potassio).

I gel acril-ammidici, se immessi con iniezioni a bassa pressione, sono caratterizzati da buona penetrazione anche nel caso di pareti di spessore elevato.

Le *paraffine* sono sostanze di origine naturale, composte dal alcani e paraffine purificate, eventualmente arricchite con agenti inorganici aventi funzione plastificante, antiossidante e fluidificante. Il prodotto è composto dalla sostanza attiva, senza solventi volatili che evaporano nell'ambiente.

Il composto è atossico, non dovrebbe formare sottoprodotti dannosi ed è resistente agli agenti aggressivi chimici eventualmente presenti nel muro. Durante la fase di solidificazione è possibile che il prodotto riduca il suo volume.

I *cementi osmotici* sono ottenuti da miscele di cemento, sabbia di quarzo, additivi chimici di natura organica e inorganica e sono impiegati principalmente in murature di calcestruzzo.

La particolare combinazione degli additivi e la granulometria finissima rendono possibile la penetrazione del prodotto che, tra l'altro, è caratterizzato da assenza di ritiro e da un buon aggancio ai supporti.

"Quando si applica un cemento impermeabilizzante a penetrazione osmotica alcuni Sali presenti nell'impasto reagiscono nelle capillarità del supporto convertendo gli idrati presenti sulle pareti dei capillari in composti stabili ed insolubili. Questo tipo di reazione investe in modo particolare la calce libera. Questa reazione favorisce la formazione di cristalli di dimensioni maggiori dei precedenti che diminuendo gli spazi capillari creano una barriera impermeabile interna." (G. Cigni, B. Codacci-Pisanelli, 1987).

Il *lattice siliconato* è costituito da una dispersione di butadine, stirolo (gomma sintetica) in soluzione di resine di silicone. Lo strato impermeabile si forma per coagulazione delle particelle di gomma contenute nel lattice e con la polimerizzazione del siliconato all'interno della muratura.

2) I *formulati con effetto idrofobizzante*, sono derivati organici e inorganici del silicio di origine sintetica.

Le resine siliciche sono state tra i primi polimeri sintetici a essere impiegati come idrorepellenti, grazie alla loro natura organico-minerale.

Caratteristica dei formulati è appunto quella di creare uno strato idrorepellente sulla superficie dei capillari ed evitare, così, la suzione d'acqua.

I formulati in soluzione acquosa o in solventi a base di resine siliciche, ad avvenuta polimerizzazione, non occludono i pori, e perciò la muratura dovrebbe risultare, dopo l'intervento, ancora permeabile al vapore.

Queste sostanze possono essere utilizzate pure con solvente (idrocarbonato, *white spirit*) e con acqua, o mescolati assieme ad acqua e cemento per il confezionamento di boiacche idrofughe.

Esperienze sul campo e in laboratorio, condotte da R. van Hees e M. Fiebrich, hanno fornito indicazioni sul comportamento dei differenti formulati:

- i silicani sono caratterizzati da alta viscosità e scarsa penetrazione; nel caso di impiego di resine siliciche non addivate con sostanze idrorepellenti in solvente idrocarbonato, il processo di polimerizzazione viene ostacolato dalla presenza di umidità. L'applicazione è limitata a strutture caratterizzate da alcalinità massima con pH 9.

- i silani sono caratterizzati da bassa viscosità e da buona penetrazione, ma risultano estremamente volatili;

- i silossani sono caratterizzati da bassa viscosità, buona penetrazione e risultano essere meno volatili dei silani;

- i siliconati comportano la formazione di carbonato di sodio;

- gli stereati sono caratterizzati da una buona penetrazione in ambiente salino;

- le microemulsioni di silicani sono caratterizzate da bassa viscosità e buona penetrazione.

Si sono ottenuti buoni risultati impiegando in modo combinato siliconati e silicani anche in murature di notevole spessore. Questi formulati polimerizzano in presenza d'acqua, favorendo un rapido funzionamento della barriera ed evitando che agenti esterni ne diminuiscano l'efficacia nel tempo.

Le caratteristiche principali che qualificano il formulato chimico idrofobizzante sono:

- bassa viscosità, per favorire la penetrazione del liquido all'interno della parete;

- buon potere bagnante, per agevolare la loro distribuzione uniforme sulle pareti dei capillari;

- bassa velocità di polimerizzazione, per consentire un'uniforme distribuzione del liquido all'interno della parete;

- bassa tensione superficiale, per esaltarne la capacità idrofobizzante;
- basso contenuto di solventi, per non alterare le reazioni chimiche in fase di polimerizzazione;
- basso peso molecolare;
- basso modulo elastico;
- compatibilità chimico-fisica con i materiali con cui viene a contatto.

*Operazioni esecutive comuni ai vari sistemi.*

a) Eliminazione dell'intonaco, sino al raggiungimento della muratura viva, su entrambe le facce e per un'altezza di 10 cm sopra la linea della barriera (in genere si consiglia di eliminare l'intonaco deteriorato per almeno 30 cm oltre il livello raggiunto dall'umidità di risalita) ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

L'operazione è necessaria per favorire l'asciugatura della parete dopo l'intervento, per ridurre la concentrazione di sali igroscopici trasportati sulla superficie in fase di evaporazione e per favorire l'immissione di ossigeno necessario per l'attivazione delle reazioni di polimerizzazione di alcuni prodotti (ad es. siliconati).

b) Lavaggio della muratura da trattare. L'operazione consente di eliminare i sali residui.

c) Eventuale desalinazione (v. [PLT27 - Desalinazione dei materiali lapidei](#)) o trasformazione dei sali (v. [DMF17 - Trasformazione di sali](#)).

d) Verifica della presenza di eventuali impianti sottotraccia che potrebbero essere coinvolti nella bratura (metaldetector).

e) Esecuzione dei fori d'immissione ad un'altezza di 15-20 cm dalla quota più alta dei due pavimenti (interno, esterno) che insistono sullo stesso muro ([fig. 3](#)).

I fori vanno fatti con trapano a rotoperussione a punta lunga (fioretti), per spessori murari fino a 2 m, con perforatori pneumatici nel caso di spessori maggiori, con carotatrici elettriche in strutture sconnesse o localizzate in zona sismica.

Il diametro può variare da 10 a 30 mm, secondo la tecnica d'immissione adottata (25-30 mm per i diffusori, 10 mm per i trasfusori a pressione).

L'allineamento sarà il più possibile orizzontale anche nel caso di muri con giunti irregolari, ma può essere, secondo le necessità, ad andamento orizzontale, verticale o "sparso" in modo da seguire i dislivelli fra gli ambienti e le diverse quote tra interno ed esterno.

Il numero dei fori da eseguire e quindi la quantità di formulato da immettere sono determinati caso per caso, e varia in funzione delle caratteristiche strutturali e delle dimensioni della parete, oltre che del potere di assorbimento dei materiali.

Se lo spessore del muro è inferiore ai 45-60 cm, i buchi possono essere realizzati solo su lato, per una profondità che può raggiungere l'80% del suo spessore. Per spessori maggiori, i fori vanno realizzati da ambo le parti. In genere, si cerca di lasciare integro uno spessore di 10-20 cm di muro, per evitare la trasudazione del formulato all'esterno.

Nell'iniezione di paraffine o di lattice siliconato la perforazione interesserà tutto lo spessore.

L'inclinazione dei fori varia secondo il metodo di immissione: con iniezioni a pressione, i fori sono realizzati con asse perpendicolare alla superficie muraria; se si usano i trasfusori è possibile inclinare i fori di circa 20-30°, con l'estremità interna rivolta verso il basso. Vanno distanziati, reciprocamente, dai 12 cm (iniezione a pressione) ai 15-25 cm (lenta trasfusione), e praticati sul materiale di struttura (pietre, mattoni ecc.) e sul legante, se entrambi hanno potere assorbente, oppure solo sul legante, se il materiale non è abbastanza poroso.

La distribuzione delle forature dipende dallo spessore del muro e della sua natura costruttiva.

Nei muri in mattoni pieni si possono eseguire i fori nei giunti di malta nel caso in cui i mattoni risultino asciutti (in questo caso l'impregnazione va eseguita a bassa pressione) o nel laterizio (un foro nei mattoni posti di testa e due fori per mattone in quelli posti di piatto) e su una sola linea.

Nei muri di materiale lapideo non assorbente i fori sono eseguiti esclusivamente nel legante e si procede con una doppia fila di bucatore, la prima a 10 cm dal piano di calpestio e una seconda a 20 cm; nelle murature in pietre irregolari e di dimensioni diverse, è opportuno eseguire i fori nella malta di allettamento intorno ad ogni pietra, in modo da saturare una fascia di muratura più alta della pietra più grande.

Nei muri in calcestruzzo è sufficiente intervenire su una sola linea di forature.

Nei muri misti (pietrame, ciottoli), i fori vanno eseguiti esclusivamente nel legante e su una doppia fila, la prima a 10 cm dal piano di calpestio, la seconda a 20 cm.

Nelle murature a sacco, occorre differenziare l'intervento trattando con impregnanti e tecniche diverse il muro di contorno e il riempimento interno.

Angoli e incroci tra murature richiedono generalmente un numero maggiore di perforazioni in senso orizzontale, essendo queste zone più ricche di umidità.



Se i fori sono stati disposti su più file, è bene che siano sfalsati, in modo da formare una sorta di rete triangolare che può garantire una barriera più continua e uniforme, specialmente dove il muro presenti crepe e lesioni.

f) Lavaggio mediante getto d'acqua e/o aria compressa, al fine di eliminare i residui di materia rimasti all'interno.

g) Inserimento e sigillatura, con cementi a presa rapida o tasselli ad espansione, di trasfusori o di ugelli di iniezione (secondo la tecnica prescelta).

h) Realizzazione di uno strato d'intonaco in tutta la porzione di muro a vista, per evitare la fuoriuscita di materiale.

i) Immissione del formulato.

j) Pulitura del formulato in eccesso.

k) Estrazione di iniettori o trasfusori.

l) Sigillatura con stucco o malta a presa rapida dei fori aperti.

m) Esecuzione di intonaco, se previsto, non prima di 40 giorni, in funzione dell'umidità relativa dell'aria. Se non è possibile aspettare che il muro sia sufficientemente asciutto è possibile realizzare la finitura con speciali prodotti antisalinici.

L'altezza media della barriera sarà di 20-40 cm.

### *Tecniche di immissione del formulato*

#### *a) Iniezione a pressione.*

La macchina è formata da una pompa collegata con tubi flessibili a più iniettori (da 1 a 10) da inserire nella muratura, costituiti da tubicini in rame, del diametro di 10 mm, provvisti di valvole di tenuta (fig. 4).

Sull'apparecchiatura è presente un dispositivo che segna la quantità di prodotto immessa e un manometro che controlla la pressione di iniezione ed eventuali dispersioni in cavità. La pressione iniziale alla pompa è generalmente tenuta sotto 1 atm, nella fase finale può essere portata a 4-5 atm, in alcuni casi anche fino a 7 atm.

La durata di ogni ciclo non deve generalmente essere superiore a 35-40 secondi: con pressioni più prolungate vi è il pericolo di provocare fessurazioni o dissesti nella massa muraria. In murature di mattoni si opera con pressioni fino 4 atm, in murature di materiale lapideo a bassa porosità, dove le iniezioni sono fatte nel legante, la pressione può arrivare a 2 atm.

Il procedimento si svolge con applicazione progressiva del formulato.

Si esegue una prima serie di fori profondi circa 9-10 cm, si inietta la miscela nel primo foro, fino a che non fuoriesce dal foro attiguo, si ottura il primo tubicino e si inietta il formulato in quello successivo fino a che non fuoriesce nuovamente da quello accanto. Si prosegue a rifiuto fino all'ultimo iniettore.

La sequenza delle operazioni è ripetuta aumentando la profondità dei buchi (20-22 cm), fino a ottenere la totale impregnazione del muro procedendo per sezioni sempre più profonde.

L'utilizzo della bassa pressione facilita l'espulsione dai pori, già saturi, dell'acqua in essi contenuta, agevolando così la penetrazione del formulato.

#### *b) Impregnazione a lenta diffusione (tipolodiffusione).*

Il sistema è caratterizzato dalla lenta immissione del formulato nella muratura.

L'impregnazione avviene per mezzo di spugne sature di formulato che sono messe a contatto con le pareti dei fori ed è regolata dalle stesse leggi fisiche che permettono all'acqua di impregnare un materiale per capillarità. Una parte di formulato salirà lungo le pareti dei capillari, mentre una parte scenderà per gravità.

I trasfusori sono, in genere, composti da tre elementi: un recipiente graduato per il contenimento e la misurazione del liquido impregnante, un tubo iniettore e gommini diffusori in spugna sintetica.

Il formulato è immesso in più riprese e impregna, in poche ore, murature molto porose, mentre in presenza di muri compatti sarà necessario poco più di un giorno. Le cartucce *microporose a tipolodiffusione*, quando sono imbibite con il liquido, aumentano di volume e, grazie alla loro caratteristica elasticità, riescono ad aderire perfettamente alle pareti interne dei fori, anche se sono presenti delle irregolarità o imperfezioni di forma (fig. 5, fig. 6, fig. 7).

La barriera in ambienti molto arieggiati è operante dopo poche ore, mentre in ambienti chiusi, perché la reazione di polimerizzazione sia completa, possono occorrere dai 10 ai 60 giorni, secondo il grado di umidità relativa e lo spessore dei muri.

Anche questo metodo d'impregnazione esercita una leggera spinta idrostatica dovuta al dislivello esistente tra la quota del foro e quella del recipiente graduato; pertanto la pressione, anche se molto bassa, potrebbe provocare la dispersione del liquido in presenza di murature degradate con fratture e vie di minor resistenza.

#### *c) Sistemi di trasfusione per paraffine pure.*

L'attrezzatura di trasfusione va posizionata nei pressi della porzione trattabile in giornata. I condotti di distribuzione contenenti le resistenze elettriche corazzate vanno inseriti nei fori e di questi si sigillano i bordi.

I condotti sono collegati a centraline a bassa tensione (24 o 48 V) che inducono un riscaldamento della muratura fino a raggiungere la temperatura interna di 80 °C.

In alcuni casi, l'operazione di riscaldamento inizia la sera precedente, considerando che sono necessarie almeno 4 ore.

Contemporaneamente, va scaldata la cera in grossi recipienti e poi inserita in contenitori di alluminio da 1 l, collegati ai condotti di distribuzione.

La miscela è mantenuta fusa tramite resistenze passanti all'interno del recipiente.

L'iniezione deve proseguire sino a quando si manifesta la comparsa di aureole più scure che si intersecano con quelle dei fori contigui.

La solidificazione della miscela incomincia quando la temperatura scende sotto i 60 °C, in tempi dipendenti dall'inerzia termica della struttura.

La barriera dovrebbe essere formata da uno strato di circa 10 cm.

d) *Iniezioni sotto-vuoto.*

Per favorire la penetrazione del formulato è possibile procedere con l'impregnazione sottovuoto. La tecnica basa il suo funzionamento sull'eliminazione dei gas esistenti nel materiale mediante l'applicazione di una pressione negativa.

Per ottenere un vuoto dinamico di circa il 90-95%, la porzione di muro è fasciata con fogli di polietilene e l'aria è aspirata mediante speciali attrezzature.

Per le procedure richieste da tale tecnica, v. CSD05 - Impregnazione sottovuoto

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La penetrazione del prodotto pare essere il problema principale. Non sempre, infatti, si crea una barriera continua all'umidità ma solamente un suo contenimento. Si è cercato di ovviare a questo problema aumentando la viscosità dei formulati con additivi e solventi che rischiano, però, di ridurre l'efficacia del trattamento. Inoltre, eventuali modificazioni chimiche dei materiali utilizzati possono generare, nel tempo, la formazione di capillari secondari, aprendo nuove vie di risalita.

Di solito, non è possibile verificare se il materiale iniettato si sia effettivamente disposto in modo omogeneo e continuo all'interno della muratura. Esiste, infatti, la possibilità che non si realizzi uno strato orizzontale completamente impermeabile in special modo in presenza:

a) di murature miste, con lesioni interne e canalizzazioni non previste. In questi casi, per ridurre il rischio di dispersione del materiale, è necessario, prima dell'intervento, eseguire sondaggi per localizzarle e provvedere alla loro saturazione con stuccature e iniezioni consolidanti di boiacche (v. CSD03 - Consolidamento con iniezioni);

b) di forte risalita capillare. La catalizzazione del prodotto non è immediata, avviene in un certo tempo, e perciò, durante la fase d'immissione del formulato può accadere che la pressione dell'acqua in salita sia tale da trascinare con sé il formulato, prima della sua solidificazione, disperdendolo all'interno del muro.

Per gli sbarramenti verticali è possibile controllare la riuscita dell'intervento estraendo carote di materiale per sottoporle a prove di laboratorio che misurino l'assorbimento dell'acqua, la resistenza e altri parametri.

Altri fattori, come la velocità di polimerizzazione del componente, la presenza di sali e la tecnica di iniezione possono, inoltre, influenzare la penetrazione.

In altri termini, per scegliere la sostanza e la metodologia di immissione, sono necessarie tutte le analisi preventive mirate a determinare le cause e le concause dell'umidità, la tipologia costruttiva delle murature, l'umidità relativa dell'aria, la misura di assorbimento d'acqua, il valore del pH della muratura. Fondamentale è la verifica sulla localizzazione e il tipo di sali presenti in quanto "l'influenza dei sali nel meccanismo di reazione chimica è in gran parte sconosciuto, ma è certamente importante" (N. Tubi, R. Vinci, 1992).

Si possono verificare alterazioni nelle caratteristiche cromatiche della parete.

I formulati devono rispondere ad alcuni requisiti elencati nelle *Raccomandazioni Normal 20/85* (CNR-ICR, Roma 1985):

- “non provocare la formazione di sottoprodotti secondari dannosi;
- venire uniformemente assorbito dalla pietra e raggiungere tutto il materiale alterato, (...) la profondità di penetrazione richiesta varia secondo le caratteristiche della pietra; può essere quindi di pochi millimetri in una pietra compatta, di molti centimetri in una pietra porosa;
- presentare un coefficiente di dilatazione termica non molto difforme da quello del materiale, per non essere causa di fessurazioni o sgretolamenti nel caso non abbia buone caratteristiche elastometriche;
- se si tratta di prodotto idrorepellente, non deve rendere il materiale lapideo completamente impermeabile al vapor d'acqua;
- conservare l'aspetto esteriore del materiale evitando fenomeni di scurimento o imbiancamento, formazione di pellicole lucide o ingiallimento sotto l'azione della luce” (punto 3.3).

Per i formulati occludenti, le resine sono soggette, catalizzando, alla formazione di microcricche, “non sono stabili nel tempo e tendono a ossidarsi a contatto con molti sali, inoltre depolimerizzano, a talune pressioni, in base alla differente dilatazione termica, e a dati valori di pH della muratura modificando le loro caratteristiche di resistenza” (P. Bianchi, 1994).

I silicati favoriscono la formazione di sali (carbonato di sodio e di potassio), mentre i gel acril-ammidici, se immessi con iniezioni a bassa pressione, sono caratterizzati da buona penetrazione.

Sui sistemi di iniezione va detto che, se il liquido è inserito a pressione nel muro, esiste la possibilità che questo si incanali verso le vie di minor resistenza oppure tenda a creare rotture tra i diaframmi dei capillari.

Un limite della tecnica eseguita con paraffina potrebbe nascere dalle alte temperature a cui viene sottoposta la muratura. A causa dello stress termico potrebbero, infatti, diminuire le prestazioni della muratura e del suo rivestimento.

#### ESPERIENZE

Chiesa di S. Gimignano (Siena). Costruzione gotica interamente in mattoni, con alcune pareti interne affrescate. L'intervento è stato eseguito con iniezioni a bassa pressione, eseguite in sequenza progressiva, di alchil-alkossi-silani monomeri in solvente idrocarbonato.

Villa Giulia, Roma. L'intervento è stato eseguito sulle murature perimetrali in tufo e miste tufo mattoni mediante iniezione di resine epossidiche in emulsione acquosa.

Palazzina di via Carso, Genova. Il supporto murario sul quale è stata creata la barriera anticapillare è pietra per i muri perimetrali, mattoni pieni nei muri degli androni, calcestruzzo nelle colonne di rinforzo. Il formulato, iniettato a bassa pressione, è a base di resine siliciche e altri additivi idrorepellenti in solvente idrocarbonato.

Casa Fontana Silvestri, Milano, 2001. Uno dei pochi esempi di edilizia rinascimentale ancora presente a Milano. L'intervento di deumidificazione ha previsto l'abbinamento di un'intercapedine ventilata con un sistema di sbarramento verticale e orizzontale praticato al di sopra dello zoccolo in arenaria e sulla verticale della muratura adiacente al portale, realizzato con iniezioni a bassa pressione a base di resine silaniche.

Villa Doria, Pegli, Genova, 2001. L'intervento è stato con resine opportunamente stabilizzate, immesse in soluzione mediante trasfusori a lenta diffusione.

L'efficacia del trattamento di deumidificazione attuata con realizzazione di una barriera chimica, con diversi prodotti, è stata valutata sperimentalmente da alcuni studiosi, tra i quali Van Hees, e i risultati dello studio sono riportati nella tabella n. 1.

Tabella 1 • Comparazione dei valori di umidità in una muratura trattata con differenti barriere chimiche

PRODOTTO UTILIZZATO	NON TRATTATO	CONTROLLO		CONTROLLO		CONTROLLO		CONTROLLO		CONTROLLO	
	DICEMBRE 92	MARZO 93	LUGLIO 93	MARZO 94	NOVEMBRE 94	MAGGIO 95					
	A	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B	A B
Gel acrilamide	14	14 0	10 FD	13 0	12,5 D	14,5 0					
Silano gelificante	14	12 D	10,5 D	9 FD	9,5 FD	11,5 D					
Silossano in alcol	12	14,5 AU	10 D	12,5 AU	10 D	10 D					
Siliconato	21	15 FD	15 FD	18,5 D	15 FD	13 FD					
Microemulsione siliconica	17,5	20,5 AU	12 FD	17 0	14 D	16 D					
Muro non trattato	19,5	20 0	14 FD	17,5 D	7,5 FD	10 FD					

A contenuto di umidità

B variazione di umidità

AU aumento umidità

0 fase stazionaria

D diminuzione umidità

FD forte diminuzione

I dati riportati in tabella si riferiscono a trattamenti realizzati su un muro dell'abbazia di Emiksem (Belgio). Il manufatto sul quale è stato effettuato il test è un muro in mattoni dello spessore di 60 cm, rifinito all'interno con un intonaco dipinto, mentre all'esterno era protetto con un rivestimento di pietra calcarea fino a 1 m da terra.

[Tabella XXXVI, p. 234 di G. G. Amoroso, M. Camaiti, *Scienza dei materiali e del restauro*, Alinea, Firenze, 1997.]

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Trivella F. 1999; Campanella C., 2002; Bosia D. 2005; Mundula I., Tubi N. 2006; Pinto Guerra E. 2011

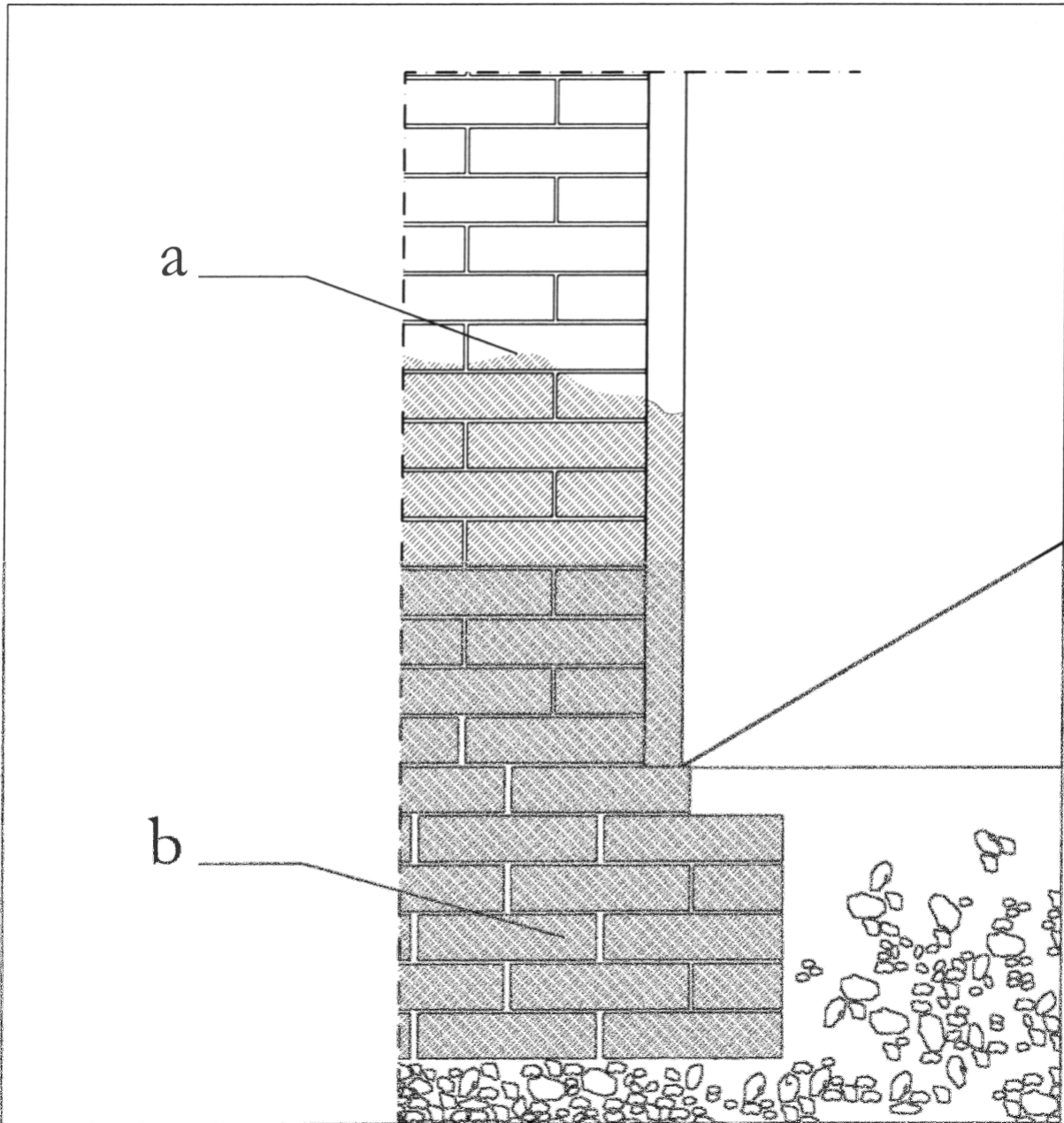


Figura 1 • Schema del sistema di intercettazione capillare. Muratura soggetta a umidità di risalita capillare.  
a) Livello di risalita capillare; b) fondazione umida. (CAF)

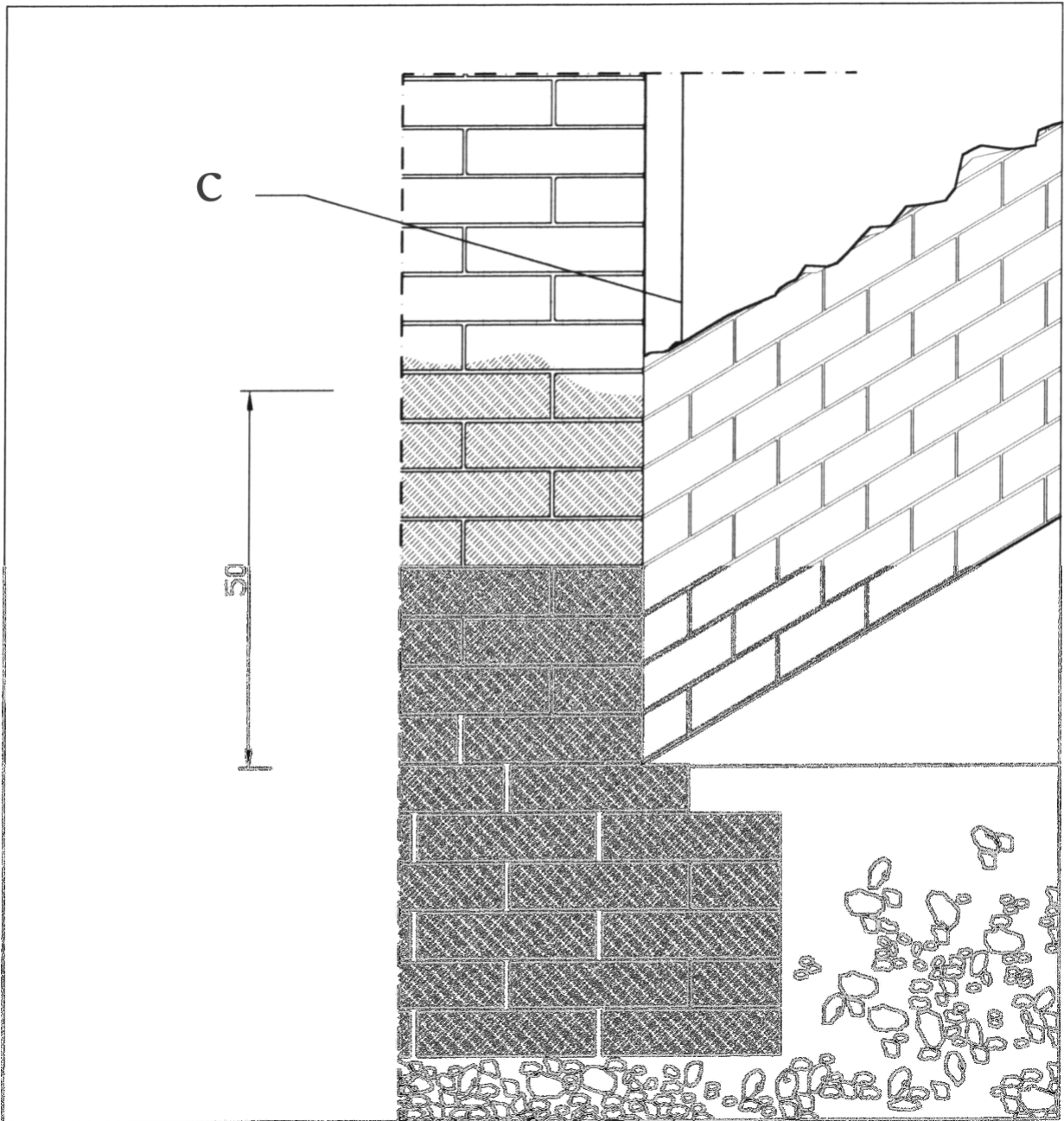


Figura 2 • Schema del sistema di intercettazione capillare. Rimozione dell'intonaco per almeno 30 cm oltre il livello raggiunto dall'umidità di risalita. c) Rimozione dell'intonaco. (CAF)

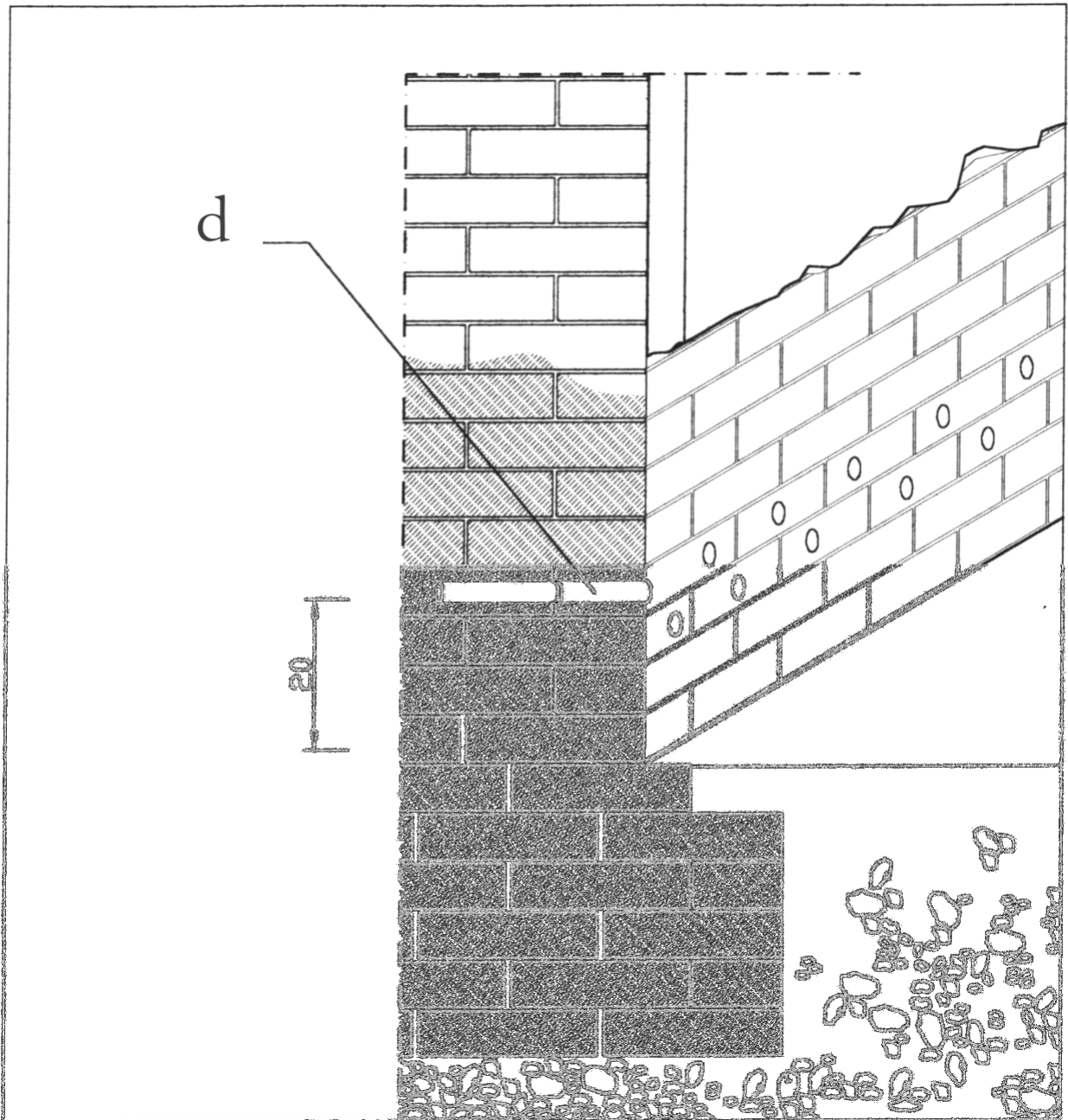


Figura 3 • Schema di applicazione di intercettazione capillare.

Realizzazione di una serie di fori nella muratura. I fori sono disposti a quinconce a una altezza di 15-20 cm dalla quota più alta di calpestio. L'andamento dei fori, di diametro 10-30 mm, è realizzato sia perpendicolarmente al filo del muro sia con un'inclinazione di 20° circa. d) Fori praticati nella muratura per l'immissione del formulato. (CAF)

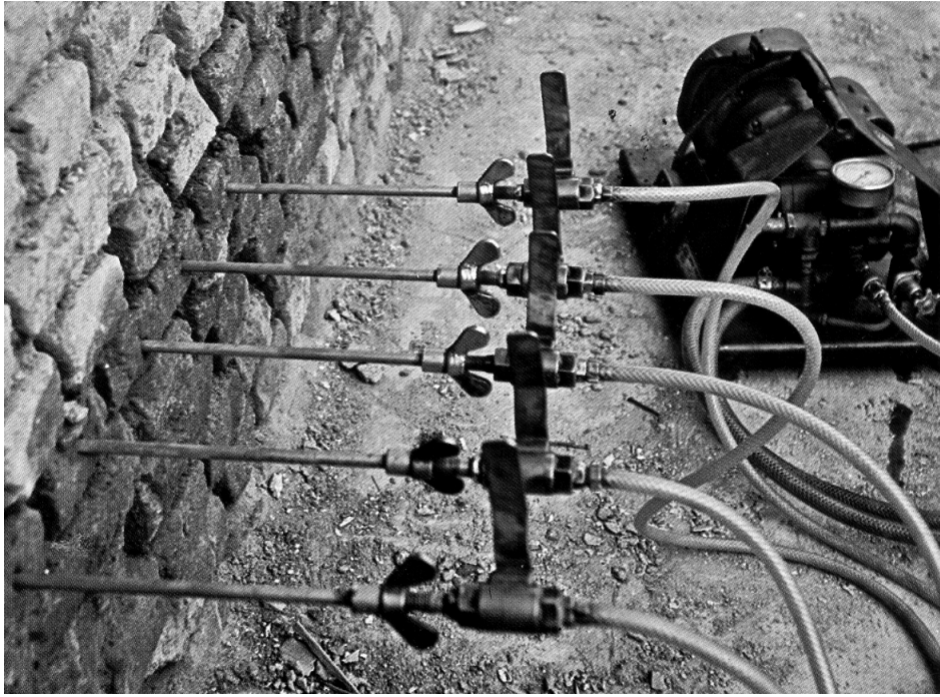


Figura 4 • Iniezione a pressione. Differenti iniettori, per l'immissione del formulato, collegati a una pompa con tubi flessibili.

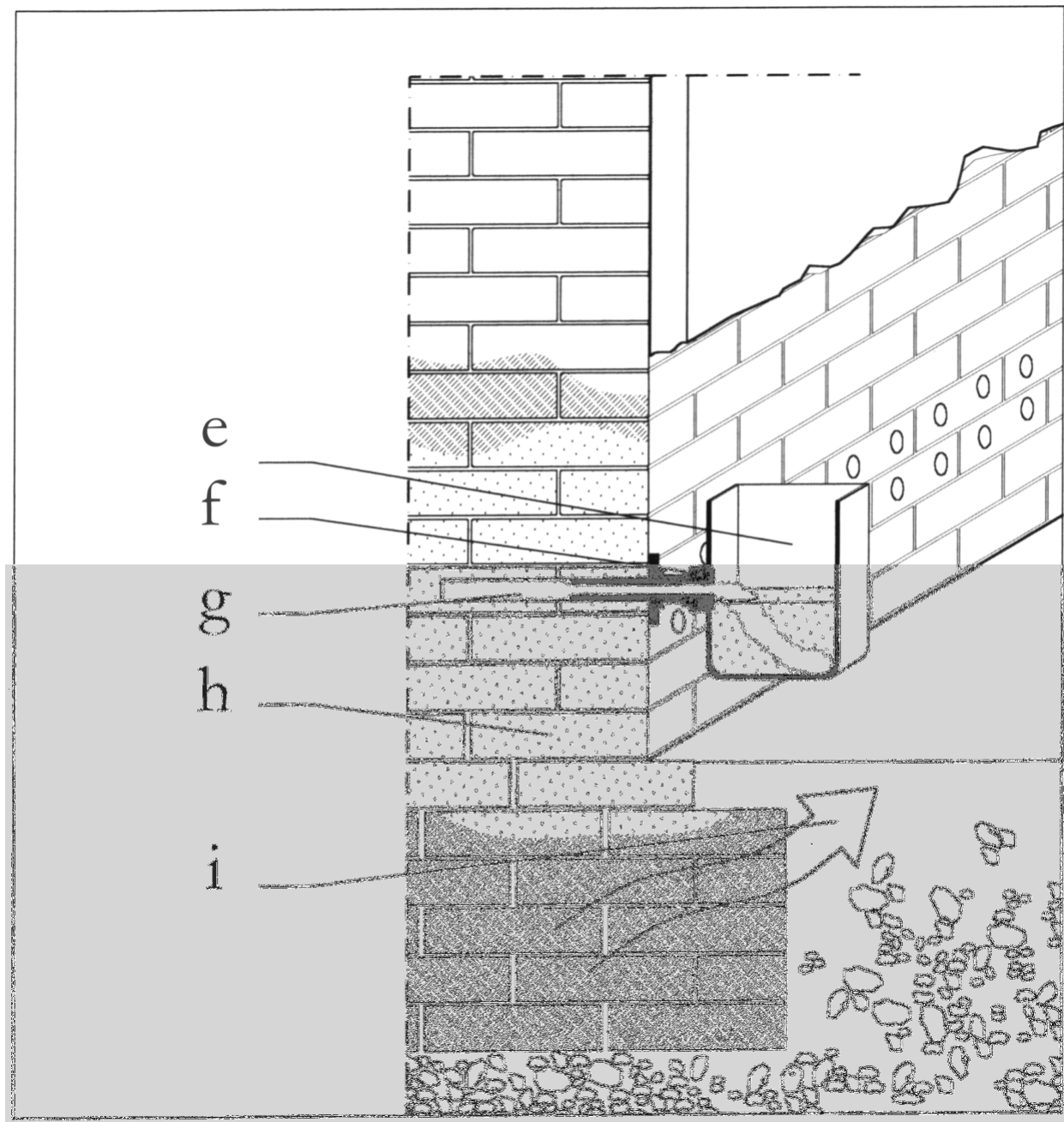


Figura 5 • Schema di applicazione. Iniezioni a lenta diffusione. Nei fori vengono inseriti e murati con cementi a presa rapida i trasfusori, che sono composti da tre elementi: un recipiente graduato per il contenimento e la misurazione del liquido impregnante, un tubo iniettore e gommini diffusori tubolari di spugna sintetica. e) Recipiente graduato per il contenimento e la misurazione del liquido impregnante; f) tubo iniettore; g) gommini diffusori in spugna sintetica; h) barriera chimica; i) umidità. (CAF)





Figura 6 • Iniezioni a lenta diffusione. TrASFUSORI inseriti nella muratura e stuccatura dei bordi per evitare dispersione di liquido.



Figura 7 • Iniezioni a lenta diffusione. Esecuzione di una barriera verticale accostata a una orizzontale, eseguita se il muro su cui è realizzata la barriera è accostato a una parete non soggetta a intervento di deumidificazione.

## DMF 04 ELETTROSMOSI ATTIVA

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Il sistema si propone di eliminare l'umidità presente nelle murature mediante la creazione di un circuito elettrico a corrente continua, alimentato da una centralina, che può indurre l'inversione o l'annullamento del flusso delle molecole di acqua all'interno della muratura.

L'elettrosmosi si basa sul fenomeno fisico per il quale le molecole d'acqua, in un campo naturale o artificiale, si muovono verso il polo negativo e nella loro ascesa capillare creano un potenziale di corrente elettrica e quindi un campo elettrico naturale (elettrocinesi). Se, infatti, è applicata una leggera differenza di potenziale al liquido, si può provocare il suo trasporto attraverso setti porosi o semiporosi.

Il metodo di deumidificazione fonda, quindi, il suo funzionamento sul presupposto che il muro ricco di acqua e sali rappresenta il campo negativo, mentre il terreno costituisce il campo positivo, e che il fenomeno della risalita è assimilato a un polo negativo che attrae un polo positivo secondo la teoria del funzionamento di una batteria enunciata da Alessandro Volta.

Il prosciugamento della struttura avverrebbe, quindi, invertendo la polarità, vale a dire rendendo il sottosuolo un polo negativo e il muro un polo positivo (fig. 1, fig. 2).

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Il metodo di evacuazione dell'acqua da una parete satura di umidità è impiegato nei casi di umidità ascendente, connessa a fenomeni di risalita capillare in murature verticali a contatto con il terreno umido o con acqua di falda.

L'impianto può essere applicato a tutti i tipi di strutture, su murature in mattoni, pietra, miste, affrescate, anche contro-terra e su fondazioni, ma è sconsigliato dove è presente del metallo.

Il sistema elettrosmotico è stato sperimentato e impiegato da molti anni con successo, per il consolidamento e il prosciugamento di terreni argillosi, per l'essiccazione della torba, per la disidratazione di materie varie e per l'estrazione di succhi.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Il sistema più diffuso consiste nella creazione di due anelli a circuito chiuso, uno a parete e l'altro nel terreno, separati tra loro e collegati a una centralina che eroga corrente elettrica.

Le sue fasi di applicazione sono riassumibili nel modo seguente.

a) Eliminazione dell'intonaco in corrispondenza della localizzazione degli elettrodi (solo con l'utilizzo della rete).

b) Posa in opera degli elettrodi (anodo) sulla parete.

Il polo positivo è generalmente realizzato applicando alla muratura una banda a forma di rete e/o una piattina.

La rete, continua ed elastica, può essere realizzata in fibra di vetro trattata a caldo a tre strati di resine epossidiche, con filamenti al carbonio o altri metalli, nel qual caso diventa essa stessa conduttrice di corrente; altrimenti, può essere costituita da plastica e attivata da una piattina conduttrice fissata sulla sua parte superiore. L'altezza di 27 cm circa e lo spessore di 1 cm permettono una maggiore distribuzione delle cariche lungo la parete e la totale scomparsa della rete sotto un nuovo intonaco.

Alcuni sistemi utilizzano elettrodi minimamente invasivi costituiti da fili di materiale metallico a base di titanio che permettono sezioni ridotte (dell'ordine di circa 1-2 mm di diametro), sono

estremamente flessibili e adattabili. Vengono generalmente posizionati in una piccola traccia lungo le pareti da trattare (fig. 3).

Ove prevalgono ragioni di rigorosa conservazione del costruito, è possibile anche impiegare anodi lineari continui a forma di nastro o "piattina" in poliuretano-carbonio prodotto a caldo con anima a due conduttori in lega di acciaio-tungsteno. Le dimensioni ridotte (altezza 1-2 cm e spessore 8 mm) permettono la loro ubicazione in zone nascoste alla vista (ad es., sopra i capitelli o le cornici) o lungo tracce create nei giunti di malta tra i mattoni.

La rete e la piattina sono fissati al muro con morsetti di acciaio (3 mm).

La loro ubicazione va attentamente studiata, in quanto si possono ottenere risultati differenti, secondo l'ambiente e la situazione su cui s'interviene. In genere, si collocano i semiconduttori poco sopra la linea di massima risalita, lungo tutta la superficie della parete da trattare, in modo da formare un circuito elettrico chiuso. Secondo l'effetto che si vuole ottenere ("sbarramento" orizzontale alla risalita, convogliamento dell'acqua da infiltrazione o da condensa), è possibile impiegare uno o più elettrodi sulla stessa parete, a diversi livelli e collegati fra di loro.

c) Applicazione dell'intonaco (malta di calce e sabbia) ed eventuali pitture traspiranti.

d) Esecuzione di perforazioni nel terreno per l'inserimento dei catodi di dispersione. È necessario effettuare carotaggi per la creazione di fori con diametro intorno ai 35 mm e profondità di 120-150 cm. I semiconduttori elettrici sono piantati in posizione verticale nel terreno, a un'interasse che varia dai 200 ai 300 cm, in funzione della conducibilità del terreno, all'interno o all'esterno dell'edificio.

Le puntazze, che possono essere di carbonio e sono dotate di conduttore vulcanizzato antifiamma, presentano dimensioni variabili dai 50 ai 60 cm di lunghezza, con diametro di 16-27 mm, secondo lo sviluppo dell'anodo.

I sistemi che impiegano elettrodi a filo di titanio per il polo positivo utilizzano gli stessi elettrodi anche per quello negativo, posizionandoli ad almeno 20 cm sotto la quota del pavimento finito. Nel caso di risanamento della pavimentazione gli elettrodi vengono semplicemente appoggiati alla base delle murature sullo strato di magrone o sul sottofondo della pavimentazione e poi ricoperti di malta conduttiva.

e) Collegamento delle varie puntazze in modo da formare un anello a circuito elettrico chiuso.

f) Collegamento in parallelo dei due circuiti alla centralina di alimentazione mediante cavi elettrici inseriti in una guaina e con contatti a saldatura.

La centralina fornisce al sistema corrente continua a impulsi, in ragione delle quantità richieste dagli elettrodi.

Vi sono sistemi che utilizzano centraline elettroniche in grado di monitorare il funzionamento del sistema e di segnalare eventuali anomalie. Le centraline possono anche essere funzionare con alimentazione a batterie collegate alla rete o a pannelli fotovoltaici.

La deumidificazione dovrebbe avvenire nell'arco di un anno, ma il sistema è mantenuto attivo per un tempo illimitato, anche perché i consumi energetici diminuiscono proporzionalmente alla quantità di acqua presente nella muratura.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le variabili che determinano il risultato finale dell'applicazione di un sistema elettrosmotico sono molte e devono essere valutate preventivamente. Molti limiti evidenziati nelle prime applicazioni degli anni '80 sono tuttavia stati superati dalle tecnologie in uso oggi.

L'acqua sale nella muratura anche per effetto di forze capillari (legge di Jourin-Borelli) dipendenti a loro volta dalla porometria dei capillari, dalla tensione del liquido verso la parete del capillare, dal loro numero e dalla loro regolarità, dalla temperatura del muro ed esterna, dalla concentrazione dei sali nelle murature, dalla pressione barometrica, dall'esposizione, dal grado di evaporazione e permeabilità al vapore, oltre che da forze elettrosmotiche.

Il fenomeno può quindi essere influenzato da molte variabili; in particolar modo è stato verificato come la natura del sottosuolo e la concentrazione di sali nell'acqua esercitino grande influenza sul potenziale elettrico. "In seguito a esperimenti eseguiti dagli elvetici è risultato che la differenza di potenziale varia in funzione del tipo di terreno, da circa 10 a circa 100 mV (millivolt). Analoghi esperimenti eseguiti in Olanda, dove il terreno contiene acque selenitose, hanno dato differenze di potenziale notevolmente maggiori, in certi casi superiori a 500 mV" (Cigni G., Codacci-Pisanelli B., 1987).

Un fattore che esercita una notevole influenza è stato dimostrato essere anche il contenuto percentuale iniziale di acqua della muratura. Il fisico B. H. Vos ha dimostrato come tutte le sostanze porose e quindi anche le murature hanno un loro *punto critico* di contenuto percentuale d'acqua. Egli sostiene che al di sopra di questo valore l'acqua può essere trasportata per elettrosmosi mentre al di sotto può solamente evaporare.

Questa teoria potrebbe spiegare come in molti casi il sistema produca un miglioramento iniziale, con una diminuzione di acqua intorno all'1-3% in peso, e che successivamente non si abbiano ulteriori incrementi. Inoltre, "il metodo non sembra essere efficace se adoperato su murature con un basso contenuto di umidità" (G. Sala, M. Valentini, 1996). Gli ingegneri Giovanni e Ippolito Massari ritengono che "il punto critico di Vos coincida con quello che impropriamente chiamiamo *punto di flesso* del diagramma di Krischer e Görling (...) per cui (...) l'elettrosmosi è valida e utile nel 1° ramo (a superficie satura ed evaporazione costante)

e perfettamente inutile nel 2° ramo (a evaporazione decrescente) ossia inutile nel vero prosciugamento" (G. e I. Massari, 1985). Nasce perciò l'esigenza di verificare, prima dell'installazione dell'impianto, in quale fase di evaporazione si trovi la struttura.

Una spiegazione al fenomeno potrebbe essere data dal fatto che una muratura umida conduce molto bene l'elettricità, mentre nella fase di prosciugamento la resistenza elettrica aumenta.

La constatazione che la malta di calce "a differenza degli altri materiali testati, presenta un valore negativo del coefficiente di trasporto elettrosmotico" (A. Damien, 1994) implica che, se ad esempio si applica un circuito su una muratura di calce e mattoni, avviene un trasporto di acqua nei due sensi, verso il terreno attraverso i mattoni e su per il muro attraverso la malta.

Fondamentale importanza assumono, dunque, le analisi preventive rivolte alla conoscenza della natura del materiale e della tecnica costruttiva, oltre che della velocità di evaporazione (che dipende dalla struttura specifica di ogni materiale), delle caratteristiche di conducibilità capillare, del livello di saturazione della muratura, delle condizioni termo igrometriche interne ed esterne, della temperatura superficiale delle pareti.

Il funzionamento del sistema può, inoltre, essere compromesso dalla presenza di elementi conduttori all'interno della muratura o nel terreno, in quanto questi fattori tendono a concentrare le linee di forza del campo elettrico creato. Il sistema viene, di conseguenza, sconsigliato nelle costruzioni armate con strutture metalliche (c.a.) e laddove è accertata la presenza di catene e infissi in ferro, di canalizzazioni e di tutti gli elementi che possono generare correnti vaganti (linee ferroviarie, tranviarie, metropolitana ecc.).

È comunque importante che la tensione del circuito sia mantenuta bassa per evitare effetti di corrosione agli elettrodi e a tutte le strutture metalliche conduttrici presenti all'interno della muratura, oltre che per evitare danni ai materiali costruttivi, dovuti a una veloce essiccazione delle pareti e alla formazione di acidi (acido cloridrico e idracidi derivati - effetto elettrolisi).

Attualmente, sono impiegati non più elettrodi in ferro o rame, ma altri di materiale che non si deteriora sotto l'effetto di correnti vaganti. L'impiego di puntazze, di fili conduttori, di giunzioni, di reti in materiale pressoché inerte all'aggressività salina fanno sì che non si crei una migrazione dei sali (ionizzazione salina) con la conseguente diminuzione della resistenza del circuito dovuta alla loro corrosione.

## ESPERIENZE

S. Maria Assunta, Gandino, Bergamo, 1990. L'edificio, dopo gli interventi, è stato oggetto di studi da parte del Centro CNR "Gino Bozza". L'impianto è stato realizzato in fasi successive, in totale sono state installate quattro centraline per altrettante linee. I risultati ottenuti, dopo un monitoraggio di due anni, hanno rilevato un comportamento differente a seconda della parete considerata. Su di una parete non è stato riscontrato alcun cambiamento, sulla seconda è avvenuta una leggera diminuzione, nella terza addirittura un aumento della quantità d'acqua.

Battistero di S. Alessandro, duomo di Bergamo, 1990. La struttura muraria dello spessore di 1 metro, interamente rivestita in marmo, era aggredita da umidità dovuta alla risalita capillare e da condensa atmosferica (92% periodo inverno/primavera). L'intervento di deumidificazione è stato realizzato con l'applicazione, lungo il perimetro interno, di tre livelli di anelli: a quota 2 m sotto il pavimento (conduttore a rete), 4 m, 9 m (conduttore a piattina), e con l'inserimento delle messe a terra nel terreno circostante. È stata anche realizzata un'intercapedine perimetrale esterna.

Palazzo Thiene, Vicenza, 1991. Vincoli architettonici hanno richiesto l'utilizzo di piattine che sono state inserite nelle fughe del bugnato.

Duomo di Monza, 1989. La chiesa presentava umidità di condensa ambientale dovuta alla mancanza di aerazione.

Battistero S. Giovanni in Laterano, Roma, 1992.

Oratorio della Marina, Genova, 1992.

Castello dei Pico, Mirandola (MO), 2003.

Villa Pascali, Amandola, 2012.

Museo del Duomo, Milano, 2012. Il Museo del Duomo di Milano è ospitato nel Palazzo Reale. L'installazione di sistemi elettrosmotici ha interessato le murature del piano terra, con demolizione limitata degli intonaci ove strettamente necessario.

Serra Moresca di Villa Torlonia, Roma 2008-2011. La Serra Moresca di Villa Torlonia, insieme alla Torre e alla Grotta, fu costruita intorno al 1840 su progetto di Giuseppe Jappelli che si ispirò all'Alhambra di Granada. L'edificio, in stato di abbandono da anni, presentava evidenti problemi di umidità da risalita capillare e presenza di sali; nel corso dell'intervento di restauro sono stati installati due sistemi elettrosmotici, uno per le murature esterne e uno per le murature contro terra; quest'ultimo ha richiesto l'applicazione di due elettrodi positivi e due elettrodi negativi a puntazza.

Villa Carolina, Carpi 2010. La villa settecentesca presentava gravi fenomeni di umidità da risalita capillare al piano terreno e, ai piani superiori, di umidità da infiltrazione a causa del pessimo stato di conservazione della copertura. In questo caso sono stati installati, oltre a un sistema elettrosmotico per prevenire l'umidità di risalita, anche due impianti elettrosmotici a carattere provvisorio, che interessavano il primo piano e l'altana, finalizzati a favorire la deumidificazione delle murature.

Palazzo Boncompagni Barozzi, Vignola (MO) 2010. Le murature del seminterrato, realizzate in muratura di pietra e laterizio, in gran parte contro terra, presentavano evidenti fenomeni di umidità da risalita capillare. L'impianto elettrosmotico di deumidificazione è stato installato nel corso degli interventi per la realizzazione di una sala conferenze. Data l'altezza delle murature contro terra (oltre 4 m) si è reso necessario installare gli elettrodi positivi su tre diversi livelli, fino alle volte, utilizzando diversi potenziali.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Aghemo C., Alfano G., Filippi M., Stella M. 1992; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Damien A. 1994; Domenica G. 1994; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Sala G., Valentini M. 1996; Torraca G. 1979; Tubi N., Vinci R. 1992, p. 830; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Gasparoli P. 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C. 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Pinto Guerra E. 2011.

(PIZ)

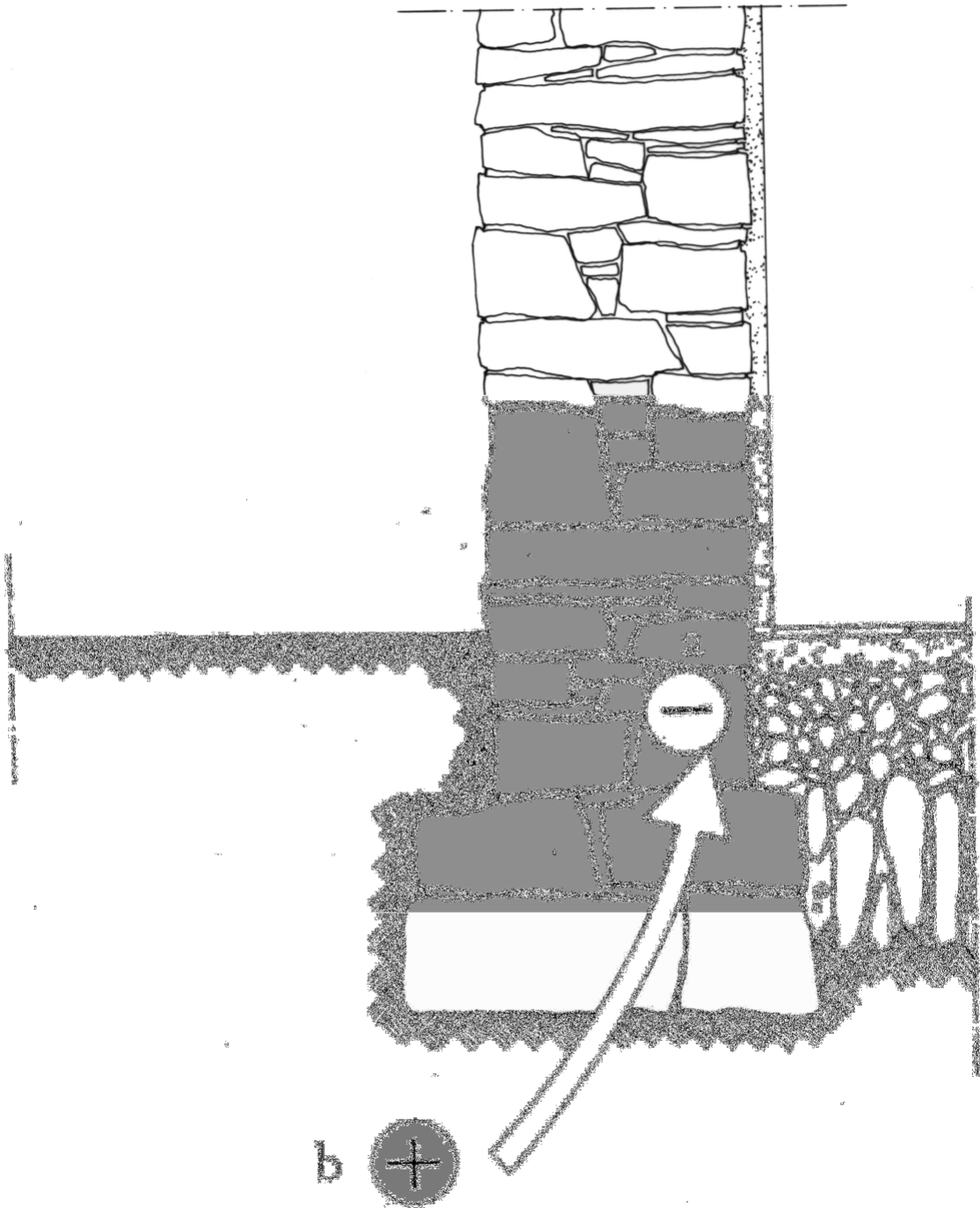


Figura 1 • Schema di funzionamento di un impianto elettrosmotico attivo: a) un muro ricco d'acqua e sali costituisce il polo negativo (catodo); b) il terreno il polo positivo (anodo). La direzione di migrazione dell'acqua è dal terreno alla muratura. (CAF)

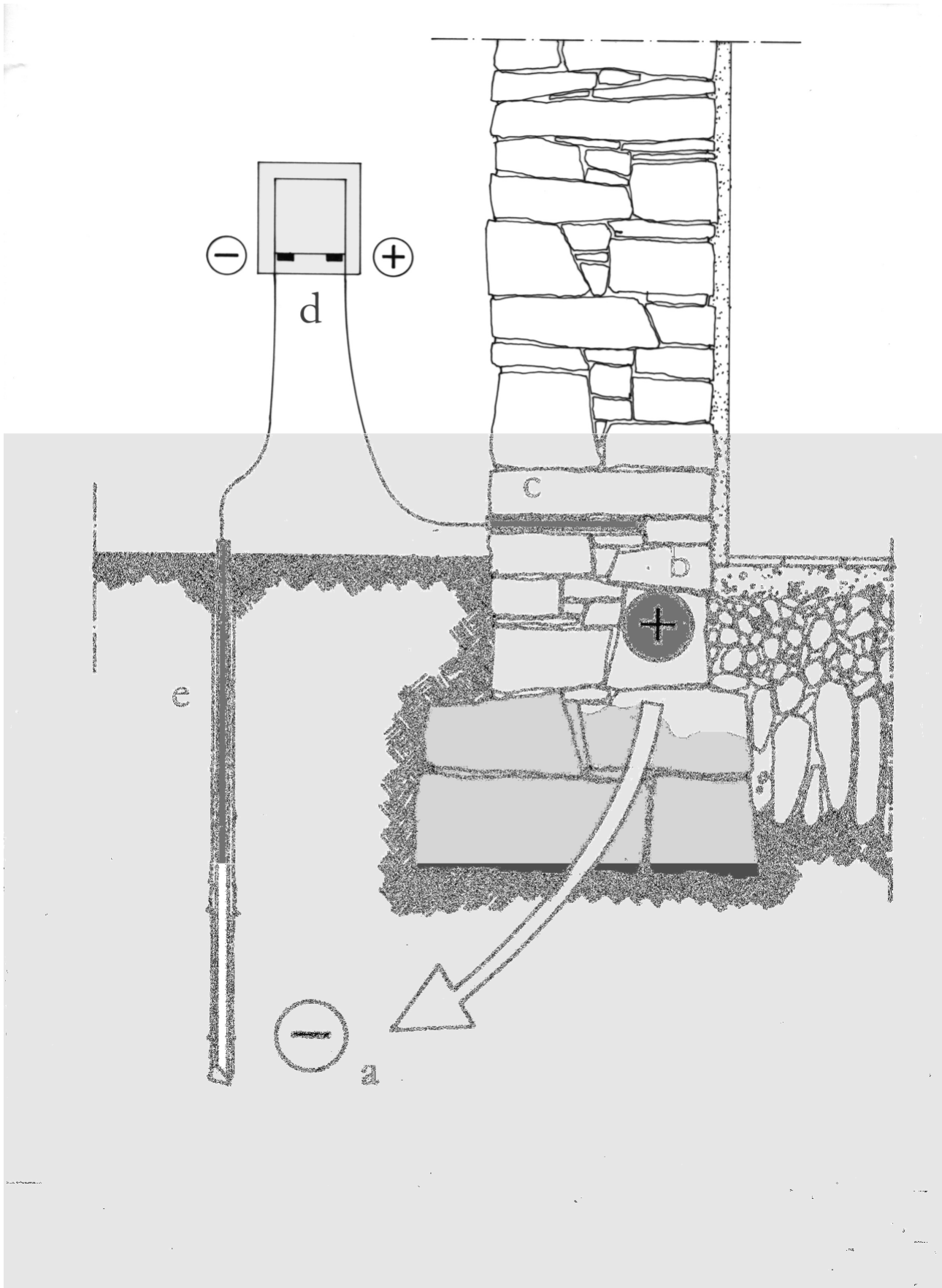


Figura 2 • Schema di funzionamento di un impianto elettrosmotico attivo: una batteria d) realizza una inversione di polarità per mezzo di semiconduttori elettrici c) (polo positivo) posti in opera nel muro da risanare, e di puntazze e) (polo negativo) nel terreno. Il terreno diventa il polo negativo, e la muratura quello positivo, pertanto la direzione di migrazione dell'acqua si inverte. (CAF)





Figura 3 e 4 • Serra Moresca di Villa Torlonia, Roma. Sono visibili le tracce del posizionamento dell'elettrodo negativo a puntazze alla base della muratura e dell'elettrodo positivo realizzato con filo metallico a base di titanio, posto sotto davanzale. (ELO System)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'elettrosmosi passiva, anche chiamata "elettrosmosi in corto circuito" si propone di contrastare la risalita capillare mediante l'annullamento della differenza di potenziale esistente tra muro e terreno. L'inversione del flusso delle molecole d'acqua all'interno della parete dovrebbe attivarsi attraverso la formazione di una pila, o cortocircuitazione tra elettrodi inseriti nel muro e nel terreno.

Anche in questo caso, come in quello dell'elettrosmosi attiva, il sistema fonda il suo funzionamento sui fenomeni fisici dell'elettrosmosi e dell'elettrocinesi (v. DMF04 - Elettrosmosi attiva) e ha come obiettivo quello di rendere il sottosuolo un polo negativo e il muro un polo positivo.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il metodo di evacuazione dell'acqua da una parete satura di umidità è impiegato nei casi di umidità ascendente, connessa a fenomeni di risalita capillare in murature verticali, preferibilmente fuori terra, a contatto con il terreno umido o con acqua di falda.

L'impianto può essere installato a tutti i tipi di strutture, su murature preferibilmente in mattoni, ma anche in pietra o miste, senza limitazioni di spessore.

Il sistema non può essere adottato per deumidificare costruzioni in cemento armato o con strutture metalliche, ed è sconsigliato laddove sia accertata la presenza di catene e infissi di ferro, di canalizzazioni e di altri elementi che possono generare correnti vaganti (linee ferroviarie, tranviarie, metropolitana ecc.).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il metodo tradizionale, utilizzato da oltre sessant'anni prevede le seguenti fasi di realizzazione:

- a) eliminazione dell'intonaco in corrispondenza degli elettrodi;
- b) esecuzione di carotaggi nella muratura, del diametro di 1 cm e profondità di 30 cm circa. I fori vanno realizzati sulla parete, lungo un allineamento orizzontale, per mezzo di carotatrice o mediante trapano a rotopercolazione a bassi giri. Se lo spessore della parete supera i 50 cm, il circuito è installato su una delle due facce, generalmente quella esterna, a un'altezza di circa 80 cm dal terreno, con interasse di 50 cm. Per spessori maggiori, può essere applicato su ambo i lati;
- c) inserimento all'interno dei fori di sonde realizzate con spezzoni di rame del diametro di 5 mm circa e lunghezza di 30 cm;
- d) realizzazione, lungo l'allineamento dei fori, di una traccia nel muro. In genere questa operazione è fatta coincidere con una fuga di malta;
- e) inserimento nel varco di un conduttore realizzato con un filo di rame, anch'esso del diametro di 5 mm. È anche possibile appoggiare il conduttore sull'intonaco, se questo è ben aggrappato al supporto;
- f) saldatura del filo in rame con le sonde;
- g) applicazione dell'intonaco (malta di calce e sabbia) ed eventuali pitture traspiranti;
- h) esecuzione di perforazioni nel terreno per l'inserimento delle prese a terra costituite da barre metalliche (magnesio) infisse in appositi pozzetti. Le prese a terra sono poste a quota inferiore al piano di fondazione e in modo da essere localizzate, in una zona che presenta potenziale maggiore di quello del piano fondale (fig. 1, fig. 2);
- i) chiusura del circuito mediante collegamento tra il filo di rame e le prese a terra, realizzato con aste in rame distanziate tra loro 2 m circa.

Esiste in commercio un altro metodo che si basa sull'utilizzo combinato *elettrosmosi-elettroforesi*.

Il principio fisico dell'elettroforesi viene utilizzato per trasportare sostanze sigillanti e consolidanti attraverso l'umidità defluente (fig. 3).

Nei fori del conduttore in rame è inserito un liquido colloidale che, sotto l'azione della pila, si dovrebbe sostituire all'acqua all'interno dei capillari, ostruendoli. Per il catodo è utilizzato acciaio galvanizzato. Al contrario del metodo tradizionale, che deve rimanere attivo per un tempo illimitato, con questo sistema la saturazione dei capillari dovrebbe avvenire in 18-24 mesi.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il sistema, fortemente invasivo nella conservazione del costruito presenta grossi limiti.

È stato verificato, mediante semplice misurazione con elettrodi puliti, che anche dopo la realizzazione della cortocircuitazione la differenza di potenziale tra muratura e terreno continua a esistere.

Attraverso l'elettrosmosi passiva si può, infatti, al massimo eliminare quella porzione di acqua che risale il muro per elettrosmosi ma non quella che ascende per capillarità. Non sembra che il sistema riesca a contrastare le forze capillari e osmotiche responsabili anch'esse della risalita. I fattori coinvolti riguardano, quindi, anche la porosità e la porometria dei capillari, la tensione del liquido verso la parete del capillare, il loro numero e la loro regolarità, la temperatura del muro ed esterna, la concentrazione dei sali presente nelle murature, la pressione barometrica, l'esposizione, il grado di evaporazione e permeabilità al vapore.

Uno dei maggiori problemi di insuccesso del sistema è costituito, inoltre, dalla polarizzazione degli elettrodi che si deteriorano sotto l'effetto di correnti vaganti, con la conseguente diminuzione della resistenza del circuito dovuta alla loro corrosione.

L'impiego di conduttori di titanio-platino e di giunzioni di titanio dovrebbe evitare gli effetti di corrosione anche a tutte le strutture metalliche conduttrici presenti all'interno della muratura.

Il funzionamento del sistema può, inoltre, essere compromesso dalla presenza di elementi conduttori all'interno della muratura o nel terreno, in quanto questi tendono a concentrare le linee di forza del campo elettrico creato.

Si possono ritenere validi anche in questo caso i limiti e gli accorgimenti citati per l'elettrosmosi attiva (v. DMF05 - Elettrosmosi passiva).

#### **ESPERIENZE**

Istituto centrale del restauro, Roma. Un muro del piano terreno è stato oggetto di sperimentazioni e verifiche eseguite a intervalli regolari per trenta mesi dall'ing. Massari il quale conclude che "il contenuto d'acqua entro il muro era sempre identicamente lo stesso".

Museo del Louvre, edificio Jeu de Paume, Parigi, 1960.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Aghemo C., Alfano G., Filippi M., Stella M. 1992; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Damien A. 1994; Domenica G. 1994; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Sala G., Valentini M. 1996; Torraca G. 1979; Tubi N., Vinci R. 1992; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Gasparoli P. 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C. 2006; Mundula I., Tubi N. 2006.

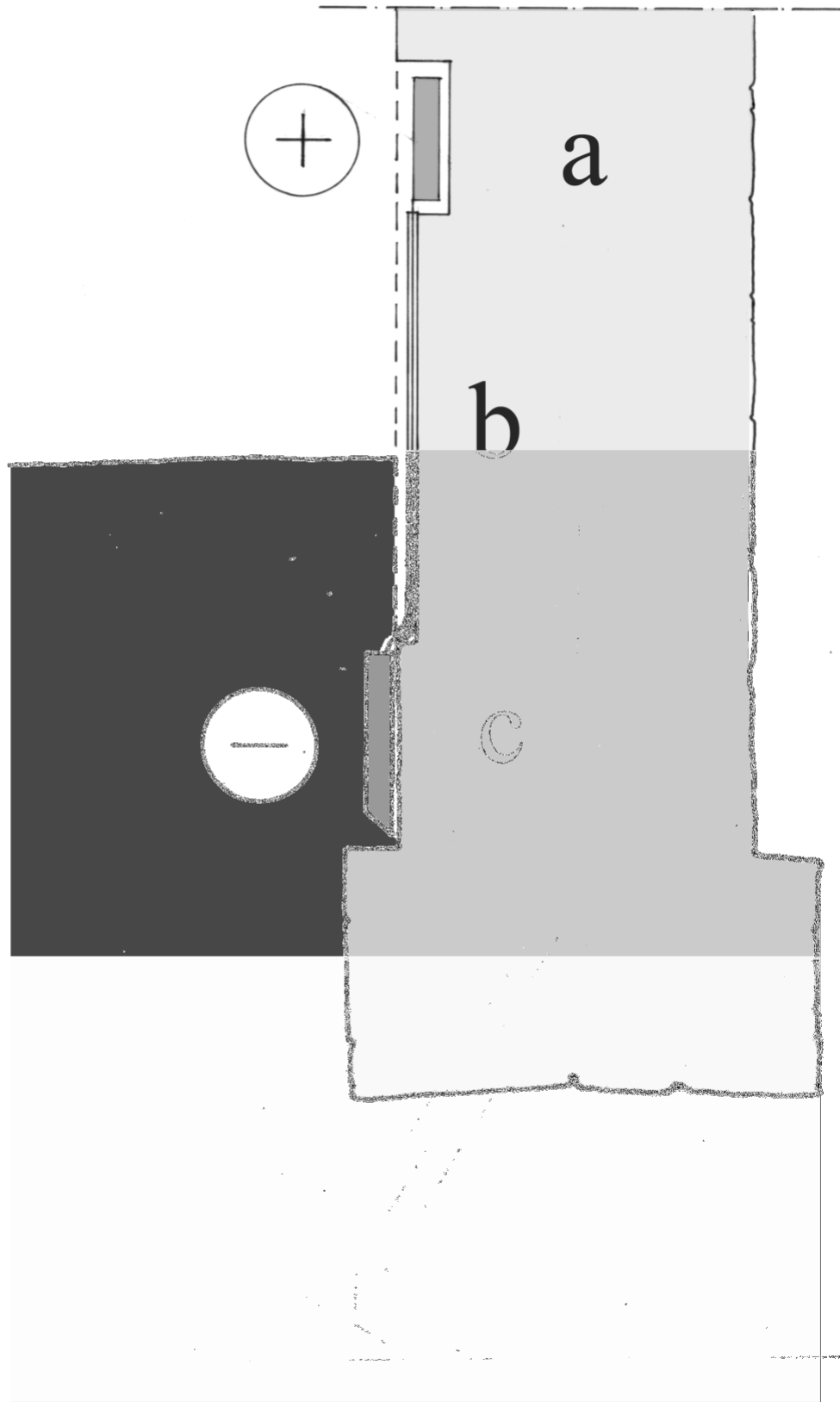


Figura 1 • Elettrosmosi passiva. Attivazione del circuito mediante l'impiego di materiali differenti. a) anodo di rame; b) conduttore di rame; c) catodo di magnesio. (CAF)

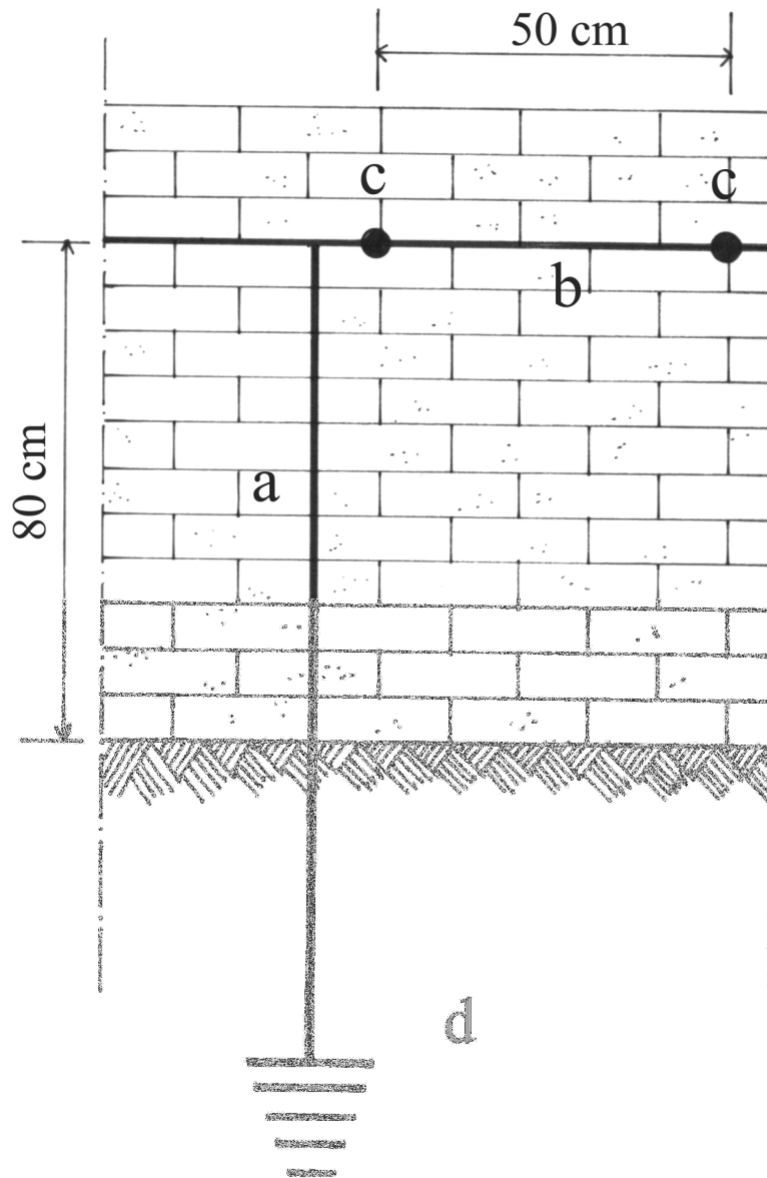


Figura 2 • Elettrosnosi passiva. Il circuito è installato a un'altezza di circa 80 cm dal terreno, con interasse di 50 cm; a) sonde a parete del diametro di 5 mm circa e lunghezza di 30 cm; b) conduttore realizzato con un filo di rame; c) prese a terra costituite da barre metalliche infisse in appositi pozzetti; d) chiusura del circuito mediante collegamento tra il filo di rame e le prese a terra, realizzato con aste in rame distanziate tra loro 2 m circa. (CAF)

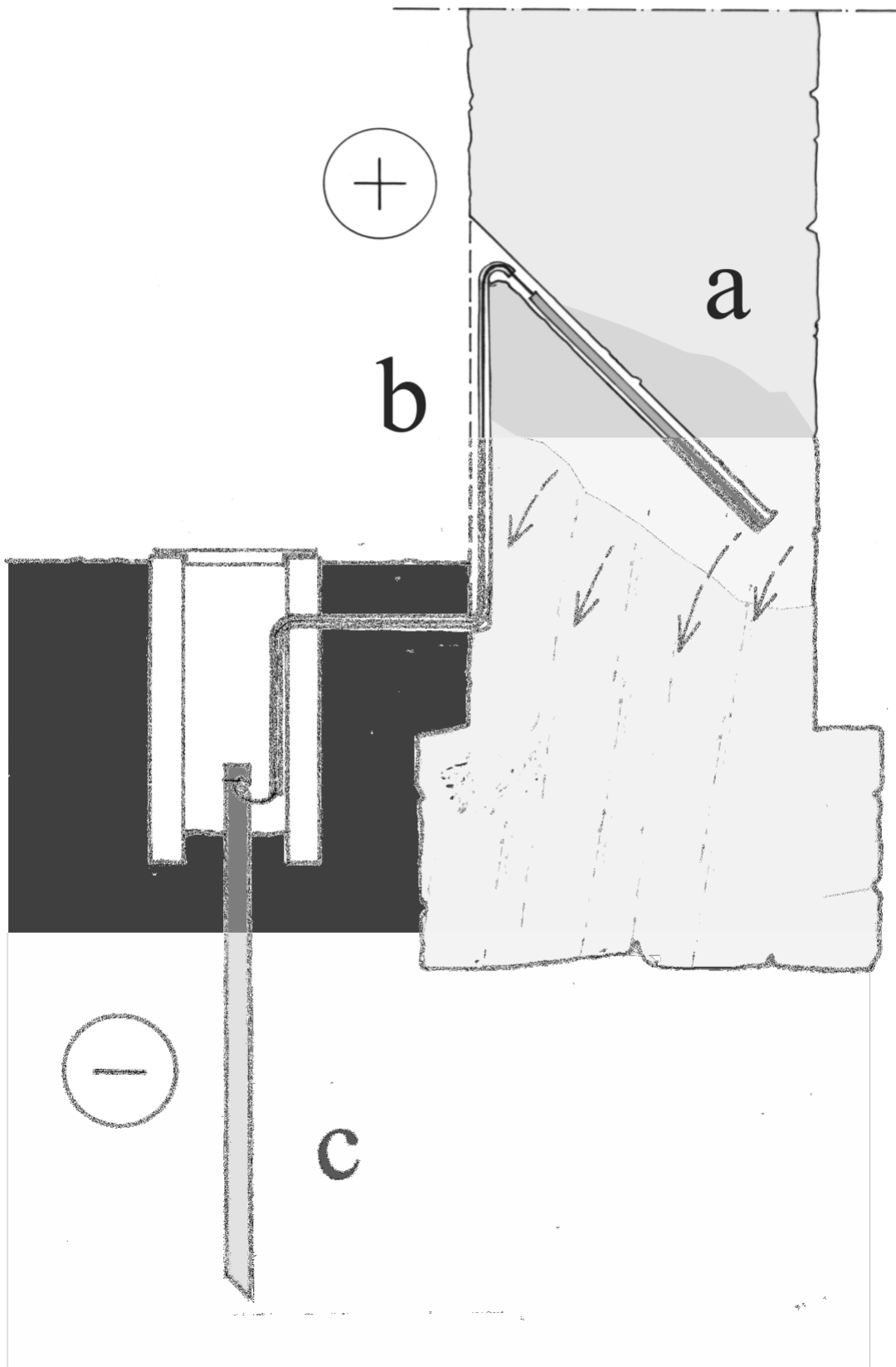


Figura 3 • Elettrosmosi-foresi. Nei fori del conduttore in rame è inserito un liquido colloidale che, sotto l'azione della pila, si dovrebbe sostituire all'acqua all'interno dei capillari, ostruendoli; a) conduttore e liquido di foresi; b) conduttore di rame; c) presa a terra. (CAF)

## DMF 06 DRENAGGIO PERIMETRALE E POZZI ASSORBENTI

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica prevede la captazione e la deviazione lontano da un edificio delle acque ruscellanti e delle acque sotterranee provenienti dalle aree circostanti.

L'intercettazione e l'allontanamento sono realizzati mediante la creazione di un compluvio, ossia una linea più bassa che diventa percorso preferenziale dell'acqua per forza di gravità. L'acqua penetra all'interno di una fossa nel terreno costituita da materiale drenante ed è convogliata in un tubo di scarico posto sul fondo dello scavo.

La captazione delle acque sotterranee è possibile poiché lo scorrimento dell'acqua nel canale di fondo o nella sezione più permeabile alla base avviene con attrito molto minore che nel terreno: pertanto la maggiore velocità rende facilmente realizzabile una portata superiore a quella naturale del terreno circostante, permettendone il drenaggio al di sopra del piano fondale.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Il sistema si pone lo scopo di bonificare il terreno mediante l'intercettazione e la deviazione del percorso delle acque meteoriche o di falda, con lo scopo di proteggere le fondamenta di un edificio dall'invasione umida.

La pendenza del piano di campagna determina il convoglio delle acque meteoriche e in alcuni casi anche di quelle sotterranee.

In un edificio isolato, è possibile eliminare o ridurre le oscillazioni idriche stagionali mediante la realizzazione di una rete di fosse drenanti che circondano l'intero perimetro, e collegate attraverso una o più vie di uscita a un collettore generale che raccoglie le acque. In alcuni casi, la rete può essere intervallata con pozzi assorbenti. Così, una rete di drenaggio può essere progettata in modo da coprire un intero lotto di edifici (fig. 1).

Se manca lo spazio necessario, il drenaggio può anche essere realizzato a ridosso della faccia esterna del muro perimetrale (fig. 2).

L'intervento è generalmente realizzato in terreni poco permeabili con presenza di argilla e limo che tendono ad accumulare e trattenere l'acqua. In terreni pianeggianti, caratterizzati da una stratificazione che in successione presenta strati saturi d'acqua a strati assorbenti, è sufficiente intervenire con la creazione di pozzi assorbenti isolati e opportunamente distanziati dagli edifici.

Il loro migliore impiego, infatti, si ha quando si è in presenza di una costruzione con le fondamenta immerse in un terreno che trattiene acqua (terreno argilloso, falda acquifera) al di sotto del quale si trova un banco assorbente (ghiaia sciolta). L'acqua penetra, così, nei pozzi e per gravità è convogliata verso il fondo, che sarà a contatto con un banco assorbente (fig. 3).

Insieme con la progettazione dell'allontanamento delle acque del sottosuolo, deve essere previsto lo smaltimento del ruscellamento delle acque piovane, con una rete di pluviali e marciapiedi intorno all'edificio.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

#### *Rete di drenaggio*

La configurazione della rete di drenaggio varia in funzione del grado di compattezza e impermeabilità



del terreno.

In genere, la distanza tra le fosse è calcolata tra 8 e 12 m per i terreni compatti argillosi, tra 12 e 16 m per i terreni limosi, tra 16 e 20 m per i terreni sabbiosi.

Nei terreni con forte pendenza, l'acqua viene smaltita naturalmente; in caso contrario, si devono costruire dei collettori o condotti interrati di diametro o sezione di 50-70 cm circa.

Entrambi sono posti nella zona di massima pendenza.

### *Fossa drenante*

La fossa drenante richiede le seguenti operazioni e accorgimenti.

a) Lo scavo del terreno va realizzato a distanza di circa 2 m dalle fondazioni. In generale la distanza della fossa dalla costruzione è calcolata in funzione della natura del terreno; per terreni compatti, costipati e poco permeabili può variare dai 50 ai 150 cm, altrimenti la distanza dovrà essere maggiore per evitare il pericolo di frana.

La larghezza è variabile in funzione della quantità d'acqua da "attirare" (minima 40-50 cm, massima 100-150 cm).

La sezione è solitamente svasata verso l'alto.

b) La profondità dello scavo è costante e varia in funzione della profondità della falda acquifera e della successione degli strati impermeabili. Dovrà essere tale da arrivare almeno alla linea di base del muro e non superare il 15% di pendenza massima dal piano fondale al fondo della fossa, in terreni sabbiosi, e il 30%, in terreni argillosi.

Lo scavo va eseguito a tratti, per piccoli cantieri con scavatrice a braccio o mediante fori trivellati. La lavorazione richiede il puntellamento del terreno con robuste armature, in modo da prevenire i rischi degli smottamenti.

c) Segue la realizzazione, sul fondo dello scavo, di un basamento livellato e impermeabile in magrone (cemento) o il costipamento del terreno mediante spianatura, bagnatura e battitura, per evitare cedimenti. L'inclinazione del piano, in genere intorno al 24%, dovrà favorire il deflusso delle acque.

d) Si procede, quindi, all'allettamento di un tubo drenante, di diametro fino a 20-40 cm, in materiale cementizio forato o di beton, avente la corona superiore molto permeabile e la parte inferiore compatta e impermeabile. Oggi sono in uso anche tubi in materiale plastico (PVC o polietilene ad alta densità), flessibili o rigidi, eventualmente rivestiti di fibre vegetali (ad es. fibra di cocco) o geotessuti. Tale elemento non è necessario in caso di drenaggio realizzato su terreni in pendenza, poiché anche il fondo della fossa drenante risulta in pendenza e facilita lo scorrimento e l'allontanamento dell'acqua.

e) Si continua con il riempimento dello scavo con pietrame a secco, in modo da rendere minimo il contatto tra le pietre. Il materiale filtrante è costituito nello strato inferiore da ciottoli di grosse dimensioni, con diametro di 15-20 cm, poi da materiale a pezzatura progressivamente decrescente salendo verso la superficie, fino ad arrivare alla sabbia.

È di fondamentale importanza la corretta e graduale progressione della granulometria, in modo che ogni strato sia da sostegno per il soprastante; un salto brusco nella pezzatura permetterebbe alle particelle degli strati superiori più fini di intasare gli strati inferiori riducendone la permeabilità.

È possibile l'interposizione di un foglio di tessuto non tessuto fra gli strati di diversa granulometria. L'impiego di materiale drenante può essere sostituito da un geocomposito drenante, costituito, generalmente, da due filtri esterni in tessuto non tessuto e una struttura drenante interposta, che permette sia di limitare l'ampiezza dello scavo, sia di agevolare le operazioni di realizzazione: il tubo drenante, infatti, viene assemblato al geocomposito a bordo scavo, senza richiedere la presenza di manodopera a fondo scavo.

f) Il ciclo delle lavorazioni termina con l'impermeabilizzazione e la costruzione di un marciapiede lungo il perimetro dell'edificio, la larghezza di terreno compresa tra la fossa e l'edificio, a evitare che l'acqua piovana penetri e vada a contatto con i muri sottostanti.

### *Pozzo assorbente*

I pozzi drenanti sono nella maggior parte dei casi dislocati in vari punti del terreno, secondo uno schema dettato a una rete di drenaggio, e sono impiegati nei casi in cui si voglia abbassare notevolmente il livello della falda. La loro profondità può raggiungere i 10-15 m.

Le pareti presentano finestrelle per captare acqua e sono rivestite con materiale geotessile per non modificare, nel tempo, la capacità drenante.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Quando si voglia eliminare il problema della presenza di acqua nelle murature, è necessario verificare se vi sono le condizioni per una preventiva bonifica del terreno circostante. Nella maggior parte dei casi, infatti, questo è il sistema migliore per il risanamento delle murature umide, anche se non risolve il problema di risalita capillare nell'interfaccia orizzontale tra muratura e terreno, sotto la fondazione.

Per entrambi i sistemi di drenaggio (fossa drenante, pozzi assorbenti), utilizzati sia singolarmente che in modo combinato, valgono alcune considerazioni.

Il problema principale del sistema è che, se s'interviene in terreni edificati, caratterizzati inizialmente dalla presenza di molta acqua, la portanza iniziale cambia. La bonifica, infatti, può modificare sensibilmente il contenuto d'acqua e, in certi casi, le caratteristiche di resistenza del terreno. Occorre quindi apprezzare se il terreno ha raggiunto una stabilità consolidata, e fino a che punto sia opportuno rischiare di alterarla.

Durante la fase di prosciugamento del terreno, si verifica, infatti, un'iniziale "diminuzione della portanza e delle resistenze del terreno; successivamente si assiste a una deformazione o cedimento progressivi (fase di collasso), infine si ha un consolidamento definitivo (a deformazione avvenuta) del terreno" (P. Bianchi, 1994). Ove s'intenda ugualmente procedere con l'operazione, sarà prima necessario intervenire almeno con un consolidamento del terreno.

Poiché ogni intervento determina cambiamenti del sistema idrogeologico, bisognerà svolgere una serie di indagini preventive (geologica, litologica, idrologica) ed elaborare accurate previsioni sul possibile comportamento del terreno sul quale si andrà a intervenire.

Se il drenaggio è realizzato a contatto con la muratura, è necessario avere un quadro diagnostico completo sulla tipologia costruttiva e sullo stato di conservazione delle murature interrato e in elevazione. L'eliminazione di una consistente parte di terreno che funziona da contenimento per la parte di muro fondale, può, infatti, indurre cedimenti e provocare stati fessurativi. Se è prevedibile che ciò accada, è necessario intervenire con il consolidamento delle strutture prima di incominciare lo scavo.

#### **ESPERIENZE**

Santuario della regina Montis Regalis, Vicoforte di Mondovì (CN): drenaggio originale di Francesco Gallo (XVI secolo), ripristinato nei recenti restauri.

Asolo, opere di drenaggio alla barchessa Ovest di Villa Rinaldi.

Mulino seicentesco nei pressi di Rapallo, drenaggio perimetrale lungo due lati dell'edificio.

Teatro comunale di Thiene (VI), sistema di drenaggio perimetrale completo.

Chiesa di S. M. Delle Grazie, Presicce (LE), drenaggio su tre lati dell'edificio.

Cappella di S. Croce, Mondovì (CN): drenaggio su un lato dell'edificio.

Villa Reale di Monza: trincea drenante lungo il lato sud dell'edificio.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I.

1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M.

1999, *Sistema...*, Gasparoli P. 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C. 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Pinto Guerra E. 2011.

(PIZ)

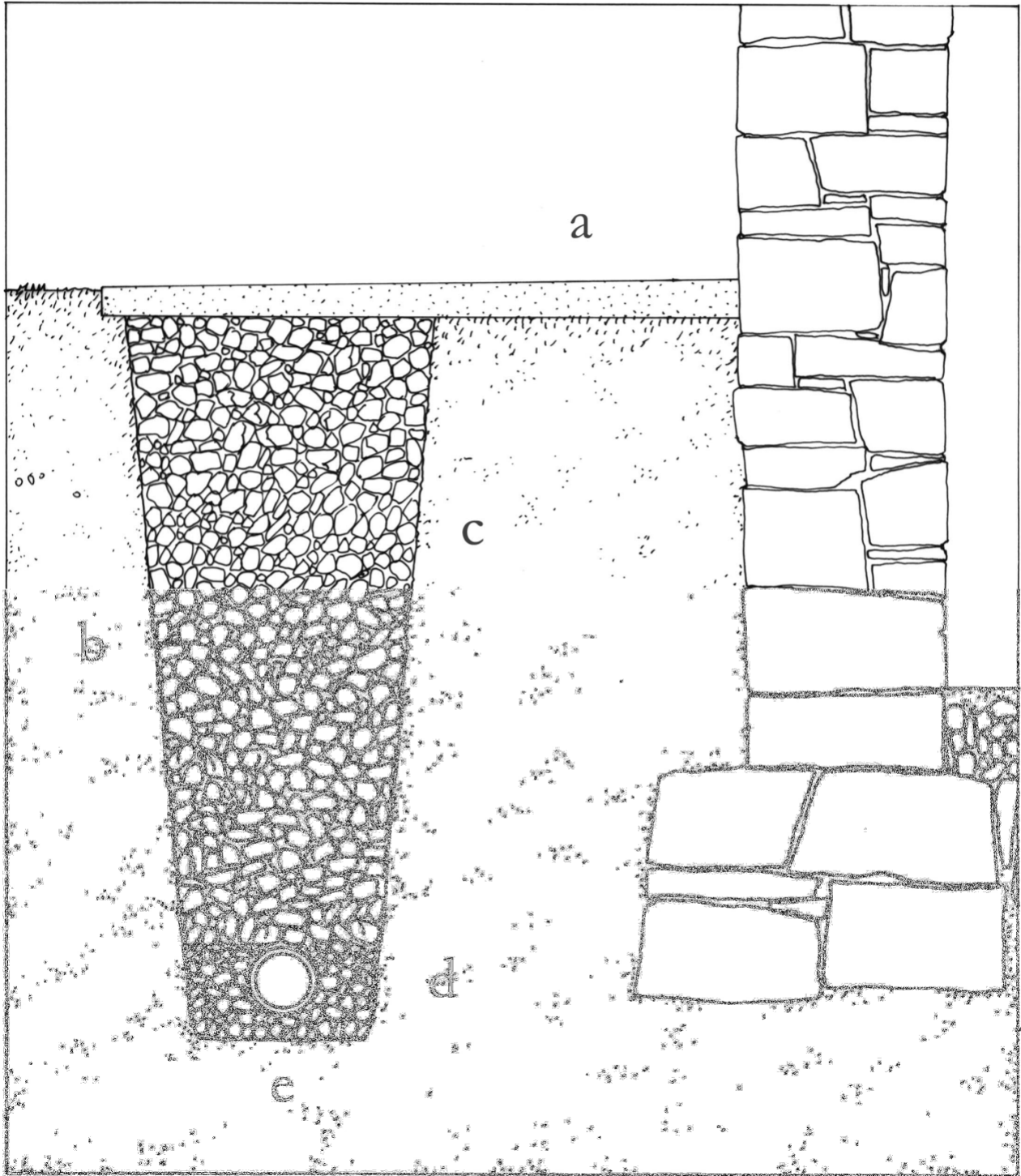


Figura 1 • Schema di una fossa drenante non aderente al muro. a) marciapiede impermeabile, a protezione della porzione di terreno tra il muro e il drenaggio dall'acqua piovana; b) scavo della fossa drenante; c) riempimento in pietrame; d) ghiaia; e) tubo drenante. (CAF)

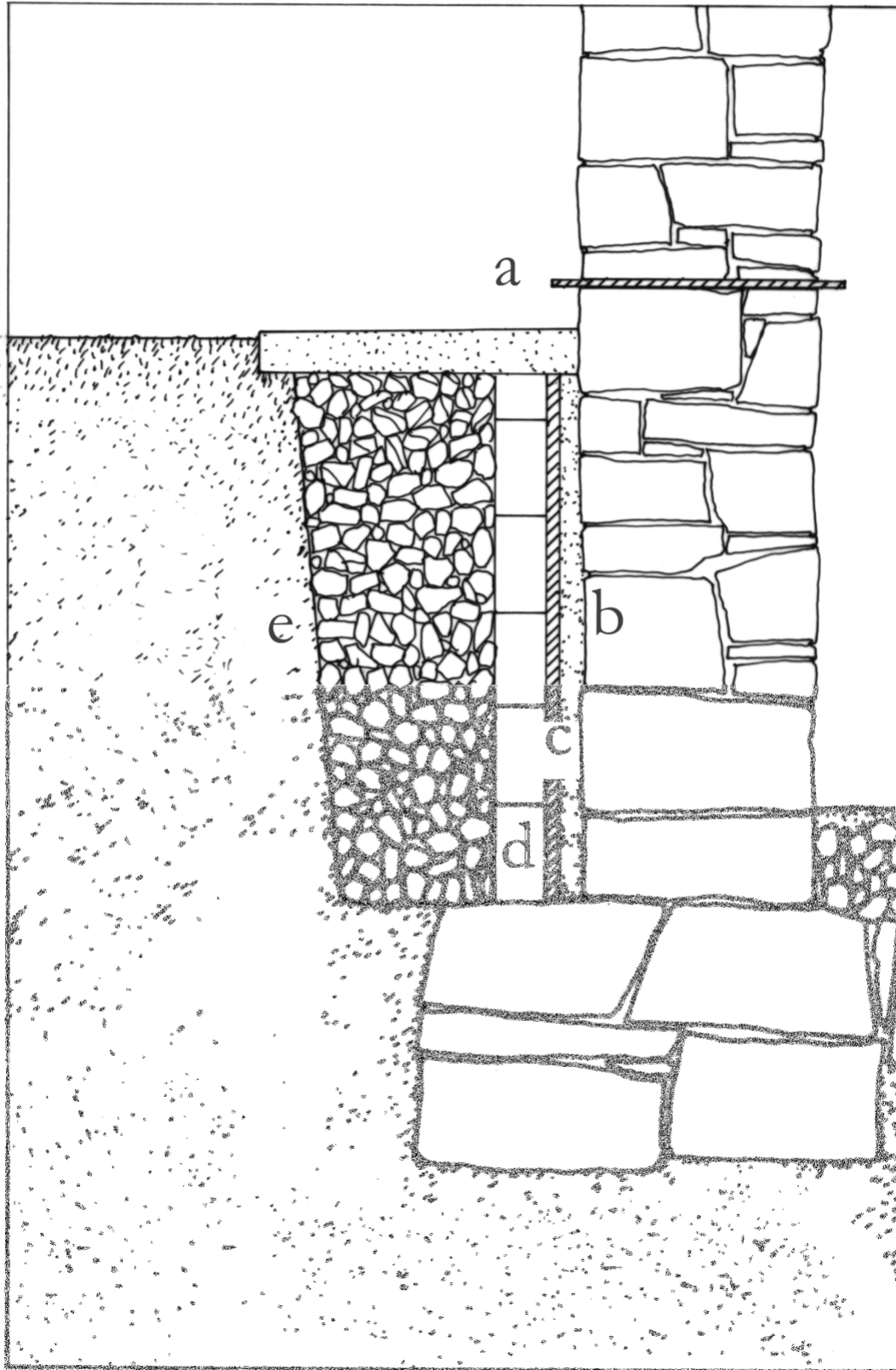


Figura 2 • Schema di una fossa drenante aderente al muro. a) barriera orizzontale impermeabile; b) intonaco; c) eventuale impermeabilizzazione; d) muretto di mattoni posti in opera a coltello; e) riempimento in pietrame. (CAF)

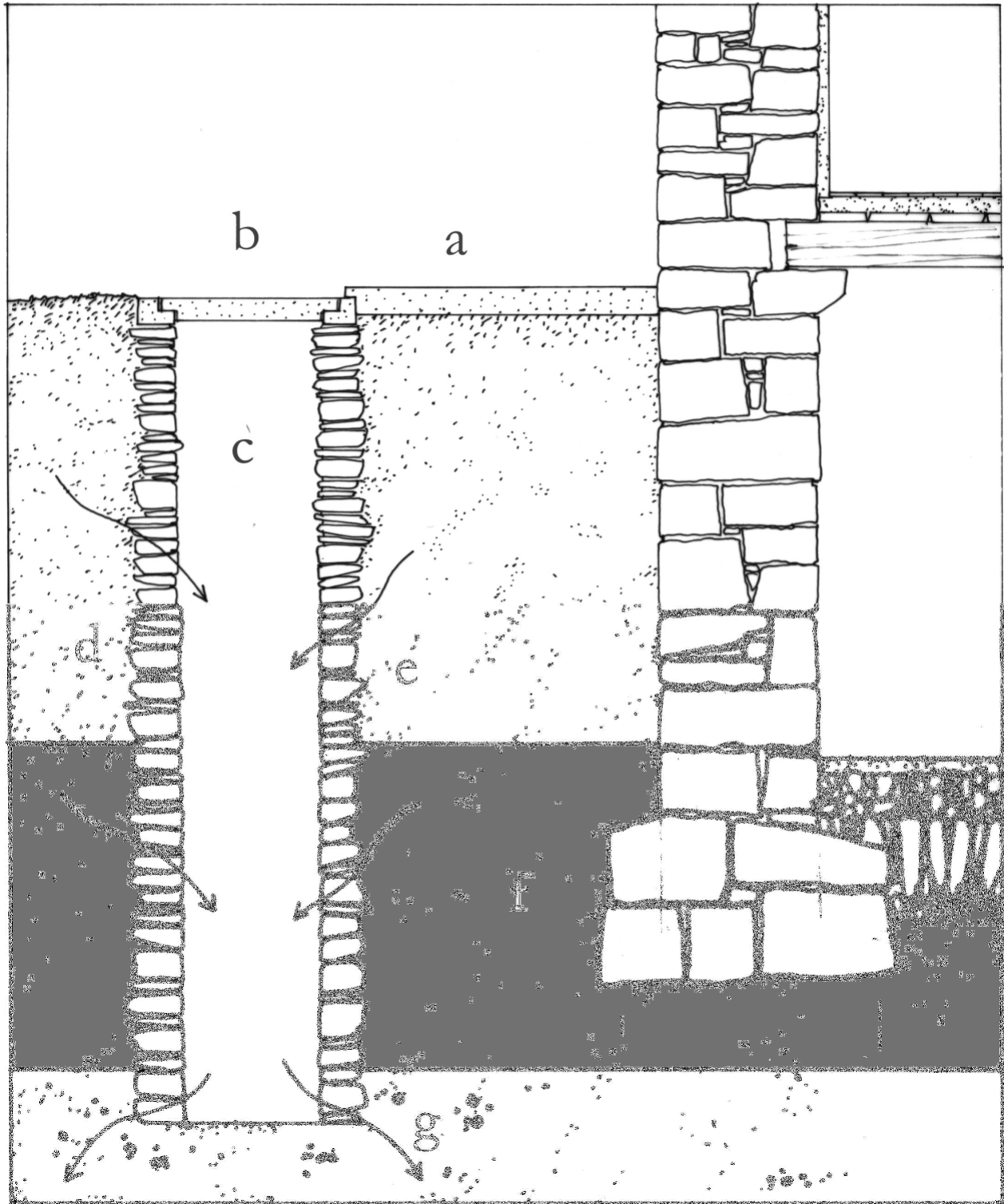


Figura 3 • Schema di funzionamento di un pozzo assorbente. a) marciapiede a protezione della porzione di terreno compresa tra l'edificio e il sistema dei pozzi assorbenti; b) chiusino del pozzo; c) scavo del pozzo assorbente; d) pareti drenanti; e) afflusso delle acque; f) strato saturo d'acqua; g) deflusso delle acque nello strato assorbente. (CAF)

## DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

L'applicazione di *intonaco macroporoso* è una tecnica indicata soprattutto nei casi in cui si vogliono limitare gli effetti dell'umidità di risalita nelle murature e agisce favorendo l'evaporazione dell'acqua presente al loro interno, fornendo una superficie di scambio traspirabile al vapore, più estesa rispetto a quella della parete. L'intonaco macroporoso è inoltre resistente alla pressione dovuta ai fenomeni di cristallizzazione dei sali che durante il processo di evaporazione dell'acqua migrano dall'interno all'esterno della muratura provocando, a volte, ingenti danni, sia quando la cristallizzazione avviene all'interno del materiale (cripto efflorescenza o subefflorescenza) sia quando ha luogo sulla superficie esterna dell'elemento colpito.

Gli intonaci macroporosi sono ottenuti miscelando malte di base con agenti porogeni (additivi chimici o schiume minerali in grado di creare vuoti all'interno della massa legante) o sostanze di per sé porose (quali perlite, polistirolo ecc.). L'intonaco, così ottenuto, è ricco di macro e micropori. I primi (da 50 a 500  $\mu\text{m}$  di diametro), intercomunicanti, aumentano la superficie di evaporazione del materiale e possono immagazzinare senza danni i sali cristallizzati; i secondi (pori di gel di diametro inferiore a 0,5  $\mu\text{m}$  e pori capillari 0,5-50  $\mu\text{m}$ ) hanno, rispetto ai primi, una maggiore capacità di aspirazione capillare e quindi aumentano il trasporto di massa interna di prosciugamento. La soluzione salina presente nelle murature evapora all'interno dei pori di dimensioni maggiori, permettendo la cristallizzazione dei sali in ampie zone che funzionano da serbatoi; poi condensa nuovamente nei pori capillari e giunge, ormai meno ricca di sali, in altri macropori, divenendo così sempre più pura via via che si avvicina alla superficie esterna dell'intonaco.

L'intonaco si asciuga rapidamente e si instaura un'azione costante di richiamo dell'umidità dal centro del muro verso le sue superfici esterne, raggiunte le quali, evapora e si disperde nell'ambiente.

La deumidificazione della muratura su cui l'intonaco è steso, è pertanto basata sul fatto che la velocità di evaporazione dell'acqua dall'intonaco è maggiore della velocità con cui avviene la sua umidificazione.

In un intonaco macroporoso si distinguono due diversi strati con caratteristiche leggermente differenti:

- *l'intonaco di base*, che deve avere un elevato potere capillare, buona porosità, buona resistenza meccanica;
- *l'intonaco di risanamento*, più superficiale, caratterizzato da un ridotto assorbimento capillare e da una buona traspirabilità al vapore d'acqua.

I requisiti che un intonaco deve possedere per essere certificato come "macroporoso" sono stati pubblicati da una commissione del W.T.A. (Wissenschaftlich Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege), un'associazione ufficiale tedesca che si occupa di tutela dei monumenti e di risanamento edilizio, e si possono così riassumere:

Intonaco di base poroso	contenuto di aria (su impasto fresco)	> 20%
	massa volumica	< 1400 g/l

	resistenza alla diffusione vapore acqueo $\mu$	< 18
	porosità	> 45%
	assorbimento capillare acqua W 24	> 1 kg/m <sup>2</sup>
Intonaco di risanamento	contenuto aria (su impasto fresco)	> 25%
	massa volumica	< 1400 g/l
	porosità	> 40%
	assorbimento capillare acqua W 24	> 0,3 kg/m <sup>2</sup>

L'intonaco macroporoso acquista caratteristiche differenti secondo il tipo di malta di base utilizzata e gli additivi che vi sono aggiunti: può essere più o meno idrofugo, permeabile al vapore, resistente al gelo, anticondensa. In genere esso ha medie capacità di coibenza termica e di fonoassorbenza, grazie alla presenza dei macropori.

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intonaco macroporoso è usato soprattutto nelle murature fuori terra interessate da fenomeni di risalita capillare e di ristagno di umidità. È utilizzato, inoltre, per consentire il de assorbimento dell'umidità residua nei muri già trattati con altri metodi (barriere chimiche, tagli meccanici e barriere fisiche o con altre tecniche analoghe) e come intonaco interno, soprattutto negli ambienti interrati soggetti a forti concentrazioni di umidità, o per ridurre i fenomeni di condensa sulle pareti degli ambienti confinati. È applicabile su tutti i tipi di murature.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'applicazione di un intonaco macroporoso su una superficie muraria richiede:

- l'eliminazione dell'intonaco preesistente. Si procede alla rimozione del vecchio intonaco nella porzione di parete interessata da fenomeni di risalita capillare e di ristagno di umidità, avendo cura di demolire anche una porzione di intonaco asciutto adiacente a essa e per una fascia di circa un metro di larghezza;
- la pulitura della superficie muraria, messa a nudo con spazzole o raschietti, in modo da asportare le parti di muratura spugnosa o friabile, i materiali incoerenti, oli, polveri ecc.;
- l'integrazione della muratura, ove occorra, per risarcire le cavità o le irregolarità provocate dalle precedenti operazioni;
- in alcuni casi, ove il muro da risanare presenti forti efflorescenze, può essere opportuno un trattamento di desalinazione;
- l'irrorazione della parete con acqua, sino a rifiuto, con le accortezze che si usano per l'applicazione di un normale intonaco;
- l'applicazione del rinzafo tramite cazzuola, fratazzo o con applicatori a spruzzo; lo spessore di questo strato, a cui è demandato il compito di supporto e d'aggrappo per il successivo strato di intonaco, è di circa 0,25-0,50 cm;
- l'applicazione dell'intonaco macroporoso propriamente detto. Dopo almeno 24-48 ore, a rinzafo ben indurito, questo viene bagnato e si procede ad applicare il successivo strato di intonaco, di spessore variabile tra i 2 e i 4 cm;
- l'applicazione dell'intonaco da risanamento. Questo strato può costituire la finitura superficiale dell'intero pacchetto e può essere quindi tirato a fratazzo o rasato, colorato in pasta o meno, come i normali intonaci. Spesso, gli si applica un ulteriore strato di arenino di rifinitura;

— l'applicazione di un'eventuale coloritura che non alteri le caratteristiche di traspirabilità dell'intonaco; a tal fine, si usano in genere tinte a calce o ai silicati. La coloritura deve in ogni caso essere eseguita quando la superficie intonacata è completamente asciutta. Possono essere applicati anche protettivi che non alterano la traspirabilità dell'intonaco dall'interno ma che rendono l'intonaco impermeabile dall'esterno (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4).

Come per qualsiasi altro tipo di intonaco, non è consigliata l'applicazione con temperature inferiori ai 5 °C.

Le malte macroporose sono presenti sul mercato come polveri premiscelate, ma in commercio si trovano anche additivi porogeni da miscelare in cantiere con normali malte di base.

Lo stoccaggio e la conservazione delle malte premiscelate in polvere, in genere sacchi da 10, 20 kg, deve avvenire in luogo coperto e asciutto per non pregiudicarne resa e durata.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI E LIMITI**

L'applicazione dell'intonaco macroporoso è soprattutto adatta per superfici esterne poste a diretto contatto con l'atmosfera, dove i quantitativi di acqua presenti nella muratura possono venire più facilmente smaltiti per evaporazione, anche per l'eventuale presenza di favorevoli condizioni di esposizione o di una certa ventosità.

La stessa soluzione tecnica presenta invece notevoli limiti di applicazione nei casi di elevata velocità di penetrazione dell'acqua nella muratura, nei casi di acqua in pressione, di acqua stagnante o di infiltrazioni per percolazione. Alcuni limiti di applicazione si hanno anche ove si registrino nelle murature da risanare tassi molto elevati di umidità, con aria satura, o se si applica l'intonaco su porzioni di muratura con caratteristiche di elevata impermeabilità.

Se si utilizza l'intonaco macroporoso in una singola porzione di una parete, per esempio nella sua parte basamentale soggetta a umidità di risalita, un elemento critico può essere rappresentato dalla linea di discontinuità tra il nuovo intonaco e quello preesistente. La diversa composizione dei due materiali potrebbe infatti causare l'emergere nel tempo di cretti o di piccole lesioni che segnano il confine tra i due intonaci. Più gli intonaci sono simili nella granulometria degli aggregati, nella qualità del legante e nelle proporzioni legante-inerte, migliore sarà comunque la loro coesione reciproca.

### **ESPERIENZE**

L'applicazione d'intonaci macroporosi è utilizzata in molte operazioni di risanamento di edifici nei centri storici, nella ristrutturazione di edifici e di manufatti rurali ecc.

Si riportano a questo riguardo gli estremi di alcuni interventi significativi documentati nella letteratura di settore.

Ischia porto, chiesa di santa Maria di Portosalvo. L'intonaco macroporoso è stato applicato su una superficie in tufo e abbinato a uno sbarramento orizzontale eseguito con iniezioni di resina.

Venezia, palazzo Bembo. L'intonaco macroporoso è stato applicato nei cortili e negli androni del piano terreno, ma la particolarità dell'intervento è l'applicazione dell'intonaco nella facciata, fino a diretto contatto con l'acqua.

Rovereto, palazzo ex Parolari.

Venezia, Arsenale, 1990/91. Questo intervento si può considerare un caso estremo, viste le condizioni di partenza non certo specifiche per l'applicazione di intonaci macroporosi: murature sature di acqua (con fondazioni in acqua), elevatissima percentuale di sali, alto tasso di umidità dell'aria. Viste anche le avverse condizioni meteorologiche presenti durante la messa in opera, in alcune zone è stato aggiunto un secondo strato di intonaco macroporoso.

Novate Milanese, villa Verrino.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Collepardi M. 1997; Ferruggio R. G. 1999; Fortunati G., Del Bò A., Torresan I., Quarneti G. & A., Grigoletto M. 2000; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*



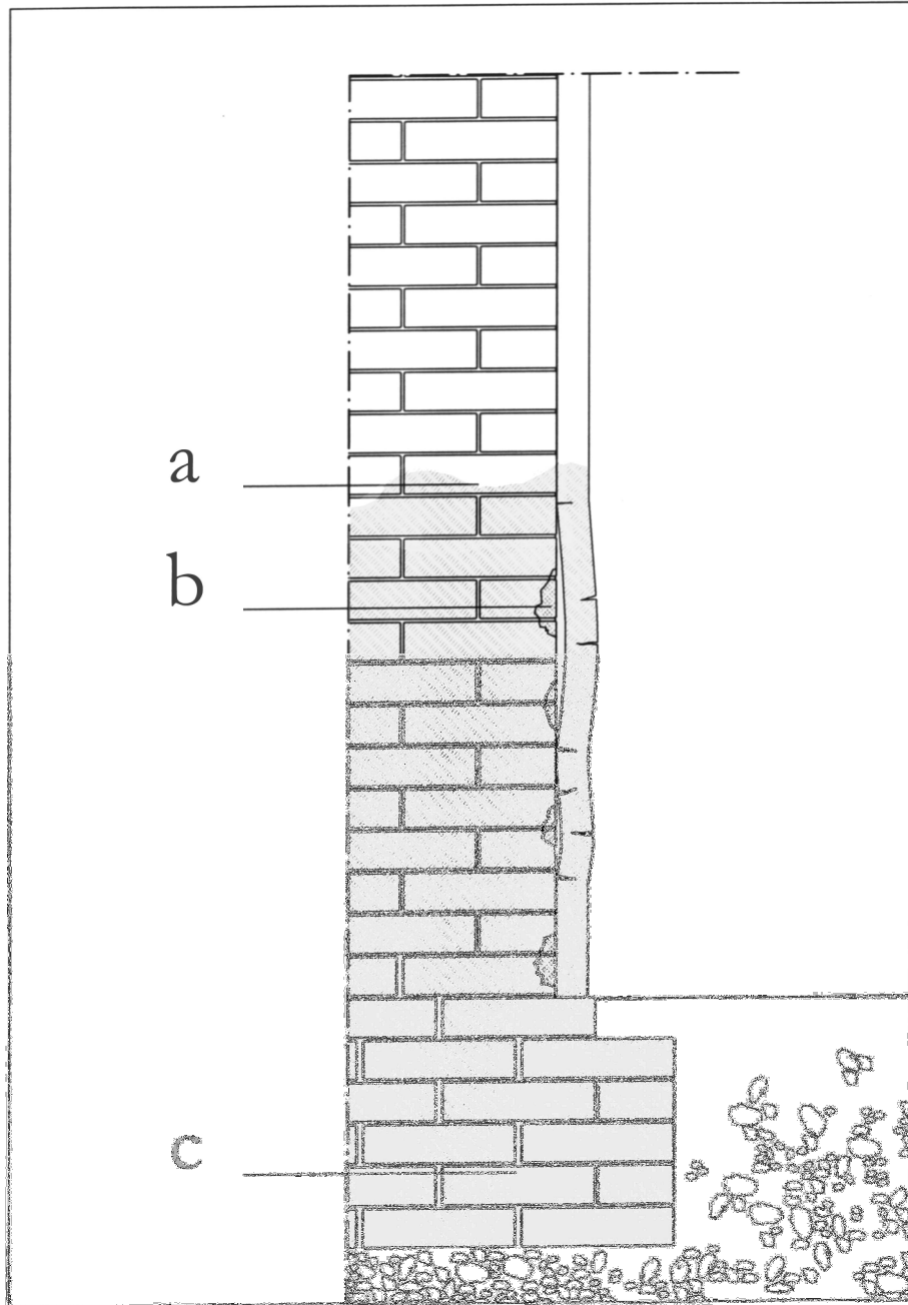


Figura 1 • Muratura soggetta a umidità di risalita capillare. a) Livello di risalita capillare; b) porzioni di muratura spugnosa o friabile; c) fondazione umida. (CAF)

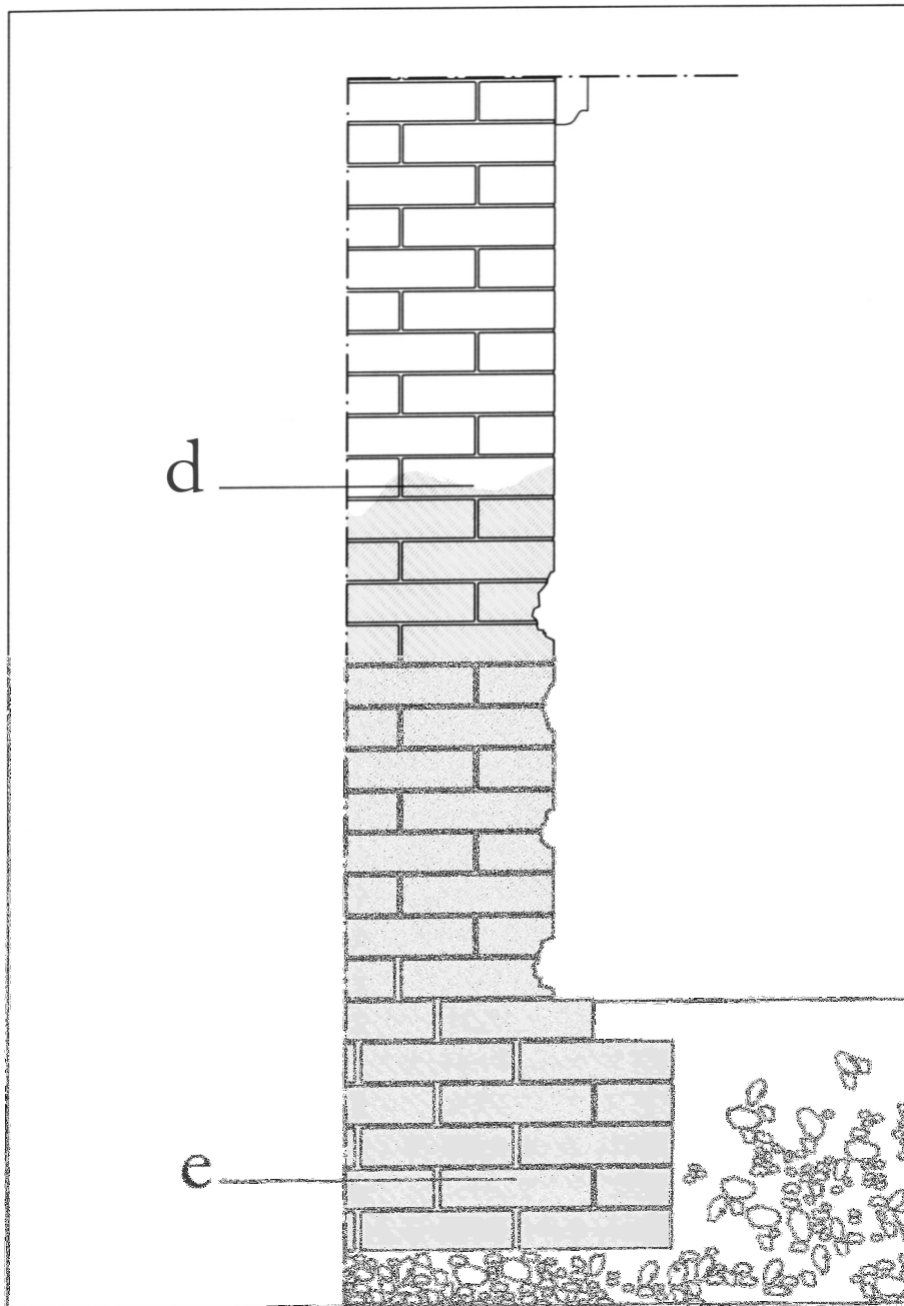


Figura 2 • Eliminazione dell'intonaco preesistente per la parte interessata da fenomeni di risalita capillare, avendo cura di debordare di circa 1 m nell'intonaco asciutto. Successivamente, va pulita la superficie muraria con spazzole o raschietti, in maniera da asportare le parti di muratura spugnosa o friabile, i materiali incoerenti, olii, polveri ecc. d) Livello di risalita capillare; e) fondazione umida. (CAF)

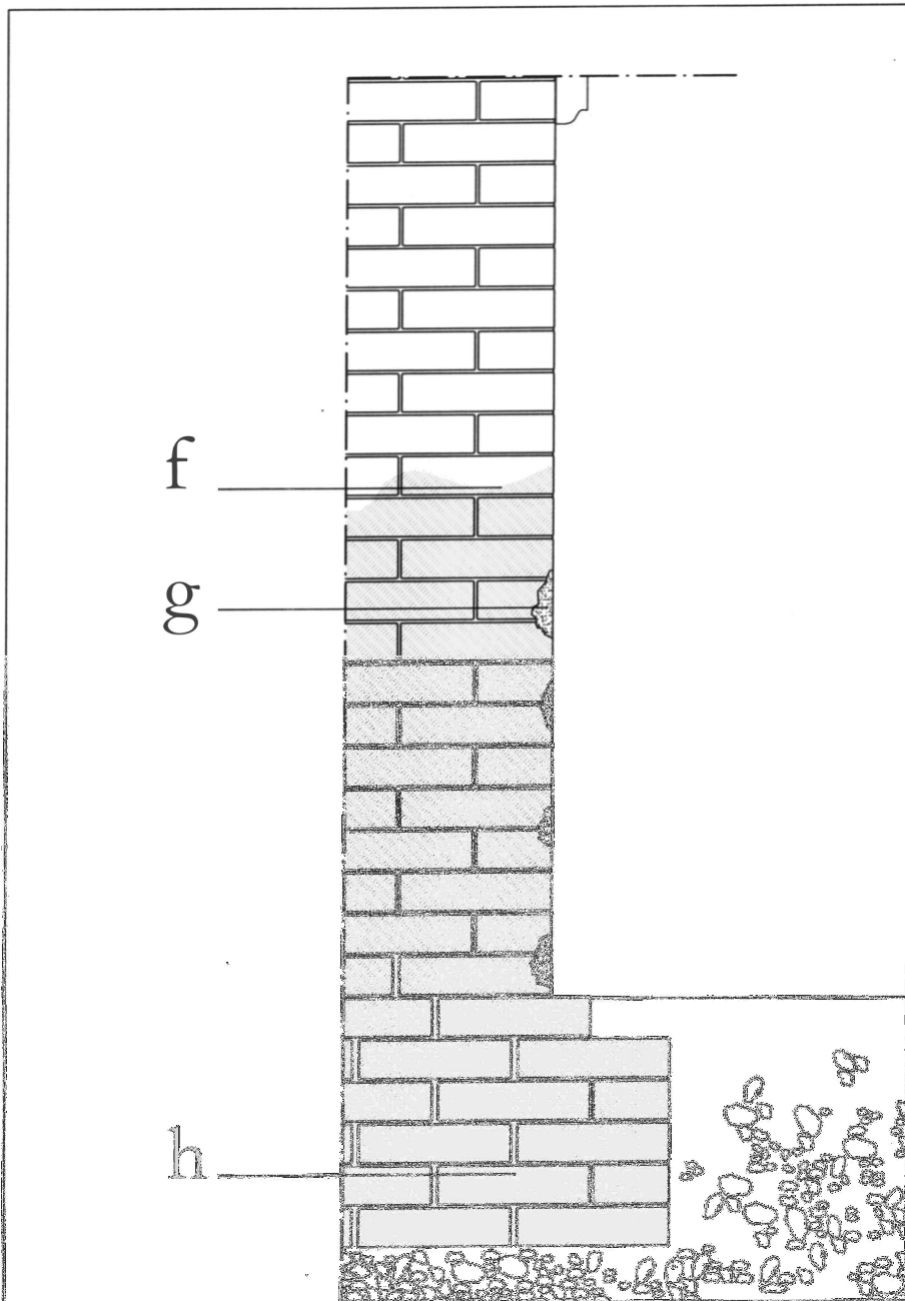


Figura 3 • Integrazione della superficie, ove occorra, per eliminare le cavità o irregolarità provocate dall'operazione precedente. f) Livello di risalita capillare, g) integrazioni; h) fondazione umida. (CAF)

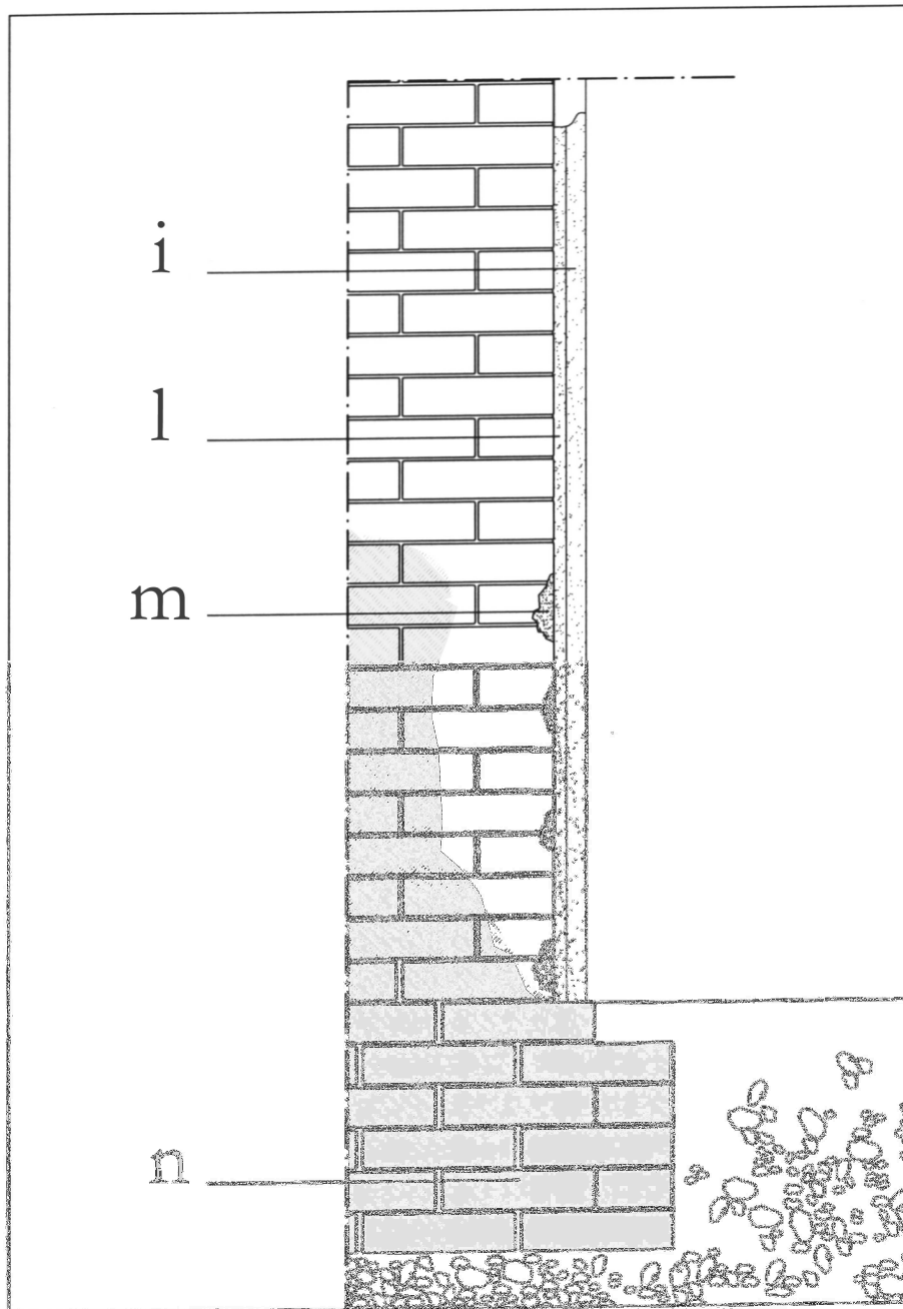


Figura 4 • Applicazione di intonaco macroporoso. Dopo almeno 24-48 ore, a rinzaffo ben indurito, previa bagnatura, si procede nell'applicare il successivo strato di intonaco di spessore variabile tra 2 e 4 cm. i) Intonaco macroporoso; l) rinzaffo; m) integrazioni; n) fondazione umida. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica prevede, sostanzialmente, la realizzazione di uno sbarramento fisico continuo che impedisca la risalita capillare dell'acqua e dell'umidità all'interno di una parete. Tale obiettivo può essere raggiunto con l'interruzione del flusso d'acqua realizzata con la creazione di un taglio meccanico della muratura e con l'inserimento, nel vano così ottenuto al suo interno, di materiali e/o di sostanze impermeabili.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica, che può avvalersi di più sistemi operativi, trova impiego nei casi in cui si verificano fenomeni di umidità ascendente, connessa a fenomeni di risalita capillare, in strutture murarie verticali e/o orizzontali poste a diretto contatto con il terreno umido o con acque di falda.

Il taglio meccanico è operabile entro pareti di mattoni o di blocchi di pietra, con spessori non superiori ai 150 cm, purché siano sufficientemente compatte, coerenti, non lesionate e, trattandosi di un intervento in ogni modo invasivo, non può essere applicato a muri sconnessi, con tessiture e corsi irregolari o con finiture superficiali sottoposte a tutela. Vani scala, colonne, nicchie e muri ad andamento irregolare, presentano inoltre problemi particolari, per quanto riguarda l'esecuzione del taglio e il ripristino della continuità della muratura, per la loro morfologia e la posizione che spesso non consente di accedervi o di operare al loro interno.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Fino agli anni sessanta del secolo scorso, per sbarrare la via alla risalita capillare dell'acqua nelle murature, è stato diffusamente impiegato il metodo denominato dai veneziani "cuci e scuci" (v. INT03 - Integrazione e consolidamento mediante "cuci-scuci") che prevedeva l'inserimento di materiale isolante (ad es. mattoni in resina impermeabile), per tutto lo spessore del muro. Il sistema, applicato principalmente in murature di mattoni pieni, prevedeva che si realizzasse anzitutto un varco in breccia al loro interno, utilizzando prevalentemente mazza e scalpello, di larghezza compresa tra i 100 e i 150 cm e di altezza tanto maggiore quanto più alto era il muro che occorreva deumidificare. Una lamina di piombo era quindi inserita nel varco e adagiata stesa sulla sua faccia inferiore. Si costruiva quindi la porzione di muratura necessaria a chiudere il varco e, solo dopo la presa delle malte, ossia dopo qualche giorno, si poteva procedere con la realizzazione di un nuovo varco, attiguo al precedente, realizzando così, per tratti limitati e successivi, l'intervento di deumidificazione sull'intera parete interessata, senza porne a rischio la stabilità.

Questa tecnica è ormai quasi del tutto abbandonata, almeno ai fini della deumidificazione, in quanto è stata superata da sistemi di taglio della muratura meno traumatici e da materiali impermeabili chimicamente ed elettricamente inerti.

Lo sbarramento, oggi, è infatti realizzato in molti e differenti modi poiché esistono varie tecniche di taglio della muratura e molti tipi di macchinari con cui realizzarlo così come svariati sono anche i materiali e le sostanze impiegati per realizzare i necessari strati isolanti all'interno dei tagli praticati.

*Fasi operative comuni ai diversi metodi di taglio*

Si possono tuttavia individuare e descrivere alcune operazioni comuni ai vari sistemi, poiché tutti sinteticamente prevedono:

- la rimozione dell'eventuale intonaco presente sulla o sulle superfici esterne della parete da deumidificare, sino a mettere a nudo la sottostante muratura, per un'altezza di 10 cm al di sopra della linea del taglio (tenendo inoltre conto che sempre è buona norma rimuovere l'intonaco deteriorato per più di 30 cm oltre il livello raggiunto dall'umidità di risalita);
- verifica della presenza di eventuali impianti sottotraccia che potrebbero essere coinvolti nella foratura (metaldetector);
- il taglio meccanico del muro in senso orizzontale, realizzato in momenti e su tratti successivi, così che ogni taglio segua il riempimento della cavità con lo strato impermeabile prescelto e la sua definitiva chiusura. Le macchine odierne permettono di realizzare aperture di lunghezza variabile tra i 20 cm e gli oltre 200 cm, con un'altezza minima di 8 mm, dato dallo spessore della sega, anche se l'altezza è di solito fissata intorno ai 10 mm, per murature di spessore inferiore ai 50 cm, ed è in genere maggiore di 15 mm, per murature di spessori maggiori. Se non esistono particolari impedimenti (ad es. la presenza di rivestimenti pregiati sulle facce della parete da deumidificare), il taglio dovrà essere passante, ossia interessare l'intero spessore murario, e dovrà essere eseguito il più possibile vicino alla base del muro, e in ogni caso a un'altezza dal suolo di circa 15 cm (misura che tuttavia varia anche in funzione del tipo macchinario utilizzato) e, ove possibile, lungo il giunto di malta posto tra due corsi successivi della muratura, per evitare eccessivi sforzi al taglio stesso e conseguenti possibili danni anche strutturali;
- il lavaggio, attuato mediante getto d'acqua e/o aria compressa, per eliminare i residui di materia rimasti all'interno del taglio e, se previsto, favorire la presa dell'impasto utilizzato nelle fasi successive;
- il posizionamento, su di una faccia frontale del taglio, di tamponi in gomma-spugna, per evitare la fuoriuscita del materiale iniettato per realizzare lo strato di materiale impermeabilizzante (nel caso in cui si adotti questa soluzione).

#### *Fasi operative per la costruzione di barriera con fogli di materiali impermeabili*

Nel caso s'impieghino invece fogli di materiali impermeabili per realizzare il richiesto strato di barriera (ad es., fogli di resina, vetroresina sabbata, polietilene, polipropilene o membrane prefabbricate a base di bitume distillato, o ancora lamine di piombo che sono tuttavia ormai considerate dannose per la salute) occorre inoltre procedere:

- all'inserimento dei fogli impermeabili, dimensionati in modo da prevedere la loro sporgenza dal filo del muro per almeno 2 cm (per creare la barriera anche nello strato di finitura esterno della parete) ([fig. 1](#));
- la sovrapposizione reciproca dei fogli per circa 5-6 cm, in modo da garantire l'effettiva tenuta dello strato realizzato;
- l'introduzione a pressione (con dispositivi adatti), per il 50% del volume del vuoto praticato nel muro con il taglio, di zeppe di ancoraggio in resina termoindurente caratterizzate da un'alta resistenza a trazione, a flessione e all'urto, aventi funzione di mantenimento della continuità statica del muro tagliato;
- il riempimento della cavità residua con malta cementizia additivata con agenti fluidificanti e antiritiro, realizzato mediante pompa a pressione (massimo 10 Atm);
- l'esecuzione del nuovo intonaco nella porzione di parete sovrastante il taglio;
- il taglio della parte di foglio impermeabile che deborda dal filo esterno dell'intonaco;
- l'esecuzione del nuovo intonaco nella parte sottostante il taglio.

#### *Fasi operative per la realizzazione di barriera con lamine impermeabili*

Nel caso si utilizzino invece delle lamine, per realizzare lo strato impermeabile (ad es., bande in profilato nervato di PVC), occorre in particolare realizzare ([fig. 2](#)):

- l'iniezione, fino a saturazione, della cavità risultante dal taglio, utilizzando malte cementizie addivate con agenti espansivi, per evitare cali di volume nell'impasto iniettato e utilizzando pompe a bassa pressione;
- l'immorsamento reciproco dei singoli profilati utilizzati;
- l'inserimento, nell'impasto ancora fresco, delle lamine o degli elementi impermeabili prescelti;
- la pulitura della malta in eccesso che fuoriesca dai bordi del taglio.

Anche in questo caso, le lamine possono essere più larghe dello spessore della muratura, nel qual caso è necessario seguire le indicazioni prima fornite, dopo la realizzazione dell'intonaco finale di finitura delle facce della parete trattata.

#### *Fasi operative per la realizzazione di barriera con resine*

Ove s'impieghi invece resina fluida per realizzare lo strato impermeabile, secondo il cosiddetto "metodo Massari" (*resina poliestere* o *epossidica*), sono previsti due modi differenti di inserzione del composto nel varco operato con il taglio all'interno della muratura: facendola percolare per semplice gravità o ricorrendo a iniezioni con debole pressione. L'efficacia dei due metodi è strettamente legata alle dimensioni del vuoto da colmare, ai caratteri dei materiali trattati e ai tempi di esecuzione previsti o consentiti all'intervento.

Operazioni comuni a ciascuna variante sono, in ogni caso:

- l'accurata asciugatura della muratura, con aria calda, per evitare che insorgano problemi durante il processo di solidificazione della resina;
- la stesura, sulla faccia inferiore del varco, di un foglio di polietilene dello spessore di 5-100 mm;
- l'introduzione di zeppe aventi funzione di sorreggere la muratura fino al completo indurimento della resina;
- la sigillatura delle facce aperte del varco, con stucco o malta a presa rapida.

In particolare, invece, se la resina è inserita a gravità, occorre prevedere:

- l'inserimento e il fissaggio di vaschette di livellamento, complete dei relativi tubi di fuoriuscita, destinate a contenere la resina, sulle due facce del muro, a una distanza di 80 cm l'una dall'altra;
- la colatura della resina, operando solo da un lato della parete, fino a che essa non fuoriesce dalle vaschette del lato opposto;
- la rimozione delle eventuali zeppe inserite nel varco per il sostegno provvisorio della muratura sovrastante;
- il taglio dei tubicini utilizzati per insufflare la resina nel varco e fuoriuscenti dalle vaschette;
- l'eliminazione dello stucco o malta eccedente dalle facce del varco una volta che sia completamente chiuso;
- l'esecuzione del nuovo intonaco, se previsto.

Nel caso in cui la resina sia invece inserita a iniezione occorre realizzare:

- l'inserimento e fissaggio di tubicini di plastica a una distanza di 80 cm l'uno dall'altro;
- l'iniezione attraverso i tubicini della miscela di riempimento mediante una pompa a bassa pressione garantendo la fuoriuscita dell'aria dalla fessura;
- il mantenimento dell'approvvigionamento fino a che la malta non ha incominciato a indurirsi;
- l'eliminazione delle zeppe eventualmente inserite come sostegni provvisori;
- il taglio dei tubicini;
- l'eliminazione dello stucco o malta eccedente dalle facce del varco una volta che sia completamente chiuso;
- l'esecuzione del nuovo intonaco, se previsto.

#### *Fasi operative per la realizzazione di barriera con lamine ondulate*

Un ulteriore modo per creare una barriera continua all'interno della muratura prevede l'utilizzo di lamine ondulate in acciaio inossidabile al cromo, poste direttamente nello spessore della parete, secondo le seguenti fasi operative:

- accurata scrostatura della zona in cui inserire i fogli di lamiera, per un'altezza pari a 1 cm circa (generalmente questo metodo è applicato su murature in mattoni o in blocchi di pietra regolari);
- inserimento diretto delle lamine nella muratura, utilizzando apparecchi a percussione con frequenza di compressione pari a 110/1400 colpi al minuto;
- collegamento delle lamine al momento dell'inserimento per sovrapposizione dell'onda terminale di ciascuna di esse a quella successiva.

Anche in questo caso, le lamine possono essere più larghe dello spessore della muratura nel qual caso si opera tranciandole secondo le indicazioni già illustrate.

Intorno agli anni cinquanta del secolo scorso, inoltre, sono state sperimentate tecniche per il taglio della muratura mediante uso di trefoli in acciaio, acqua e sabbia (metodo utilizzato nelle cave per il taglio del marmo) ma con scarsi risultati, per la scarsa maneggevolezza dei macchinari impiegati e per un rapporto costi/benefici troppo alto, oltre che per i notevoli rischi distruttivi che tale intervento comportava.

Una reale svolta nell'evoluzione della tecnica del taglio meccanico è invece stata determinata dall'immissione sul mercato di elementi taglienti diamantati.

#### *Macchinari utilizzati per il taglio meccanico*

Per il taglio meccanico delle murature, i macchinari più usati sono in ogni caso:

##### *La macchina con lama a catena dentata*

La sega circolare o a catena è adatta al taglio di murature in laterizio, in blocchi squadrati di pietra tenera (tufo, arenarie, peperino ecc.), con disposizione regolare degli elementi in filari orizzontali. Il macchinario è formato da un carrello posto su quattro ruote fatto scorrere su due palanche parallele poggiate al terreno e livellate. Sul carrello è installata la sega a motore che scorre fra due pulegge dentate, di cui una motrice, e può essere regolata in senso verticale o obliquo e anche in profondità, per meglio seguire il giunto da tagliare. Il limite massimo di spessore di muro che è possibile tagliare con la sega a catena è di 150 cm (fig. 3).

Il sistema di taglio tramite filo diamantato è particolarmente indicato per operare su pareti di elevato spessore, costruite con blocchi di pietre dure o in calcestruzzo armato.

La macchina è costituita da una grossa puleggia motrice, che fa ruotare il filo segante e, nello stesso tempo, lo tiene in tensione grazie a un sistema idraulico che agisce sull'asse della stessa puleggia motrice. Il filo segante è formato da più elementi tra loro accoppiabili, in modo che sia possibile regolarne la lunghezza e ripristinarne la continuità, in caso di rottura durante l'impiego. Piccole sfere di acciaio durissimo o diamantato sono poi inserite nell'interasse tra due elementi contigui per garantirne lo snodo reciproco. Nella muratura, alle estremità dell'allineamento sono eseguiti due fori all'interno dei quali, e attorno alla puleggia motrice, è fatto passare il filo. L'avanzamento del taglio procede dagli estremi verso il centro del tratto di muratura da trattare, ed è importante che il filo sia mantenuto sempre in tensione dalla puleggia (fig. 4).

##### *La carotatrice con carotiere diamantato, diametro 30/35 mm*

Il sistema permette di operare su strutture in laterizio, in pietrame medio-duro e duro e di raggiungere profondità elevate (oltre 5 m). La macchina, utilizzata per tagliare il muro, è una piccola carotatrice elettrica ad asse orizzontale che opera con moto rotativo uniforme senza urti e senza vibrazioni, estraendo il materiale sotto forma di "carote". Per realizzare la fessura dove è inserito il materiale impermeabilizzante, si opera una prima serie di fori di diametro variabile da 35 a 100 mm a interasse prescelto. In una seconda fase si realizzano altri fori sovrapposti a quelli precedentemente aperti, in modo da asportare le parti di muratura rimaste; ad esempio con 15 fori di diametro 35 mm si ottiene un fronte standardizzato di 42 cm "metodo Massari" (fig. 5, fig. 6).

##### *La macchina con lama diamantata alternativa*

È in realtà un macchinario raramente utilizzato.

##### *Il disco diamantato*

È in realtà un dispositivo raramente utilizzato.

Una certa evoluzione si è registrata recentemente anche per quanto riguarda i materiali impermeabili utilizzati per la realizzazione della barriera fisica contro l'umidità di risalita e, abbandonata ormai la lastra di piombo, soggetta all'erosione delle correnti galvaniche, si possono trovare in commercio diversi materiali alternativi. L'acqua, infatti, è ricca di sali e, risalendo nella muratura, provoca una concentrazione di nitrati, solfati e carbonati al limite della zona di risalita, creando un ambiente favorevole a reazioni di ossido-riduzione, potenzialmente dannose per il



manufatto. Inoltre il suolo e il muro sono normalmente attraversati da correnti vaganti che possono creare delle pile di concentrazione tra la muratura e la lastra.

#### *Materiali utilizzati per la realizzazione delle barriere impermeabili*

Per la creazione di uno strato continuo impermeabile i materiali comunemente impiegati sono:

##### *Foglio in vetroresina sabbiato*

Laminato plastico ottenuto con resine aggregate di poliestere rinforzate, con supporto in fibra di vetro. Il materiale è dielettrico e chimicamente inerte, non subisce deterioramento da parte delle correnti vaganti, ha buone caratteristiche tecniche (resistenza a compressione pari a 1200/2000 kg/cm<sup>2</sup>, resistenza a trazione pari a 660/850 kg/cm<sup>2</sup>, resistenza a flessione pari 1800/2000 kg/cm<sup>2</sup>) ed elevata resistenza termica. Il trattamento di doppia sabbiatura cui sono sottoposti questi fogli li rende ruvidi e tali da garantire il migliore ancoraggio

con la malta, per ottenere parametri di resistenza della muratura non troppo differenti da quelli originali. Grazie anche alla velocità di posa in opera le lamine sono largamente impiegate, soprattutto in edifici con muri di spessore non superiore al metro e con massimo tre piani fuori terra. Il riempimento della fessura avviene con malte cementizie antiritiro, mentre il taglio è in genere realizzato con una macchina dotata di lama a catena dentata.

##### *Banda in profilato nervato di PVC*

La miscela di PVC additivata con sali organici e inorganici di piombo e calcio. Il materiale è dielettrico e chimicamente inerte, non subisce deterioramento da parte delle correnti vaganti, ha ottime caratteristiche tecniche (carico di rottura a trazione pari circa a 400/500 kg/cm<sup>2</sup>, carico di snervamento pari circa a 450/550 kg/cm<sup>2</sup>, modulo elastico a flessione intorno ai 30.000 kg/cm<sup>2</sup>) e punto di rammollimento a 70/80 °C. La conformazione della sezione della banda deve essere tale per cui sia garantita un'ottima aderenza con la malta su cui è adagiata, per ottenere parametri di resistenza della muratura non troppo differenti rispetto a quelli originari. Alcune prove sperimentali distruttive, eseguite su murature dove era stato inserito un particolare profilato nervato ad alette dello stesso materiale e spessore, unitamente all'uso di malte espansive, hanno dimostrato come i parametri di resistenza della muratura non sono inferiori a quelli registrati prima dell'intervento. Per questo, l'impiego di bande in PVC è consentito anche per interventi di deumidificazione attuati in zone a rischio sismico. La commercializzazione di bande di larghezza contenuta (10 cm) permette di procedere con tagli successivi estesi a piccoli tratti (20 cm) di muratura. Il riempimento della fessura avviene con malte cementizie antiritiro o con malta di resina poliestere o epossidica (inerti: polvere di marmo e carbonato di calcio), mentre il taglio è in genere eseguito con una macchina dotata di lama a catena dentata.

##### *Membrana prefabbricata a base di bitume distillato*

Si tratta di una membrana prefabbricata costituita da bitume distillato e modificata con polimeri plastomerici, armata con velo vetro.

##### *Resina poliestere o epossidica*

Malta di resina poliestere, costituita da resina poliestere pura, carica formata da inerte grossolano (sabbia di quarzo, polvere di marmo ecc.), con volume non inferiore all'85% di quello da riempire, e inerte fine (farina di quarzo, carbonato di calcio superventilato) con potere anticavillante. Questo tipo di malta può essere impiegato per fessure di spessore maggiore ai 14 mm.

Malta epossidica, costituita da resina epossidica pura e carica formata da inerte grossolano (sabbia di quarzo, polvere di marmo ecc.), con volume non inferiore all'85% di quello da riempire, e inerte fine (farina di quarzo, carbonato di calcio superventilato) con potere anticavillante. Questo tipo di malta può essere impiegato per fessure di ogni dimensione e ha prezzo più elevato di quella poliestere.

In genere, il taglio è eseguito con una carotatrice dotata di carotiere diamantato, di diametro pari a 30/35 mm o con filo diamantato: "in quest'ultimo caso è necessario, per assicurare il risarcimento totale del taglio con la malta di resina, proporzionare lo spessore del taglio stesso a quello del muro" (Massari I., 1999).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'operazione del taglio della muratura è complessa e laboriosa e deve essere eseguita da operatori (esecutori e progettisti) altamente specializzati.

Un aspetto del procedimento che suscita notevoli perplessità, soprattutto per quanto riguarda il tema della sicurezza delle costruzioni, è rappresentato dal comportamento statico del manufatto dopo l'intervento, in particolare se sottoposto a una forza orizzontale vicino alle fondazioni (ad es. di tipo sismico o franoso). Le sperimentazioni fino a ora condotte sembrano concordare sul fatto che la fascia del taglio costituisca una linea o meglio un piano preferenziale di rottura; nel momento in cui si taglia il muro si crea, infatti, una sorta di cerniera alla base della costruzione e, soprattutto in zone ad alto rischio sismico, è elevato il pericolo di scorrimento orizzontale della struttura su tale piano. Per questo motivo, una condizione necessaria per l'impiego del sistema, è che con la fase di riempimento del giunto si ripristini pienamente la capacità resistente originaria della muratura nei confronti sia delle azioni normali sia di taglio.

L'impiego della tecnica di taglio della muratura va sempre effettuato con cautela: verifiche del comportamento della struttura in caso di sisma possono essere necessarie. Alcune prove sperimentali, realizzate nel 1989 dall'ing. Ippolito Massari su edifici esistenti, sottoposti ad azione sismica simulata, hanno evidenziato come l'inserimento nei tagli di resine e lamine impermeabili non abbia ridotto la loro resistenza alla traslazione rigida.

Per ovviare questo problema sono state ipotizzate alcune soluzioni alternative, tra le quali, quella di eseguire il taglio per tratti discontinui e reciprocamente sfalsati. In questo modo, infatti, aumenta la resistenza allo scorrimento del muro tagliato ma è pressoché nullo il blocco dell'umidità di risalita, che supera facilmente la barriera, prima con un andamento orizzontale, poi verticale e poi di nuovo orizzontale. L'unico vantaggio ottenibile con tale sistema pare quello di ridurre l'altezza di risalita, sia a causa delle maggiori resistenze indotte per attrito, sia perché, diminuendo la sezione della muratura permeabile, si riduce la portata e quindi l'altezza di risalita. Solo effettuando contemporaneamente a quelli orizzontali anche alcuni tagli verticali si otterrebbero forse risultati utili, sul fronte della risalita di acqua, ma occorrerebbe comunque verificare, tratto per tratto, l'effettiva resistenza al taglio della struttura, sotto l'azione di un carico dinamico.

Un accorgimento da adottare, soprattutto in presenza di muri sconnessi e di materiali decoesi, consiste nell'avanzare con tagli successivi di modesta estensione (10-15 cm).

Un altro problema, che interessa principalmente le murature in mattoni, è rappresentato dalla modifica del loro equilibrio idraulico dopo l'intervento. Al di sotto del taglio, infatti, accade che, essendo la superficie d'evaporazione drasticamente ridotta, il contenuto di acqua nel muro aumenta notevolmente; la parete diventa presto satura e, sotto l'azione del gelo, dei sali ecc., può anche perdere stabilità statica. Al di sopra della barriera può invece verificarsi una veloce evaporazione dell'acqua contenuta nei mattoni, con la conseguenza che questi perdono resistenza meccanica, rischiando di arrivare a un completo essiccamento e, quindi, a un pericoloso sfarinamento.

Mentre per la parte di muro carica di acqua si può ovviare al problema costruendo una camera d'aria di tipo aperto, al di sotto del taglio, favorendo così l'evaporazione, per il fenomeno dell'essiccazione dei materiali di cui è costituito il muro pare non vi sia alcuna soluzione definitiva.

È possibile, inoltre, che, nel caso in cui non sia presente l'intonaco di finitura, si crei una zona umida nella fascia immediatamente sovrastante la barriera, a causa del ristagno di acqua meteorica.

Nel caso poi in cui, a conclusione dell'intervento, si realizzi un nuovo intonaco, esiste la possibilità che esso funzioni da nuovo veicolo per la risalita dell'umidità; per evitare, quindi, che la migrazione dell'acqua continui nel suo spessore, possono essere utilizzate lamine di larghezza maggiore rispetto a quella della muratura (almeno di 2 cm per parte) tagliate a filo intonaco a lavoro ultimato. Infine, non sempre è possibile o opportuno intervenire con interventi così drastici e distruttivi su strutture o su muri a vista, cui si riconoscono spesso complessi valori storico-documentari, architettonici o estetici.

### **ESPERIENZE**

Municipio dei Frascati. E' stato effettuato il taglio delle colonne e della muratura perimetrale.

Chiesa S. Maria della Neve, Roma, anno intervento 1966. È stato questo il primo intervento operato con taglio meccanico e con l'inserimento di resina quale elemento impermeabilizzante (metodo Massari).

Chiesa di S. Sebastiano, Roma, anno intervento 1967. Intervento mediante inserimento di una lamina di piombo previo taglio orizzontale del muro a forza con scalpello.

Chiesa di S. Maria dei Miracoli, Venezia (metodo Massari), anno intervento 1968. La barriera è stata realizzata lungo i muri perimetrali, il taglio ha interessato le murature rivestite internamente di marmo rosso di Verona ed esternamente di marmo grigio, come isolante è stata impiegata della resina (poliestere).

Crocifissione del Perugino, convento di Santa Maria Maddalena de' Pazzi, Firenze (metodo Massari).

Chiesa di Santa Caterina in Galatina (Lecce) (metodo Massari), anno intervento 1972.

Chiesa parrocchiale di Cendon, Silea (Treviso) anno intervento 1983.

Casa dei Vettii, Pompei, inizio 1900, ("cuci-scuci").

Villa dei Misteri, Pompei, inizio 1900, ("cuci-scuci").

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Bianchi P. 1994; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Massari I. 1999; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Gasparoli P. 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C. 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Pinto Guerra E. 2011.



Figura 1 • Taglio meccanico della muratura: *barriera con fogli di materiali impermeabili*. Inserimento dei fogli impermeabili, dimensionati in modo da prevedere la loro sporgenza dal filo del muro per almeno 2 cm (per creare la barriera anche nello strato di finitura esterno della parete).



Figura 2 • Taglio meccanico della muratura: *barriera con lamine impermeabili*. Bande in profilato nervato di PVC.

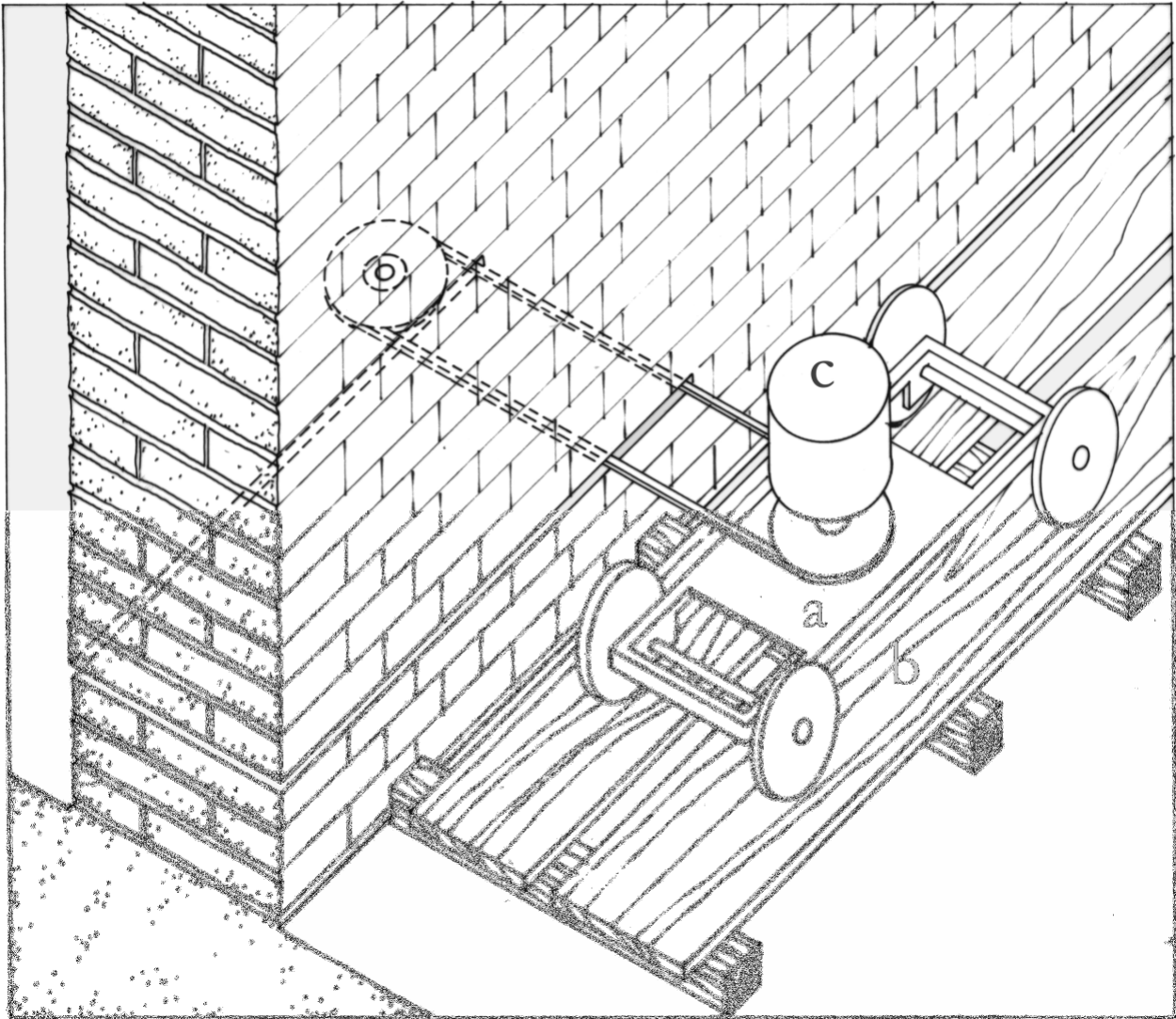


Figura 3 • Taglio meccanico della muratura con sega a catena: a) carrello porta sega; b) palanche appoggiate sul terreno per consentire lo scorrimento orizzontale del carrello; c) sega a catena. (CAF)

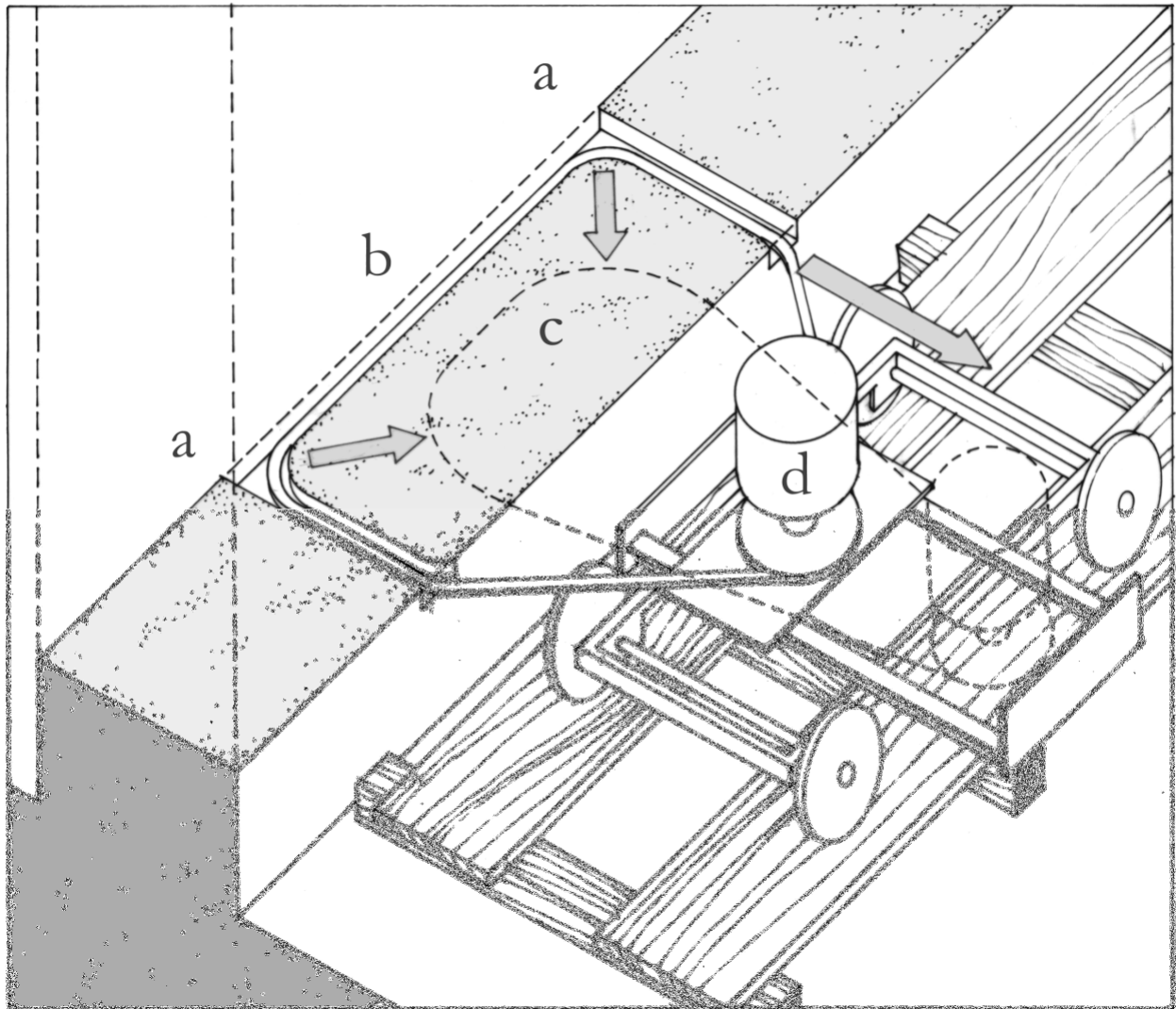


Figura 4 • Taglio meccanico della muratura con filo a sfere di acciaio diamantato: a) fori iniziali per l'introduzione del filo; b) posizione del filo all'inizio dell'operazione di taglio; c) posizione del filo a operazione avanzata; d) puleggia motrice. (CAF)

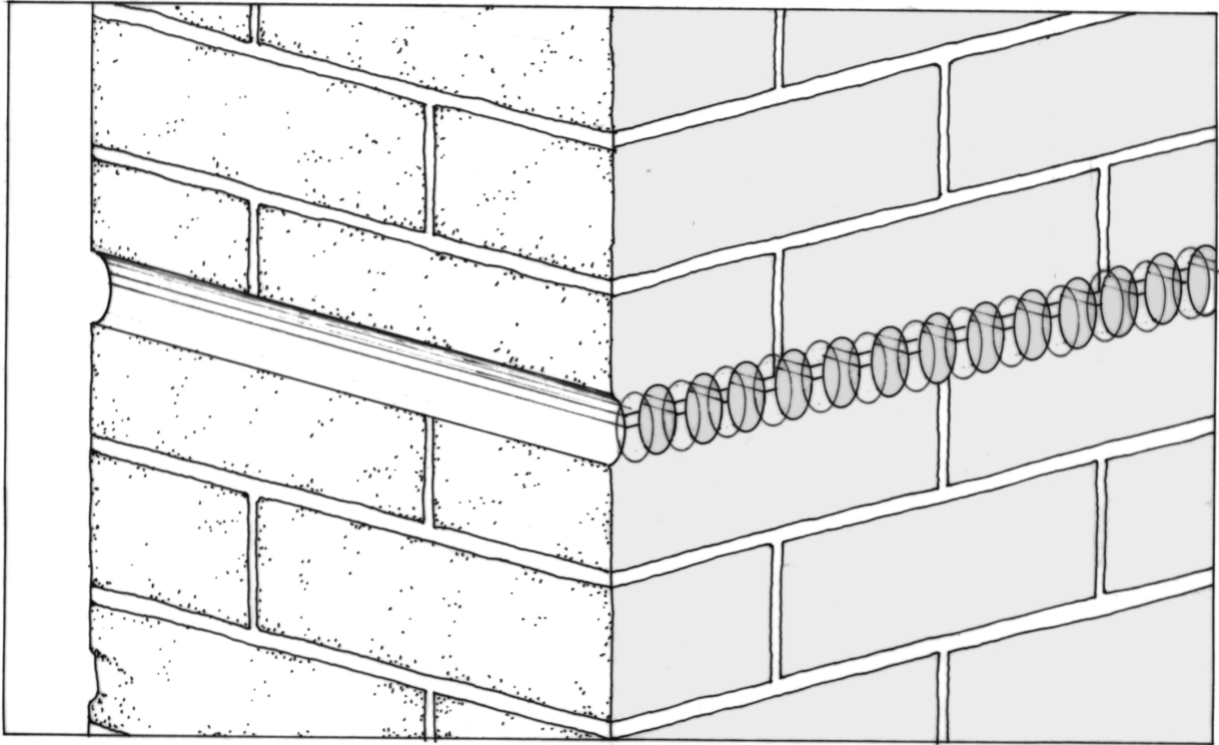


Figura 5 • Il metodo Massari consiste nell'eseguire il taglio meccanico delle murature utilizzando una carotatrice. Questo strumento, oltre a ridurre al minimo urti e vibrazioni, consente, grazie al suo moto rotatorio uniforme, di perforare muri di notevole spessore. (CAF)

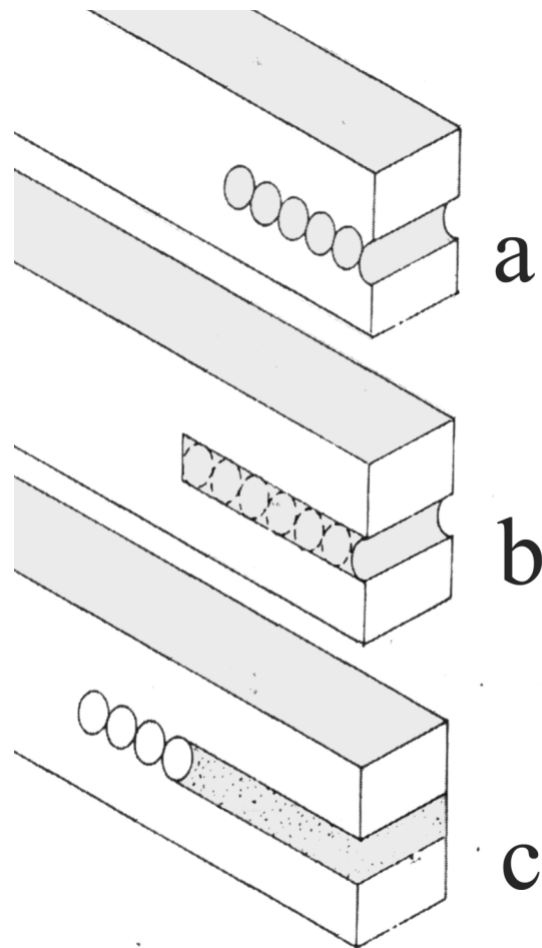


Figura 6 • Fasi di realizzazione del taglio con carotatrice: a) prima serie di fori; b) seconda serie di fori sovrapposti a quelli precedenti, in modo da asportare le parti di muratura rimaste; c) il primo varco è riempito di resina poliester. A presa avvenuta, senza bisogno di zeppe, si può procedere al taglio del tratto adiacente. (CAF)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il cosiddetto “metodo edilizio” di deumidificazione delle strutture, detto anche metodo di Kock, prevede la realizzazione di uno sbarramento orizzontale alla risalita capillare dell’acqua all’interno di una parete mediante la riduzione della sua sezione assorbente. La porzione di muratura posta al di sotto della zona da risanare viene per questo diminuita, attraverso la realizzazione di una serie di aperture ad arco e, così facendo, si aumenta la superficie evaporante e si riduce contemporaneamente la quantità d’acqua che può risalire nella muratura.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è impiegata per contrastare l’umidità ascendente, connessa a fenomeni di risalita capillare, in murature verticali poste a diretto contatto con il terreno umido o con acqua di falda.

L’apertura dei varchi richiede operazioni tanto più complicate, lunghe e potenzialmente distruttive quanto maggiore è lo spessore del muro e quanto più risulta compatto sia nei materiali che lo compongono sia nelle tecniche con le quali è stato costruito. L’impiego del sistema è abbastanza diffuso in pareti di mattoni o di pietra, con spessori non superiori ai 70 cm, compatte, coerenti, non lesionate e, trattandosi di un intervento distruttivo e fortemente invasivo, non può essere applicato a muri sconnessi e con corsi irregolari.

Nella maggior parte dei casi, ove si opera con la riduzione della sezione capillare assorbente, a essa è associato un altro metodo di deumidificazione e, in particolare, il cosiddetto “cuciscuci” (v. INT03 - Integrazione e consolidamento mediante “cuci-scuci”). È molto difficoltoso, infatti, tanto per motivi statici quanto operativi, ridurre la sezione del muro a porzioni ridotte al punto da limitare significativamente il fenomeno della risalita dell’acqua al suo interno. Per questo motivo la porzione di muratura rimossa è spesso sostituita con nuovo materiale impermeabile.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L’intervento è eseguito operando circa un metro e mezzo sotto alla porzione di parete da risanare. La prima fase dell’operazione prevede la costruzione di nuovi plinti di appoggio della muratura interessata, realizzati mediante la tecnica del “cuci-scuci”. Come accennato, la porzione di muratura sulla quale poggeranno gli archi da realizzare contemporaneamente alle operazioni di “taglio” della parete, per ricostituire la continuità e assicurarne la stabilità, deve garantire una sufficiente superficie di appoggio alla costruzione. Per mantenere questa parte di muro di dimensioni adeguate, ed evitare proprio in questa zona la risalita capillare, è necessaria la sostituzione del materiale esistente con altro avente maggiori caratteristiche di impermeabilità.

Sempre mediante la tecnica del “cuci-scuci”, vanno poi realizzate le arcate e solo in un secondo momento sarà rimossa la porzione di parete umida compresa al di sotto delle stesse.

Gli archi saranno quindi rifiniti con intonaco macroporoso per facilitare ulteriormente l’evaporazione dell’acqua presente nella parete risanata (fig. 1).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Prima di procedere alla costruzione degli archi, i maschi murari residui devono essere preconsolidati, in quanto su di essi si concentrano i carichi agenti nel muro, dopo l’intervento.

Invece che con gli archi, la muratura può essere interrotta e resa discontinua alla sua base di appoggio al terreno, tramite l’inserimento al suo interno di piattabande in calcestruzzo armato o in

ferro, appoggiate su pilastri ricavati dalle murature esistenti; la loro altezza va determinata con i necessari calcoli statici. In questi casi, si procede lavorando sulle due facce del muro. In primo luogo si crea, da un lato della muratura, il vano per l'alloggiamento della piattabanda, la si inserisce e quando si è assestata si passa all'altra faccia del muro, ripetendo il lavoro e curando al contempo di assicurare la continuità strutturale fra i due elementi che vanno a sostituire la parte di muratura rimossa. Infine, si demolisce la muratura sottostante, rinforzando dove necessario gli appoggi con camicie di calcestruzzo armato.

Il procedimento per realizzare le aperture che devono ridurre la sezione di base della muratura da risanare è molto complicato, richiede tempi lunghi, è costoso e, per di più, distruttivo, vale a dire incoerente con gli intenti della conservazione. Il manufatto può mutare completamente, proprio perché l'intervento ne altera le geometrie e buona parte dei materiali e non è applicabile, in particolare, a murature affrescate o di un qualsiasi interesse storico-artistico.

Naturalmente, anche l'equilibrio statico del manufatto resta alterato, la superficie resistente del muro è drasticamente ridotta e ciò può determinare situazioni di affaticamento delle fondazioni, soprattutto se il terreno non è sufficientemente coerente e compatto. Inoltre, l'insorgere di componenti di spinta orizzontali (legate agli archi di nuova realizzazione), se non convenientemente controbilanciate, può pregiudicare la stabilità stessa dell'edificio.

Per questa serie di motivazioni il sistema è scarsamente utilizzato.

### ESPERIENZE

Chiesa di S. Luigi de' Francesi, Roma, anno intervento 1890, Massari 1985. L'architetto Kock, constatato il precario stato di conservazione dell'affresco raffigurante la morte di S. Cecilia dipinto dal Domenichino dovuto a una abbondante presenza di acqua nella muratura, studia un modo per isolarlo dai muri fondali. La realizzazione di tre arcate sulla parete, al di sotto del dipinto, e di quattro plinti in selce romana hanno effettivamente salvato l'affresco.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bianchi P. 1994; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Gasparoli P. 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C., 2006.

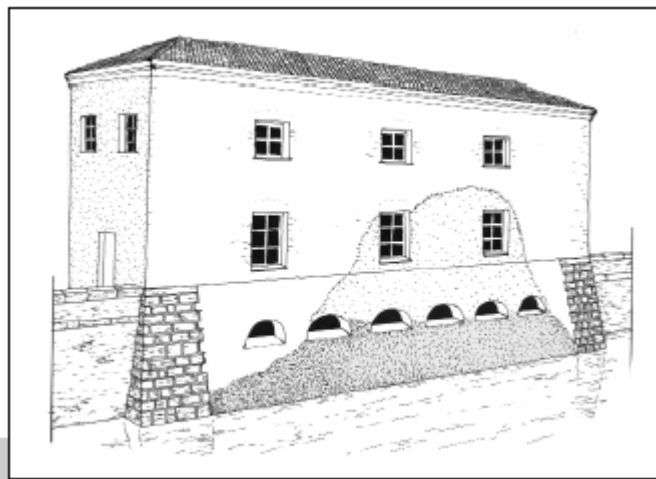


Figura 1 • La porzione di muratura posta sotto la zona da risanare è diminuita con la realizzazione di una serie di aperture ad arco. Si ottiene un aumento della superficie evaporante e una riduzione della quantità d'acqua che può risalire nella muratura. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il sistema prevede la protezione di tutte le possibili zone facenti parte della struttura di un edificio, attraverso le quali è possibile che si verifichino dispersioni o che si formi condensa a causa di un insufficiente isolamento termico.

I ponti termici sono aree circoscritte con isolamento minore rispetto al loro ambiente; generalmente sono localizzati nelle zone di contatto tra materiali o strutture differenti.

Per evitare danni alle costruzioni bisogna, quindi, annullare la formazione di condensa sulle superfici e si può intervenire attraverso: 1) la posa di uno strato di isolamento termico; 2) l'aumento dell'apporto di calore verso il punto critico (v. DMF 16 - Climatizzazione degli ambienti).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento è eseguito nelle zone in cui può esserci dispersione di calore o dove le superfici sono a contatto con ambienti a temperatura differente ed esiste la possibilità di formazione di condensa. I punti critici sono quelli di contatto tra superfici orizzontali e verticali, gli spigoli, le rientranze per i radiatori, le finestre, le persiane avvolgibili, le pareti perimetrali sottili o con intonaci che costituiscono barriera al vapore ecc.

Di solito, la tecnica è adottata nelle nuove costruzioni, dove è possibile dimensionare in modo appropriato le varie parti e scegliere i materiali più opportuni, ma può essere utilizzata nei vecchi edifici, quando è possibile intervenire senza invasività.

L'isolamento termico degli edifici deve soddisfare determinati valori minimi che sono calcolati in funzione della zona climatica di appartenenza.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE***Metodo 1*

La tecnica consiste, in generale, nel perseguire l'isolamento delle parti esposte al passaggio di calore, con l'interposizione di strati coibenti o tramite la sostituzione degli elementi deboli con altri termicamente più resistenti.

Quando s'interviene su vecchie strutture, in muri pieni, di mattoni, di pietra o miste per incrementare le prestazioni di isolamento termico è sempre difficile perseguire l'obiettivo di limitare i ponti termici. I sistemi di isolamento "a cappotto", cioè il rivestimento con strati termoisolanti della superficie esterna delle pareti dell'edificio, che assicurano la riduzione massima dei ponti termici, generalmente non sono applicabili agli edifici storici, in quanto le facciate non sono generalmente modificabili. Possono, invece, essere consigliati nei casi di edilizia recente di bassa qualità. Negli edifici storici, solo in alcuni casi si può intervenire dall'interno (in assenza di vincoli, apparati decorativi, ecc.), applicando strati di materiale termoisolante sulle superfici interne delle pareti. La difficoltà consiste generalmente nel creare uno strato continuo di materiale coibente. Solamente se è prevista la rimozione delle strutture portanti orizzontali o di copertura, sarà possibile disporre il materiale in corrispondenza della zona di collegamento con il muro verticale.

Gli interventi attuabili, in rari casi, riguardano la posa in opera di strati di materiale termocoibente: pannelli di fibre naturali (lana, fibra di legno, canapa, sughero, ecc.), minerali (fibre di vetro) e sintetiche (polistirene, ecc.) in murature, in genere di mattoni, dove non è presente l'intercapedine (v. DMF13 - Intercapedine interna con contromuro).

Nella scelta del materiale occorre considerare le caratteristiche rispetto al comportamento termico, al comportamento termo-igrometrico, al comportamento al fuoco e in presenza di umidità (molti

materiali isolanti subiscono drastiche riduzioni delle capacità isolanti in presenza di umidità) oltre che alla compatibilità ambientale e alla possibilità di dismissione, smaltimento o riciclo a fine vita. Generalmente questa soluzione richiede l'impiego di pannelli rigidi ancorati o incollati alla parete esistente o a una sottostruttura in legno e rifiniti a intonaco.

#### *Metodo 2*

Le superfici vetrate sono il punto dolente delle costruzioni storiche, perché possono raggiungere temperature molto basse e dar luogo a formazione di condensa. Per innalzare il valore limite di saturazione di vapore acqueo è, quindi, necessario posizionare nei vani sottofinestra dei corpi scaldanti. Capita spesso, poi, che per ovviare a questo problema oltre che per limitare i consumi energetici si provveda alla sostituzione di vecchi infissi con altri a tenuta superiore. Questa soluzione aumenta notevolmente la resistenza termica dell'infisso, ma è ovviamente invasiva. Oppure, si ricorre alla sostituzione dei vetri preesistenti con altri a effetto termoisolante, vale a dire costituiti da una doppia o tripla lastra con interposta una camera d'aria o gas nobili; anche in questo caso la tecnica può rivelarsi invasiva e non risolve il ponte termico del serramento. In alcuni casi può essere adottata la tecnica del doppio serramento, mantenendo il serramento esterno originale e inserendo all'interno un nuovo serramento ad elevate prestazioni.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'isolante posto sulla parete interna genera molto spesso ponti termici, in quanto non garantisce la continuità di isolamento con le altre parti costruttive, riduce comunque lo spazio abitabile interno, da qualche centimetro a qualche decina di centimetri, in funzione della soluzione adottata e del tipo di materiale isolante impiegato. È necessario curare in particolare i risvolti lungo le strombature delle aperture e controllare il rischio di condensa superficiale o interstiziale. Questo tipo di intervento, inoltre, impedisce alla parete di contribuire al benessere termigrometrico in termini di "volano termico".

La sostituzione degli infissi implica la perdita irreversibile di una parte costitutiva dell'edificio; dal punto di vista pratico, poi, l'installazione di finestre a tenuta perfetta si rivela positiva perché riduce drasticamente la ventilazione naturale e, di conseguenza, la perdita di calore, ma non è sempre adatta per impedire all'ambiente di caricarsi troppo di umidità. Se la sostituzione dei serramenti non è accompagnata dall'isolamento termico delle pareti e da opportuni sistemi di ventilazione meccanizzata può innescare fenomeni di condensa. (v. DMF16 - Climatizzazione degli ambienti).

#### **ESPERIENZE**

Interventi di questo tipo si possono ritrovare su molti gli edifici, anche storici.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Gasparoli P. 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C. 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Fassi A., Maina L. 2009; Pinto Guerra E. 2011.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica prevede l'eliminazione di un contatto diretto tra il terreno umido e il pavimento o il paramento esterno della muratura interrata, mediante l'interposizione di uno strato di materiale anticapillare o di isolamento. Nei vespai orizzontali, la realizzazione di uno strato di materiale anticapillare asciutto e termocoibente al di sotto del piano di calpestio o di un vano vuoto, asciutto e termicamente coibente, svolgono il compito di bloccare l'acqua ascendente dispersa nel terreno e di favorire la riduzione della condensazione di origine atmosferica. Infatti, se i locali non sono regolati da riscaldamento e/o condizionamento, come nel caso di cantine e magazzini, succede che in inverno la temperatura del terreno sia maggiore di quella ambiente, e in primavera-estate che la temperatura dell'aria calda-umida sia inferiore a quella del sottosuolo. Nel primo caso, si crea condensa al di sotto del pavimento e, nel secondo, sopra il rivestimento.

Nei vespai verticali, la realizzazione di uno strato di grosse pietre posate a secco a ridosso del muro da risanare svolge il compito di intercettare l'acqua dispersa nel terreno proteggendo le murature di fondazione e quelle dei locali interrati.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I vespai orizzontali sono impiegati per proteggere locali interrati o seminterrati che hanno il pavimento a contatto diretto con il terreno umido, oltre che caratterizzati dalla presenza di condensa, e laddove le manifestazioni di umidità dipendono dalle condizioni termigrometriche.

La tecnica può essere adottata sia nelle costruzioni tradizionali sia in quelle moderne; la sua adozione, però, comporta la creazione di uno strato isolante, di altezza pari a circa 40-50 cm, per cui deve essere possibile o diminuire l'altezza interna del locale o realizzare uno scavo nel terreno. Per le costruzioni esistenti, l'intervento può comportare, in entrambi i casi, una più o meno grave invasività.

Per assicurare la corretta ventilazione del vespaio, devono essere realizzate lungo i muri del perimetro esterno bocche di aerazione collegate con l'esterno o con un'eventuale intercapedine esterna (v. DMF12 - Intercapedine esterna) mentre nei locali interni l'intervento è praticabile o senza ricircolo d'aria o con una condotta verticale che arrivi sino alla copertura e sfrutti il cosiddetto "effetto camino".

Alla realizzazione di un'intercapedine orizzontale può essere affiancata una camera d'aria perimetrale verticale (v. DMF12 - Intercapedine esterna) e/o contromuri interni (v. DMF13 - Intercapedine interna con contromuro).

Il sistema a vespaio verticale, invece, è impiegato per proteggere le strutture che presentano problemi legati a infiltrazioni d'acqua provenienti dal terreno.

Il metodo è applicabile a muri interrati di mattoni, di pietra, misti o a sacco, di calcestruzzo armato o no, e permette di intervenire anche in strutture abitate.

Il vespaio verticale non blocca, però, l'acqua di risalita capillare dalle fondazioni e, per questo motivo, nei casi di abbondante flusso, alla realizzazione di vespai verticali è affiancato, nella parte di muro fuori terra, un sistema di sbarramento verticale alla risalita (v. DMF09 - Taglio della muratura; DMF03 - Intercettazione capillare) o un sistema di evacuazione dell'acqua (DMF 04-05 - Elettrosmosi, DMF07 - Intonaco macroporoso).

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La realizzazione di un vespaio orizzontale varia in funzione del tipo di vespaio (tradizionale o a camera d'aria).

Per il vespaio tradizionale (fig. 1) sono previste le seguenti fasi operative:

- lo scavo del terreno, se previsto, mediante scavatrice a braccio o a mano.
  - La preparazione del letto di posa mediante livellamento e battitura del terreno.
  - La suddivisione della superficie di ogni stanza in aree di dimensioni 2x2 m circa, mediante dime in ferro e/o casseri in legno. L'operazione, infatti, va condotta in modo da creare aree circoscritte per la posa in opera del vespaio.
  - La posa e l'assemblaggio a mano del pietrame di riempimento. Lo strato drenante, in genere di spessore intorno ai 30 cm, è realizzato con materiale inerte, compatto e poco poroso, di diversa granulometria. Così, il livello a contatto con il terreno riceverà ciottoli di grandi dimensioni (diametro 30 cm) per proseguire, poi, con inerti di pezzatura decrescente.
  - La gettata del massetto in granulato di argilla espansa e malta di calce dello spessore di 10-12 cm.
  - Lo strato impermeabile (1 cm), in asfalto, in bitume polimero, in acetato di polivinile, ecc. È consigliabile creare una risvolta verticale che sale sulle pareti perimetrali per almeno 50 cm, in modo da sovrapporre il livello del pavimento di una decina di centimetri.
- Nel caso in cui non sia previsto il rifacimento dell'intonaco o una controparete interna, e non sia possibile la risvolta, l'impermeabilizzazione potrà essere tagliata subito al di sotto del pavimento.
- La realizzazione del pavimento con il suo letto di posa, oppure la eventuale ricollocazione in opera del vecchio pavimento rimosso.
  - Le prese d'aria realizzate mediante carotaggi sui muri perimetrali.

Un vespaio ventilato con camera d'aria al di sotto del pavimento può essere realizzato in vari modi, operando direttamente sul terreno o sul pavimento esistente.: a *gattaiolato*, sistema già impiegato ai tempi dei Romani, con *casseri a perdere* e camera d'aria, mediante l'impiego di pignatte, foratoni o blocchetti, tutti con almeno tre serie di camere.

### *Gattaiolato*

La realizzazione di un pavimento sopraelevato a *gattaiolato* prevede l'esecuzione di una serie di muretti sopra i quali sarà poggiato il solaio.

I lavori necessari sono, schematicamente, i seguenti:

- lo scavo del terreno, se previsto;
- un massetto di base in calcestruzzo, di spessore pari a 10 cm circa;
- uno strato impermeabile di asfalto, o di bitume polimero, di acetato di polivinile ecc. È sempre consigliabile creare un risvolto verticale che sale sulle pareti perimetrali per almeno 60 cm (altezza del vespaio più una decina di centimetri sopra il pavimento). Se non è previsto il rifacimento dell'intonaco o una controparete interna, l'impermeabilizzazione potrà essere tagliata subito sotto al pavimento. In costruzioni di nuova realizzazione è preferibile creare un ulteriore risvolto che taglia orizzontalmente il muro, in modo da creare una barriera orizzontale all'eventuale risalita capillare;
- una serie di muretti in mattoni a una testa, di altezza variabile da 30 a 80 cm, distanziati gli uni dagli altri di almeno 40 cm. I mattoni vanno posati o direttamente sullo strato sottostante o su piccoli plinti di fondazione;
- il solaio in tavelloni o in voltine di mattoni, oppure di cemento armato, poggiato sui muretti;
- la gettata del massetto in granulato di argilla espansa e malta di calce, dello spessore di circa 12 cm;
- l'esecuzione del pavimento e del suo letto di posa, oppure l'eventuale ricollocazione in opera del vecchio pavimento rimosso;
- le prese d'aria, realizzate mediante carotaggi sui muri perimetrali.

### *Casseri a perdere*

Il supporto della pavimentazione è gettato direttamente su casseri a perdere modulari (fig. 2). Questi sono costituiti da blocchi prefabbricati in materia plastica (polipropilene riciclato), dalla caratteristica forma a *igloo* quadrilateri, ma con i fianchi svuotati, per consentire la circolazione dell'aria in tutte le direzioni.

Gli elementi sono modulari, presentano dimensioni costanti di cm 50 x 50, e sono disponibile in altezze variabili da pochi cm a oltre 80 cm.

Sono posti in opera incastrati reciprocamente, in modo da creare una struttura autoportante, calpestabile.

Sopra di essi va posta la rete elettrosaldata, gettato il massetto di calcestruzzo e realizzato il pavimento con il suo sottofondo (fig. 3).

È necessario assicurare un'adeguata ventilazione alla camera d'aria orizzontale che si viene a formare: mediante carotaggi sui muri perimetrali possono essere aperti canali di aerazione (fig. 4, fig. 5).

#### *Vespai in laterizio muniti di camera d'aria*

L'isolamento avviene, in questo caso, attraverso l'interposizione, tra lo strato isolante e il sottofondo del pavimento di elementi in laterizio alti circa 16 cm.

In tutti i casi descritti, i canali di aerazione vanno disposti in modo da creare correnti d'aria, e per questo devono essere distribuiti lungo muri contrapposti. Ogni camera d'aria deve possedere almeno due aperture.

I fori possono essere aperti anche su intercapedini ventilate verticali. I canali, sul lato esterno della muratura, saranno chiusi con griglie metalliche.

La realizzazione di canali d'aerazione dipende dalle condizioni termoigrometriche in cui si trova il locale e va quindi valutata attentamente, soprattutto nel caso di vespai a solaio ventilato.

Un vespaio a solaio ventilato presenta, infatti, il problema che la presenza di una camera con continuo ricircolo di aria proveniente dall'esterno può contribuire a raffreddare il pavimento, facendo diminuire a tal punto la sua temperatura da creare condensa. Per ovviare a questo problema può essere interposto uno strato di materiale termocoibente.

Alcuni accorgimenti, comuni ai vari metodi di realizzazione dei vespai orizzontali sono suggeriti da Giovanni e Ippolito Massari:

- 1) impiegare materiali di basso peso specifico e ben asciutti, con esclusione assoluta di sabbia, ghiaia, tufo, arenaria, calcari;
- 2) mettere l'asfalto sotto al vespaio e non sotto al pavimento, affinché tutta la massa del vespaio resti asciutto;
- 3) non poggiare il pavimento direttamente su punti e strutture di c.a., neppure per piccoli tratti, perché ogni appoggio darà luogo a macchia di condensazione; interporre un coibente, o almeno un mattone forato in piano, se non si ha di meglio;
- 4) di regola la resistenza termica complessiva di un buon vespaio, fra il piano del pavimento e quello del terreno naturale, non deve essere inferiore a uno, meglio se è superiore (I. e G. Massari, 1985).

L'intervento di realizzazione di un vespaio verticale è preferibilmente eseguito su tutto il perimetro dell'edificio, con la seguente successione operativa:

— scavo del terreno della larghezza minima di 40-50 cm e profondità tale da arrivare almeno alla linea di base del muro, e in ogni caso a una quota inferiore a quella dei pavimenti interni. Lo scavo va eseguito a tratti per piccoli cantieri, a mano, con scavatrice a braccio o mediante fori trivellati, e la lavorazione richiede il puntellamento con robuste armature del terreno, in modo da prevenire i pericoli di smottamento.

— Realizzazione, sul fondo dello scavo, di un basamento livellato e impermeabile in magrone di calcestruzzo o con il costipamento del terreno mediante spianatura, bagnatura e battitura, al fine di evitare cedimenti. L'inclinazione del piano, in genere intorno al 2-4%, dovrà favorire il deflusso delle acque.

— Allettamento di un tubo drenante del diametro di 20-30 cm in materiale cementizio forato o di beton, avente la corona superiore molto permeabile e la parte inferiore compatta e impermeabile. Se il fondo è orizzontale, occorre creare una pendenza in modo da fare convogliare le acque in appositi pozzi di raccolta.

— Posa in opera nella parete esterna della muratura di una membrana impermeabile.

L'isolamento può essere realizzato mediante: a) guaina bituminosa o resinosa; b) feltro assorbente; c) camera d'aria della larghezza di pochi centimetri.

— Posa in opera di un pannello di protezione meccanica sopra la membrana.

— Posa in opera di tubi drenanti ogni 2 m, attraverso i quali il vapore d'acqua che si forma nei vuoti possa essere convogliato all'esterno.

— Riempimento dello scavo con pietrame a secco, eseguito in modo da rendere minimo il contatto tra le pietre.

Il riempimento può essere realizzato in due modi:

1) riempimento totale con ciottoli di grosse dimensioni, del diametro 15-20 cm, assestati a mano;  
2) riempimento fino ad 1 m del lato più profondo, con ciottoli di grosse dimensioni (diametro 15-20 cm) assestati a mano, e saturazione del volume rimanente con inerti di granulometria minore (ghiaia o pietrisco) (fig. 6).

— Interposizione fra gli strati di diversa granulometria (terra-vespaio, ciottoli grandi-pietrisco, pietrisco-terra) di un foglio di tessuto non tessuto.

— Nel caso 1): realizzazione di un marciapiede di larghezza maggiore di quella del vespaio e inclinazione tale da allontanare l'acqua dalla parete.

— Nel caso 2): copertura con terriccio livellato, bagnato e battuto; posa in opera di una copertina a protezione della camera d'aria.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Un limite rilevante nell'adozione dei sistemi di vespaio orizzontale, con o senza camera d'aria, è costituito dal fatto che comportano interventi fortemente invasivi, o addirittura distruttivi dei vecchi strati pavimentali. Infatti, la loro adozione comporta, quanto meno, lo smontaggio delle pavimentazioni esistenti e il successivo rimontaggio. Inoltre, le stesse operazioni di scavo sotto i pavimenti possono essere incompatibili con la conservazione di eventuali strati archeologici. Ove poi non sia possibile eseguire lo scavo e si pensi di realizzare il sistema alzando la quota del pavimento, l'effetto invasivo o distruttivo coinvolgerà le altezze dei vani e gli strati che resteranno sepolti dalla massa del riempimento o dall'intercapedine.

Il vespaio costruito in modo tradizionale con lo strato impermeabile posto al di sotto del pavimento presenta forte dispersione e non impedisce, in primavera/estate, la formazione di condensa sul piano di calpestio.

Inoltre, la collocazione dello strato impermeabile immediatamente al di sotto del pavimento fa sì che l'umidità invada il vespaio o l'intercapedine e arrivi a ridosso della superficie di calpestio, contribuendo a raffreddarla.

Nel caso si debba intervenire per cercare di risanare vecchie intercapedini orizzontali costruite in questo modo, sarà necessario creare, tramite l'apertura di bocche di aerazione contrapposte, una ventilazione interna. L'apertura di canali di aerazione sull'esterno, però, può contribuire ulteriormente a raffreddare il pavimento facendo diminuire a tal punto la sua temperatura da favorire fenomeni di condensa.

Per ovviare a questo inconveniente si può ricorrere all'inserimento nel massetto di elementi scaldanti.

Sistemi di riscaldamento radianti a *pavimento possono* contribuire notevolmente al miglioramento delle condizioni termoigrometriche di un locale, rendendo in molti casi abitabili parti di un edificio un tempo insalubri.

Per la realizzazione dello strato anticapillare nei vespai semplici è meglio evitare materiali con alto peso specifico (graniti, gneiss pesante) in quanto in caso di condensa si formano sul pavimento ombre scure e nette in corrispondenza della loro posizione.



Va rilevata l'importanza di analisi mirate all'accertamento della causa dell'umidità. I pavimenti sono, infatti, sottoposti oltre che alla risalita di acqua dal terreno anche all'umidità di condensa e, come è stato precedentemente spiegato, il sistema funziona principalmente da intercettatore di acqua proveniente dal sottosuolo e non realizzato solamente in presenza di umidità da condensa atmosferica. Sarà pertanto necessario accertarsi, eseguendo prelievi nella zona sotto il pavimento in due strati sulla stessa verticale, che sia la parte più profonda quella più carica di acqua e non viceversa.

La realizzazione di un vespaio verticale comporta opere di scavo rilevanti ed è opportuno, quindi, prima della sua adozione in edifici storici, assicurarsi che il terreno circostante non contenga reperti archeologici: sono indispensabili, pertanto, adeguate analisi e prospezioni, oltre all'eventuale aiuto di specialisti che guidino e controllino gli scavi.

Va rilevata anche l'importanza di uno studio preventivo sulla configurazione e sulla natura geologica del suolo. Capire, infatti, come e perché l'acqua sia convogliata in determinate zone, deve guidare il progettista allo studio della tecnica e alla sua attuazione.

È necessario tener presente, inoltre, che se opera su una costruzione esistente e non è possibile realizzare uno sbarramento orizzontale, l'intervento non produrrà i benefici cercati, in quanto l'acqua continuerà a risalire dentro i muri. Inoltre, come si è detto, lo scavo perimetrale in costruzioni storiche può costituire motivo d'invasività e di danno per gli eventuali strati archeologici del sottosuolo.

Prima di procedere con lo scavo è necessario avere un quadro diagnostico completo sulla tipologia costruttiva e sullo stato di conservazione delle murature interrato e in elevazione.

L'eliminazione di una consistente parte di terreno che funziona da contenimento per la parte di muro fondale, può, infatti, indurre cedimenti e provocare stati fessurativi. Nel caso in cui vi sia la possibilità che ciò accada è necessario intervenire prima con il consolidamento della struttura e poi con lo sbancamento del terreno.

Se si realizza il vespaio in una costruzione nuova, sarà necessario far svoltare il manto impermeabile in modo da seguire la geometria delle fondazioni, creando in tal modo una barriera all'eventuale infiltrazione di acqua nella muratura per risalita capillare.

In realtà il sistema funziona solamente quando la profondità del vespaio è tale da intercettare tutta la porzione di terreno interessato dalla presenza di acqua superficiale dispersa.

La realizzazione di un vespaio può essere eseguita in corrispondenza delle murature perimetrali, e non porta, quindi, alcun beneficio nei casi di risalita capillare lungo i muri interni.

Nella scelta degli interventi in un'ottica di priorità di risanamento, occorre tener presente che il tasso di umidità relativa molto alto di un locale è dovuto, nella maggior parte dei casi, all'evaporazione derivante dal pavimento in quanto questo evapora per tutta la sua superficie mentre la risalita interessa le pareti in media per 1/2 metri.

## **ESPERIENZE**

Per quanto tecnicamente e teoricamente possibile, la protezione dall'umidità mediante vespai verticali non è molto diffusa, specie per le costruzioni storiche.

La tecnica del vespaio orizzontale, invece, soprattutto nella versione a camera d'aria con casseri polimerici a perdere, nonostante i limiti di applicazione negli edifici storici a causa della sua invasività, è una tecnica ormai ampiamente utilizzata anche negli interventi sul costruito.

Un esempio è costituito dalle opere di impermeabilizzazione eseguite al piano terra della barchessa ovest di villa Rinaldi, presso Asolo (VI). La protezione dall'umidità è stata realizzata mediante l'impiego di casseri a perdere associati a un trattamento delle murature mediante barriera chimica. L'operazione è stata possibile perché tutta la superficie interna, al piano terra, era costituita da semplice terra battuta e, a un esame ravvicinato, non presentava segni di depositi archeologici.

Chiesa di San Giovanni a mare, Napoli. Per risolvere i gravi problemi di umidità che affliggevano la chiesa, è stato realizzato un vespaio areato mediante casseri a perdere, completato da un accurato sistema di ventilazione.

Palazzo Gambirasi, Roma 2010. È stata realizzata una camera d'aria ventilata a pavimento collegata all'intercapedine realizzata lungo le murature dal lato esterno.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Gasparoli P., 2002; Bosia D., 2005; Gasparoli P., Talamo C., 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Martino G. 2008; Papillo G., 2008; Pinto Guerra E., 2011.

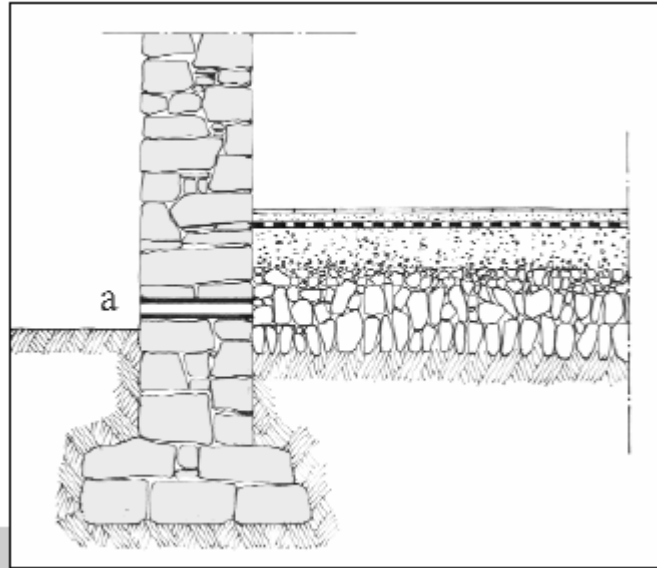


Figura 1 • Solaio contro terra su vespaio orizzontale di tipo tradizionale



FIGURA 19 • Napoli, chiesa di San Giovanni a mare. Il sistema di casseri per la realizzazione del solaio di calpestio aerato.

Figura 2 • Chiesa di San Giovanni a mare, Napoli. Casseri a perdere per la realizzazione del vespaio a camera d'aria.

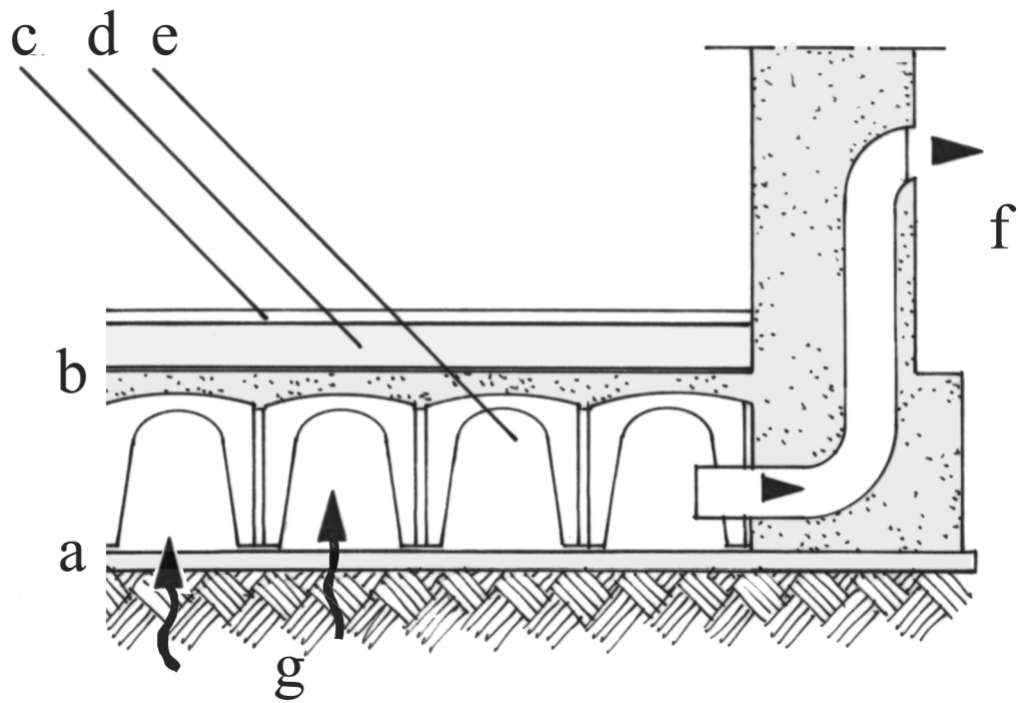


Figura 3 • Intercapedine orizzontale costituita da casseri a perdere in polipropilene detta a *igloo*. Sopra di essi va posta la rete elettrosaldata, gettato il massetto di calcestruzzo e realizzato il pavimento con il suo sottofondo: a) magrone; b) cappa in c.a.; c) caldana; d) isolamento; e) cassaforma a *igloo*; f) sfiato; g) flussi di evaporazione (gas radon-umidità). (CAF)



FIGURA 39 • Roma, Palazzo Gambirasi. Fori di ventilazione delle muratura con l'inserimento della rete forata antintasamento.



FIGURA 60 • Roma, Palazzo Gambirasi. Messa in opera dei casseri in polipropilene per la realizzazione della camera d'aria ventilata a pavimento.

Figura 4 e 5 • Palazzo Gambirasi, Roma. Posa in opera dei casseri a perdere con rete elettrosaldata per la realizzazione della camera d'aria ventilata a pavimento; fori di ventilazione nella muratura.

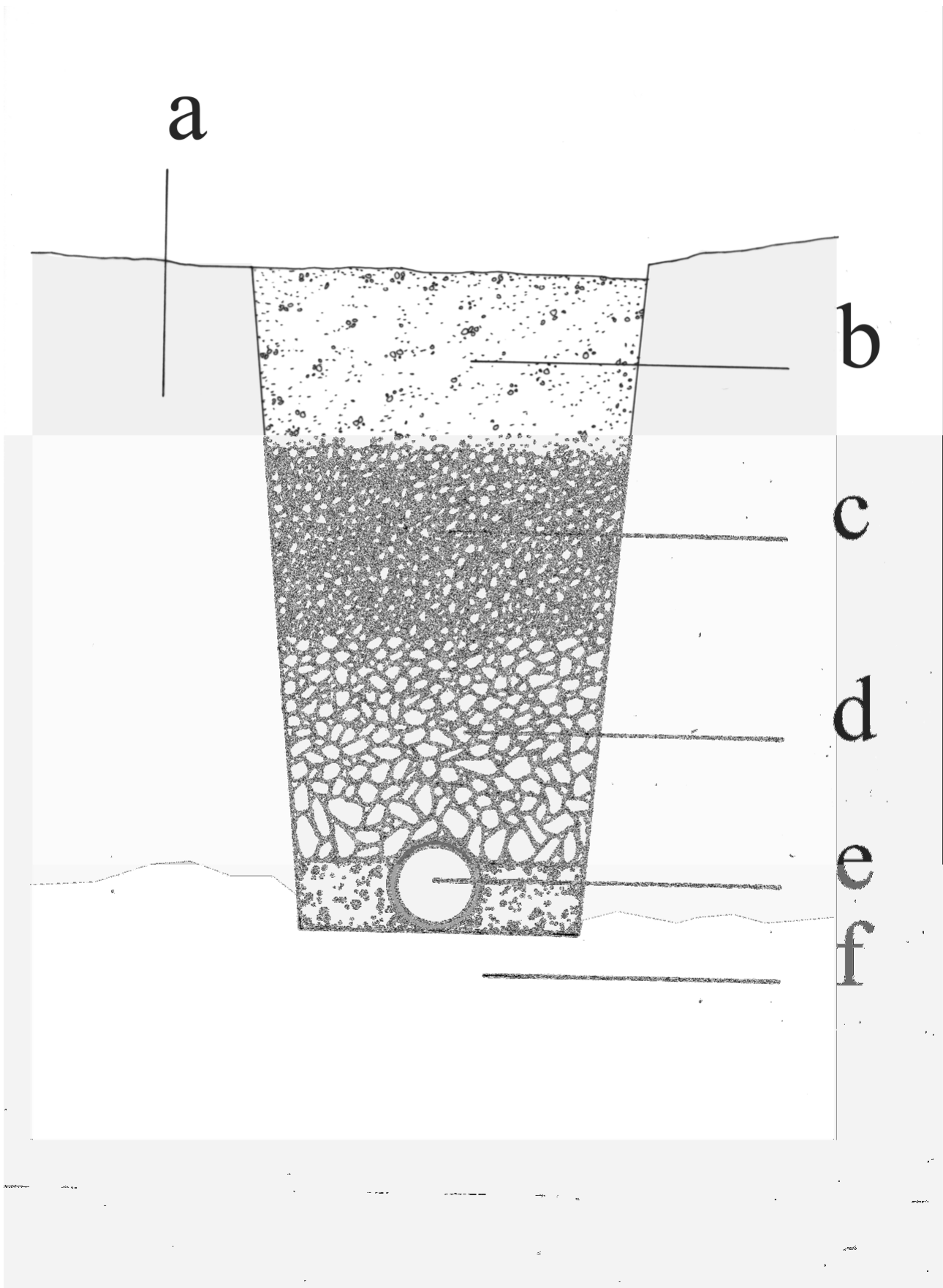


Figura 6 • Schema di un vespaio verticale. a) Terreno permeabile; b) sabbia di granulometria 0/3 mm; c) riempimento con ghiaia di granulometria 5/10 mm; d) riempimento con ciottoli di granulometria 30/60 mm; e) tubo di drenaggio; f) terreno poco permeabile. (CAF)

## DMF 12 INTERCAPEDINE ESTERNA

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica prevede l'eliminazione del contatto diretto tra paramento esterno della muratura interrata e terreno umido. La creazione di un vano vuoto a ridosso del muro da risanare può svolgere il compito di intercettare l'acqua dispersa nel terreno oltre che favorire l'evaporazione di quella eventualmente assorbita dalla muratura. L'intercapedine può quindi funzionare da camera d'evaporazione, e perciò sarà dotata di griglie e canali d'aerazione (intercapedine chiusa ventilata) o presenterà il lato superiore aperto (intercapedine aperta).

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Il sistema è utilizzato per proteggere le strutture che presentano problemi legati a infiltrazioni d'acqua proveniente dal terreno, ed è applicabile a muri interrati di mattoni, di pietra, misti o a sacco, di cemento armato, permettendo di proteggere anche strutture abitate.

Il vespaio non blocca, tuttavia, l'acqua di risalita capillare dalle fondazioni, e per questo motivo, nei casi di abbondante flusso, alla realizzazione di intercapedini esterne è affiancato, nella parte di muro fuori terra, un sistema di sbarramento verticale alla risalita (v. DMF03 - Intercettazione capillare e DMF08 - Taglio della muratura) o un sistema di evacuazione dell'acqua (DMF04 - Elettrosmosi attiva).

Molto spesso è utilizzata la camera d'aria dell'intercapedine come sfogo per locali scantinati e per il canale di aerazione di un vespaio o camera d'aria orizzontale del pavimento interno.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'intervento è preferibilmente eseguito su tutto il perimetro dell'edificio e comprende le seguenti fasi operative.

— Scavo del terreno della larghezza minima di 40-50 cm (deve essere ispezionabile) e profondità tale da arrivare almeno alla linea di base del muro e, in ogni caso, a una quota inferiore di quella del pavimento interno. Lo scavo va eseguito a tratti, per piccoli cantieri, con scavatrice a braccio o mediante fori trivellati, e la lavorazione richiede il puntellamento con robuste armature del terreno, in modo da prevenire i rischi di smottamento (fig. 1).

— Realizzazione del muro di sostegno in mattoni, in calcestruzzo armato o in elementi prefabbricati in c.a. (fig. 2, fig. 3).

— Realizzazione di tramezze ogni 20 m circa, in modo da interrompere lo scavo. È importante che vi sia sempre un collegamento omogeneo e solidale tra il terreno, il vespaio e il resto della costruzione, per evitare indebolimenti alla struttura dell'edificio in caso di sisma.

— Creazione di un canale drenante sul fondo dell'intercapedine. È necessario creare una pendenza in modo da convogliare le acque raccolte in appositi pozzi di raccolta.

— L'intercapedine, sul lato superiore può: 1) essere lasciata aperta e coperta da griglie metalliche; 2) essere chiusa con solai realizzati con voltine in mattoni, solai misti, tavelloni poggiati sui muretti ecc. Nel caso 2) occorre effettuare nel muro perimetrale l'apertura di canali di aerazione con macchine carotatrici, per assicurare la circolazione di aria tra interno ed esterno.

— Se a ridosso della parete, sul lato interno, vi sono locali interrati, possono essere aperte finestre a bocca di lupo o canali di aerazione.

### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Una prima, fondamentale accortezza, nell'adottare questo sistema, è un'attenta valutazione dell'invasività degli scavi nel terreno circostante l'edificio. Soprattutto nelle costruzioni storiche, infatti, i lavori di scavo possono comportare danni irreversibili a eventuali strati archeologici del sottosuolo. Per tale motivo, è necessario accertarsi, prima e durante gli scavi, della presenza o meno di tali strati, eventualmente rinunciando all'intervento oppure eseguendo lo scavo con la guida e le tecniche tipiche degli archeologi.

Ove si realizzi l'intercapedine in una costruzione nuova, sarà necessario far svoltare l'impermeabilizzazione in modo da seguire la geometria delle fondazioni, creando una barriera all'eventuale infiltrazione d'acqua nella muratura per risalita capillare. Se invece s'interviene su una costruzione esistente e non è possibile realizzare uno sbarramento orizzontale, l'intervento non sarà efficace, in quanto l'acqua continua a risalire attraverso i muri.

Quando, infatti, è presente umidità di risalita capillare lungo la parete è molto difficile che questa sia totalmente smaltita, in quanto la capacità di evaporazione della parete all'interno dell'intercapedine è molto minore (4-5 volte) di quella che lo stesso muro possiede fuori del terreno.

Alcune misurazioni sul contenuto d'acqua hanno portato alla conclusione che "l'intercapedine aperta produce un abbassamento, sia pure molto piccolo (10/150 cm) della quota d'arrivo dell'umidità in altezza, al contrario quella coperta non ha alcun effetto" (I. Massari, 1985).

In realtà il sistema funziona solamente quando la profondità dell'intercapedine è tale da intercettare tutta la porzione di terreno interessato dalla presenza d'acqua superficiale dispersa.

L'intercapedine può essere realizzata in corrispondenza delle murature perimetrali e non produce, di conseguenza, alcun beneficio nei casi di risalita capillare lungo i muri interni.

I vantaggi rispetto agli altri sistemi di protezione delle murature interrato sono i seguenti:

- migliori condizioni termoigrometriche dei locali interrati a essa adiacente, con miglioramento delle condizioni di aerazione e quindi di abitabilità;
- il vuoto crea una barriera alle vibrazioni meccaniche provenienti dalle strade e dai terreni circostanti.

Prima di procedere con lo scavo è sempre necessario avere un quadro diagnostico completo sulla tipologia costruttiva e sullo stato di conservazione delle murature interrato e in elevazione. L'eliminazione di una consistente parte di terreno che funge da contenimento per la parte di muro fondale può, infatti, indurre cedimenti e provocare stati fessurativi.

Nell'eventualità che ciò possa accadere, è necessario intervenire prima con il consolidamento delle strutture e poi con lo sbancamento.

Le prestazioni e l'efficienza del sistema rimangono costanti nel tempo, ma è importante tenere pulite le griglie o i condotti di aerazione.

Va rilevata l'importanza di uno studio preventivo sulla configurazione e sulla natura geologica del suolo circostante, per capire come e perché l'acqua sia convogliata in determinate zone e per guidare il progettista alla messa a punto della tecnica più idonea da impiegare.

## **ESPERIENZE**

Villa Doria, Pegli, Genova 2001. Sul prospetto principale e su i due laterali, è stata costruita un'intercapedine aerante e drenante, mentre sulla parete è stato realizzato uno sbarramento orizzontale mediante barriera chimica.

Villa Giulia, Roma 1979. L'intervento mirato al risanamento delle murature perimetrali in tufo e mattoni è stato realizzato costruendo un'intercapedine verticale perimetrale impermeabilizzata con pasta di bitumi additivati con elastomeri, e uno sbarramento orizzontale mediante barriera chimica.

Casa Fontana Silvestri, Milano 2001. Alla base delle colonne del portale d'ingresso e per un tratto della muratura di facciata è stata realizzata un'intercapedine ventilata in cemento armato idrofobizzato senza appoggi alla muratura esistente.

Santuario della Beata Vergine Addolorata, Rho (MI) 2007. Nel corso dell'intervento di restauro della Cappella di S. Carlo Borromeo è stata realizzata un'intercapedine areata con muricci perimetrali in calcestruzzo armato impermeabilizzato con guaina bituminosa e chiusura superiore con griglie metalliche. La base della muratura in laterizio è stata lasciata priva di rivestimenti, a faccia vista, in modo da facilitare l'evaporazione dell'acqua di risalita capillare.

Cappella di S. Croce, Mondovì (CN) 2011. Per evitare il contatto diretto fra muratura e terreno è stata realizzata un'intercapedine ventilata lungo un lato dell'edificio.

Chiesa di S.Maria Maddalena, Borgo di Camuzzano, Bellusco (MB) 2011. Per limitare le infiltrazioni d'acqua alla base delle murature, è stata realizzata un'intercapedine esterna lungo tutto il perimetro dell'edificio; la ventilazione del cunicolo è assicurata da elementi speciali della pavimentazione (forati) posti a intervalli regolari.

Palazzo Gambirasi, Roma. Lungo il perimetro esterno dell'edificio è stata realizzata un'intercapedine collegata con la camera d'aria a pavimento interna.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999, *Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Campanella C. 2002; Gasparoli P., 2002; Bosia D., 2005; Gasparoli P., Talamo C., 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Pinto Guerra E., 2011.



Figura 1 • Intercapedine verticale esterna continua. Lo scavo è stato realizzato in aderenza alla parete dell'edificio per una profondità di 150 cm e larghezza 90 cm.

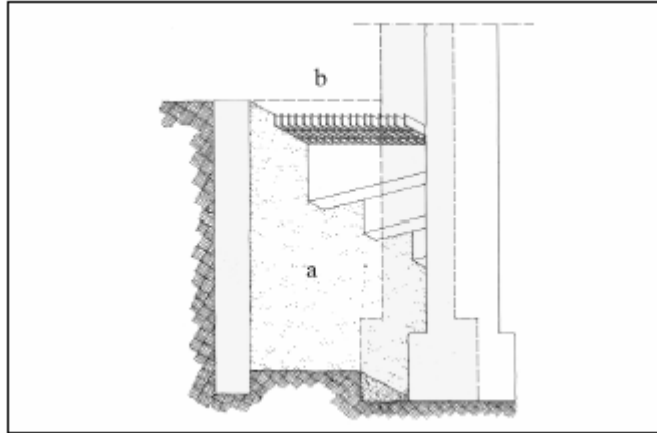


Figura 2 • Schema di un'intercapedine esterna a camera d'aria con contrafforte. a) camera di evaporazione; b) griglia. (CAF)

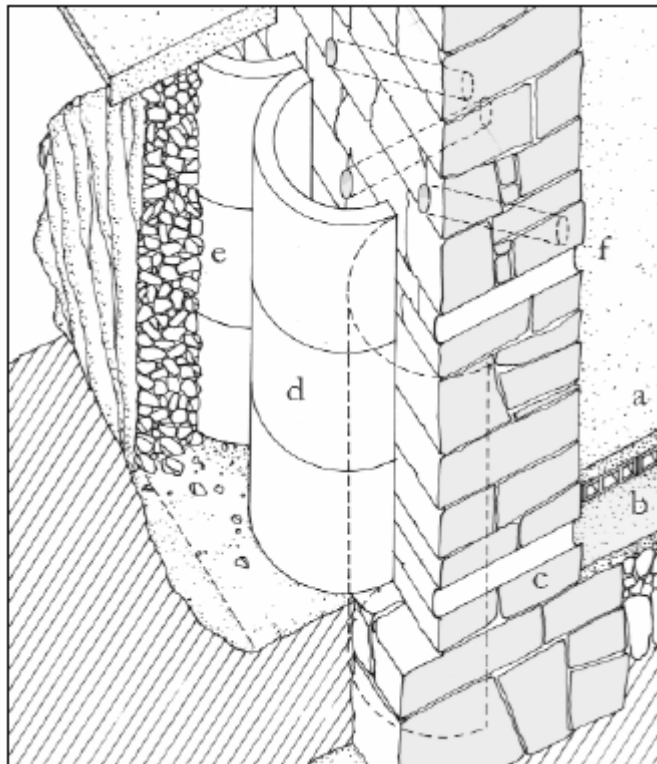


Figura 3 • Schema di un'intercapedine esterna in elementi prefabbricati in c.a. a) nuovo piano di calpestio, realizzato sul precedente con muretti in forati e tavelloni; b) intercapedine; c) fori orizzontali, praticati al livello del vecchio piano di calpestio; d) mezzi tubi in elementi prefabbricati in c.a.; e) riempimento in pietrame dei vuoti residui; f) coppie di fori praticati nella parte alta del muro; il primo, con andamento orizzontale, si apre all'interno di ogni canale verticale, il secondo, inclinato verso l'alto, sbucca al di sopra del marciapiede esterno. (CAF)



## DMF 13 | INTERCAPEDINE INTERNA CON CONTROMURO

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La realizzazione di un'intercapedine interna verticale con contromuro serve a evitare che gli ambienti vengano a contatto con una parete umida e per diminuire lo scambio di calore tra interno ed esterno e viceversa.

La realizzazione di una camera d'aria migliora le condizioni di salubrità e di benessere dei locali dove l'acqua s'infiltra nei muri per capillarità, o si forma umidità di condensa causata da una forte escursione termica tra le pareti e l'ambiente. Una parete impregnata di acqua può, infatti, subire una riduzione del suo potere isolante anche del 40%, ma affiancandole un nuovo muro e interponendovi una camera d'aria, si crea una sorta di isolamento che contribuisce ad aumentare la resistenza termica.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Il sistema è impiegato in locali, generalmente seminterrati o terreni, affetti da umidità ascendente dal sottosuolo e soggetti, nei periodi caldi, a condensa atmosferica, oppure su pareti particolarmente soggette a infiltrazioni di acqua piovana, in genere esposte a nord o nord-ovest.

Il metodo è praticabile in muri maestri di mattoni, di pietra, misti o a sacco, o di calcestruzzo, e permette di intervenire anche in strutture abitate, in qualsiasi periodo dell'anno.

Con questo sistema l'acqua di risalita capillare dalle fondazioni non resta bloccata e inoltre la resistenza termica dei locali aumenta, agendo in modo combinato sulle pareti e sui pavimenti (v. DMF11 - *Vespai verticale e orizzontale*).

Molto spesso l'intercapedine esterna è utilizzata come sfogo per i canali di aerazione della camera d'aria dei vespai.

L'intercapedine può essere realizzata in corrispondenza di tutte le murature perimetrali e interne.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Di seguito sono descritte schematicamente le fasi dell'intervento.

- a) Eliminazione dell'intonaco o di altri eventuali tipi di rivestimento sul lato interno della parete umida.
  - b) Stesura sul pavimento di un foglio isolante sul quale sarà posato il nuovo muro. La posa dell'asfalto, della guaina bituminosa o resinosa può essere eseguita sopra il pavimento o, meglio, sul massetto.
  - c) "È buona precauzione riempire di carbone vegetale secco, durante la costruzione, per 10/15 cm di altezza lo spazio che rimane fra la parete umida e il contromuro affinché il carbone possa assorbire quel poco di condensazione che potrebbe formarsi sul pavimento tra i due muri" (G. e I. Massari, 1985).
  - d) Solamente se s'interviene in locali interrati con pareti molto ricche di acqua, si costruisce un canale di raccolta delle acque sul fondo della camera d'aria.
  - e) Realizzazione di una parete leggera e sottile. Per essere efficace anche contro l'umidità di condensazione, la camera d'aria non deve superare i 6 cm di larghezza.
- Il contromuro è generalmente costruito con mattoni forati posti in piano o di coltello, meglio con tavelline, per ridurre la quantità di malta, o grandi lastre di conglomerato inorganico autoportanti (cemento cellulare, impasti di pomice, mica espansa, scorie ecc.).
- In quest'ultimo caso, il pannello può essere, prima della sua posa in opera, verniciato con miscela impermeabile. La larghezza del tramezzo varia dai 3 ai 6 cm.

Particolari accorgimenti devono essere adottati per la stabilità del nuovo manufatto. In generale è meglio cercare di non creare collegamenti con la parete umida, perché possono rivelarsi percorsi preferenziali di passaggio di umidità. Se, però, s'interviene in locali di grandi dimensioni e diviene necessario realizzare punti di contatto, può essere impiegato mastice impermeabile, quale legante (bitume ecc.).

Esistono diverse tipologie di pareti contromuro caratterizzate dal diverso tipo di ventilazione dell'intercapedine (fig. 1, fig. 2, fig. 3):

- 1) intercapedine isolata;
- 2) intercapedine comunicante con l'esterno attraverso il muro umido;
- 3) intercapedine comunicante in alto con gli ambienti interni e in basso con l'esterno;
- 4) intercapedine comunicante, in alto e in basso, con l'interno.

**Caso 1.** Nei locali interrati, dove non è possibile creare aperture verso l'esterno (assenza di intercapedine esterna), viene realizzata talvolta la controparete. L'intervento contribuisce a migliorare le condizioni ambientali interne ma può anche fare aumentare il livello massimo di risalita sulla parete perimetrale. È facile, infatti, che, saturandosi l'aria all'interno dell'intercapedine sia eliminata la possibilità d'evaporazione al muro umido, pertanto, l'acqua è incanalata per trovare nuove vie di uscita.

**Caso 2.** La realizzazione di due file di canali di aerazione che collegano l'interno dell'intercapedine con l'esterno dovrebbero garantire una naturale ventilazione con continuo ricambio di aria ed eliminazione di quella satura di umidità. Le aperture vanno realizzate, ogni 150 cm, di diametro 20 cm circa, in corrispondenza della quota del pavimento interno e del soffitto.

**Caso 3.** Le bocche di aerazione in alto, a 15 cm al di sotto della quota del soffitto, sulla parete interna, e in basso, in corrispondenza del piano di calpestio, si adottano solamente se è prevista una ventilazione forzata dell'intercapedine e si è in presenza di umidità ascendente. Le aperture vanno situate ogni 150 cm e devono avere un diametro di 20 cm circa. L'aspiratore elettrico, messo in corrispondenza delle aperture sulla parete perimetrale, deve essere attivato ciclicamente con frequenza quasi giornaliera per garantire un buon ricircolo di aria.

**Caso 4.** Ventilare la camera d'aria con due file di aperture messe entrambe sulla nuova parete interna, una in prossimità del piano di calpestio e l'altra vicino al soffitto, è un errore. Si viene, infatti, a creare un collegamento tra i locali da risanare e l'intercapedine satura di umidità. In questo modo il muro avrà solo funzione di paravento per evitare la vista della parete umida, ma non produce nessun miglioramento della qualità ambientale.

f) Trasporto dei detriti e pulizia del pavimento dell'intercapedine in modo che eventuali residui caduti durante la costruzione non diventino veicolo di umidità per la nuova parete.

g) Realizzazione dell'intonaco sulla faccia a vista.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nel caso di umidità dovuta a condensa ambientale è meglio realizzare intercapedini chiuse e non collegate con l'esterno. L'immissione di aria fredda all'interno dell'intercapedine potrebbe far nuovamente insorgere il problema sul contromuro. In tali circostanze, la resistenza termica è alta, ma il mancato ricircolo d'aria all'interno della camera d'aria non permette lo smaltimento del vapore acqueo. È comunque sempre necessario verificare che sulla parete esterna non siano presenti discontinuità (crepe, erosione dei giunti) che possano favorire l'ingresso di aria.

Le camere d'aria ventilate, al contrario, sono caratterizzate da isolamento termico minore, ma assicurano lo smaltimento del vapore acqueo che si crea nei locali e all'interno dell'intercapedine. I fori di aerazione vanno protetti da infiltrazioni di acqua piovana e dal vento mediante griglie in metallo, laterizio o pietra.

Le prestazioni e l'efficienza del sistema rimangono costanti nel tempo, importante è tenere pulite le griglie o i condotti di aerazione.

Generalmente, oggi si tende a realizzare contropareti isolate con camera d'aria ventilata ma isolate termicamente. Molto spesso per il risanamento di locali umidi per condensazione sono utilizzati come *pannelli termocoibenti* dei pannelli o materassini di materiali naturali o sintetici.

Anche se oggi si tende sempre di più a privilegiare l'impiego di materiali naturali o riciclati rispetto a quelli di sintesi, è importante, per l'impiego specifico, valutare l'igroscopicità e la resistenza all'acqua dei materiali: in presenza di umidità infatti, molti materiali perdono il loro potere termoisolante o si possono deteriorare.

Nella scelta del materiale occorre considerare le caratteristiche rispetto al comportamento termico, al comportamento termo-igrometrico, al comportamento al fuoco e in presenza di umidità (molti materiali isolanti subiscono drastiche riduzioni delle capacità isolanti in presenza di umidità) oltre che alla compatibilità ambientale e alla possibilità di dismissione, smaltimento o riciclo a fine vita.

#### **ESPERIENZE**

Villa Bianca, Genova, 1996. In tutti i locali interrati destinati ad autorimessa e nei locali a uso abitativo del piano terreno sono state realizzate pareti contromuro.

Palazzo Gambirasi, Roma, 2010. Sono state realizzate contropareti in laterizio forato; nell'intercapedine sono stati alloggiati i condotti di ventilazione dell'intercapedine sottopavimento.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Croce S., Galimberti V.

1992; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Valentini M. 1999,

*Rassegna...*; Valentini M. 1999, *Sistema...*; Gasparoli P., 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C. 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Pinto Guerra E., 2011.

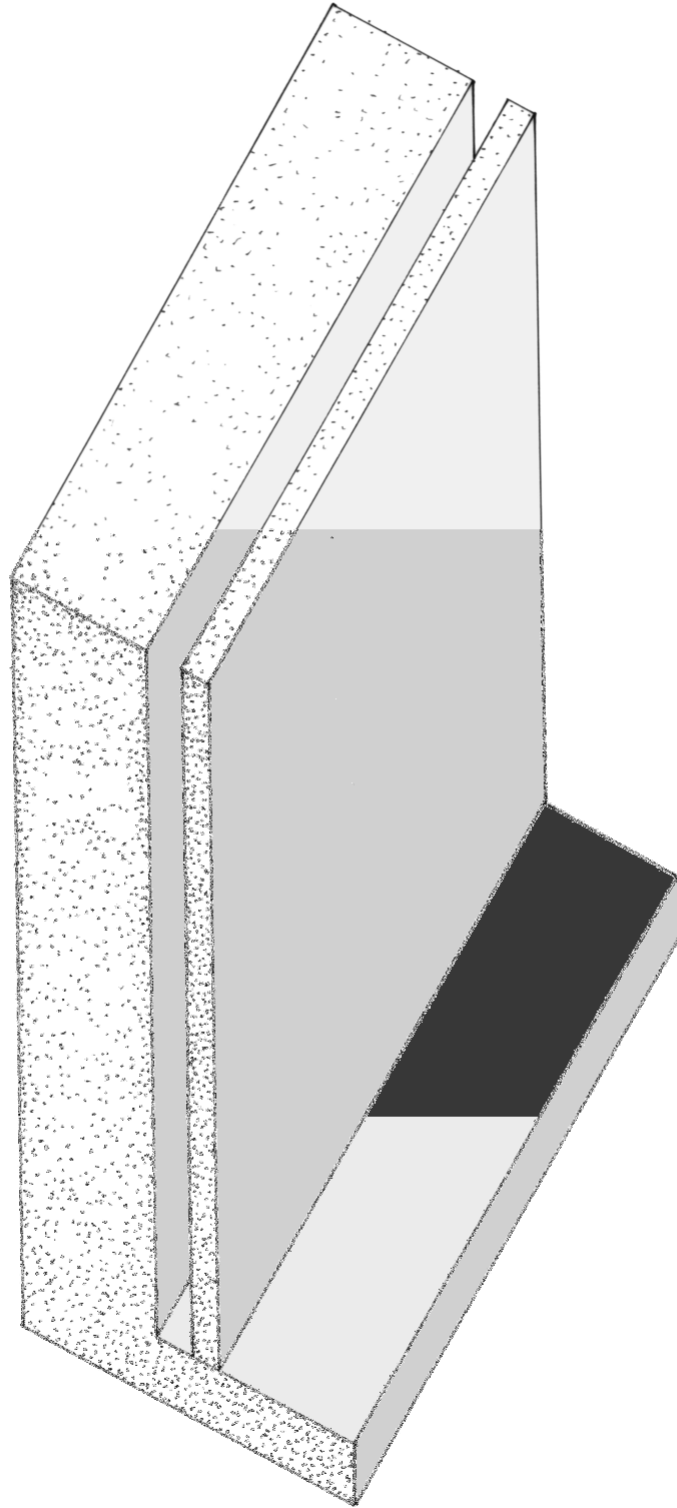


Figura 1 • Intercapedine isolata. (CAF)

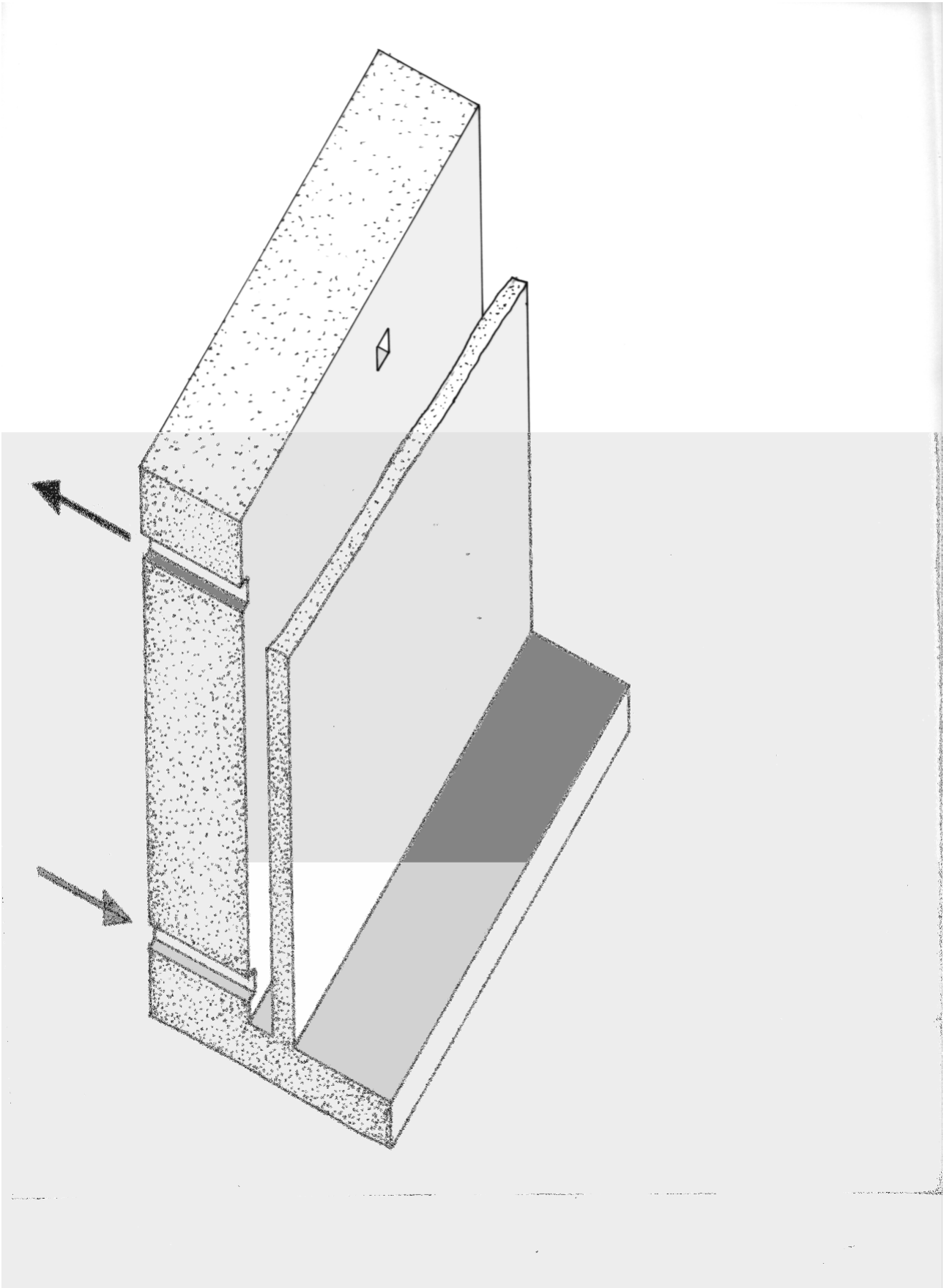


Figura 2 • Intercapedine comunicante con l'esterno attraverso il muro umido. (CAF)

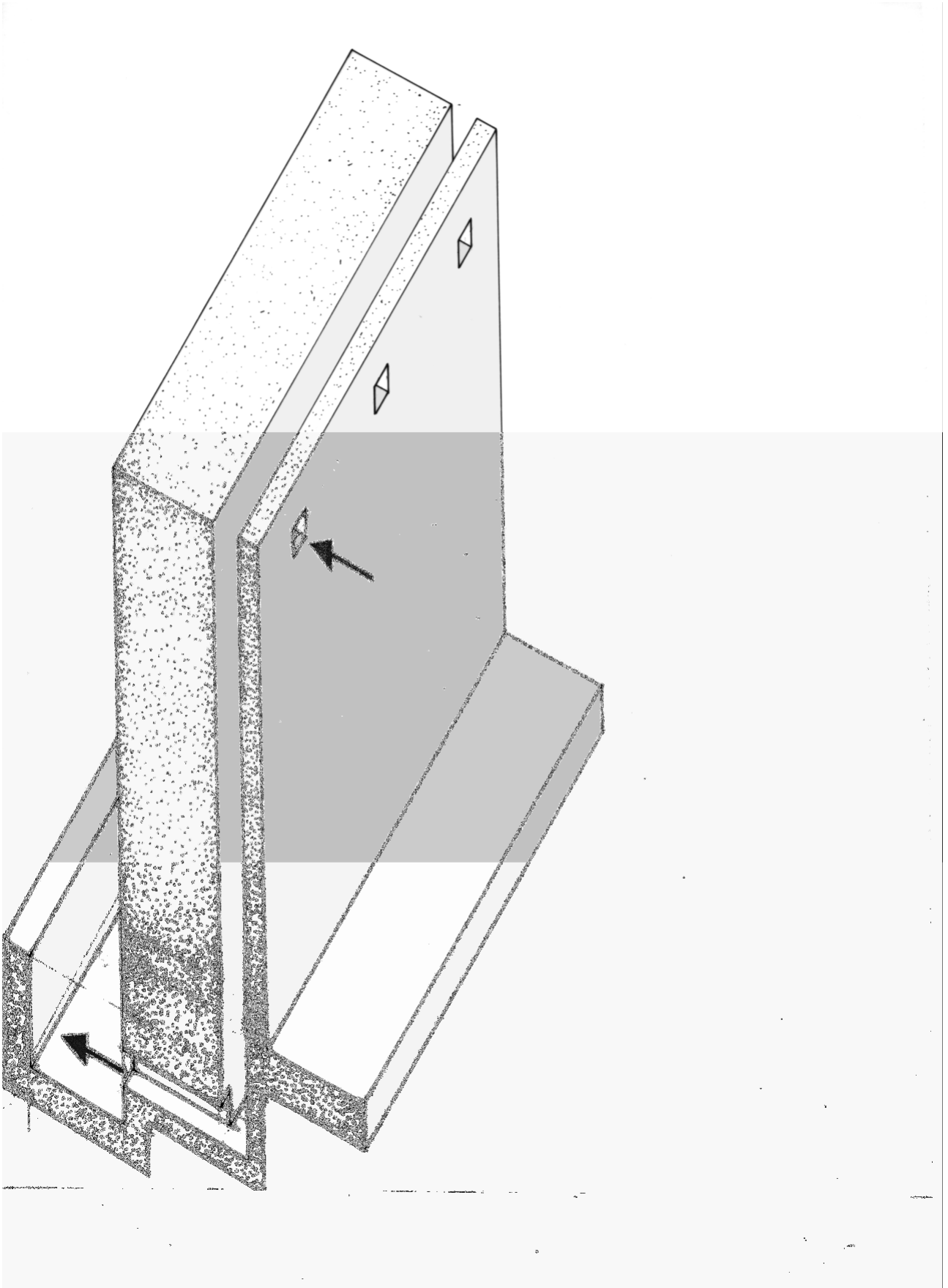


Figura 3 • Intercapedine comunicante in alto con gli ambienti interni e in basso con l'esterno. (CAF)

# DMF 14 | PROTEZIONE DELLE FONDAZIONI DALL'UMIDITÀ

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica prevede la captazione e/o la deviazione lontano dalle fondamenta di un edificio delle acque ruscellanti e di quelle sotterranee provenienti dalle aree circostanti.

L'intercettazione e l'allontanamento avvengono molto velocemente e sono ottenute mediante il rivestimento delle superfici interrate a diretto contatto con il terreno.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Il sistema è impiegato per proteggere fondazioni continue o puntiformi che presentano problemi legati a infiltrazioni di acqua proveniente dal terreno e originate dalla pioggia.

La protezione è in genere applicata a strutture con un elevato potere adescante, come murature in mattoni o a conci di pietra di piccole dimensioni, con grande presenza di malta.

Nelle nuove costruzioni, l'intervento è riservato a edifici poggianti su terreni particolarmente umidi o acidi (ex colorifici, aree industriali ecc.).

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Le pareti esterne delle murature interrate possono essere protette in vari modi. I più diffusi sono:

- uno strato a base di bitume protetto da apposito pannello (metodo 1);
- pannelli di bentonite (metodo 2).

Esistono altri sistemi che, oltre a svolgere un'azione protettiva della parete, favoriscono la raccolta e il drenaggio delle acque disperse. Tale funzione può essere svolta da speciali pannelli drenanti (metodi 3 e 4) per poi essere convogliata in un tubo di smaltimento.

Nella progettazione di tutti i sistemi bisogna tenere presente che la pendenza del piano di campagna determina il convogliamento delle acque meteoriche e in alcuni casi anche di quelle sotterranee, per cui è sempre necessario verificare, attraverso sondaggi, le concentrazioni d'acqua, per stabilire se l'applicazione del materiale debba avvenire su tutti i lati dell'edificio o solamente su quelli più esposti. La distanza dello scavo di drenaggio dalla superficie esterna del muro dovrà essere scelta in maniera che lo strato verticale di terreno, compreso fra detto scavo e il muro da risanare, non frani; perciò, tale distanza dovrà essere tanto maggiore quanto meno sarà compatto o costipato il terreno.

#### *Metodo 1 - Strato a base di bitume*

L'impermeabilizzazione è ottenuta con vernici impermeabili a base di bitume o emulsioni bituminose in film, costituite da bitumi elastomeri, resine e additivi.

L'applicazione avviene a freddo e, a seconda del materiale impiegato, può essere effettuata con pistola a spruzzo, spazzolone, cazzuola, pennello, frettazzo. Il prodotto teme il gelo e non può essere applicato con temperature inferiori ai 5 °C. Lo strato è generalmente protetto da membrane in polietilene con profilo a rilievi conici caratterizzate da forte resistenza agli urti, strappi e alle sollecitazioni causate dal materiale di riempimento.

#### *Metodo 2 - Pannelli di bentonite*

Previo scavo, si posizionano sulla parete verticale, con chiodi accoppiati a rondelle, i pannelli.

Questi sono formati da due fogli di cartone ondulato biodegradabile, tra i quali è interposta una particolare argilla, la bentonite, caratterizzata da una elevata capacità di assorbimento d'acqua tale da farle raggiungere un volume fino a 16 volte maggiore di quello di partenza.

Se, infatti, il materiale è posato tra paramento murario e terreno, succede che quando l'acqua del terreno viene a contatto con il pannello si crea una membrana spessa e impermeabile tale da impedire il passaggio di altro liquido. Per questo è consigliato procedere per piccole porzioni, in modo da fare seguire la fase di rinterro subito dopo la posa dei pannelli.

Se questo non è possibile, bisogna proteggere dall'acqua i fogli con polietilene.

Nelle nuove costruzioni molto diffusa è la posa di un "salsicciotto" di bentonite nella ripresa di getto sopra il plinto tra la platea e la parte verticale (fig. 1).

*Metodo 3 - Pannelli drenanti in polistirolo espanso*

Le fasi operative sono le seguenti:

— scavo alla base della fondazione;

— allettamento nel terreno di un tubo drenante di dimensione compresa tra i 50 e i 200 mm.

Con il fondo orizzontale, va creata una pendenza che faccia convogliare le acque in pozzi di raccolta. Il tubo, in PVC rigido, corrugato e flessibile, presenta numerose fessure sulla sua superficie (30 cm<sup>3</sup>/m) per favorire l'infiltrazione e quindi il deflusso dell'acqua;

— inserimento di "coppelle". I tubi sono rivestiti, nella porzione superiore non annegata nel terreno, con lo stesso materiale dei pannelli in modo da mantenerli puliti;

— posa in opera dei pannelli drenanti. Il pannello è formato da sfere a granulometria medio-grossa, unite tra loro da un processo di sinterizzazione, prodotto in polistirolo espanso caratterizzato dall'aver circa il 30% di interstizi liberi per favorire il drenaggio dell'acqua. La disposizione dei fogli verticali avviene mediante fissaggio meccanico ed è realizzata in modo che siano poggiati a contatto con la coppella;

— riempimento con terriccio ed eventuale costruzione di un marciapiede di larghezza maggiore di quella dello scavo e inclinazione tale da allontanare l'acqua dalla parete (fig. 2).

*Metodo 4 - Pannelli drenanti in materiale "sandwich"*

Le fasi operative sono le seguenti:

— scavo alla base della fondazione;

— applicazione di una membrana di tessuto-non-tessuto o di un pannello di materiale impermeabile risvoltato anche sulla superficie orizzontale per almeno 40 cm;

— posa in opera, sul materiale sopradescritto, di un tubo drenante di sezione compresa tra i 30 e i 50 cm, in PVC rigido, corrugato e flessibile, presenta numerose fessure praticate e distribuite sulla sua superficie, e va avvolto da una calza che ha funzione filtrante;

— posa in opera dei pannelli drenanti. Il pannello è costituito da un sandwich dello spessore di 10/20 mm, formato da due teli filtranti in tessuto-non-tessuto termosaldato con interposta una struttura tridimensionale, caratterizzata da un numero elevato di fori;

— riempimento con terriccio ed eventuale realizzazione di un marciapiede di larghezza maggiore di quella dello scavo e inclinazione tale da allontanare l'acqua dalla parete.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

In edifici soggetti anche a infiltrazioni d'acqua di risalita capillare, dove non è possibile realizzare uno sbarramento orizzontale, l'intervento non sarà risolutivo, in quanto l'acqua continuerà a risalire dentro i muri. Il problema principale di intervenire con materiali impermeabili o con materassini e tubi drenanti, consiste, infatti, nell'aumento della capillarità del sistema e del livello di umidità; in questi casi è facile che si ottenga un innalzamento della linea di massima risalita e che l'acqua arrivi in locali dove prima non era presente.

Se, invece, s'interviene in una costruzione esistente, sarà necessario creare una barriera impermeabile anche nella parte orizzontale che poggia sul terreno per impedire l'eventuale risalita di acqua nella muratura.

L'applicabilità del sistema dipende dalla possibilità di eseguire scavi tanto profondi da raggiungere la parte basamentale delle fondamenta e larghi abbastanza da poterci lavorare dentro.

#### **ESPERIENZE**

Ex cartiera, Pegli, Genova, 1998. L'intervento è stato realizzato lungo il lato est che poggia direttamente su un corso d'acqua.



Costruzione di locali adibiti a box, Genova, 2000.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Croce S., Galimberti V. 1992; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Gasparoli P., 2002; Bosia D. 2005; Lombardi S. 2005; Gasparoli P., Talamo C. 2006; Mundula I., Tubi N. 2006; Pinto Guerra E., 2011.

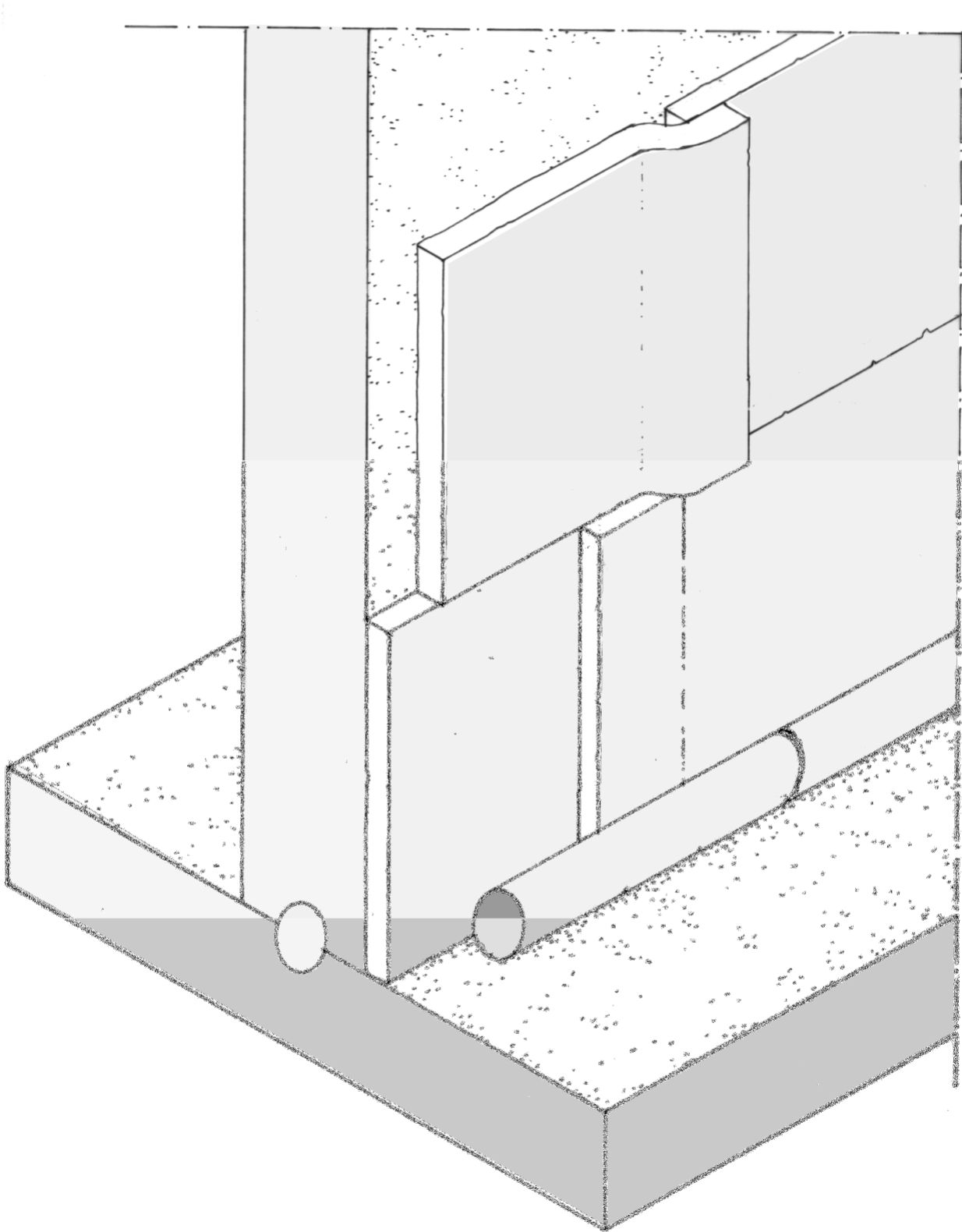


Figura 1 • Protezione delle fondazioni con pannelli di bentonite di sodio. Applicazione sulla faccia verticale di pannelli di dimensioni 50 x 60. Nel punto di contatto tra piano verticale e piano orizzontale è posato un cilindro dello stesso materiale per evitare eventuali possibili infiltrazioni di acqua proveniente dal terreno.  
(CAF)

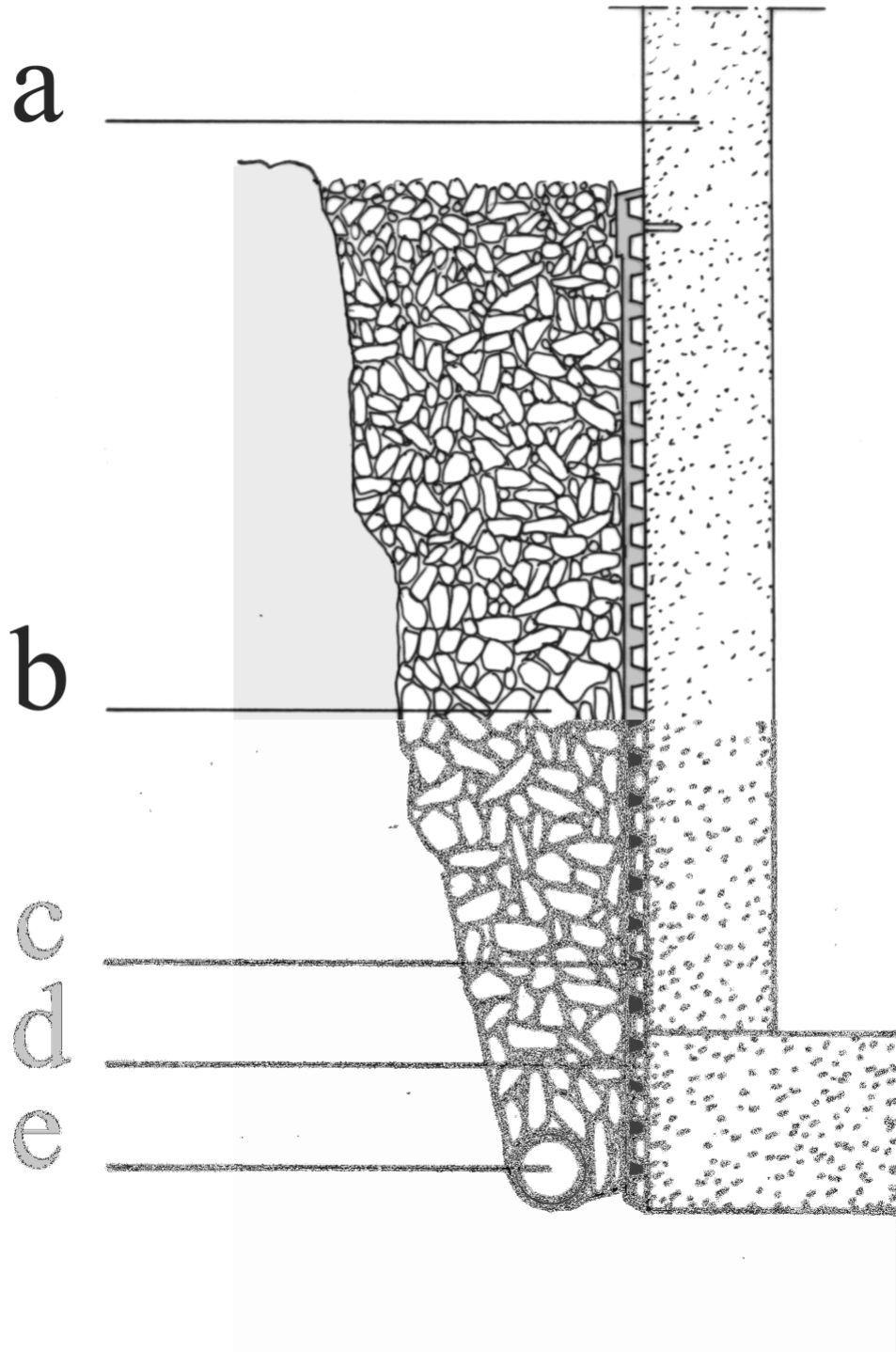


Figura 2 • Protezione delle fondazioni con membrana in polietilene. I pannelli dell'altezza dell'intera porzione di muro da proteggere sono fissati alle pareti mediante viti a espansione.  
(CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica può essere adottata per proteggere le strutture dall'umidità creata da condensa atmosferica. I sistemi tendono a evitare che, in corrispondenza delle superfici di confine interne e dentro la struttura, la temperatura raggiunga il limite di rugiada.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I tetti inclinati sono, generalmente, le strutture più esposte all'umidità assorbita dall'ambiente esterno. D'inverno, le temperature minime dei sottotetti superano sovente il limite oltre il quale il vapore, a contatto con una superficie fredda, si condensa e diventa liquido.

Se poi sono presenti strati di materiale impermeabile che riducono notevolmente il passaggio di vapore, o si è in presenza di strutture lignee con manto di copertura che poggia direttamente sul tavolato, il rischio sarà ancora maggiore.

Talvolta si interviene operando una regolazione delle condizioni climatiche interne.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le soluzioni più diffuse sono due.

*Metodo 1* - Realizzazione di un'intercapedine ventilata.

*Metodo 2* - Inserimento di materiale termocoibente.

Con il primo metodo, la successione schematica delle operazioni è la seguente:

- eventuale consolidamento o integrazione di tavole marcescenti;
- posa in opera sul tavolato o sul massetto di una barriera al vapore;
- apposizione di un foglio termoisolante;
- posa in opera di elementi lignei di altezza pari a 10-20 cm, a supporto degli strati superiori;
- tavolato di supporto per il manto di copertura;
- posa in opera del manto.

Il secondo metodo, invece, consta sostanzialmente di due fasi:

- eventuale consolidamento o integrazione di tavole marcescenti;
- su strutture esistenti, il materiale va ritagliato in loco e adagiato tra un travetto e l'altro.

I diversi materiali possono distinguersi, in base alla natura del prodotto costitutivo principale, in isolanti di origine vegetale, animale, sintetica e minerale. Nella scelta del materiale occorre considerare le caratteristiche rispetto al comportamento termico, al comportamento termogrametrico, al comportamento al fuoco e alla resistenza meccanica.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Tra i due sistemi, se gli spazi interni lo permettono, è preferibile realizzare un'intercapedine la quale sfrutta le ottime proprietà isolanti dell'aria.

Per uno spessore dell'intercapedine di 9-12 cm le prestazioni migliorano all'aumentare dell'inclinazione della falda.

#### **ESPERIENZE**

Cascina Veracurta, Giusvalla, Savona, 1985. La struttura portante del tetto è stata conservata e consolidata. Il tetto a falde è stato coibentato mediante la posa, tra un travetto e l'altro, di pannelli in poliestere espanso estruso in lastre dello spessore di 4 cm rifasciato sul lato esterno con stagnola.

Villa Romana del Casale, Piazza Armerina (EN) 2007. Realizzazione di una copertura ventilata per migliorare il microclima interno.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Massari G., Massari I. 1985; Gasparoli P., Talamo C., 2006.

# DMF16 CLIMATIZZAZIONE DEGLI AMBIENTI

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La ventilazione, il riscaldamento e la deumidificazione degli ambienti, impiegati separatamente o in modo combinato, permettono di controllare e correggere i parametri termigrometrici interni. Nel settore della deumidificazione questi sistemi trovano applicazione anche nell'eliminazione dei fenomeni di condensa attraverso l'aumento della temperatura delle superfici e con il ricircolo dell'aria.

Quando una massa d'aria è raffreddata la sua umidità relativa aumenta fino a saturazione.

Negli ambienti architettonici alcune superfici sono sottoposte a maggior raffreddamento, come è per le pareti esterne, i vetri, i pavimenti ecc. Se l'aria è a contatto con queste superfici si raffredda e, a parità di contenuto di umidità, si avvicina tanto più al punto di saturazione quanto minore è la temperatura raggiunta.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Ai fini della deumidificazione degli ambienti, la climatizzazione ha lo scopo di migliorare le condizioni ambientali interne di edifici monumentali.

La presenza di umidità ascensionale, la formazione di condensazione atmosferica, ma anche danni provocati dalla pioggia, o legati all'esposizione ai venti predominanti, sono fattori che rivestono grande importanza per la durata di edifici e di opere d'arte.

Oggetto dell'intervento sono, pertanto, chiese, musei, biblioteche, archivi ecc., dove la progettazione degli impianti dovrà essere indirizzata al miglioramento delle condizioni ambientali per la loro conservazione, oltre che essere legata a parametri di carattere fisiologico dipendenti dalla qualità di vita dell'essere umano (diagramma del benessere, Ashrae, 1951).

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Le tecniche disponibili in questo campo sono numerose; alcune impiegate diffusamente, altre più complesse e innovative. In questa sede si richiameranno brevemente i comuni impianti di riscaldamento, di ventilazione e di deumidificazione dell'aria, senza darne, tuttavia, una descrizione dettagliata, che esula dai compiti di quest'opera, ma limitandosi a ricordarne i principi e gli effetti di funzionamento ai fini della lotta all'umidità.

### *Riscaldamento*

Il riscaldamento degli ambienti è generalmente utilizzato quando si è in presenza di umidità da condensa atmosferica. Il fenomeno è, infatti, puramente termico ed è causato dall'incontro di due masse di cui una fredda. Per eliminare il problema ci possono essere due soluzioni: riscaldare o aumentare la resistenza termica della parete (v. DMF13 - Intercapedine interna con contromuro).

La condensa dipende strettamente dalle contingenze meteorologiche e climatiche stagionali, e perciò si può parlare di condensa invernale o estiva. Con l'innalzamento della temperatura è possibile indurre una diminuzione dell'UR, grazie anche all'agevolazione del ricambio d'aria naturale che si viene a creare attraverso aperture, fessure o aspiratori.

Il riscaldamento si è dimostrato essere un buon rimedio contro l'umidità da condensazione estiva, nei locali seminterrati e interrati, nei quali, aumentando di 23 °C la temperatura, anche con

semplici stufe, si può ottenere, assieme all'innalzamento della temperatura, un abbassamento dell'UR.

La progettazione di un impianto di riscaldamento, indipendentemente dal tipo dei corpi scaldanti impiegati (radiatori, termoconvettori, pannelli radianti a parete o a pavimento), deve considerare alcuni importanti fattori:

- la condensa è un fenomeno che si verifica soprattutto di notte, e pertanto, per contrastarne gli effetti, è consigliato programmare l'accensione del riscaldamento durante le ore notturne;
- per soddisfare le condizioni di benessere legate alle esigenze umane è necessario creare un secondo circuito attivo di giorno;
- la potenza installata deve essere contenuta, visto il tempo prolungato di erogazione;
- l'installazione deve prevedere dispositivi automatici di attivazione dell'impianto.

In particolare, l'apparecchio di regolazione va tarato in modo da prevedere l'accensione dell'impianto quando si raggiunge un determinato valore di UR, non necessariamente corrispondente al 100%. La condensa si può, infatti, formare su marmi o affreschi anche intorno a valori di UR pari all'80%. La misurazione deve avvenire o in prossimità del pavimento o vicino alla parete attaccata da condensa.

Anche il riscaldamento dovrebbe essere limitato a questa zona in quanto "le esperienze di Kettenacker hanno provato che è esclusivamente questo limitato spessore d'aria *in stasi* la sede dei fenomeni termoigrometrici di reciproca azione fra superficie fredda e vapor d'acqua dell'aria, mentre tutta la massa d'aria centrale della chiesa resta estranea a quanto accade presso la parete fredda" (G. e I. Massari, 1985).

A un impianto di riscaldamento può essere associato un sistema che permette di umidificare o deumidificare aria. L'inserimento di un umidostato, dotato di una batteria calda, una fredda e un ugello umidificatore, permette il controllo preciso del valore di umidità.

### *Ventilazione*

La ventilazione impedisce all'ambiente di caricarsi troppo di umidità e può essere:

1) *naturale*, quando si determina per differenza di temperatura tra aria interna e aria esterna o tramite l'azione del vento. Il passaggio dell'aria può avvenire attraverso finestre, porte, bocche d'aerazione, e per incrementare la ventilazione si può intervenire:

- allargando le bucatore esistenti o creando nuove aperture. I sistemi sono svariati (apertura di bocche d'aerazione a livello del pavimento, nel muro di spina, sostituzione degli specchi inferiori delle porte con opportune griglie ecc.) e in fase progettuale bisogna considerare che il ristagno d'aria, in genere, si crea nei primi 40 cm sopra il pavimento.
- mediante riduzione delle resistenze alla circolazione interna dell'aria.

2) *accelerata*, quando si forza il ricircolo naturale collegando nuove canne fumarie o vecchi camini a intercapedini, cantine, locali umidi, oppure si utilizzano mezzi meccanici, quali aspiratori o ventilatori.

La tecnica della ventilazione accelerata a mezzo camino si è rivelata utile nel risanamento d'intercapedini perimetrali, camere d'aria sotto pavimenti e luoghi dove il movimento naturale dell'aria non è sufficiente. L'elettroventilazione si realizza con un ventilatore elicoidale applicato a un infisso esterno o a una griglia a parete o con un torrino da tetto.

Il mercato offre anche dispositivi per il controllo della ventilazione dotati di recuperatori di calore che assicurano il regolare ricambio dell'aria, limitando i consumi energetici.

Ogni azione di estrazione di aria da un ambiente deve essere associata a un'adeguata immissione di aria al suo interno. Se questo compito è affidato a fessure naturali (finestre, canali con griglia) già presenti o di nuova apertura, il volume di aria immessa deve essere uguale a quello in uscita. Se l'operazione è forzata è bene immettere aria in quantità maggiore (20% circa) di quanta se ne estrae, in modo da mantenere l'ambiente sempre in pressione, evitando la formazione di correnti d'aria.

Per ottenere un'aerazione soddisfacente è necessario prestabilire il numero dei ricambi d'aria orari (quante volte bisogna cambiare aria, in un'ora, in un certo ambiente). Per questo calcolo esistono delle tabelle predisposte allo scopo. Normalmente gli aspiratori sono installati in posizione da non creare turbolenze: non devono, quindi, essere al di sopra di porte o finestre che possono essere aperte o in prossimità di un'apertura unica (fig. 1).

Assume grande importanza l'orario di ventilazione, che va programmato in funzione della variazione diurna dell'umidità relativa. In Italia l'umidità dell'aria esterna è massima fra le 11 di sera e le 6 del mattino, ed è minima tra le 11 del mattino e le 16 del pomeriggio, pertanto si dovrà evitare la ventilazione nelle ore notturne.

### *Deumidificazione*

L'impianto di deumidificazione permette il controllo della temperatura, dell'umidità relativa, della velocità e della purezza dell'aria.

L'impianto è costituito da un ventilatore che aspira aria dall'ambiente, da un elemento refrigerante che abbassa la temperatura dell'aria aspirata provocando la condensazione dell'acqua, da un umidostato, che regola la quantità di umidità da eliminare o aggiungere. Non sempre è possibile realizzare impianti di questo tipo in edifici monumentali, in quanto il loro funzionamento comporta la realizzazione di canalizzazioni di grandi dimensioni.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il ricambio d'aria e il riscaldamento degli ambienti non sembrano dare risultati risolutivi nel risanamento di locali umidi, se la causa è la risalita capillare. È naturale pensare che in presenza di una maggiore ventilazione o di un'azione diretta del sole si determini sulla superficie del muro un prosciugamento uniforme, ma nella realtà ciò non accade.

Una prima spiegazione è data da Kettenacker il quale dimostra come, in una struttura opportunamente ventilata e riscaldata, il prosciugamento inizi dall'alto, mentre al di sotto della linea di massima risalita, il tasso di umidità presente nella muratura rimane invariato.

L'ipotesi di Kettenacker si basa sulle seguenti considerazioni:

— in un materiale umido in cui l'evaporazione superficiale sia forzata con la ventilazione e con il calore del sole, l'incremento dell'acqua evaporata porta a un aumento dell'acqua assorbita dal basso;

— in un muro umido il fenomeno è analogo: aumentando la velocità di evaporazione aumenta la velocità di risalita e la resistenza dell'acqua negli spazi capillari.

Il prosciugamento inizierà, così, a verificarsi solo quando la velocità d'evaporazione sarà maggiore di quella di risalita, iniziando sempre dall'alto.

Se durante l'impiego di ventilazione forzata si registrano valori minori di umidità relativa dell'aria, nel momento in cui cessa la sua alimentazione il fenomeno si ripresenta con intensità uguale e, a volte, maggiore.

Dal punto di vista della conservazione materiale dei manufatti, il sistema non produce miglioramento, anzi la quantità di acqua che transita attraverso il muro aumenta con i relativi problemi che ne derivano (trasporto e cristallizzazione dei sali ecc.).

Particolare attenzione va posta nel riscaldamento invernale di locali afflitti da ascesa capillare, senza presenza di aperture perché forzando l'evaporazione superficiale dell'acqua aumenta la cristallizzazione dei sali in superficie. L'aumento della temperatura interna potrebbe, infatti, agevolare la nascita e proliferazione di microrganismi dannosi e muffe.

In questi casi può essere più indicato ventilare, quindi asportare vapore, che non riscaldare.

Uno dei metodi più impiegati per evitare la condensa superficiale è il riscaldamento con *pannelli radianti*, corpi scaldanti "estes" incorporati o applicati a vaste superfici, in genere pavimenti e pareti (fig. 2, fig. 3). Il sistema è costituito da serpentine di tubo in rame e/o in plastica (interasse 20-25 cm circa) collegate a un collettore. Si tratta di impianti che utilizzano fluidi termovettori a bassa temperatura (generalmente intorno a 30-35 °C), favorendo così, rispetto ai comuni impianti di riscaldamento, un significativo risparmio energetico. Date le basse temperature di esercizio, gli impianti di riscaldamento a pavimento possono essere alimentati anche da sistemi misti che



utilizzano caldaie a condensazione integrate da sistemi solari termici, favorendo l'utilizzo di risorse energetiche rinnovabili.

Prima di posizionare le serpentine è bene isolare la parte sottostante con uno strato di materiale coibente (2-5 cm) in modo da evitare dispersione di calore. Il mercato offre soluzioni complete che prevedono l'integrazione dello strato isolante con gli elementi riscaldanti. Spesso, infatti, lo strato isolante, da posizionare sopra il solaio, è già provvisto di sedi per facilitare il corretto alloggiamento delle tubazioni. Generalmente l'impianto è "annegato in un massetto", ma si stanno diffondendo anche sistemi che prevedono la posa in opera "a secco".

Un limite è costituito dalla necessità di dover rimuovere il pavimento, operazione certamente distruttiva, dispendiosa e spesso non realizzabile, specie in edifici di pregio storico-artistico.

Affinché siano sfruttate a pieno tutte le potenzialità di questo sistema, occorre non ostacolare la trasmissione del calore con una pavimentazione troppo isolante (moquette di lana, legno, pesanti tappeti) e posare in cotto o in certi tipi di marmo che meglio si prestano all'irradiazione del calore trasportato dall'acqua in circolazione.

Per l'efficienza del sistema, infine, è importante garantire la continuità delle condizioni di esercizio. Se, poi, all'interno di una stanza è applicato alle pareti un intonaco deumidificante (v. DMF07 - Applicazione di intonaco macroporoso), è necessario garantire una forte ventilazione del locale per eliminare l'umidità emessa dal muro.

Un'altra soluzione consiste nel riscaldare la base delle murature mediante un sistema di condotti in rame per la circolazione di un fluido caldo, applicati sotto traccia o, in modo meno invasivo, esternamente con sistemi di alloggiamento a battiscopa.

#### **ESPERIENZE**

Cripta dell'abate Epifanio, S. Vincenzo al Volturno, 1985. Per proteggere gli affreschi del IX secolo da possibile formazione di condensa è stato posizionato un sistema di riscaldamento del pavimento alimentato da energia elettrica.

Chiesa di San Marco, Roma, edificio affetto da grave umidità di risalita; il sotterraneo fu diviso in 3 circuiti di ventilazione non comunicanti serviti da 2 camini di ventilazione.

Chiesa inferiore di S. Giovanni di Prè, Genova, 1999. Realizzazione di impianto di riscaldamento a pavimento; la temperatura è costantemente tenuta a 14 °C circa.

Chiesa della Missione, Mondovì (CN), 2010. La chiesa, che ospita affreschi di Andrea Pozzo, è stata dotata di sistema di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento.

Palazzo Gambirasi, Roma. Il risanamento dall'umidità delle murature e degli ambienti è stato basato sulla realizzazione di un sistema di ventilazione passiva che assicura la ventilazione dei locali e delle intercapedini realizzate.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1992; Bianchi P. 1994; Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987; Domenica G. 1994; Gieri V. 1994; Massari G., Massari I. 1985; Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A. R. 2000, tomo II; Mundula I., Tubi N., 2006; Papillo G., 2008

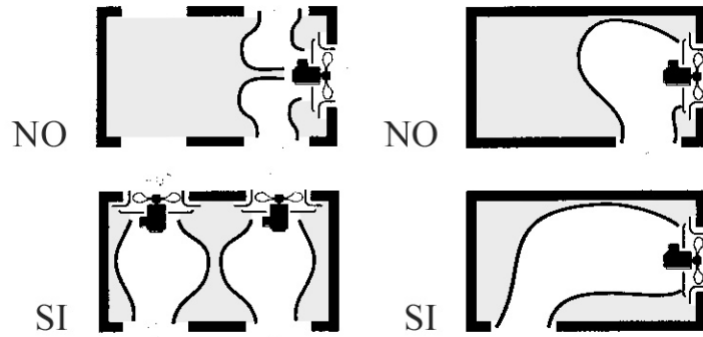


Figura 1 • Schema di installazione di un ventilatore. Due possibili ubicazioni errate e due corrette. (CAF)

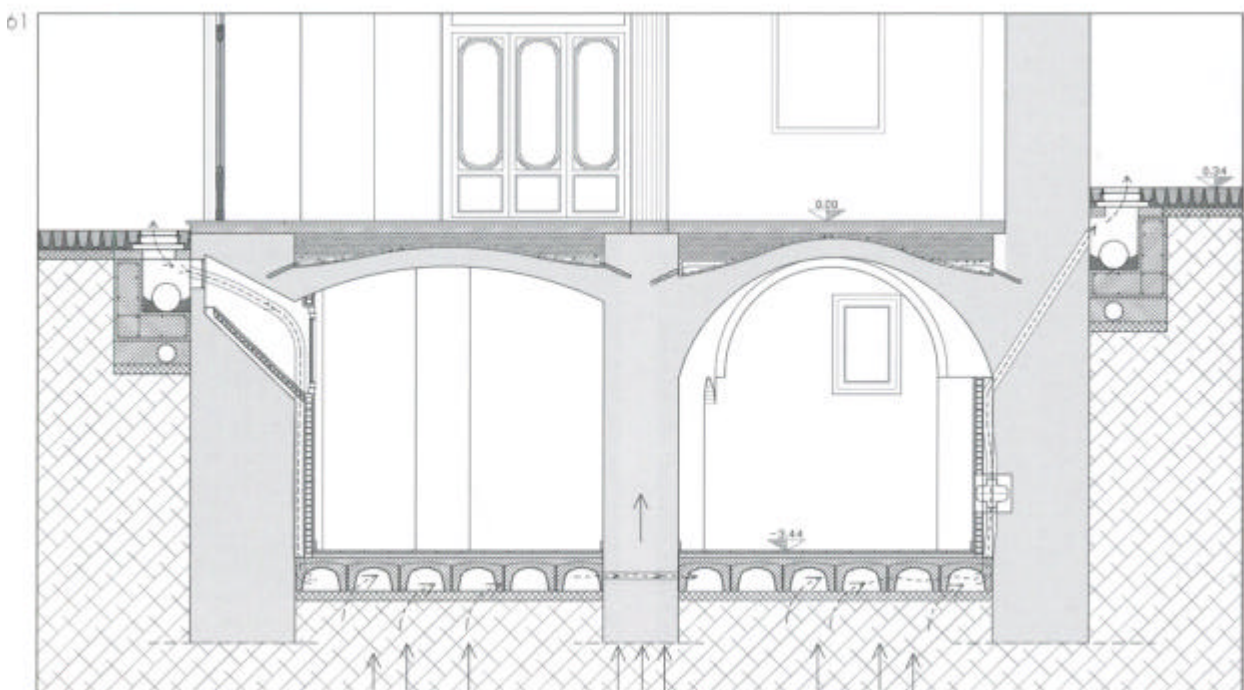


FIGURA 61 • Roma, Palazzo Gambirasi. Esecutivo tipico per il sistema di ventilazione passiva delle murature.

Figura 2 • Palazzo Gambirasi, Roma. Sistema di ventilazione passiva

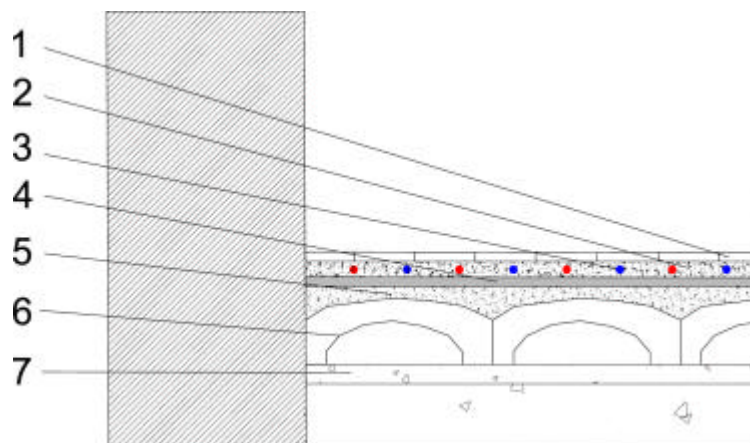


Figura 3 • Riscaldamento a pavimento con pannelli radianti: 1) pavimento; 2) massetto; 3) serpentina per il passaggio del fluido termovettore; 4) strato di isolante termico; 5) getto in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata; 6) casseri a perdere in polipropilene riciclato; 7) magrone.

<b>DMF 17</b>	<b>TRASFORMAZIONE DI SALI</b>
---------------	-------------------------------

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il trattamento prevede la conversione dei sali igroscopici, solubili in acqua, in cristalli non igroscopici, pesanti e insolubili, in modo da renderli stabili e non più in grado di migrare all'interno della muratura. Il processo di trasformazione dei sali può avvenire mediante l'applicazione di formulati chimici sulla superficie o attraverso l'installazione di un sistema elettrocinetico; in entrambi i casi l'intervento è irreversibile.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento può essere realizzato in murature soggette a umidità da risalita capillare, dove, a causa dell'evaporazione dell'acqua si viene a formare una concentrazione di sali sulla superficie, con formazione di efflorescenze biancastre, cristalline o amorfe.

I sali migranti, oltre a essere responsabili del degrado di un materiale, contribuiscono ad aumentare il livello di risalita capillare dell'acqua all'interno di una parete.

I sali solubili in genere cristallizzano lungo la linea di massima risalita dell'acqua producendo un effetto disgregante sul materiale.

Rendere quindi i sali incapaci di migrare all'interno della parete significa evitare che questi cristallizzino sulla superficie.

Trattamenti superficiali specifici con antisolfatici e antisalnitrici, sono realizzati prima di un intervento di deumidificazione, in special modo se s'impiegano tecniche quali barriere chimiche (v. DMF03 - Intercettazione capillare) o sistemi elettrosmotici (v. DMF04 - Elettrosmosi attiva; DMF05 - Elettrosmosi passiva), che potrebbero nel loro funzionamento essere disturbati dalla loro presenza.

Importante, poi, considerare che i sali igroscopici oltre all'acqua assorbono anche il vapore atmosferico.

Questa caratteristica è molto importante nei lavori di risanamento dell'umidità. Infatti, anche nel caso in cui sia stata eliminata la causa di umidità, i sali non igroscopici cedono la loro acqua all'atmosfera.

Se sono presenti sali igroscopici, il sistema di isolamento può essere reso inutile dalla capacità caratteristica di questi sali di assorbire vapore atmosferico e convertirlo in acqua.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La tecnica di trasformazione dei sali richiede, innanzitutto, un'indagine su campioni essiccati di carote di materiale, prelevate a diverse altezze e sottoposte a esami di laboratorio mirati alla determinazione della quantità dei sali solubili e alla determinazione delle concentrazioni dei cloruri. L'estrazione dei sali solubili è realizzata, secondo la metodologia della Norma UNI 11087:2003 "Beni culturali - Materiali lapidei naturali e artificiali - determinazione del contenuto di sali solubili", in due modi.

*Metodo 1* - Imbibizione della superficie con preparati liquidi per la precipitazione dei solfati, nitrati e cloruri, in soluzione acquosa. Esistono sul mercato diversi prodotti capaci di ottenere questo risultato. Il trattamento può essere eseguito su entrambe le facce. Si procede, quindi, con l'eventuale applicazione di intonaco traspirante.

*Metodo 2* - Il principio funzionale è quello dell'elettrosmosi attiva (v. DMF04 - Elettrosmosi attiva), vale a dire che il sistema basa il suo funzionamento sul fatto che, applicando una tensione continua alla struttura, si provoca l'elettrolisi dei sali solubili. Gli ioni positivi ( $\text{Ca}^2$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  ecc.) dovrebbero migrare verso il catodo, mentre gli ioni negativi ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ecc.) verso l'anodo, dove dovrebbero incontrare una speciale malta in grado di: a) trasformarli in sali insolubili e nello stesso tempo imprigionarli nella sua massa; b) formare sali altamente igroscopici che dovrebbero percolare in idonei raccoglitori.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Un prodotto antisale deve essere caratterizzato dai seguenti requisiti:

- avere elevata capacità di penetrazione su supporti umidi;
- evitare la migrazione dei sali verso l'esterno della struttura;
- agire sul maggior numero possibile di sali (solfati, cloruri, nitrati, nitriti);
- non diminuire la permeabilità al vapore della parete;
- permettere applicazioni successive.

Parte dei limiti del sistema dell'elettrosmosi attiva (v. DMF04 - Elettrosmosi attiva) possono ritenersi validi anche per il metodo 2.

#### **ESPERIENZE**

Cascina Piola, Rivalba, Torino, 1991. L'intervento è stato preceduto dalla realizzazione di un'intercapedine verticale esterna realizzata lungo il perimetro dell'edificio. Successivamente è stata trattata la muratura con preparati liquidi per la trasformazione dei sali. La barriera chimica orizzontale a quota delle cantine è stata realizzata con sistema misto osmotico-silicizzante.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Fascina V. 1991; Vantandoli L. 1991; Pinto Guerra E. 2011.

## SMONTAGGI E RI-MONTAGGI, DEMOLIZIONI E RI-MOZIONI

Gli interventi di restauro comprendono, talvolta, opere di smontaggio e di ri-montaggio di elementi o parti dei manufatti, ma anche vere e proprie demolizioni e ri-mozioni di loro elementi e porzioni, più o meno cospicue estese e consistenti. Apparentemente, si tratta di azioni che poco hanno (o dovrebbero avere) a che fare con gli obiettivi di tutela e di salvaguardia universalmente riconosciuti al restauro, o quantomeno alla sua preminente istanza conservativa, eppure esse sembrano di fatto ineliminabili dai suoi orizzonti. È allora singolare e assai significativo che, raramente, la letteratura teorica e anche quella tecnica del settore si soffermi su queste attività, sulle loro premesse e motivazioni, per non parlare dei loro esiti. Sovente, le relazioni che accompagnano i progetti di restauro e anche più raramente gli scarsi esempi di “Consuntivi Scientifici” che l’attuale legislazione in materia pure imporrebbe a valle dell’esecuzione dei lavori, sembrano infatti semplicemente omettere ogni riferimento a simili operazioni, anche quando gli interventi comprendono effettivamente smontaggi, demolizioni e rimozioni, talvolta strettamente funzionali alla realizzazione del progetto complessivo di restauro.

Sembra allora che quasi non si senta il bisogno (né il dovere) di motivare, di dare conto e di documentare vere e proprie distruzioni, forse proprio perché le si ritiene discutibili e conflittuali con gli obiettivi primari del restauro e della conservazione. Se così non fosse, si dovrebbe pensare che progettisti e soggetti a vario titolo coinvolti nel processo di restauro conoscano ben poco le attività illustrate nelle schede di questa sezione dell’opera, e ancor meno se ne preoccupino, con forti rischi per i manufatti affidati alle loro cure e per la loro effettiva possibilità di giungere alle future generazioni, ricchi di tutti i segni che il tempo naturale e la storia culturale hanno su di essi depositato o impresso rendendoli tracce irriproducibili dei molti nostri passati e preziosa risorsa per il futuro delle nostre società.

Alcune tecniche di smontaggio e di ri-montaggio sembrano in realtà coerenti con gli obiettivi della tutela mentre altre mostrano, verso di essi, una radicale opposizione poiché sembrano condurre, di fatto, alla scomparsa dei manufatti oggetto degli interventi in discussione. Per queste ragioni, sembra opportuno partire da una riflessione generale sulla *demolizione*, intesa come *distruzione* e ripensarla, quasi paradossalmente, come un elemento costitutivo del costruire, superando con ciò anche il diffuso e comune significato di *inutile e definitivo annientamento* che il termine sembra possedere portare inevitabilmente con sé. Non si tratta, tuttavia, di incoraggiare quest’attività o di auspicarne una generale diffusione, ma il comprenderne anche i più contraddittori significati può forse aiutarci a scoprire alcuni suoi aspetti inediti, seppur generalmente offuscati dal suo improvviso emergere come segno irriducibilmente patologico della consueta attività edificatoria. La *distruzione*, d’altra parte, può assumere connotazioni e significati assai variabili ma sembra esistere una fondamentale differenziazione tra una distruzione imposta o guidata e una scelta demolitoria spesso del tutto immotivata.

L’arte del costruire, d’altra parte, dimostra come quest’attività “negativa” sia spesso emersa quale elemento integrante del pensiero e dell’azione dell’architetto anche, o forse soprattutto, quando si è proposto come restauratore. I significati che la *distruzione* ha assunto nel passato recente o lontano, i modi e le tecniche con cui è stata attuata, i motivi che ne hanno suggerito o imposto la realizzazione, i soggetti coinvolti, i caratteri degli oggetti coinvolti e le condizioni culturali in cui essa si è compiuta offrono, per questo motivo, molte e interessanti ragioni di rinnovata riflessione.

Da sempre, infatti, l’uomo ha “costruito distruggendo” ma ha parallelamente “distrutto costruendo”, in una sorta di infinito ciclo necessario, per ragioni e in proporzioni mutevoli, quasi mai casuali. Inoltre, se anche in passato si è demolito, abbattuto, rovinato e cancellato, raramente si è in ogni

caso semplicemente “sprecato”. Potremmo anzi guardare alle città e al territorio in cui ora viviamo come al prodotto di complesse vicende di costruzione e di trasformazione che hanno creato una ricca stratificazione storica e materiale e nelle quali la *demolizione* appare, talvolta, come un passaggio necessario e produttivo rispetto agli scopi perseguiti. Possiamo allora tentare di comprendere le ragioni di questo profondo intreccio tra il *demolire* e il *costruire*, iniziando da una riflessione fondamentale sulle parole, per evidenziarne eventuali aporie, significati e implicazioni nascoste.

Non è forse casuale, allora, che il *distuggere* sia generalmente inteso come semplice opposto del *costruire*. *Costruire*<sup>1</sup> è parola legata al termine struttura<sup>2</sup> e richiama l’idea del porre insieme, del sommare o *montare insieme* diverse parti ed elementi in modo non casuale<sup>3</sup>, secondo principi razionali e volti alla realizzazione di un manufatto stabile e durevole. In questo senso, l’azione contraria del *costruire* (*con-struere*) potrebbe essere rappresentata non solo dal *distuggere* (*de-struere*)<sup>4</sup>, ma anche dal *destrutturare*<sup>5</sup> che è parola priva di un diretto corrispondente nella lingua latina e appare frutto di una recente comparsa anche in quella italiana (come, del resto, avviene per il termine *costruire*, diffusosi prepotentemente solo in epoca moderna). Il termine *destrutturare* risulta peraltro assai interessante, in questa prospettiva, poiché sembra alludere a una sorta di *smontaggio*<sup>6</sup> ideale (o fisico) dell’edificio ridotto ai singoli elementi che lo compongono. Possiamo per questo parlare non di *distruzione* ma di *smontaggio* almeno nei limiti in cui la parola è applicabile ai manufatti architettonici<sup>7</sup>. Si alluderebbe, in tale senso, a un’operazione *inversa* o *speculare* (ma non *opposta*) all’atto originario del costruire da cui il singolo manufatto è sorto.

Questo “ragionare sulle parole”, d’altra parte, è solo un pretesto o un mezzo ausiliario che può tuttavia aiutare a intravedere alcuni aspetti del problema che appaiono spesso sepolti dall’approssimazione propria del linguaggio comune. È tuttavia altrettanto certo che, non sempre, i termini *montare* e *smontare* si attagliano al mondo dell’architettura<sup>8</sup>, specie per quella di più antica concezione e costruzione e quindi assai distante dalle odierne tecniche di prefabbricazione e industrializzazione.

È altrettanto evidente, tuttavia, che alcune tradizionali pratiche del *costruire* e del *restaurare* possono essere descritte con l’aiuto e il supporto fondamentale di quelle medesime parole su cui invitiamo a riflettere. Il termine *distruzione*, inoltre, implica l’effettiva e definitiva (o irrimediabile) scomparsa dell’oggetto o manufatto di cui trattiamo<sup>9</sup>, mentre le parole *destrutturazione* o *decostruzione* (e ancor più *smontaggio*) alludono piuttosto alla scissione dei legami instaurati tra gli elementi costitutivi del manufatto, all’atto della sua edificazione o produzione ma non necessariamente alla loro definitiva perdita. Al *costruire* non si oppone, dunque, il solo *distuggere*, inteso come *demolire* o *abbattere*, ma anche il *distuggere* e il *rimuovere*, attraverso il semplice *destrutturare* o *smontare*.

Le implicazioni e le conseguenze delle nostre azioni sono, nei due casi, assai diverse e sono tali da gettare nuova luce anche sulle azioni, per così dire “positive”, che sembrano segnare l’arte del *costruire* e del *restaurare*.

La storia dell’architettura, d’altra parte, ha espresso atteggiamenti assai contrastanti a questo proposito. In alcuni momenti e luoghi del passato più o meno recente, ha agito in tutto ciò una totale e programmatica *eliminazione* (distruzione, cancellazione...) degli edifici antichi, spesso attuata in virtù di una *damnatio memoriae* che richiedeva la scomparsa dei simboli e delle cose di un nemico sconfitto, di un condannato o di un esiliato. Questo particolare modo del *distuggere* sembra anzi offrire scarsi motivi di ulteriore riflessione per il nostro tempo attuale, se non sul piano strettamente ideologico, perché il termine distruzione assume in questi casi il vero e proprio significato di *cancellazione definitiva* d’ogni traccia degli stati trascorsi e di *annullamento* definitivo del bene in questione. Eppure, anche un atto così radicale lascia spesso dietro di sé tracce preziose per interpretare gli edifici e le loro storie trascorse, come bene sanno gli archeologi o quanti si occupano di analisi stratigrafiche delle strutture antiche sopravvissute nella contemporaneità. Seppure in negativo, infatti, il *distuggere* può rivelarsi carico di significative conseguenze e di inedite occasioni di analisi di quegli stessi manufatti<sup>10</sup>. Non solo la *presenza* di un residuo costruttivo, in altre parole, ma anche i segni della sua *assenza* o rimozione possono aiutare a ricostruire le vicende trascorse della storia di un manufatto, poiché anche la più drastica

*distruzione* può avere lasciato dietro di sé, sul corpo dei manufatti stessi, utili frammenti indiziari che attendono solo di essere interpretati come tracce e come testimonianze di un mondo che non è più ma che ancora può dire e dare al mondo del presente e del futuro.

In altri casi, tuttavia, ha prevalso una forma di *distruzione*, intesa piuttosto come *sradicamento* del manufatto cui si rivolgono il nostro interesse e la nostra cura e che ha alterato o interrotto i legami esistenti tra i materiali e gli elementi di un manufatto, oppure tra esso e il suo contesto. Si tratta, in questi casi, di *distruzioni* per così dire *celate*, poiché non sempre sembrano aver comportato la cancellazione definitiva del manufatto e la completa perdita della sua materia originaria e storicamente determinata. Fin dall'antichità, non a caso, troviamo per questo numerosi esempi di *traslazioni* d'antiche fabbriche in luoghi diversi da quelli in cui erano sorte. Si è trattato, a volte, di sapienti operazioni di *smontaggio* e di successivo *rimontaggio*.

Altre volte, i caratteri e la consistenza dei manufatti coinvolti, o vincoli esterni di varia natura, hanno portato a radicali loro demolizioni, seguite da più o meno fedeli ricostruzioni analogiche, eventualmente nobilitate dal riutilizzo di alcuni loro elementi decorativi e simbolici "originari", salvati dalla distruzione dell'originale. Si pensi, ad esempio, alla *transportazione* della Cappella del Presepe nella Basilica di San Pietro in Vaticano, a suo tempo proposta da Domenico Fontana<sup>11</sup>, al trasferimento dei templi di Abu Simbel, lontano dalle acque distruttrici del Nilo in conseguenza della costruzione della grande diga di Assuan, o ai molti casi che le schede comprese nella presente sezione dell'opera propongono come spunti e casi di riflessione non solo tecnica. In ogni caso, simili azioni non sono mai state banali o casuali, per le loro rilevanti implicazioni tecniche e per le ragioni ideali, culturali e disciplinari che le sostennero, e proprio per questo offrono ancora preziose informazioni e interessanti spunti di riflessione nella presente situazione culturale e per i suoi futuri sviluppi.

Un'ulteriore e ancora diversa forma di *distruzione*, per così dire *mascherata*, è poi costituita dai numerosi interventi di *ri-uso* e di *ri-definizione formale* o *simbolica* di antiche fabbriche, attuati ogni volta che una civiltà ha inteso affermare la propria alterità, superiorità o distanza da quelle precedenti che l'hanno preceduta.

Si potrebbero, a questo riguardo, ricordare la trasformazione in chiesa cristiana del tempio greco di Siracusa e dello stesso Pantheon di Roma, l'uso residenziale continuato per secoli dopo la caduta dell'Impero romano dell'anfiteatro di Nîmes o del teatro di Marcello, ma anche il *frigidarium* delle terme di Diocleziano che Michelangelo inglobò nella nuova chiesa di Santa Maria degli Angeli a Roma. Non sempre, occorre sottolineare, la materia di questi edifici andò totalmente o definitivamente perduta ma è del tutto evidente che di essi si mutarono radicalmente i caratteri, i significati e il ruolo, come spesso ancora avviene in molti restauri attuali, con evidenti contraddizioni rispetto ai conclamati scopi ultimi della disciplina. Si potrebbero poi richiamare, quali ulteriori e ancora differenti esempi di *distruzione imperfetta*, i rifacimenti o gli *inglobamenti fisici*, per dirla con Erwin Panofsky<sup>12</sup>, di chiese paleocristiane e medievali attuati dalla cultura rinascimentale e barocca, come il San Francesco di Rimini (di Leona Battista Alberti), o il San Giovanni in Laterano (di Francesco Borromini). Anche in questi casi, in realtà, molta parte della materia esistente fu salvata e molti elementi costruttivi esistenti furono smontati, rimossi e talvolta distrutti così che solo pochi frammenti "originari" furono infine effettivamente salvati, rimontati e ricollocati in opera, pur sempre entro contesti formali e costruttivi assolutamente inediti.

Vi sono, infine, innumerevoli testimonianze di come, in un passato anche non troppo lontano dalla nostra contemporaneità, la distruzione si rivelasse spesso una paziente, accurata e in parte codificata azione di *smontaggio* dei manufatti architettonici esistenti. A questa consuetudine non era di certo estranea la volontà o la necessità di recuperare, almeno parzialmente, la materia degli edifici e il loro valore economico, tecnico, memoriale e anche affettivo<sup>13</sup>.

Questi, come altri interventi citati nelle schede comprese in questa sezione dell'opera, sono stati pesantemente distruttivi e, tuttavia, hanno anche solitamente coinvolto una cultura costruttiva e tecnica non meno rilevante di quella richiesta dalle parallele, o successive, azioni di costruzione. Sovente, infatti, questi interventi "demolitori" hanno quantomeno determinato l'acquisizione di conoscenze e la sperimentazione di procedure esecutive che la distruzione stessa imponeva o

rendeva possibili a vantaggio, in ogni caso, dei successivi sviluppi delle pratiche edificatorie o di recupero del patrimonio esistente.

D'altra parte, non solo la storia trascorsa testimonia la rilevanza che la *distruzione* e la *demolizione* hanno assunto (o ancora possono assumere) nel pensiero e nell'azione dell'architetto. Sovente, nella progettazione di *nuovi mondi formali* (come direbbe Manfredo Tafuri) oltre che nella tutela del patrimonio architettonico e ambientale a noi pre-esistente, le possibili nostre azioni percorrono, seppur talvolta inconsapevolmente, queste medesime vie già da molto tempo tracciate e frequentate con alterni e sempre discutibili esiti. Ai ricorrenti tentativi di dimostrare, sul piano teorico, la legittimità e la necessità di atti così radicali quali sono la *demolizione* e la *distruzione*, corrispondono, d'altra parte, tecniche e modi d'intervento variamente invasivi compresi anche in altre e diverse sezioni di questa opera poiché è assai difficile tracciare rigidamente i perimetri delle nostre diverse possibili azioni sui manufatti preesistenti. La tecnica del *cuci e scuci*, ad esempio, che risulta essere frequentemente applicata alle strutture murarie antiche, quasi fosse uno strumento del tutto indolore, dovrebbe esempio piuttosto essere ridefinita come tecnica dello *scuci e ricuci*. In essa, infatti, l'atto distruttivo precede sempre quello re-integrativo e, per rispettosa che possa a prima vista sembrare, l'operazione può condurre in effetti alla totale distruzione del manufatto coinvolto e alla sua sostituzione con una sorta di simulacro o di modello analogico in scala reale, in cui permangono solo deboli tracce dell'antica e originaria (autentica!) consistenza fisica e formale. Analogamente, numerose tecniche di *pulitura* (vedi sezione *Pulitura*) comportano assai spesso la distruzione di una certa quantità di materia che nel tempo si è aggiunta, per deposito naturale o per atto umano volontario, alle superfici degli oggetti su cui interveniamo. La loro applicazione pone allora problemi assai rilevanti, sotto il profilo teorico, ideale e tecnico, perché restano spesso ignote le loro effettive conseguenze e la loro reale portata sulla sopravvivenza dei manufatti coinvolti dalle nostre azioni. In ambedue i casi, poi, si tratta di azioni solo apparentemente "positive", ossia rette dalla fiducia di poter comunque migliorare le qualità dell'esistente (assicurandone la *pulizia*, il *decoro*, l'*igiene*, la *stabilità*...). All'opposto, tuttavia, esse si rivelano talvolta assai distruttive e si trasformano, così, in azioni del tutto "negative", ossia capaci di sottrarre materia, significati e valori all'esistente. Se, in alcuni casi, si deve dunque intervenire su un marmo intaccato da devastanti incrostazioni o se, in altre circostanze, non si scorgono ragioni sufficienti per impedire rimozioni, sostituzioni o parziali trasformazioni di parti ed elementi costitutivi di un manufatto, occorre sapere che si tratta, pur sempre, di distruzioni e di perdite definitive e ciò impone, rispetto ai nostri conclamati obiettivi, serie cautele e approfondite riflessioni. Neppure l'eventuale recupero e riutilizzo dei pezzi smembrati di un manufatto esistente, in un intervento di per sé non dichiaratamente distruttivo, supera i dubbi fin qui sollevati.

Lo dimostra l'antica tradizione degli interventi di *anastilosi*, spesso assai diversi e lontani dal semplice *ri-montaggio* di elementi smembrati e caduti poiché sospinti nel conflittuale mondo delle integrazioni o delle re-integrazioni. Neppure un'assidua e corretta manutenzione, che spesso richiede o favorisce il *re-impiego* di elementi e frammenti preesistenti o che talvolta limita i rischi della loro scomparsa, risolverebbe peraltro i cruciali quesiti fin qui sollevati. Nulla autorizza, infatti, a escludere che una pratica manutentiva male intesa possa trasformarsi in una strisciante trasformazione degli edifici affidati alle nostre cure, soprattutto se attuata attraverso molte e ripetute distruzioni localizzate ma distribuite in un lungo lasso di tempo.

Le schede comprese in questa sezione e che illustrano le diverse possibili tecniche o metodiche di *smontaggio*, *ri-montaggio* e *demolizione* riportano, d'altra parte, numerosi esempi che confermano i rischi fin qui evidenziati. Questi esempi, tuttavia, espandono semplicemente, per numero e per qualità, gli oggetti, le operazioni e i problemi che occorre rileggere con l'attenzione rivolta al tema della *distruzione* quale componente ineliminabile della tutela e del restauro. La questione, infatti, è di carattere più generale di quanto non lascerebbero supporre i singoli esempi illustrati nelle diverse schede della sezione, come d'altra parte denuncia la natura stessa del linguaggio con il quale descriviamo i nostri progetti sugli edifici esistenti.

Molto spesso, infatti, le nostre parole sembrano nascere da (o nascondere) una sorta di radicale finzione che, per pudore o per confusione, impedisce di prendere atto della potenziale distruttività di interventi che pur si dichiara di attuare in nome della tutela, della conservazione o del restauro.



Si pensi, ad esempio, alle conseguenze talvolta evocate da termini quali *ri-nnovamento*, *ri-pristino*, *ri-sanamento* o, più in generale, dalla parola *restauro*. In ognuno di questi termini, infatti, il prefisso stesso “re” o “ri” sembra indicare l’inevitabilità di una distruzione, seppur nascosta dietro le rassicuranti parvenze di un indolore viaggio a ritroso nel tempo volto a rendere nuovamente presenti condizioni e stati definitivamente perduti e assolutamente non univocamente noti. Il termine *restauro*, d’altra parte, sembra costantemente affermare per alcuni suoi interpreti la effettiva possibilità di capovolgere il corso ormai consumatosi degli eventi passati (che non sono più), cancellando così le tracce che essi hanno lasciato sugli oggetti, grazie alle molte possibili azioni tecniche descritte in questa e in altre sezioni dell’opera.

Il tema della *distruzione*, sotto questo profilo, ha dunque un carattere di assoluta generalità e il bisogno di indagarne significati e conseguenze non nasce semplicemente dalla constatazione di quanto essa sia stata, o sia tuttora rilevante per il pensiero e per la pratica architettonica anche in vista della tutela del patrimonio esistente. Vi è, in tutto ciò, un profondo interesse che sovrasta di molto il doveroso scrupolo documentario, o la rigorosa ricerca su aspetti insondati del nostro lavoro. Per quanto paradossale possa sembrare, infatti, nella *distruzione* possono esistere occasioni assolutamente imprevedibili di nuova conoscenza, di reale progresso scientifico e tecnico ed è questa possibilità che deve anzitutto attrarre il nostro interesse e la nostra cura. La *distruzione*, nella considerata sotto forma dello *smontare*, può peraltro insegnare molte cose e non solo condurre alla semplice cancellazione definitiva di un manufatto. Ne è consapevole l’artigiano che smonta ante e pianali di un antico armadio, per rimontarli a risanamento avvenuto e che, così facendo, impara anche come il mobile sia fatto e come funzioni. Lo sanno anche l’orologiaio o il meccanico che, solo smontando il meccanismo che hanno di fronte, comprendono appieno i suoi segreti e acquisiscono le conoscenze e le abilità utili per ripararlo e per risolvere analoghi problemi in altre occasioni. Vi sono, infine, specifiche competenze che l’atto distruttivo può stimolare o determinare, come testimonia la storia militare e la connessa evoluzione delle architetture fortificate o come dimostra anche l’attività degli esperti di esplosivi, che hanno messo a punto sofisticati strumenti e metodi o procedure per l’abbattimento controllato dei grattacieli nelle metropoli contemporanee.

Parlare e discutere di *distruzione* risponde, quindi, a generali bisogni di carattere speculativo e alla volontà di non ignorare, o sottovalutare, un aspetto assai delicato del nostro pensare e operare.

La letteratura scientifica e tecnica sul restauro, così come quella sulle attività edili in generale, è tuttavia povera di specifiche riflessioni e di puntuali trattazioni su simili argomenti. Solo i prezzari delle opere edili, sovente applicati anche nel campo del restauro nonostante i propri evidenti limiti in tale settore, sembrano riservare adeguato spazio a queste attività e, per loro natura, riducono spesso la distruzione, con tutte le attività connesse, a semplici e quasi banali atti tecnici privi di ogni diversa implicazione culturale e metodologica. Anche nelle relazioni illustrative che di norma accompagnano i progetti di restauro-recupero, gli *smontaggi*, le *ri-mozioni* e le *demolizioni* sembrano accantonate, quando pure esistono compaiono tra i temi trattati, e la *distruzione* sembra emergere, solo quale evento improvviso, dalla semplice combinazione delle voci dei prezzari via via utilizzati. Rispetto a un simile evento, infatti, sembrano essere considerati rilevanti quasi esclusivamente le quantità dei manufatti da distruggere molto meno le loro qualità (se non per quanto incidono sulla quantità di lavoro necessario) e quasi per nulla i modi tecnici con i quali attuare le previsioni di progetto, quando esistenti (se si eccettua la scelta dei macchinari o delle attrezzature necessarie alla loro realizzazione, quasi sempre influenzata prevalentemente da valutazioni di carattere meramente gestionale).

La *cultura dei prezzari* sembra, per questo, costituire la moderna versione di una *damnatio memoriae* che rischia di far perdere molto di quanto apparentemente sopravvive del patrimonio architettonico esistente, vista la rilevanza di quanto viene normalmente distrutto in ogni intervento di *restauro*, di *recupero*, di *risanamento* o di *riqualificazione*. Affinché questo non sia un inevitabile destino, allora, occorrerebbe far sì che dalla distruzione, quando pure si rivela indispensabile o inevitabile (per ragioni superiori che nulla dovrebbero avere a che fare con pre-ordinate intenzioni ideologiche o progettuali fine a se stesse), possano quantomeno derivare nuove acquisizioni e non solo irreparabili perdite. Occorrerebbe a tal fine introdurre, nel cantiere di restauro, la stessa

rigorosa attenzione alla documentazione in corso d'opera che, nel lavoro dell'archeologo, scandisce le fasi dello scavo, assicurandone la scientificità e la legittimità. Questo richiede, peraltro, la vigente legislazione in materia, quantomeno quando si interviene nell'ambito delle opere pubbliche e su beni vincolati e sottoposti a tutela (Codice dei Beni Culturali) con la redazione del Consuntivo Scientifico al termine del cantiere.

Le opere di *demolizione* non dovrebbero, inoltre, essere semplicemente delegate, come spesso avviene, alla responsabilità delle maestranze o essere decise solo durante le fasi del cantiere, ma ciò comporta un radicale mutamento dei paradigmi del lavoro stesso del progettista, ancor prima che la riorganizzazione delle sole fasi esecutive degli interventi. Sempre più urgente appare, infine, la predisposizione di nuovi strumenti capitolari e di metodi di computazione di opere e prestazioni, legati alle esigenze dell'intervento sull'architettura esistente, anziché derivati, per meccanica traslazione, dall'esperienza maturata nel campo delle nuove costruzioni.

Riflettiamo, dunque, con estrema attenzione sul tema della "*distruzione*": il *distuggere*, infatti, non è affatto indifferente al *costruire* né al *restaurare*, soprattutto se finalizzato alla conservazione di quanto ci hanno lasciato in eredità provvisoria le epoche e le civiltà trascorse e che, ogni giorno, dobbiamo decidere se accettare o meno in lascito. È questo un invito assai importante, non solo sul piano della riflessione teoretica, ma anche a livello operativo, poiché, molto spesso, le tecniche illustrate in questa sezione dell'opera non sono utilizzate autonomamente ma s'intrecciano inestricabilmente con altre operazioni descritte in altre sue parti. Ogni intervento di *demolizione*, ad esempio, non può ignorare le sue estreme conseguenze e deve quindi prevedere eventuali opere di *consolidamento*, ossia la realizzazione di strutture provvisorie di sostegno del manufatto, oppure deve presupporre l'esecuzione d'interventi volti a rinforzare o a integrare, materiali ed elementi danneggiati dalla distruzione di altri componenti.

Ogni *smontaggio* che preveda la nuova posa in opera degli elementi rimossi e recuperati, *in situ* o altrove, dovrà a sua volta integrarsi con le tecniche della *ri-adesione* e del *ri-ancoraggio* e, quando il manufatto ricomposto mostrerà mancanze e lacune, emergerà inevitabilmente il quesito circa necessità, la possibilità e la legittimità della sua *integrazione*. Gli intrecci o, se si preferisce, le interferenze tra questo e altri settori di intervento, non si esauriscono peraltro in questi esempi giacché, ad esempio, *smontaggi* o *demolizioni* interagiscono pesantemente e ricorrentemente anche con le opere di *disinfestazione*, o sono da queste condizionate, mentre possono rivelarsi funzionali anche a interventi di *deumidificazione*. Per questa ragione, è quanto mai opportuno affermare, ancora una volta, che solo il progetto può dare significato alla selezione e all'impiego delle singole tecniche d'intervento. Le schede

comprese in questa sezione dell'opera rappresentano, quindi, un semplice e non esaustivo ausilio all'attività del restauratore e certo non costituiscono una raccolta compiuta delle risposte ai diversi problemi fin qui sollevati e illustrati, quali ricette disponibili a un uso immediato attraverso una semplice selezione autoreferenziale o una mera collazione automatica.

### Note:

Per quanto concerne l'analisi dei termini utilizzati nel testo, le note fanno riferimento alle seguenti opere: L. Castiglioni - S. Mariotti, *Vocabolario della lingua latina*, Loescher, Torino 1970; G. Devoto - G. Oli, *Dizionario della lingua italiana*, Le Monnier, Firenze 1985.

Sono inoltre stati consultati: il *Vocabolario della lingua italiana* e il *Dizionario enciclopedico italiano*, editi dall'Istituto per l'Enciclopedia Italiana - G. Treccani di Roma, rispettivamente nel 1987 e nel 1956.

<sup>1</sup> Dal latino *construere*: "ammucchiare; assettare; costruire".

<sup>2</sup> Dal latino *structura*: "disposizione, ordinamento, struttura", ma anche: "struttura, costruzione, muratura" e "in senso concreto: costruzione, edificio, fabbrica, muro".

<sup>3</sup> Il verbo latino *struo*, da cui *con-struere*, significa, d'altra parte: "disporre in ordine, ordinare", ma anche: "costruire, edificare, elevare, erigere".

<sup>4</sup> Dal latino *destruere*: "distuggere, abbattere". Un significato analogo è, del resto, nel termine "demolire", derivato da *de-moliri*, ove *moliri* è: "costruire, erigere, fabbricare, fondare, fare".

<sup>5</sup> Legato in modo più letterale all'unione del verbo *strúere* con il suffisso sottrattivo *de*: da cui il significato indotto di: "rompere l'ordine originario".

<sup>6</sup> Smontare, dal francese *monter*, con il suffisso sottrattivo: *s*. L'italiano ha dunque mutuato il verbo da una lingua neolatina, ma in latino il corrispondente del francese *monter* e il verbo *instrúere*, nuovamente composto dal verbo *strúere* con il suffisso *in*, che indica, in senso lato, unione. Se è dunque vero che, in latino, il corrispondente del verbo *smontare* è *resolvere* o *dissolvere*, resta il fatto che, se il termine *montare* può essere associato a *instrúere*, l'opposto termine *smontare* può essere ricondotto al verbo *destrúere*. *Destrúere* può quindi essere interpretato non solo come "distruggere", nel senso del "demolire", ma anche come "smontare", posto che "costruire" corrisponde a *con-strúere* e che "montare" corrisponde a *in-strúere*.

<sup>7</sup> Non certo nel caso di una malta, di un calcestruzzo o di una muratura a secco, ad esempio, i cui processi realizzativi non ammettono alcun tipo di reversibilità. In molti altri casi, l'idea di poter "smontare" un edificio ha, invece, un certo fondamento, come dimostrano numerose vicende costruttive del passato e le schede della sezione.

<sup>8</sup> In italiano, infatti, il significato di *montare* è: "compiere una operazione di *montaggio*", ove per *montaggio* si intende: "una operazione per mezzo della quale i diversi elementi costitutivi di un dispositivo, di un meccanismo, di una macchina o di una struttura vengono collocati secondo lo schema di fabbricazione al loro posto funzionale, in modo da formare un unico complesso funzionante".

<sup>9</sup> Non a caso un significato del verbo *de-strúere* è: "annientare in modo da rendere definitivamente inutilizzabile qualcosa o da cancellarne perfino la traccia". Inoltre, all'italiano *distruggere* non corrisponde solo l'espressione latina *de-strúere* ma anche verbi come: *delere*, *diruere*, *evertere*, cui può essere associato l'italiano "demolire".

<sup>10</sup> Cfr. R. Francovich, R. Parenti (a cura di), *Archeologia e restauro dei monumenti*, Ed. all'Insegna del Giglio, Firenze 1988 e: T. Mannoni, *Archeologia dell'urbanistica, e: Caratteri costruttivi dell'edilizia storica*, Escum, Genova 1994.

<sup>11</sup> Cfr. D. Fontana, *Della trasportazione dell'obelisco vaticano*, Roma, 1590 (ristampa anastatica, Ed. Il Polifilo, Milano, 1978).

<sup>12</sup> Cfr. E. Panofsky, *La prima pagina del "Libro" di Giorgio Vasari*, in: E. Panofsky, *Il significato delle arti visive*, Einaudi, Torino 1962, pp. 188 e segg.

<sup>13</sup> L'analisi di numerosi interventi del passato testimonia come la demolizione d'interesse parti di città sia stata intesa come "smontaggio" dei singoli edifici. Si ricorda, ad esempio, l'apertura a Genova di strada Nuovissima (oggi via Cairoli) alla fine del XVII secolo, o di via Carlo Felice (via XXV Aprile), nel XIX secolo. Si tratta di profonde cesure del tessuto edilizio medievale, operate tagliando, con grande perizia, le fabbriche lungo gli allineamenti dei nuovi assi viari. I tagli videro l'impiego di maestranze specializzate che, procedendo dalle coperture alle fondamenta, rimuovevano i materiali in opera selezionando quelli recuperabili da quelli inviati alle discariche. Il vantaggio economico non era solo il frutto di un'innata previdenza della popolazione, ma era rigorosamente normata dagli strumenti capitolari e mirava alla minimizzazione dei guasti indotti sulla parte superstite degli edifici, oltre che sul recupero di parte della loro materia. Sull'argomento: cfr. E. Poleggi - P. Cevini, *Genova*, Laterza, Bari 1980; cfr. inoltre le tesi di laurea di L. Ricolfi: *Un progetto urbanistico di lunga durata. Strada Nuovissima (1666-1786)*, Facoltà di Architettura - Università di Genova, AA. 1988/89 rel. prof.ri E. Poleggi e G. V. Galliani, e la tesi di E. Sabbadini, *Cultura del costruire e modificazioni della città, 1825-1830: il taglio della strada Carlo Felice e il raccordo di Palazzo Pallavicini*, AA. 1992/93, rel. prof. G. V. Galliani, arch. S. F. Musso.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

In termini generali, *smontare* significa “scomporre una struttura, specialmente meccanica, nelle sue parti costitutive (ad es. un orologio o un motore), in altre parole rimuovere un pezzo dalla propria sede (come una pietra dalla posizione occupata nel muro) o anche, con riferimento a un’abitazione, rimuovere e portare via gli oggetti del suo arredamento” (Zingarelli, *Dizionario della Lingua Italiana*). Il termine deriva dal francese *demontage* che richiama il verbo latino *moliri*, col significato di “porre insieme, costruire, erigere”, da cui il *demolire* come azione contraria.

In senso più specifico, lo smontare con il corrispondente smontaggio rimandano a un’idea di reversibilità delle azioni che caratterizzano molte attività dell’uomo, dall’artigianato all’industria meccanica, dal bricolage alla costruzione edile. È tuttavia evidente che non sempre gli edifici possono essere “smontati” e ridotti agli elementi costitutivi elementari, specie se sono caratterizzati da tecniche costruttive di carattere murario assai lontane dalla moderna prefabbricazione a secco, senza demolirli e distruggerli (v. SMG08 - Demolizioni e rimozioni parziali nei manufatti architettonici).

Molti manufatti architettonici possono, tuttavia, essere sottoposti ad azioni di smontaggio, totale o parziale, che consentono di attuarne il risanamento con strumenti, metodi e fasi favoriti dalla scissione e dalla separazione, temporanea, dei legami che tengono insieme i loro diversi pezzi, ed essere poi rimontati.

*Tipi di smontaggio*

Lo smontaggio è spesso associato, direttamente o indirettamente, ad altre operazioni e richiede, quindi, modi d’esecuzione e l’impiego di tecniche e strumenti specifici, in relazione alle sue finalità e ai caratteri costruttivi dei manufatti interessati.

*Smontare per restaurare*

Si può così realizzare lo smontaggio di un manufatto per procedere alla pulitura, al consolidamento e all’eventuale protezione dei suoi componenti smembrati, per poi rimontarli e collocarli nella sede originaria, come avviene nel restauro dei mobili o nella manutenzione dei manti di copertura e delle loro orditure di sostegno (fig. 1), nel restauro di pavimenti e rivestimenti, o degli infissi (v. SMG02 - Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei; SMG03 - Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei e SMG04 - Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura). Analogamente, può talvolta avvenire che alcuni elementi costitutivi di un manufatto nato dal loro assemblaggio debbano essere smontati o rimossi dalla loro collocazione per consentire interventi di restauro delle strutture cui sono ancorati o addossati, come avvenne, alla fine degli anni settanta del secolo scorso, ai due pulpiti monumentali del duomo di Milano. Essi furono rimossi per consentire gli interventi di consolidamento, mediante la tecnica del cuci-scuci, dei piloni che reggono il tiburio e furono successivamente ricollocati nel sito originario dopo essere stati, a loro volta, restaurati.

*Smontare per demolire in modo controllato*

In altri casi, lo smontaggio di un manufatto si presenta come una sorta di “demolizione controllata”, con o senza successivo rimontaggio, in loco o altrove, dei suoi pezzi smembrati e dei materiali derivanti dall’operazione.

Sono testimonianza di simili interventi i diffusi casi di riutilizzo di elementi e di parti di edifici classici nelle architetture, soprattutto religiose, dei periodi paleocristiano e romanico ma anche rinascimentale. Singoli pezzi scolpiti sono lì reimpiegati, secondo la pratica dello “spolio”, in strutture analoghe a quelle da cui erano state prelevate oppure sono inseriti in contesti totalmente diversi da quelli di provenienza, privati di ruolo strutturale e senza alcuna specifica funzione, se si esclude quella simbolica assegnatagli dai nuovi costruttori (v. SMG03 - Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei).

#### *Smontare per spostare e rimontare altrove*

Vi sono, inoltre, numerosi esempi, anche lontani nel tempo, di antichi edifici o di singoli elementi architettonici smontati o suddivisi in pezzi di dimensioni tali da consentirne la manovrabilità, per essere spostati dal loro sito di fondazione o dalla loro abituale collocazione.

Quando le caratteristiche costruttive lo consentono, lo smontaggio è allora attuato sciogliendo le antiche unioni tra gli elementi componenti o rimuovendo i dispositivi che ne avevano assicurato la giunzione, all'atto della costruzione o realizzazione. Così è avvenuto al Crystal Palace di Paxton, smontato e spostato da Londra a Brighton, a conclusione della Esposizione Universale del 1851.

In altre circostanze, invece, la massa dei manufatti è stata interrotta in punti utili all'operazione di rimozione e frammentazione, indipendentemente dai modi della loro originaria costruzione, come è avvenuto nel caso dei grandi templi egizi di Abu Simbel. Questi, agli inizi degli anni sessanta del secolo scorso, furono, infatti, tagliati in grandi blocchi e spostati altrove, appoggiati a una collina artificiale in calcestruzzo cementizio armato che riproduceva i caratteri del sito originario, per salvarli dalle acque del Nilo destinate a inondarlo a seguito della costruzione della diga di Assuan. Analoghi interventi riguardano peraltro numerosi edifici spostati dai loro siti originari, dopo essere stati pazientemente smontati, pezzo per pezzo, come accadde alla chiesa che sorgeva ai piedi della scalinata del Campidoglio a Roma o a molte parti recuperabili di quella di Nostra Signora del Rimedio, eretta nell'antica via Giulia e ricostruita in piazza Alimonda, nella zona di espansione della Genova dei primi del Novecento, smontando, tra l'altro, l'altare marmoreo di Carlo Barbino che ancora adesso sorge nel suo presbiterio (v. SMG08 - Demolizione e rimozioni parziali nei manufatti architettonici).

#### *Smontare per spostare e proteggere e conservare*

Sono infine numerosi i manufatti smontati e rimossi dal loro sito originario per essere sistemati all'interno di nuovi ambienti, ad esempio di carattere museale, per assicurarne la conservazione pur scontando la loro contestabile decontestualizzazione. È quanto avvenuto, ad esempio, all'altare di Pergamo, spostato dalla città dell'Asia Minore nel grande museo di Berlino, a molti frammenti del Partenone di Atene, ricomposti su nuovi supporti nel British Museum di Londra, o agli affreschi della tomba detta del tuffatore, ricomposti entro una ricostruzione della tomba stessa all'interno del museo archeologico di Paestum. Ad analoghi intenti sono poi riconducibili infiniti interventi che, per le più diverse ragioni, hanno portato a smontare e rimuovere dalla loro originaria collocazione gruppi scultorei, tombe, monumenti, altari, polittici e altre componenti artistiche e architettoniche, per rimontarli nelle sale di molti musei, in Europa e nel mondo.

### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Tutti i manufatti caratterizzati dall'unione di elementi diversi e autonomi, soprattutto se tenuti insieme da legami e da dispositivi che non determinano la loro definitiva “fusione o unione” e che mantengono la riconoscibilità e l'autonomia di ciascuno di essi, possono essere smontati ed eventualmente rimontati, seppure con difficoltà variabili e con garanzie di successo altrettanto mutevoli. In altri termini, è tanto più possibile smontare un manufatto, senza provocare danni irreparabili o senza rischiare la perdita di singole parti, quanto più esse sono state poste insieme utilizzando dispositivi, materiali e mezzi di unione “a secco” che possono essere rimossi, allentati, aperti, svincolati, almeno in parte, con azioni speculari rispetto a quelle costruttive originarie, o con mezzi che ne interrompano in modi ordinati la continuità (fig. 2, fig. 3).

È questo il caso, ad esempio, di tutti i manufatti i cui elementi costitutivi sono collegati tra loro da dispositivi di connessione passivi, di ritenzione o di serraggio, posti in opera a secco quali ad esempio: viti, chiodi, perni, cavicchi, incastri, cerchiature, fasciature, cerniere ecc. Entro certi limiti, poi, sono assimilabili a questi manufatti anche quelli costituiti da pezzi tenuti insieme con un

limitato impiego di sostanze collanti e adesive. Si pensi, a questo riguardo, a molti elementi di arredo, fissi e mobili, o di finitura e, in particolare, ai rivestimenti lignei di pareti interne (*boiseries*), agli stalli degli antichi cori lignei, agli infissi in genere, ai cassettonati di molti soffitti variamente decorati, intagliati, dorati o dipinti, ai fastigi e ai fondali di molti altari barocchi, alle balastrate lignee o lapidee presenti in chiese o sale teatrali ecc., alle cancellate e a innumerevoli altre strutture di protezione. È facile, per questo, trovare simili elementi smontati, restaurati e ricollocati *in situ*, dopo aver eventualmente attuato interventi di rinforzo o di risanamento dei relativi supporti, ad esempio per difendere i manufatti rimontati dall'umidità presente nei muri cui erano addossati o dai rischi di crollo dei solai cui erano sospesi. Così si è operato su alcuni soffitti a cassettoni di palazzo Vecchio a Firenze, o sulle tele del Tiepolo, smontate dai rivestimenti lignei delle pareti della Scuola Grande di S. Giovanni Evangelista, a Venezia. Con analoghe azioni di accurato smontaggio sono stati rimossi, dagli edifici che li ospitavano, i rivestimenti lignei di interi ambienti, successivamente rimontati in molti musei di arti applicate, a testimonianza di antiche abilità costruttive e di trascorsi stili di vita, come testimoniano alcune ambientazioni del Victoria and Albert Museum di Londra. Con analoghe procedure, che sfruttano le stesse tecniche costruttive originarie, basate sull'assemblaggio di diversi elementi lignei mediante incastri, chiodature, impernature, staffature e tassellature, sono stati smembrati molti polittici medievali e rinascimentali, asportati dalle chiese di originaria collocazione e spesso dispersi in vari frammenti oggi rintracciabili in diversi musei del mondo e che talvolta si cerca oggi di ricomporre.

Allo stesso modo, molte strutture lignee e metalliche, dalle antiche gabbie delle case centro-europee (dette "a colombage"), o delle regioni alpine, ai più recenti manufatti dell'archeologia industriale (in particolare di tipo intelaiato), caratterizzati da unioni chiodate e bullonate o da incastri, possono essere smontate perché costruite con unioni che possono essere aperte e rimosse, seppur con le dovute cautele e con alcuni rischi per l'integrità dei manufatti. È una possibilità testimoniata dalla già ricordata vicenda del Crystal Palace di Londra ma anche dallo smontaggio di numerosi mercati coperti, costruiti con ferro e ghisa, tipici dell'architettura ottocentesca, spostati lontano dal sito di originaria erezione, come quello che sorge oggi al centro di Singapore, spedito via nave dall'Inghilterra suddiviso in singoli componenti accuratamente catalogati.

In generale, quindi, quasi tutte le opere di carpenteria lignea possono essere soggette ad azioni mirate di smontaggio parziale o totale e, in particolare, le strutture di copertura e i solai intermedi, gli infissi, le scale o le ringhiere e le strutture di protezione in genere.

Anche le strutture murarie possono talvolta essere smontate, soprattutto se costituite da conci e blocchi lapidei squadrati e regolari, come dimostra la tecnica del "cuci-scuci" (v. INT03 - Integrazione e consolidamento mediante "cuci-scuci").

Si possono inoltre smontare interi rivestimenti realizzati, ad esempio, con lastre lapidee, soprattutto se ancorate ai supporti con dispositivi metallici, quali zanche, perni o distanziatori, ma anche con malte, se è possibile rimuovere il materiale legante senza spezzare gli elementi componenti e senza provocare danni ai supporti. Analogamente, si possono smontare e rimuovere, per rimontarli *in situ* o altrove, pavimenti interni o esterni e, entro certi limiti, tarsie e intarsi sia lapidei sia lignei (v. SMG03 - Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei). È testimonianza di tale possibilità il recente intervento di restauro realizzato da Ottorino Nonfarmale sui rivestimenti marmorei della chiesa veneziana di Santa Maria Formosa. In essa, le lastre dei rivestimenti interni ed esterni, ancorate con malta di calce aerea alle murature in mattoni, sono state rimosse con l'ausilio di scalpelli e altri strumenti, accatastate fino a risanamento avvenuto delle pareti e, infine, ricollocate *in situ*, nell'ordine che contraddistingueva il rivestimento originario.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

A causa dell'estrema variabilità dei manufatti che possono essere "smontati" e "rimontati" e per le ragioni fin qui richiamate, è impossibile fornire un'unica descrizione delle fasi operative che l'intervento deve seguire. A tal fine, si rimanda ad alcune schede di approfondimento ove, in relazione a specifici manufatti, sono esposte alcune indicazioni operative di dettaglio. In questa sede è tuttavia opportuno richiamare alcuni elementi di metodo e alcune raccomandazioni utili a chiunque intenda smontare un manufatto per rimuoverlo dalla sua sede ed eventualmente rimontarlo *in situ* o altrove.

Ogni azione di smontaggio dovrebbe, infatti, rispettare alcuni passi fondamentali di seguito sintetizzati.

1. Rilievo accurato del manufatto oggetto di intervento, con particolare attenzione alla individuazione dei pezzi componenti, dei punti e delle linee di reciproca giunzione, soprattutto se gli elementi costitutivi sono variabili per forme e dimensioni.
2. Valutazione delle dimensioni e della consistenza, anche in termini di peso, dei singoli pezzi o delle diverse parti risultanti dallo smontaggio, per assicurare la loro effettiva e sicura manovrabilità.
3. Accurata numerazione dei pezzi e degli elementi che si prevede debbano essere smembrati e marcatura delle facce combacianti, sempre che ciò sia necessario per il tipo di elementi e per la loro disposizione, come accade in un commesso marmoreo, in un pavimento decorato o in una capriata, ove ogni pezzo occupa un posto specifico, al contrario di quanto avviene in un pavimento di piastrelle ceramiche indifferenziate. Numerazione e marcatura debbono, quanto più possibile, tenere conto dell'ordine in cui i pezzi saranno disancorati e rimossi, onde ritrovare non solo la loro posizione nel manufatto rimontato, ma anche per seguire l'ordine corretto delle operazioni necessarie al rimontaggio stesso e assicurare che esso si compia senza provocare rotture o indebite sollecitazioni delle parti componenti.
4. Individuazione della quantità, del tipo, delle forme, della posizione e della consistenza delle giunzioni esistenti tra i pezzi che compongono il manufatto, per progettarne correttamente lo smontaggio, scegliendo gli strumenti, i materiali e i metodi necessari, nonché la successione ottimale delle azioni tese a sciogliere tali giunzioni.
5. Rimozione degli elementi e/o dei materiali che assicurano la giunzione tra i singoli pezzi e tra i pezzi e gli eventuali supporti (utilizzando, ad es.: pinze e tenaglie per sfilare chiodi, cacciavite per rimuovere viti, solventi per sciogliere adesivi e collanti ecc.). La rimozione, in linea di principio, deve partire dagli strati e dagli elementi più esterni del manufatto, cioè da quelli le cui connessioni sono direttamente accessibili, che hanno minori vincoli e giunzioni e che non svolgono alcuna funzione "portante" o "stabilizzante" per altri elementi o parti del manufatto.
6. Collocazione dei pezzi smontati e rimossi in luoghi sicuri e in condizioni protette, per la loro temporanea custodia, o per essere sottoposti a eventuali interventi di pulizia, consolidamento, integrazione, riadesione ecc.
7. Pulitura e preparazione delle sedi di inserimento originario dei pezzi, se ancorati a un supporto cui si prevede siano nuovamente connessi.
8. Trattamento dei singoli pezzi (come indicato al punto sei).
9. Rimontaggio dei pezzi smembrati e rimossi, con inserimento di eventuali nuovi elementi di rinforzo o di connessione e con sostituzione degli elementi irrecuperabili, se il montaggio avviene sfruttando gli antichi supporti. In alternativa, realizzazione di nuove strutture di appoggio e ancoraggio, se i pezzi sono montati in luogo e in condizioni diverse da quelle di provenienza.
10. Rimozione di eventuali imperfezioni, quali colature di adesivi, o di perni e legature che emergono dalla superficie del manufatto ricomposto, ed esecuzione di eventuali finiture superficiali o di trattamenti protettivi dei pezzi rimontati.

Il rimontaggio segue comunque, in linea di massima, le regole costruttive proprie del manufatto su cui si opera ed è realizzato con fasi almeno in parte speculari rispetto a quelle dello smontaggio, in una sorta di anastilosi dei pezzi smembrati (v. SMG09 - Ricomposizione per anastilos) (fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Ogni smontaggio è tuttavia, almeno parzialmente, distruttivo, perché rescinde i legami istituiti all'atto della costruzione tra gli elementi che compongono un manufatto e comporta, pertanto, la perdita di molte sue qualità e di numerose informazioni in esso contenute, anche quando lo smontaggio non è utilizzato come metodo di demolizione controllata.

Per questa ragione, è necessario che ogni smontaggio sia attentamente progettato e che sia eseguito da personale specializzato, con strumenti adeguati e con metodi conformi al tipo di manufatto su cui s'interviene, ossia capaci di risolvere le unioni tra i suoi diversi elementi componenti.

Lo smontaggio, per conseguire gli obiettivi che ne hanno consigliato o imposto la scelta, deve, infatti, evitare di danneggiare i pezzi che occorre rimuovere e i loro eventuali supporti.

Occorre, inoltre, considerare con particolare attenzione la stabilità delle parti da smontare e del manufatto cui sono ancorate, durante le fasi di esecuzione dell'intervento e alla sua conclusione e, se necessario, realizzare opportuni sistemi provvisori di sostegno, a tutela del manufatto e degli operatori. Ciò è tanto più necessario quanto più gli elementi da smontare sono grandi e pesanti e quanto più essi sono strutturalmente impegnati nell'assicurare l'equilibrio della costruzione, come avviene quando si opera sui solai, sulle strutture di copertura, sui cornicioni, le balaustre o altri elementi simili.

Analogamente importante ha la predisposizione di opportuni mezzi di movimentazione e di calo a terra degli elementi smontati, a tutela degli operatori e dei pezzi rimossi, così come delicata è la fase del loro stoccaggio e della relativa catalogazione, soprattutto ai fini di un successivo rimontaggio o del riutilizzo, anche in altri contesti (fig. 8).

Lo smontaggio, infine, può richiedere la realizzazione di strutture di supporto totalmente nuove, in sostituzione di quelle esistenti irrimediabilmente deteriorate o dissestate, alle quali ancorare gli elementi durante il rimontaggio. In altri casi è addirittura necessario costruire supporti diversi da quelli originali e in altri luoghi, come accade quando il manufatto smontato è ricomposto, ad esempio, all'interno di un museo. In questi casi, intervengono scelte, sia teoriche sia operative, che coinvolgono le riflessioni generali sul restauro e per le quali si rimanda alla letteratura del settore e alle schede dedicate ai problemi delle integrazioni e delle riadesioni, azioni spesso coinvolte a valle di ogni azione di smontaggio e di rimontaggio di elementi e parti di manufatti danneggiati o instabili.

## ESPERIENZE

Il restauro dei mobili, quello degli antichi strumenti musicali, degli orologi e dei veicoli d'epoca propongono innumerevoli esempi di smontaggi, parziali o totali, di diversi tipi manufatti ed è quindi agevole trovare complete e dettagliate testimonianze di simili azioni sui testi che descrivono questi particolari settori di attività. In questi campi, infatti, le tecniche con cui gli oggetti sono stati realizzati, facilitano in particolar modo i successivi smontaggi e rimontaggi. Come accennato, all'opposto, l'architettura non sempre si presta a simili interventi ma è possibile ricordare, in relazione ai molti e diversi casi menzionati

nella scheda, almeno alcune esperienze, antiche e recenti, caratterizzate da azioni più o meno spinte e coerenti di smontaggio di un edificio.

Smontaggio, per segazione meccanica di grandi blocchi, dei templi egizi di Abu Simbel, spostati lontano dal sito originario, presso la diga di Assuan.

Smontaggio e rimozione degli elementi architettonici e decorativi (bassorilievi ed elementi architettonici) dell'altare di Pergamo, trasportati nel Museo archeologico di Berlino.

Smontaggio e recupero di elementi scultorei dei frontoni del tempio di Zeus al Partenone di Atene, conservati al British Museum di Londra.

Restauro, con parziali sostituzioni, delle lastre di marmo che rivestivano la facciata della basilica di San Marco a Venezia, vicenda che richiamò l'attenzione e stimolò le riflessioni di personaggi quali John Ruskin, Giacomo Boni, Camillo Boito, Luca Beltrami ecc., agli albori delle moderne teorie del restauro.

Smontaggio e rimontaggio delle lastre marmoree dei rivestimenti della chiesa di S. Maria Formosa a Venezia, realizzati da Ottorino Nonfarmale negli anni novanta del secolo scorso.

Rimozione, dalla loro sede, dei pulpiti monumentali del duomo di Milano, per anni conservati presso la Fabbrica del duomo e riancorati ai piloni che reggono il tiburio, dopo il loro consolidamento, agli inizi degli anni ottanta del secolo scorso.

Roma, Tempio Rotondo del Foro Boario: restauro e consolidamento strutturale della colonna n. 4 mediante smontaggio e sostituzione delle integrazioni ottocentesche non più funzionali

Perugia, Collegio della Sapienza Vecchia smontaggio di un pilastro responsabile del punzonamento della volta sottostante, con impiego di una trave sottoarmata

Perugia, Basilica di San Pietro (Facoltà di Agraria): sostituzione di pilastri ammalorati mediante il sistema delle centine di sollevamento

Città di Castello, sostituzione delle colonne del porticato di palazzina Vitelli



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

L'argomento non possiede una letteratura specifica. La scheda è stata redatta sulla base di conoscenze ed esperienze dirette dell'autore.

Alcune semplici procedure operative relative alle operazioni di asportazione, demolizione e smontaggio sono descritte in:

Franceschi S., Germani L. 2005, *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.

Nel terzo volume di Carbonara G. (a cura di) 1996, *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino, sono invece esaminati alcuni casi particolari relativi alla sostituzione di colonne e pilastri, sia mediante l'uso di travi armate che di centine di sollevamento.

Infine, alcuni interessanti esempi di smontaggi di manufatti architettonici sono reperibili in Carbonara G. (a cura di) 2004, *Atlante del restauro*, Utet, Torino, volume II.



Figura 1 • Smontaggio e rimontaggio di un manto di copertura. Si notino, a sinistra, le coperture provvisorie e, a destra, alcuni coppi accatastati in attesa di essere ricollocati. (SAV)

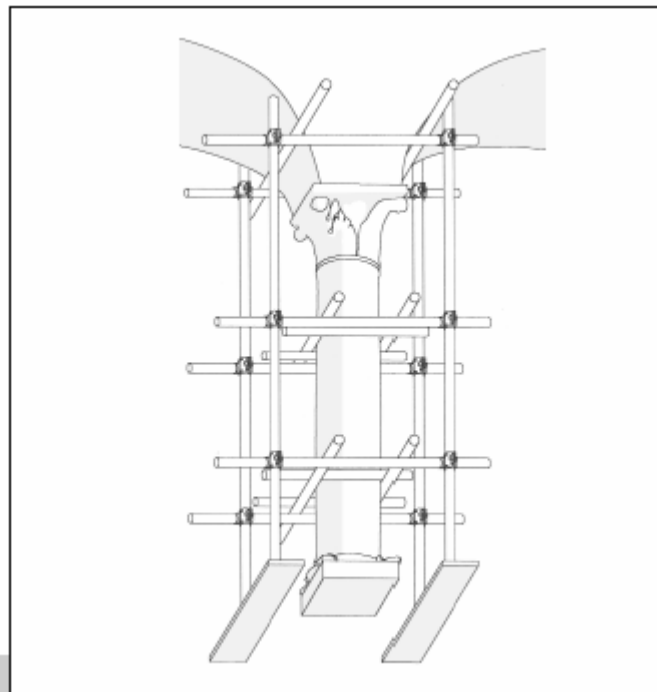


Figura 2 • Smontaggio del capitello di una colonna: sono allestite le opportune puntellazioni atte a sostituire la funzione portante dell'elemento da smontare. (CAF)

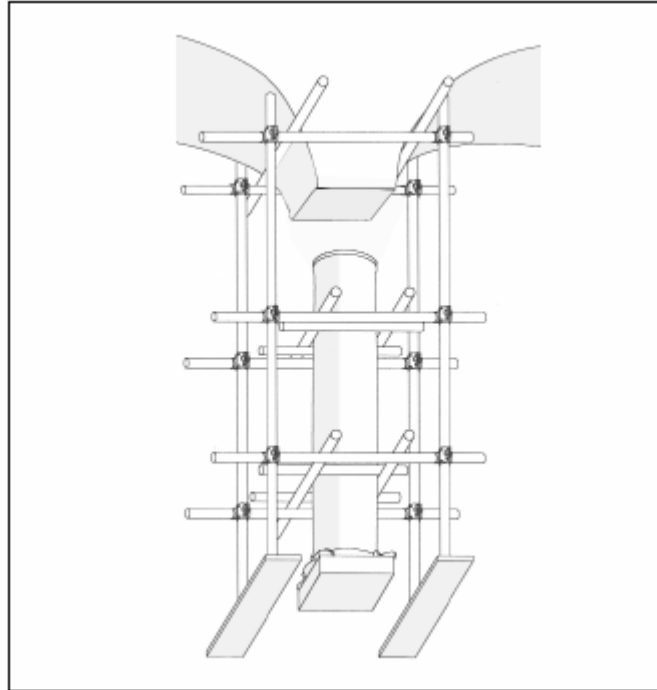


Figura 3 • Smontaggio del capitello di una colonna: dopo aver messo in tensione la struttura sostitutiva, sono rimossi gli elementi e/o i materiali che assicurano la giunzione tra i singoli pezzi e smontato il capitello.



Figura 4 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: l'architrave superiore è imbragato e rimosso dalla sua posizione originale.



Figura 5 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: inserimento di perni filettati di acciaio inox alla base dell'architrave.

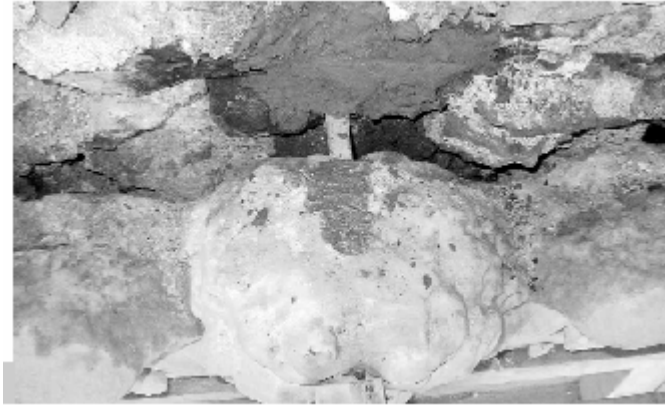


Figura 6 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: perno in acciaio inox murato a sostegno dell'elemento scultoreo che decora l'architrave della cornice.



Figura 7 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: elemento di connessione di un montante della cornice.

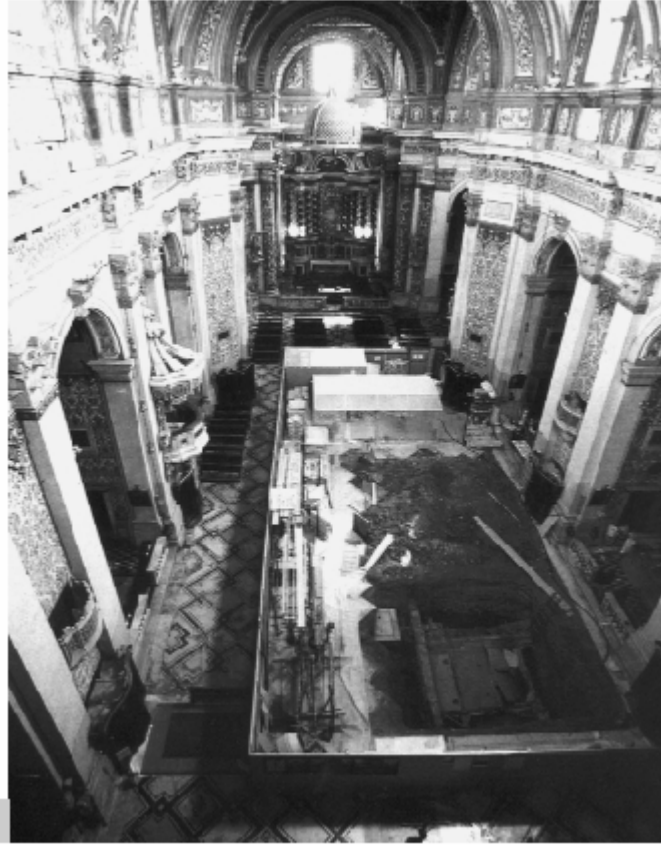


Figura 8 • Il pavimento dell'aula è stato smontato per restaurarne le superfici marmoree e consolidarne il sottofondo, consentendo, allo stesso tempo, l'apertura di un cantiere archeologico. (SAV)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Quando è tecnicamente possibile senza comprometterne la sopravvivenza fisica, lo smontaggio parziale o, in casi estremi, totale di un manufatto nei suoi elementi o la sua rimozione temporanea dal supporto al quale è solidale consente procedure di restauro altrimenti non eseguibili e rende praticabili interventi mirati e limitati alle sole parti che ne hanno bisogno, riducendo l'impatto che potrebbe avere un restauro applicato al manufatto intero o ancorato al proprio supporto.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è applicabile a tutti gli oggetti costituiti da pezzi assemblati e collegati tra loro con mezzi che consentono la separazione delle singole parti senza causarne il danneggiamento, anche se, in questa sede, saranno considerate essenzialmente le parti dei manufatti lignei, come porte, finestre, o pezzi di arredo fisso e mobile ecc., che costituiscono i giunti, le unioni e i nodi.

Il campo di applicazione comprende mobili, pavimenti e solai di legno, coperture e rivestimenti, *boiseries* e pannellature, ma anche particolari manufatti artistici, come statue lignee composte da pezzi uniti da incastri, perni o colle. La tecnica dello smontaggio si può applicare, inoltre, anche a oggetti metallici composti da parti unite con viti o bulloni, e perfino a manufatti in pietra, ove le singole componenti possono essere disaggregate senza violarne i caratteri costruttivi.

Nell'ambito generale delle opere di legno, si ricorre allo smontaggio nei casi in cui le operazioni di restauro non possano essere condotte *in situ* o sul manufatto integro, ad esempio in presenza di incastri fortemente danneggiati, di elementi estranei che accelerano i fenomeni di degrado o di parti talmente degradate da richiederne la sostituzione.

Per gli smontaggi in genere, si rinvia a SMG01 - Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici, mentre per quelli attinenti a specifiche parti costruttive, si vedano: SMG03 - Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei e SMG04 - Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Lo smontaggio non è definibile come una vera e propria tecnica di restauro, quanto come un'operazione preliminare che ne consente o facilita l'esecuzione. Le procedure variano in base ai manufatti e al tipo di assemblaggio degli elementi. In tutti i casi, è necessario prendere le precauzioni necessarie ad assicurare il minor numero di danni ai singoli pezzi e la possibilità di rimontarli senza danni e con il minimo sacrificio di materia esistente. Poiché è assai difficile che lo smontaggio non provochi alcuna conseguenza negativa per l'oggetto o per i suoi componenti, è sempre meglio limitare quest'operazione ai soli casi che effettivamente lo richiedono, e comunque procedere preferibilmente a uno smontaggio solo parziale.

Preliminarmente, è necessario mettere in sicurezza le porzioni degli elementi del manufatto le cui condizioni conservative fossero così precarie da essere danneggiate nel corso dello smontaggio. Inoltre, occorre valutare se alcuni elementi possano essere infragiliti dalla separazione dall'oggetto e sia quindi necessario proteggerli o puntellarli nelle operazioni di smontaggio.

Per prima cosa, è opportuno predisporre un disegno del manufatto da smontare, nel quale siano rappresentati gli elementi di cui è costituito, e il modo con cui essi sono assemblati o collegati; ciascun elemento disegnato va identificato con un numero o una sigla corrispondente a quello che sarà apposto sull'oggetto reale affinché sia facilmente riconoscibile in fase di rimontaggio.

Per procedere allo smontaggio di buona parte dei manufatti lignei, occorre conoscere i principali tipi di incastro impiegati in falegnameria e la loro specifica funzione, anche per evitare fratture nel tentativo di separare due parti. Inoltre, è sempre opportuno verificare l'eventuale presenza di cavicchi, chiodi o viti che devono essere asportati prima di ogni separazione.

L'estrazione dei chiodi può essere eseguita con l'aiuto di un paio di pinze o con un trapano munito di punta cava. Va tenuto presente, poi, che caviglie, spinotti, cunei, incastri ecc. sono espressione documentaria di antiche tecnologie, e che ogni intervento distruttivo che coinvolga i loro materiali e il loro principio di funzionamento comporta la perdita di dati storici. È pertanto auspicabile che le fasi di smontaggio siano documentate mediante fotografie, elaborati grafici e descrittivi, così da utilizzare l'intervento di smontaggio come fonte ulteriore di conoscenza sul manufatto. La documentazione raccolta faciliterà inoltre il successivo rimontaggio del manufatto.

Quando si ritiene di dover impiegare il trapano per l'estrazione di un chiodo o di una vite, prima di operare, si blocca il giunto con una morsa, quindi si pratica una depressione intorno alla testa del chiodo o della vite, con una sgorbia, e si procede alla perforazione, creando un'intaccatura intorno al chiodo finché esso non sia liberato. I fori che ne risultano potranno essere utilizzati per bloccare i tenoni con cavicchi di legno.

Spesso i giunti sono incollati, e per aprirli bisogna ammorbidire la colla; a questo scopo si dimostra assai utile l'esposizione della parte interessata al vapore caldo o all'umidità, trattandosi in genere di colle animali. Si può convogliare il vapore direttamente nei punti che necessitano maggiormente dell'azione emolliente, per mezzo di un tubetto o di un beccuccio collegati a una fonte di vapore. In alternativa, è possibile avvolgere la parte in panni bagnati e quindi scaldarla con un ferro molto caldo o con il phon, fino a quando l'incastro non comincia a cedere.

Un altro metodo per separare le parti di un giunto incollato consiste nel passare ripetutamente nel giunto una lama da rasoio, montata su un manico adatto, cercando di farla penetrare sempre di più. Si tratta di un metodo piuttosto lento, ma presenta il vantaggio di non impiegare acqua che può far gonfiare le fibre del legno.

Per separare le parti, si procede con un mazzuolo, proteggendo l'oggetto con un altro pezzo di legno così da evitare di causare traumi agli elementi del manufatto. In caso di difficoltà, si può ricorrere a cunei di legno o di metallo. Questi possono essere forzati contro la spalla del tenone, piazzandone due su un lato e altri due sul lato opposto ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#)).

La tecnica è ampiamente utilizzata nello smontaggio, parziale o completo, dei telai fissi delle porte e delle finestre. In questi casi, la sequenza delle fasi esecutive dello smontaggio è generalmente la seguente:

- 1) si rimuove innanzi tutto il battente dalla sede, sollevandolo leggermente in modo da disimpegnare i cardini;
- 2) si misurano le dimensioni degli elementi di cui è composto il telaio fisso esistente e se ne realizza una simile, trattandola con una sostanza antimuffa e antitarlo, onde ritardarne il degrado a posa avvenuta;
- 3) se non è possibile lo smontaggio graduale e diretto del telaio fisso, con scalpello e mazzuolo si demolisce parte dell'intonaco interno e di quello esterno, sino a mettere in vista lo spigolo del telaio adiacente alla muratura;
- 4) con una sega universale o un seghetto per metallo si tagliano gli ancoraggi metallici che collegano il telaio al muro. Si tratta, comunemente, di elementi realizzati con squadrette metalliche, avvitate da un'estremità ai montanti e dall'altra annegate nella muratura, o con viti che collegano il telaio al muro, previa interposizione di tasselli lignei annegati nello stipite della muratura. In alcuni casi, perciò, è possibile eseguire un vero e proprio smontaggio, evitando rotture o segagioni;
- 5) liberato il telaio dai suoi vincoli perimetrali, lo si rimuove dal muro facendo leva con un palanchino contro lo stipite e, se non vi si riesce, si segano in parti, per procedere poi alla loro rimozione, agendo allo stesso modo;
- 6) dopo aver ripulito la superficie muraria che delimita l'apertura, eliminando i residui di intonaco e i frammenti di malta o di muro eventualmente prodotti dall'urto del palanchino contro la muratura durante la rimozione del telaio ligneo, si rettificano i margini dell'apertura, per migliorare l'aggancio del nuovo telaio o di quello vecchio restaurato;
- 6) l'inserimento del nuovo telaio è eseguito montando in primo luogo la traversa superiore, che va fissata con due chiodi; la struttura va poi fermata con l'impiego di due cunei, sistemati in modo da

contrastare il movimento reciproco della traversa e dei montanti, e si controlla che il telaio sia centrato rispetto all'apertura, che sia in squadra, che le traverse siano orizzontali e i montanti a piombo. A questo punto, è possibile fissare i montanti;

7) se il telaio deve essere particolarmente solido, come nel caso di porte esterne, esso va fissato alla muratura con viti a espansione. Dispostolo correttamente, si praticano prima i fori nei montanti di legno con un trapano, allargandoli leggermente per permettere il passaggio della vite, quindi, attraverso il foro, si tracciano sul muro con una punta adatta alcuni segni guida, si rimuove il telaio e si eseguono i fori nel muro, nei quali s'inseriscono i tasselli. Poi, si riposiziona il telaio e lo si fissa con le viti;

8) si stuccano i fori praticati nelle parti lignee e si riempie con malta lo spazio tra telaio e muratura, si ripristina l'intonaco e si sigillano le fessure tra muro e telaio con mastice o silicone sigillante e, se previsto, si dispone anche il coprifilo, vale a dire un listello di legno che nasconde il giunto tra muratura e telaio (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

Non sempre è necessario rimuovere e sostituire tutto il telaio fisso: più spesso è sufficiente asportarne le porzioni ammalorate, rinnovando solo queste ultime. Tra le parti più facilmente degradabili si trovano le traverse inferiori delle finestre e le parti basse dei montanti delle finestre e delle porte esterne, soggette all'azione della pioggia battente e dell'umidità che ristagna in corrispondenza del davanzale o della soglia. Per sostituire la traversa inferiore si segue la medesima procedura utilizzata per lo smontaggio dell'intero telaio.

L'integrazione con legno sano delle porzioni di telaio degradate è un intervento riconducibile ad adattamenti specifici della tecnica di integrazione con tasselli lignei (v. INT22 - Integrazione mediante inserimento di tasselli lignei).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La buona riuscita dell'operazione dipende molto dalla corretta interpretazione del sistema costruttivo adottato nella fabbricazione dell'oggetto. Perciò è fondamentale, in primo luogo, avere un'idea precisa della struttura del manufatto che s'intende smontare, del metodo di assemblaggio, del tipo di incastri di cui il costruttore si è servito e delle particolarità costruttive che lo caratterizzano. Le varianti che possono presentarsi all'operatore sono numerose e dipendono, oltre che dal tipo di oggetto, dalle sue condizioni di conservazione.

Soprattutto se si tratta di oggetti eseguiti con tecnologie raffinate, è opportuno che tutte le fasi di smontaggio siano accuratamente documentate con rilievi, fotografie, resoconti verbali, prelievi e analisi di laboratorio, in quanto queste operazioni sono assimilabili alle attività di scavo svolte dagli archeologi e, come quelle, richiedono un'accurata e continua registrazione in ogni fase (v. sezione *Documentazione*).

Per quanto si proceda con perizia e cautela, e nonostante le caratteristiche di "smontabilità" del manufatto, questa tecnica costituisce comunque un intervento traumatico per il manufatto e implica rischi di danneggiamento, anche perché, quando si tratta di arredi fissi o di serramenti, il loro smontaggio può comportare il coinvolgimento delle strutture murarie con le quali sono solidali. Va pertanto valutato con attenzione quando è possibile o opportuno ricorrere ad esso, tenendo presente anche le difficoltà tecniche poste dal rimontaggio degli elementi e dall'entità della perdita di materia esistente che lo smontaggio e il successivo riassetto comportano.

#### **ESPERIENZE**

L'argomento è ampiamente trattato nei testi di tecnologia e in quelli dedicati al restauro dei mobili o ai lavori di ebanisteria, ma la documentazione sugli interventi non è di facile reperibilità, perché l'operazione sembra essere considerata come appartenente alla pratica del lavoro artigianale, più che alle regioni del restauro cosiddetto "scientifico". In realtà, lo smontaggio dei manufatti lignei, anche nelle sue applicazioni particolari, come quelle riguardanti i giunti e gli incastri, costituisce un intervento di alta specializzazione, come testimoniano i delicati interventi eseguiti sui mobili di antiquariato, i numerosi restauri di cori lignei nelle chiese, il recupero di porte e finestre, nonché di molte opere d'arte lignee. A titolo esemplificativo si ricorda:

Clusone (BG), chiesa dei Disciplinati, San Sebastiano. Smontaggio dell'aureola e di un capitello.

Verucchio (RN), chiesa Collegiata, Croce dipinta. Smontaggio parziale delle traverse e dei longheroni.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Amati F., *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Milano, 1993;

AA.VV., *Rinnovare i mobili*, Milano, 1986;

Boato A., Decri A., *Porte e finestre, trasformazione e manutenzione*, in *Ripensare alla manutenzione: ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*, Atti del convegno di studi, 29 giugno-2 luglio 1999, Padova 1999, pp. 197-207;

Caprara M., Castelli C., Ciatti M., Parri M., Pellicciari A., Santacesaria A., *Il restauro della "Croce Dipinta" di Verucchio, Opera di Scuola Riminese del XIV secolo*, in "OPD Restauro n. 16 a. 2004, pp. 167-177;

Carbonara G. (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, Torino, 1996;

Caterina G., *Il recupero degli infissi*, Torino, 1995;

Rodd J., *Restauro e manutenzione dei mobili antichi*, La Spezia, 1976;

Speranza L., *Schede di Restauro. San Sebastiano*, in "OPD Restauro" n. 16 a. 2004, pp. 227-231.

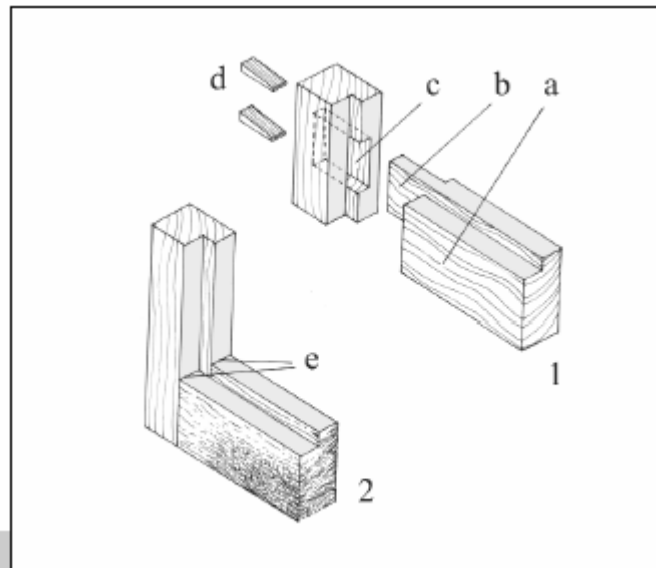


Figura 1 • Smontaggio e sostituzione della traversa irrimediabilmente ammalorata del telaio mobile di un infisso.

1) La traversa inferiore è unita ai montanti (a) con giunti a tenone (b) e mortasa (c). L'incastro è bloccato da cunei di legno (d). 2) Si segano i giunti lungo la linea delle spalle dei tenoni (e) dalle due facce del telaio e si rimuove la traversa ammalorata. (CAF)



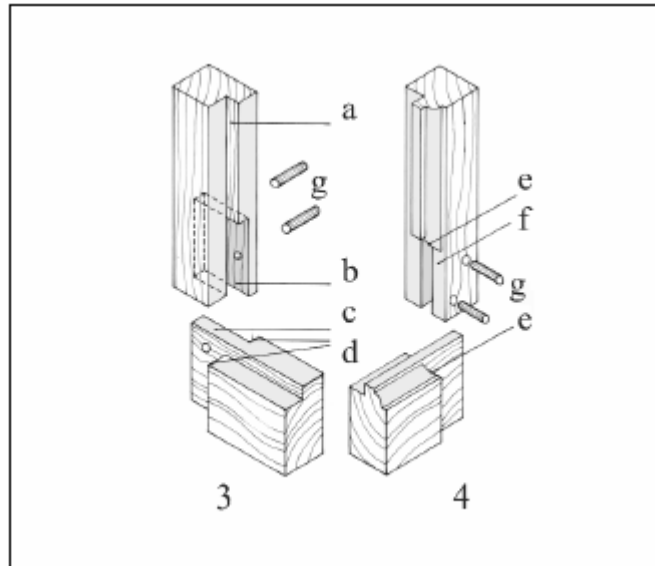


Figura 2 • Esecuzione del giunto. 3) Per l'esecuzione del giunto si modellano i tenoni alle estremità della traversa in modo da consentire l'incastro con i montanti: a) battuta del montante; b) scanalatura; c) tenone; d) spalle. 4) Nei telai con cornici, quest'ultime sono tagliate a 45° in modo da consentire il contatto con le spalle squadrate della traversa: e) taglio a 45° della cornice; f) spalle piane; g) spinotti di legno. (CAF)

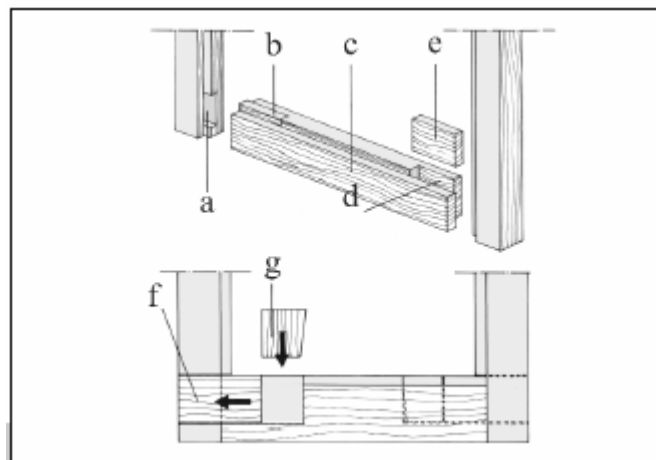


Figura 3 • Smontaggio e sostituzione del telaio fisso. 5) Si rimuovono con lo scalpello i tenoni e si taglia la nuova traversa nelle dimensioni di quella da sostituire: a) mortasa originale; b) falso tenone; c) nuova traversa; d) alloggiamento; e) falso tenone. 6) Si inseriscono i falsi tenoni nelle mortase, bloccandoli con pezzi di riempimento: f) falso tenone; g) pezzo di riempimento. (CAF)

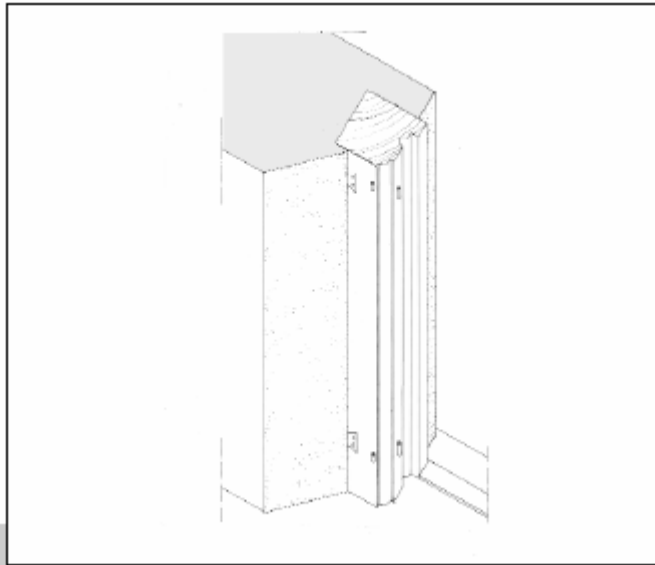


Figura 4 • Sequenza delle fasi principali dell'intervento. Prima di procedere alla rimozione del telaio, si smontano i battenti e i cardini a esso collegati. (CAF)

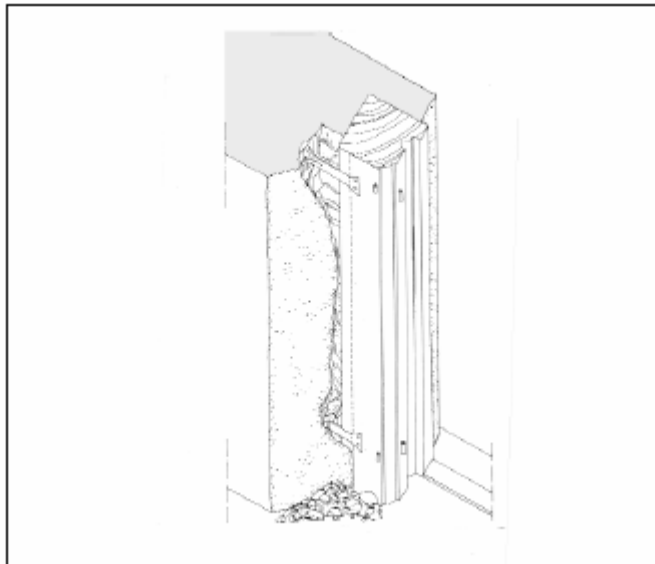


Figura 5 • Se non è possibile lo smontaggio graduale e diretto del telaio fisso, con scalpello e mazzuolo si demolisce parte dell'intonaco interno e di quello esterno, sino a mettere in vista lo spigolo del telaio adiacente alla muratura. (CAF)

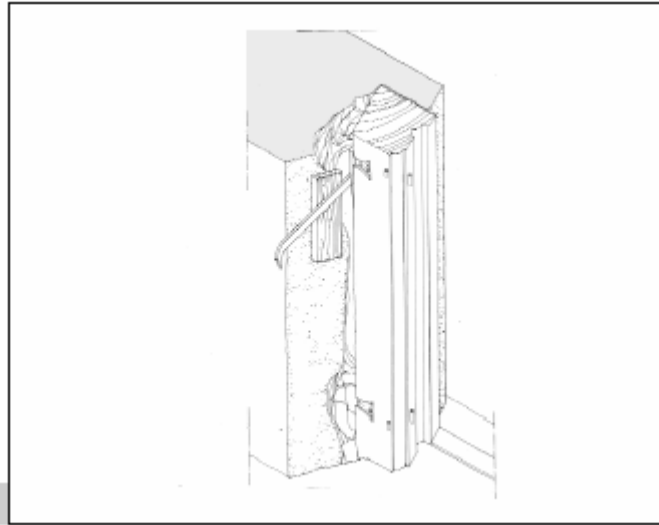


Figura 6 • Con una sega universale o un seghetto per metallo si tagliano gli ancoraggi metallici che collegano il telaio al muro. In alcuni casi è possibile eseguire lo smontaggio degli elementi metallici di ancoraggio evitando rotture o segagioni. Liberato il telaio dai suoi vincoli perimetrali, si rimuove dal muro facendo leva con un palanchino contro lo stipite. (CAF)

**SMG03****SMONTAGGI E RIMONTAGGI DI PAVIMENTI E RIVESTIMENTI****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Rispetto alla sua accezione generale (v. SMG01 - Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici), il termine “smontaggio” assume specifici connotati, soprattutto se applicato a pavimenti formati da elementi base, di forma e di dimensioni variabili, connessi tra loro e al supporto mediante chiodatura, o con impiego di materiali collanti e leganti. In questi casi, infatti, lo smontaggio può effettivamente portare alla rimozione e al recupero dei singoli pezzi componenti, senza che ciò provochi danni a essi o ai supporti cui sono ancorati, seppure utilizzando procedure e strumenti diversi e ottenendo esiti variabili, in relazione al tipo di manufatto e alle unioni che lo caratterizzano.

I pavimenti, infatti, se si escludono quelli realizzati con materiali plastici gettati in opera, che richiedono maggiori manomissioni per essere rimossi, possono essere effettivamente sottoposti ad azioni di smontaggio, totale o parziale, che consentono di attuare il loro risanamento con strumenti, metodi e fasi favoriti dalla rimozione e dalla risoluzione dei legami che tengono insieme i pezzi costitutivi e li ancorano al supporto.

Anche i rivestimenti di pareti, compresi quelli realizzati con teli in tessuto, con elementi in cuoio o con carte da parati, possono peraltro essere sottoposti ad azioni di smontaggio, totale o parziale, che consentono di attuare più agevolmente il loro risanamento e quello del supporto (fig. 1, fig. 2).

Il loro smontaggio, inoltre, può essere progettato e attuato in previsione di un completo rimontaggio dei loro pezzi ed elementi costitutivi, nella loro originaria disposizione, nello stesso luogo o in un luogo diverso, oppure ancora, per consentire un loro parziale o totale reimpiego, entro una nuova pavimentazione o un nuovo rivestimento, eventualmente diversi da quelli smontati.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I pavimenti e i rivestimenti possono dover essere smontati per molte ragioni e, in particolare:

- affinché sia possibile restaurarli (risanarli, ripararli...) e, successivamente, rimontarli, *in situ* o altrove;
- per risanare, disinfestare, deumidificare e consolidare i supporti cui sono appoggiati e/o ancorati (solai, volte, impalcati, pareti, ecc.);
- perché siano rimontati e conservati in ambienti protetti, diversi da quelli di provenienza (ad es. in un museo);
- per recuperare i pezzi costitutivi da riutilizzare, anche solo parzialmente, per la realizzazione di nuovi pavimenti o rivestimenti.

Queste finalità comportano l'adozione di tecniche (e presuppongono fasi operative) diversificate e conducono a esiti altrettanto variabili, per quanto concerne l'effettiva conservazione dei manufatti in questione.

È ad esempio agevole smontare i pavimenti e i rivestimenti, interni ed esterni, caratterizzati dall'unione di elementi o pezzi tenuti insieme da leganti plastici, o da dispositivi che non

determinano la loro fusione e che mantengono la riconoscibilità e l'autonomia di ciascuno di essi. Si pensi, a questo proposito, ai pavimenti di legno (parquet), caratterizzati da connessioni chiodate o a quelli con liste incollate, che possono essere soggetti ad azioni di smontaggio seppur con maggiori difficoltà e con minori garanzie di successo; o ancora a una *boiserie*, i cui elementi costitutivi sono reciprocamente connessi e ancorati ai retrostanti supporti mediante chiodi, viti, cavicchi, perni e incastri, oppure alle lastre lapidee di una zoccolatura, fissate al muro con zanche metalliche.

D'altra parte, è tanto più facile smontare un pavimento o un rivestimento, senza provocare ad esso danni irreparabili, o la perdita dei suoi elementi, quanto più essi sono stati posti in opera utilizzando materiali e dispositivi d'unione che possano essere rimossi, allentati, aperti, svincolati, con azioni in un certo modo speculari e contrarie rispetto a quelle compiute durante la loro costruzione o posa in opera.

Quando, invece, s'interrompe la continuità del manufatto, in punti e lungo precise linee funzionali alla sua rimozione per pezzi, ma indifferenti alle sue connessioni interne, si realizza di fatto uno smontaggio simile a una demolizione seppur controllata, con evidenti conseguenze sull'integrità e la salvaguardia oggetti dei manufatti (come nel caso di pavimenti gettati che possono esclusivamente essere tagliati e staccati dal supporto).

In sintesi, si può affermare che ogni pavimento o rivestimento è smontabile, adottando ogni volta la procedura, la tecnica e gli strumenti capaci di separarne i componenti, per rimuoverli ed eventualmente riutilizzarli. La suddivisione dei manufatti in parti rimontabili o riutilizzabili, ma indipendenti dalla loro effettiva organizzazione originaria, invece, comporta conseguenze assai più distruttive ed evidenti riflessi sul loro successivo ed eventuale rimontaggio.

Queste variabili dipendono essenzialmente da alcuni fattori e, in particolare, da:

- a) i materiali e il tipo di elementi costitutivi del manufatto, associati alle loro forme, dimensioni e posizioni all'interno della sua apparecchiatura generale;
- b) la disposizione e le singolarità dei singoli pezzi componenti e, in particolare, la presenza di decori, di rilievi, di inserti in altri materiali o di elementi anche strutturali;
- c) i tipi di connessioni esistenti tra i pezzi componenti e tra questi e il supporto o altre strutture intermedie e che assicurano la loro posizione e stabilità;
- d) il ruolo portante, o semplicemente portato, dei singoli elementi costituenti, rispetto a quelli circostanti e alle strutture cui sono connessi.

I diversi fattori incidono sulle procedure che occorre osservare per lo smontaggio del manufatto, sul tipo di strumenti utilizzabili e sugli esiti dell'operazione, nei modi di seguito sintetizzati:

- a) per quanto concerne il ruolo e l'incidenza dei materiali e dei pezzi, possiamo anzitutto distinguere tra i seguenti casi.

#### *pavimenti*

1. Pavimenti in materiali lapidei, naturali e artificiali, formati da pezzi piani di forme e dimensioni irregolari (frammenti di marmo quali quelli che caratterizzano il pavimento detto "alla Palladiana"), o regolari e più o meno modulari (lastre lapidee, piastrelle in ceramica), posati su un supporto continuo (massetto o sottofondo);
2. Pavimenti in materiali lapidei sfusi e infissi in uno strato di supporto continuo (massetto o sottofondo);
3. Pavimenti in materiali lapidei, naturali o artificiali, misti a un materiale legante e gettati in opera, a costituire uno strato di finitura e di usura continuo, quali sono i cosiddetti pavimenti "seminati" alla veneziana o alla genovese;
4. Pavimenti in materiali artificiali in teli continui (ad es. linoleum);
5. Pavimenti in materiali lignei, con pezzi di forme e di dimensioni regolari, modulari o differenziate in relazione alla posizione assunta nell'apparecchiatura del pavimento (parquets).

### *rivestimenti*

1. Rivestimenti realizzati con materiali lapidei, naturali o artificiali, formati da pezzi prevalentemente piani, di forme e di dimensioni irregolari (ad es. i frammenti di marmo di un'incrostazione), o regolari (ad es. le tessere dei mosaici, le tarsie o le incrostazioni marmoree), di dimensioni modulari o meno (lastre lapidee, piastrelle in ceramica e maiolica, quali i "laggioni" o gli "azulejos" di origine portoghese), ancorati al supporto murario con malta, con altro materiale legante e con eventuale ausilio di perni, staffe o zanche metalliche.
2. Rivestimenti di analoga costituzione, ma costituiti da pezzi ancorati al supporto esclusivamente con perni, zanche, staffe o dispositivi distanziatori, generalmente metallici.
3. Rivestimenti in materiali lignei, formati da pezzi ed elementi prevalentemente piani, di forme e dimensioni regolari (pannelli, tavole, listelli o pezzi modanati e scolpiti, eventualmente interessati da tarsie, pirografie o altre lavorazioni superficiali), di dimensioni modulari (o meno) e di forme seriali od organiche, ancorati direttamente al supporto murario, mediante chiodature, imperniature o con materiali collanti.
4. Rivestimenti, analoghi ai precedenti, ma costituiti da pezzi ancorati a una struttura di mediazione, generalmente costituita da intelaiature lignee (montanti, traversi, controventi ecc.), strutturalmente autonome o ancorate a una parete muraria o ad altra e diversa struttura.
5. Rivestimenti realizzati con materiali lapidei plastici, direttamente ancorati al substrato murario, quali sono gli intonaci, i marmorini o gli stucchi lucidi, eventualmente caratterizzati da decorazioni e da pitture murali di varia fattura.
6. Rivestimenti realizzati con teli o pezzi di materiale tessile, di carta o di cuoio e pelle, direttamente incollati al supporto murario, con specifici adesivi o fitte chiodature dirette o con la mediazione di eventuali listelli di fissaggio.
7. Rivestimenti, analoghi ai precedenti, ma costituiti da teli o pezzi applicati a un'intelaiatura di mediazione con la parete o con il manufatto retrostante.

b) Per quanto concerne i tipi di apparecchiatura interna, possiamo invece distinguere pavimenti e rivestimenti caratterizzati da:

### *pavimenti*

1. Disposizioni "disordinate" e casuali di elementi "sfusi" (acciottolati, pavimenti detti alla palladiana o ad *opus sectile*).
2. Disposizioni modulari e indifferenziate di elementi a loro volta modulari.
3. Disposizioni organiche e regolari, ma costituite da pezzi speciali, per forma e collocazione (commessi marmorei).
4. Assenza di tessitura, perché a massa continua e indifferenziata, con o senza decori (pavimenti seminati alla veneziana o alla genovese, pavimenti a mosaico).

### *rivestimenti*

1. Disposizioni modulari e indifferenziate di elementi, a loro volta modulari (pannellature piane e prive di decori, rivestimenti in doghe e tavole lignee, piastrellature continue e indifferenziate, tessuti e carte da parati, in fogli o teli).
2. Disposizioni caratterizzate da pezzi modulari o speciali, per forme e dimensioni, posti a formare disegni e decori non ripetitivi (commessi e tarsie marmoree, *boiserie* a scomparti e rivestimenti di pannelli inseriti in campi delimitati da elementi architettonici, quali cornici, colonne, lesene, paraste, o da elementi plastici, quali gruppi scultorei, candelabri ecc.).
3. Assenza di tessitura, associata a una massa continua e indifferenziata del materiale costitutivo, con o senza decori (rivestimenti a intonaco o a mosaico ecc.).

c) Per quanto riguarda, infine, i tipi di connessione esistenti tra i pezzi costitutivi e tra questi e i supporti, si possono individuare i seguenti tipi di unioni.

*pavimenti*

1. Semplice infissione degli elementi componenti in un letto di posa, con o senza ausilio di materiali leganti (massetto o sottofondo), come nel caso degli acciottolati, dei pavé, dei basolati e delle pavimentazioni da esterno in genere, ivi compresi quelle realizzate con elementi autobloccanti.
2. Chiodature, come nei pavimenti di legno (parquet o palchetti).
3. Incollature con adesivi, come nei pavimenti di legno (parquet o palchetti).
4. Adesioni posa in opera mediante malte e materiali plastici collanti (come nei commessi marmorei, nelle pavimentazioni in piastrelle e mattonelle di cotto, ceramica, maiolica, clinker, cemento pressato, acciaio ecc.).

*rivestimenti*

1. Chiodature dirette (come nei rivestimenti di legno, in tessuti o in carte da parati).
2. Incollature eseguite con adesivi di varia natura, naturale o artificiale (come nei rivestimenti realizzati con tessuti, pelli o cuoio e carte da parati, ma anche in alcuni rivestimenti in lastre lapidee, o in molte piastrellature e in alcuni mosaici).
3. Posa degli elementi su strati di malte e di materiali plastici leganti (come in molti rivestimenti in lastre lapidee e in quelli realizzati con piastrelle e mattonelle di cotto, ceramica, maiolica, acciaio, sughero ecc.).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

A integrazione delle indicazioni generali appena fornite in relazione a qualsiasi tipo di smontaggio (v. SMG01 - Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici), è bene sottolineare che qualsiasi azione di smontaggio di un pavimento o di un rivestimento dovrebbe comunque percorrere i passi e rispettare le indicazioni di seguito evidenziate.

1. Ispezione ed eventuale rilievo geometrico del manufatto oggetto d'intervento, con particolare attenzione all'individuazione dei pezzi componenti, dei punti e delle linee di reciproca giunzione, realizzato con i metodi tradizionali del rilievo longimetrico, con il ricalco diretto (frottage) o con l'ausilio di tecniche fotogrammetriche analitiche o digitali semplificate (raddrizzamenti e mosaicature d'immagini digitali).
2. Valutazione delle dimensioni e della consistenza, anche in termini di peso, dei singoli elementi costitutivi, o delle parti risultanti dal suo smontaggio, per assicurare la loro effettiva e sicura manovrabilità. Occorre, in questo caso, tenere conto del fatto che lo smontaggio potrà interessare i singoli elementi componenti, in pavimenti e rivestimenti composti da pezzi modulari o comunque distinti (pavimenti in piastrelle o in lastre lapidee anche decorate, rivestimenti in piastrelle o in lastre lapidee), oppure dovrà prevedere il taglio di porzioni di pavimentazione o di rivestimento di opportuna estensione, nel caso, ad esempio, di pavimenti continui gettati in opera o di rivestimenti a intonaco o a mosaico.
3. Accurata numerazione dei pezzi e degli elementi che si prevede debbano essere smembrati e marcatura delle loro facce combacianti, là ove la disposizione di pezzi segue uno specifico disegno, oppure ove si abbia a che fare con pezzi speciali, per forma e dimensioni, inseriti in un'apparecchiatura priva di regole seriali e ripetitive. La numerazione e la marcatura dei pezzi debbono, quanto più possibile, tenere conto dell'ordine secondo cui i pezzi saranno disancorati e rimossi dal supporto, onde ritrovare la loro posizione corretta nel manufatto rimontato e per progettare la corretta sequenza delle operazioni necessarie al loro rimontaggio, ove richiesto.
4. Individuazione della quantità, del tipo, delle forme, della posizione e della consistenza delle giunzioni esistenti tra i pezzi che compongono il manufatto, oltre che tra questi e il supporto, per progettare correttamente lo smontaggio, scegliendo gli strumenti, i materiali e i metodi più opportuni, nonché la successione ottimale delle singole azioni tese a sciogliere e risolvere tali giunzioni, secondo le seguenti indicazioni:

— Le unioni assicurate da semplice infissione e dalla forza di gravità, possono essere rimosse con l'uso di leve, come nel caso dei basolati da esterno, avendo cura di non danneggiare i pezzi e gli elementi circostanti quello su cui si agisce.

— Le unioni chiodate possono essere risolte mediante sfilamento dei chiodi, attuato con l'utilizzo di tenaglie e pinze, avendo attenzione a non danneggiare i pezzi e il supporto, oppure esercitando, sugli elementi, una controllata trazione, sfruttando il principio della leva e utilizzando strumenti quali punte, scalpelli o piattine metalliche, avendo cura di non danneggiare i pezzi su cui si agisce. È poi possibile ricorrere alla segazione dei gambi o alla tranciatura delle teste dei chiodi, per agevolare la rimozione dell'elemento interessato.

Occorre, in ogni caso, esaminare con attenzione il manufatto poiché, spesso, i chiodi sono privi di testa, oppure i fori entro cui sono infissi, sono abilmente stuccati o, ancora, risultano nascosti da elementi decorativi e di finitura applicati a incastro.

— Le connessioni assicurate da adesivi, da collanti, o da materiali plastici leganti (quali le malte) possono essere sciolte con azioni controllate di trazione, esercitate manualmente sugli elementi da rimuovere, eventualmente utilizzando punte, spatole e scalpelli, in qualità di leve per la frantumazione e la rimozione dello strato di materiale legante. Occorre, tuttavia, non spezzare gli elementi da rimuovere e si può quindi ricorrere anche a opportuni solventi in grado di ammorbidire o sciogliere le diverse sostanze adesive.

— I pavimenti e i rivestimenti continui, realizzati con malte, stucchi, intonaci, o con mosaici, possono invece essere smontati, se così si può dire, ricorrendo al taglio meccanico in successione (mediante flessibile o sega circolare) di singoli settori, previa la loro individuazione, numerazione e marchiatura in fase di rilievo, evidenziata con nastri adesivi, linee colorate o altri sistemi che guidino il taglio. Il taglio deve poi essere eseguito senza danneggiare i bordi dei diversi settori, onde rendere possibile il loro successivo accostamento in fase di rimontaggio, senza che si determinino eccessive fughe e linee irregolari di giunzione, che dovranno, in ogni caso, essere opportunamente stuccate e sigillate. La rimozione di tali porzioni di pavimento e rivestimento può essere attuata con tecniche analoghe a quelle previste per lo strappo e la rimozione dei mosaici e degli affreschi (v. *SMG 06 - Trasferimento delle pitture murali: lo stacco e lo strappo*).

— I pavimenti realizzati con teli di materiale plastico, estranei alle tradizioni costruttive antiche, richiedono, in ogni caso, una rimozione dei teli componenti attuata con sollevamenti, trazione, taglio e uso di adeguati solventi, per sciogliere e rimuovere i collanti utilizzati durante la posa in opera.

5. Rimozione degli elementi e/o dei materiali che assicurano le connessioni tra i singoli pezzi e tra i pezzi e i relativi supporti, secondo le indicazioni fornite al punto precedente, avendo cura di non danneggiare né gli uni né gli altri. La rimozione, in linea di principio, deve partire da un elemento posto in posizione periferica e, se possibile, privo di decorazioni, o non appartenente al disegno generale del pavimento o del rivestimento, poiché l'operazione comporta talvolta la sua rottura e perdita definitiva. In alternativa, è possibile iniziare l'operazione da elementi già sconnessi o ammalorati, la cui perdita non comporta danni sensibili al manufatto e non pregiudica la successiva azione del suo rimontaggio.

6. Ricovero dei pezzi rimossi in luoghi sicuri e in condizioni protette, per la loro temporanea custodia o per essere sottoposti a eventuali interventi di pulitura, disinfestazione, consolidamento, integrazione, riadesione ecc.

7. Pulitura e preparazione delle sedi d'eventuale rimontaggio dei pezzi rimossi, dopo l'eventuale risanamento, consolidamento o sostituzione del supporto originario e di eventuali strutture di mediazione e d'ancoraggio dei pezzi o, nel caso dei pavimenti, dopo la stesura di un nuovo massetto di fondazione (per i pavimenti in piastrelle, mattonelle ecc.), di un nuovo sottofondo (per le pavimentazioni da esterno, i basolati, i pavé ecc.) o di nuovi listelli di ancoraggio (per i pavimenti di legno).

8. Trattamento dei pezzi rimossi, mediante azioni di pulitura, disinfestazione, consolidamento, integrazione, riadesione e protezione ecc.



9. Rimontaggio dei pezzi smembrati e rimossi, con inserimento di eventuali nuovi elementi, in sostituzione di quelli irrecuperabili, se il montaggio avviene sfruttando gli antichi supporti, o con la realizzazione di nuove strutture, se i pezzi sono montati in luoghi e in condizioni diverse da quelle da cui provengono. Il rimontaggio deve seguire, ove necessario per i caratteri del manufatto smontato, le fasi e l'ordine implicito nella numerazione e nella marcatura dei pezzi operata in fase di rilievo della situazione originaria. Il rimontaggio dovrà, in particolare, tendere a ripristinare le connessioni tra i diversi elementi e tra questi e il supporto e dovrà, pertanto, seguire le consuete pratiche di posa d'ogni specifico tipo di pavimento o rivestimento (v. RCP03 - Consolidamento del sistema di aggancio di lastre lapidee).

10. Rimozione di imperfezioni, quali colature o fuoriuscite di adesivi eccedenti, ed esecuzione di eventuali finiture superficiali o di trattamenti protettivi sui pezzi rimontati (fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7, fig. 8, fig. 9, fig. 10, fig. 11, fig. 12, fig. 13, fig. 14, fig. 15).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Come evidenziato nella scheda generale, ogni smontaggio è, almeno in parte, distruttivo, perché rescinde i legami istituiti all'atto della costruzione o della fabbricazione del manufatto, tra gli elementi che compongono un pavimento o un rivestimento e comporta, pertanto, la perdita di molte sue qualità e di numerose informazioni in esso contenute, di carattere storico e tecnologico.

Per questa ragione, è necessario che ogni smontaggio sia attentamente progettato e sia eseguito con strumenti adeguati e con metodi conformi al tipo di manufatto su cui s'interviene, ossia capaci di risolvere l'unione tra i suoi componenti, rimuovendo i dispositivi e i materiali leganti utilizzati dal costruttore per collegarli reciprocamente e al supporto.

Lo smontaggio, per conseguire gli obiettivi che lo hanno consigliato o imposto, deve, peraltro, evitare di provocare danni al manufatto e alle altre strutture cui è collegato. Ciò è tanto più necessario, quanto più sono ingenti, in termini dimensionali e di peso, gli elementi da smontare e quanto più sono fragili, per le caratteristiche stesse dei materiali, per effetto delle lavorazioni subite o dei fenomeni di degrado che li affliggono.

Analogamente importante riveste la predisposizione di opportuni metodi di movimentazione e di calo a terra degli elementi smontati, a tutela degli operatori e dei pezzi stessi, così come delicata è la fase del loro stoccaggio e della loro catalogazione, soprattutto ai fini di un successivo rimontaggio o del loro riutilizzo, anche in diversi contesti.

Lo smontaggio, infine, può richiedere la realizzazione di strutture provvisorie di sostegno e di opportuni preconsolidamenti dei pezzi (v. sezione Consolidamenti), affinché la loro rimozione avvenga senza danni, o la costruzione di nuove strutture di supporto, in sostituzione di quelle irrimediabilmente deteriorate o dissestate, cui ancorare gli elementi durante il rimontaggio. In altri casi, infine, può essere necessario predisporre strutture di supporto totalmente nuove e site in luoghi diversi da quelli cui appartengono i manufatti smontati, come accade quando essi siano ricomposti all'interno di un museo. In simili circostanze, intervengono tuttavia scelte che chiamano in causa più vasti orizzonti del restauro e per le quali si rimanda alle schede dedicate ai problemi delle integrazioni e delle riadesioni, operazioni spesso coinvolte da ogni azione di smontaggio e di rimontaggio di elementi e parti di danneggiati o instabili.

#### **ESPERIENZE**

Il restauro di molti edifici antichi, sia di carattere religioso sia civile, e soprattutto, di resti archeologici, ha spesso comportato lo smontaggio e il rimontaggio, *in situ* o altrove, di porzioni più o meno ampie di pavimentazioni e di rivestimenti di varia consistenza e di diverso tipo. È pertanto difficile fornire, in questa sede, un elenco dettagliato di esperienze significative di cui emergono, tuttavia, molte tracce non sistematiche sulle riviste e nella pubblicistica di settore.

Si possono comunque citare almeno i seguenti casi:

Smontaggio degli elementi marmorei del pavimento a commesso del duomo di Milano, attuato durante i lavori di scavo archeologico condotti sui resti dell'antica basilica paleocristiana che occupa parte del sagrato e delle cinque navate, verso la facciata.

Quest'esperienza è stata tra l'altro utilizzata anche per la progettazione della nuova pavimentazione dell'area presbiterale attuata dopo i lavori di consolidamento dei piloni che sorreggono il tiburio; smontaggio, mediante taglio di settori quadrati, eseguito a flessibile, del pavimento seminato e decorato alla genovese, del salone del piano nobile di villa Carola a Genova Quinto, e sua rimozione per consentire il consolidamento del sottostante solaio e della volta a struttura lignea a esso ancorata (prof. Gianni V. Galliani);

i frequenti casi di rimozione delle pavimentazioni stradali, attuate per l'adeguamento delle reti impiantistiche di molte città italiane che corrono al di sotto del piano stradale e, in particolare, di Genova, ove opera un'apposita struttura dell'amministrazione comunale che normalmente provvede alla numerazione e allo smontaggio provvisorio degli antichi tacchi di arenaria e di calcare marnoso locale, successivamente rimessi in opera nel rispetto delle preesistenti apparecchiature.

Restauro con smontaggio e rimontaggio del pavimento in ceramica invetriata della Certosa di Trisulti presso Colleparado, Frosinone.

Restauro della Fontana degli Unicorni a Ronciglione, Viterbo, in cui per lo smontaggio e il rimontaggio degli elementi ci si è avvalsi di un braccio meccanico e di tre martinetti idraulici.

Restauro, con parziali sostituzioni, delle lastre di marmo che rivestivano la facciata della basilica di San Marco a Venezia, intervento che richiamò l'attenzione e stimolò le riflessioni di personaggi quali Ruskin, Boni, Boito, Zorzi, Beltrami e altri, agli albori delle moderne teorie del restauro.

I più recenti interventi attuati, sugli stessi elementi, da Ottorino Nonfarmale.

Smontaggio e rimontaggio delle lastre marmoree del rivestimento delle pareti della chiesa di S. Maria Formosa a Venezia, attuato sempre da Ottorino Nonfarmale, negli anni novanta del secolo scorso.

Smontaggio e rimontaggio, previo consolidamento, riparazione e sostituzione degli elementi irre recuperabili, del rivestimento in lastre di marmo bianco di Carrara del palazzo della Cultura di Helsinki di Alvar Aalto.

Parziale smontaggio e rimontaggio, previo consolidamento, riparazione e sostituzione degli elementi irre recuperabili, del rivestimento in lastre di marmo bianco di Carrara nella casa del Fascio di Terragni, a Como.

Smontaggio di alcuni pannelli ceramici (azulejos) nel monastero di São Pedro a Lisbona.

Smontaggio e rimontaggio *in situ*, a restauro completato, degli stalli di molti cori lignei, in chiese italiane ed europee.

Stacchi, rimozioni e ricollocazioni di innumerevoli mosaici e affreschi documentati dalle schede relative a questi interventi.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

L'argomento non possiede una letteratura specifica. La scheda è stata redatta sulla base di conoscenze ed esperienze dirette dell'autore.

Alcune semplici procedure operative relative alle operazioni di asportazione, demolizione e smontaggio sono descritte in:

Carbonara G. (a cura di), *Atlante del restauro*, vol. 2, Utet, Torino; esempi di smontaggi e rimontaggi di pavimenti e rivestimenti, 2004.

Franceschi S., Germani L., *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

Pedeli C., Pulga S., *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodi*, All'Insegna del Giglio, Firenze, 2002; esempi di applicazione di tali tecniche in ambito archeologico.



Figura 1 • Lo smontaggio delle lastre marmoree di rivestimento scopre il sottostante paramento in mattoni. Si noti come le lastre del fianco siano montate a filo del paramento murario, in modo tale che lo spessore del rivestimento sia nascosto da quelle poste sulla veduta frontale.



Figura 2 • Un lastrone di rivestimento è rimontato per anastilosi all'interno di un cantiere di restauro archeologico.



Figura 3 • Smontaggio del rivestimento marmoreo di un pavimento: si noti il cedimento in corrispondenza dell'asse centrale della cappella, riconducibile al cattivo costipamento del terreno sottostante. (SAV)



Figura 4 • Smontaggio del rivestimento marmoreo di un pavimento. Stacco delle tarsie per blocchi esagonali formati da dodici elementi ciascuno; ogni blocco è stato trasportato nell'attiguo cantiere di restauro e ripulito con bisturi e solventi dalla resina ancorata sulla faccia inferiore. (SAV)



Figura 5 • Smontaggio del rivestimento marmoreo di un pavimento. Anche i sottostanti lastroni, che costituiscono lo "zatterone" in pietra sul quale è posato il pavimento a tarsie, sono stati rilevati, numerati e fotografati prima di procedere alla loro rimozione. (SAV)



Figura 6 • Smontaggio del rivestimento marmoreo di un pavimento. Il riposizionamento e il fissaggio degli "steleri" delle tarsie marmoree è stato eseguito riproponendo la tecnica tradizionale con resina naturale (colofonia come legante e polvere di marmo come inerte). In questa fase sono stese a pennello due mani di resina sulla faccia inferiore degli esagoni. (SAV)



Figura 7 • Smontaggio del rivestimento marmoreo di un pavimento. Dopo aver steso la resina sulla faccia inferiore del primo esagono e sulla superficie corrispondente dello zatterone in pietra, può avvenire la posa del primo elemento. La resina deve essere preparata ogni volta, per ogni singolo pezzo. (SAV)

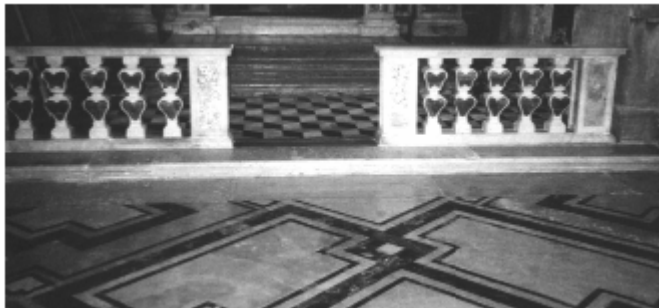


Figura 8 • Smontaggio del rivestimento marmoreo di un pavimento. L'intervento ha consentito il recupero del cedimento, il restauro della superficie marmorea e, attraverso il ripristino dello strato di resina, l'impermeabilizzazione della struttura. (SAV)



Figura 9 • Pavimentazione rimossa per consentire opere di manutenzione straordinaria degli impianti tecnici urbani.



Figura 10 • Fase di rimontaggio della pavimentazione con ricollocazione dei tacchi. Sono visibili le principali attrezzature di cantiere.



Figura 11 • Tre utensili tipici utili al rimontaggio dei tacchi: mazzapicchio, badile, cazzuola.



Figura 12 • Posizionamento corretto di un blocco, con l'aiuto di una lenza di allineamento e di una leva.



Figura 13 • Due momenti della lavorazione. Assestamento del blocco con il mazzapicchio e preparazione con la mazzetta di un altro blocco.



Figura 14 • Finitura in opera della superficie, mediante sabbia pneumatica.



Figura 15 • Due tratti di pavimentazione a un diverso stadio di finitura.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Le tecniche dello smontaggio sono frequentemente utilizzate, con l'eventuale rimontaggio delle parti smembrate, nell'ambito dei lavori eseguiti sulle strutture di copertura e, in particolare, sui manti di protezione e sugli elementi che li sostengono, compresi quelli delle orditure principali, secondarie e minute dei tetti a struttura portante lignea o metallica. Per loro natura, infatti, i manti e gli impalcati, ma spesso anche le intere strutture che li sostengono, sono costituiti da sistemi di elementi, parti e pezzi assemblati in fase di cantiere, per proteggere gli edifici dall'aggressione degli agenti meteorici. Questa natura composita comporta in essi la presenza di numerosi giunti, di labili legami e di frequenti sconnessioni tra i pezzi componenti. Queste discontinuità, tra l'altro, sono spesso responsabili di rilevanti problemi per il loro mantenimento in efficienza.

Esse costituiscono, infatti, punti privilegiati per l'innescare di fenomeni di degrado e di dissesto che, se non prontamente contrastati, possono determinare il crollo delle coperture e dell'intero manufatto.

È quindi possibile, talvolta agevole, operare su questi elementi con i metodi dello smontaggio, proprio perché i manti di copertura, gli impalcati, le orditure minute, secondarie e principali dei tetti sono spesso costituite da elementi montati e connessi con dispositivi, legami e materiali che è possibile rimuovere, allentare e sostituire.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I manti, i pacchetti di copertura e molte strutture di sostegno dei tetti possono essere smontati, seppure con difficoltà variabili e con garanzie di successo altrettanto mutevoli. Infatti, è tanto più agevole smontare un manufatto, senza provocare ad esso e alle strutture sottostanti e connesse danni irreparabili, quanto più i suoi elementi sono stati posti insieme, all'atto della realizzazione, utilizzando dispositivi, materiali e mezzi di unione che possano essere rimossi, allentati, aperti, svincolati, con azioni in un certo senso speculari rispetto a quelle proprie della fase costruttiva.

È il caso di molti manti di copertura costituiti da elementi distinti e di piccole dimensioni, quali: scandole di legno, coppi, embrici o tegole alla marsigliese, in cotto anche maiolicato o in cemento pressato, tegole alla canadese in materiale bituminoso o in cemento pressato, lastre di pietra di forme regolari o irregolari (lose e ciappe), abbadini di ardesia, lastre o fogli di lamiera, chiodati o saldati. Questi elementi sono generalmente posti in opera per semplice appoggio sui supporti (continui o discontinui), debolmente incastrati tra loro oppure ancorati alle sottostanti strutture mediante cavicchi, perni, chiodi e ganci o, ancora, murati tra loro e al supporto, con malte e leganti.

Analoghe potenzialità di smontaggio mostrano spesso le strutture lignee o metalliche che sostengono i manti di copertura, continui o discontinui (impalcati costituiti da tavolati di legno, scempiati in mattonelle di cotto, listellati in legno o in metallo ecc.), poiché anche i loro elementi costitutivi (capriate, incavallature, travi, puntoni, arcarecci, terzere e altri) sono spesso posti in opera a secco e collegati tra loro con dispositivi di connessione passiva, di ritenzione o di serraggio quali: viti, chiodi, perni, cavicchi, incastri, cerchiature, fasciature, cerniere ecc., o con un limitato impiego di sostanze adesive poste a rinforzo delle unioni. Si può, quindi, sostenere che quasi tutte le opere di carpenteria lignea e metallica possono essere smontate, parzialmente o totalmente, compresi gli elementi che usualmente completano le coperture, quali: le opere di lattomeria, i comignoli, gli eventuali abbaini, le altane, o i dispositivi fermaneve.



## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Data l'estrema variabilità dei tipi di manti, di pacchetti di copertura e di strutture di sostegno dei tetti che possono essere "smontati", è impossibile fornire un'unica descrizione delle fasi operative che lo smontaggio segue o richiede. È tuttavia utile proporre alcuni elementi di metodo e alcune raccomandazioni di carattere generale e validi per ogni situazione particolare.

È anzitutto necessario sottolineare che lo smontaggio può interessare, in tutto o in parte, gli elementi di seguito sinteticamente descritti, procedendo dalla superficie esterna della copertura verso le sue parti interne.

### 1. *Il solo manto di copertura:*

tipica di ogni corretta pratica manutentiva periodica (v. MNT05 - Manutenzione di tetti e coperture), se svolta su porzioni limitate e senza rimozione dei suoi elementi, questa operazione può essere necessaria sia per il rifacimento completo del manto, sia come operazione preliminare a più radicali interventi di riparazione, integrazione, sostituzione dell'impalcato o degli elementi delle sottostanti orditure secondarie e principali del tetto. Inoltre, la rimozione del manto può essere necessaria nel caso in cui si intendano inserire, tra esso e l'impalcato, elementi di impermeabilizzazione e coibentazione della copertura, quali: materassini e pannelli isolanti di varia natura e consistenza (rigidi o flessibili), guaine bituminose (saldate a caldo o a freddo), pannelli in compensato marino, lamiera salvatetto o teli di tessuto-non-tessuto, impermeabili ma traspiranti, che riducono il rischio di infiltrazione delle acque meteoriche all'interno della copertura e negli spazi sottotetto.

### 2. *Il manto e l'impalcato che lo sorregge:*

operazione necessaria quando l'impalcato, costituito da tavole lignee, da uno scempiato continuo di mattonelle in cotto o altro materiale, oppure da listelli di legno o metallo, in relazione al tipo di manto, presenta fenomeni di degrado avanzato che rendono impossibile conservare *in situ* tutti gli (o parte degli) elementi costitutivi, o quando sia necessario rimuovere il pacchetto di copertura per procedere a più radicali interventi di riparazione, sostituzione e integrazione delle orditure che lo sorreggono.

### 3. *Il manto, l'impalcato e l'orditura minuta che li sorregge:*

quando occorre intervenire sugli elementi delle orditure secondarie e principali sottostanti o non è possibile agire su di essi operando all'intradosso della copertura (v. schede dedicate ai manufatti strutturali in legno, nella sezione *Consolidamenti*).

4. *L'intero pacchetto di copertura e l'orditura secondaria e/o quella principale:* quando sia necessario procedere a interventi di totale sostituzione di tali elementi e quando ciò comporti rilevanti opere di consolidamento delle strutture murarie di sostegno, o degli orizzontamenti sottostanti, senza che vi sia la possibilità di agire mantenendo *in situ* la copertura (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

In termini generali, lo smontaggio dovrebbe percorrere i seguenti passi principali ed essere sostenuto dagli elementi di diagnosi di seguito brevemente evidenziati.

### *Smontaggio e rimontaggio del manto di copertura*

1. *Manti in paglia e in fibre vegetali* utilizzate in fascine legate al sottostante tramato di listelli dell'impalcato discontinuo e, talvolta, stabilizzati da pietre o altri pesi sovrammessi:

— rimozione degli elementi che proteggono il colmo e che fermano le prime fascine (tradizionalmente costituiti da semi-tronchi scavati o da semplici settori di corteccia e, più recentemente, da lamiere piegate o da coppi in laterizio);

— rimozione dei fasci di fibre, a partire dalla linea di colmo e procedendo, per filari successivi, verso la linea di gronda, slegando o tranciando le legature che li ancorano ai sottostanti travicelli;

— posa in opera di nuove fascine (giacché il materiale vegetale è irrecuperabile), sui travicelli eventualmente integrati o sostituiti.

2. *Manti costituiti da elementi di piccole dimensioni, semplicemente appoggiati al sottostante impalcato e stabilizzati dal proprio peso o da incastri reciproci (lastre di pietra, dette lose o ciappe, "focacce", coppi, embrici o tegole alla romana, alla portoghese e alla marsigliese, di laterizio, cemento o altri materiali ecc.):*

— rimozione degli elementi, a partire da quelli che proteggono il colmo del tetto e procedendo, per filari successivi, verso la linea di gronda, avendo cura di non rompere o danneggiare i singoli pezzi rimossi;

— calo a terra degli elementi rimossi e loro accatastamento in luogo protetto dall'umidità e dagli urti;

— controllo delle eventuali opere di lattoneria (grebbiali, converse, scossaline, canali di gronda ecc.) e verifica del loro saldo ancoraggio all'impalcato, o agli altri elementi della struttura del tetto, del loro stato di conservazione e della loro integrità ed efficienza, per poi procedere all'avventuale esecuzione di riparazioni, integrazioni o sostituzioni;

— posa in opera, sull'impalcato o listellato sano (o eventualmente risanato e impermeabilizzato), degli elementi rimossi e recuperabili e, se i pezzi recuperati non sono sufficienti a coprire l'intera superficie richiesta, integrazione del manto con elementi nuovi o di recupero ma provenienti da altri manufatti. È inoltre possibile inserire chiodi o ganci, per migliorare la connessione tra gli elementi e l'impalcato o listellato di supporto, evitando il rischio del loro scorrimento sotto l'effetto, ad esempio, del carico esercitato dalla neve, purché essi non confliggano con eventuali opere di impermeabilizzazione sottostanti.

3. *Manti costituiti da elementi di piccole dimensioni, ancorati al sottostante impalcato mediante dispositivi puntuali, quali perni, cavicchi, chiodi o ganci, come i manti in scandole di legno o in abbadini di ardesia, posti in duplice o triplice strato e agganciati ai travicelli della sottostante orditura minuta del tetto:*

— rimozione degli elementi che proteggono il colmo e che fermano i primi filari del manto (tradizionalmente costituiti da elementi speciali dello stesso materiale e, più recentemente, da lamiere piegate o da coppi in laterizio), mediante sollevamento dei pezzi e rimozione dei dispositivi di ancoraggio, agendo eventualmente anche dall'intradosso della falda;

— seguono procedure analoghe a quelle prima descritte, sempre che si decida di porre in opera un nuovo manto in tutto simile a quello rimosso, in dipendenza di molte ragioni legate agli esiti formali perseguiti, ma anche al tentativo di assicurare una maggiore efficienza e durata del manufatto.

4. *Manti costituiti da elementi di piccole dimensioni, ancorati al sottostante impalcato mediante strati di materiale legante, quali malte, bitume o collanti, come i manti in abbadini di ardesia, posti in triplice strato e connessi tra loro oltre che con il sottostante tavolato continuo di supporto con malta di calce idraulica o di cemento, o i manti in tegole alla canadese:*

— rimozione degli elementi, previa asportazione dei giunti di materiali leganti che li ancorano al supporto, eseguita con azioni meccaniche (nel caso delle malte, facendo leva tra l'elemento e lo strato cui è vincolato), utilizzando eventualmente opportuni solventi o mediante asportazione meccanica (nel caso delle colle, impiegando, ad esempio, punte, lame e utensili simili) con notevoli rischi di rottura dei singoli elementi e, di conseguenza, ridotta percentuale di pezzi recuperabili;

— seguono procedure analoghe a quelle prima descritte, sempre che si decida di porre in opera un nuovo manto in tutto simile a quello rimosso, in dipendenza di molte ragioni legate agli esiti formali perseguiti, ma anche al tentativo di assicurare una maggiore efficienza e durata del nuovo manufatto.

5. *Manti costituiti da elementi metallici, in lastre o in fogli, ancorati tra loro e al sottostante impalcato mediante chiodature o strati di materiale legante, o connessi tra loro mediante chiodature, rivettature, ribattiture o saldature, a caldo o a freddo, come sono i manti in lastre e lamiere di piombo, rame o zinco:*

— la rimozione tiene conto dei differenti tipi di unione esistenti tra i vari elementi costitutivi e del loro ancoraggio al supporto: per le chiodature e le rivettature, valgono le indicazioni fornite in precedenza, mentre le ribattiture e le piegature possono talvolta essere aperte con utensili quali

pinze o tenaglie, per poi procedere al disancoraggio e alla rimozione dei pezzi, mentre le saldature richiedono spesso che il manto sia tagliato in pezzi agevolmente manovrabili;

— seguono procedure analoghe a quelle prima descritte, sempre che si decida di porre in opera un nuovo manto in tutto simile a quello rimosso, in dipendenza di molte ragioni legate agli esiti formali perseguiti, ma anche al tentativo di assicurare una maggiore efficienza e durata del nuovo manufatto.

6. *Manti costituiti da materiali plastici gettati, oppure stesi in teli sovrapposti o, ancora mediante spennellatura*, come i manti realizzati con intonaci idraulici, ad esempio con malte e cocchiopesto, quelli costituiti da guaine e materiali bituminosi o realizzati con strati di resine epossidiche, con cariche varie:

— la rimozione deve, anche in questo caso, tenere conto delle differenti tecnologie utilizzate per la realizzazione del manto ma, in ogni caso, coincide spesso con la loro distruzione per cui occorre porre la massima cura nel non danneggiare il substrato cui sono ancorati;

— seguono, anche in questi casi, procedure analoghe a quelle descritte nei precedenti casi, sempre che si decida di porre in opera un nuovo manto in tutto simile a quello rimosso, in dipendenza di molte ragioni legate agli esiti formali perseguiti ma anche al tentativo di assicurare una maggiore efficienza e durata del nuovo manufatto.

#### *Smontaggio e rimontaggio dell'impalcato che sostiene il manto di copertura*

1. *Impalcato continuo costituito da un assito di tavole lignee, chiodate ai sottostanti travicelli o correntini dell'orditura minuta del tetto*, comune in molti tetti tradizionali, soprattutto in presenza di specifici tipi di manti (costituiti, ad esempio, da abbadini di ardesia disposti in triplice strato), o di particolari destinazioni d'uso degli spazi sottotetto (locali abitabili o che necessitano di protezione dalle infiltrazioni e di adeguata coibentazione):

— rimozione delle singole assi, mediante sfilamento dei chiodi, trancio della loro testa e dei loro gambi, oppure mediante trazione esercitata sull'elemento stesso, in corrispondenza della giunzione, utilizzando una leva e avendo cura di non spezzare né la tavola da rimuovere né il listello cui è ancorata;

— oppure: se il tavolato è sano ma fragile e deformato, realizzazione di un nuovo tavolato costituito da assi lignee chiodate a quelle esistenti, con orditura incrociata ossia perpendicolare a quella esistente (v. CSD31 - Consolidamento solai con doppio tavolato);

— successivamente: rimontaggio degli elementi rimossi, eventualmente integrati con altri sani, analoghi o diversi per materiale, ma di forma tale da colmare le lacune determinate dalla perdita di quelli originari, utilizzati in sostituzione di quelli irrecuperabili, dopo aver eseguito gli eventuali altri interventi sulle strutture sottostanti.

2. *Impalcato continuo costituito da uno scempiato, ad esempio in mattonelle o pisanelle in cotto, appoggiate o legate con malta ai travicelli dell'orditura minuta del tetto*, soluzione tradizionalmente diffusa, tra le altre, nell'architettura toscana e romana:

— smontaggio dei pezzi, previa rimozione dei giunti di malta che li legano ai listelli lignei sottostanti, attuata utilizzando punte, scalpelli o altri utensili simili, eventualmente esercitando anche moderate azioni di trazione sui pezzi, avendo cura di non distruggerli e di non danneggiare i loro sostegni;

— posa in opera degli elementi recuperati e di quelli eventualmente inseriti a integrazione delle perdite patite, previo trattamento degli elementi di supporto, onde difenderli dall'aggressione delle malte di ancoraggio, e controllo delle connessioni che si formano tra lo scempiato e le strutture murarie contermini, per assicurare la loro perfetta sigillatura.

3. *Impalcato discontinuo costituito da un tramato di listelli e travicelli lignei chiodati o legati ai sottostanti travetti o correntini dell'orditura minuta del tetto*, soluzione tradizionalmente diffusa in presenza di manti in coppi, tegole alla romana, alla portoghese o alla marsigliese, ma anche in scandole di legno o in abbadini di ardesia agganciati e di lamiere grecate:

— smontaggio dei singoli travicelli o listelli, prevalentemente lignei ma talvolta anche metallici, previa rimozione delle chiodature o delle legature che li connettono ai travetti o arcarecci

sottostanti, attuata utilizzando pinze, tenaglie, tronchesi ed eventualmente ricorrendo a moderate sollecitazioni di trazione esercitate sui pezzi mediante leve di varia natura e avendo cura di non distruggerli, se ancora sani e recuperabili, e di non danneggiare gli elementi cui sono connessi;  
 — rimontaggio degli elementi recuperati o di quelli nuovi inseriti a integrazione delle perdite patite, previo trattamento degli elementi di supporto e con l'eventuale introduzione di dispositivi aggiuntivi per migliorare la connessione reciproca (nuove e più fitte chiodature o legature, pendini su piano falda, per contrastare la pressoflessione degli elementi ecc.).

*Smontaggio e rimontaggio, parziale o totale, dell'intero sistema di elementi delle orditure secondarie e principali dei tetti*

Questo tipo di interventi rientra nel più generale quadro del risanamento, restauro, consolidamento o miglioramento, sia dal punto di vista strutturale sia da quello funzionale, delle strutture e dei sistemi di copertura e si rimanda, pertanto, alle schede dedicate a simili interventi.

Gli interventi di smontaggio degli elementi costituenti la struttura portante di un tetto a orditura lignea o metallica (capriate, incavallature, travi, puntoni e diagonali di falda, correnti o arcarecci, travi di colmo, puntelli e altri similari) risentono, infatti, dei rispettivi caratteri, dal punto di vista del materiale costitutivo, del suo ruolo statico-strutturale e costruttivo (rispetto all'intero sistema), dello stato di conservazione in cui versa e delle connessioni che lo legano agli altri elementi del sistema e alle strutture murarie cui esso è vincolato o variamente connesso.

Non è quindi possibile indicare una serie ordinata e conclusa di fasi operative, se non ricordando il principio generale secondo cui lo smontaggio di simili strutture, in linea di principio, deve partire dai loro strati e dai loro elementi più esterni, ossia da quelli le cui connessioni sono direttamente accessibili, che hanno minori vincoli e giunzioni con altri elementi, o con le strutture di contorno, e che non svolgono funzioni "portanti" o "stabilizzanti" per altri elementi o parti del manufatto.

Inoltre, lo smontaggio, specie in relazione a elementi strutturali complessi quali le capriate, o in presenza di elementi di finitura intradossale, deve essere preceduto da un accurato rilievo dei pezzi costitutivi e delle reciproche connessioni, oltre che dalla loro numerazione e catalogazione (v. SMG01 - Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici).

Infine, la rimozione di elementi dell'orditura secondaria o principale di un tetto, ivi compresa quella di elementi staticamente non impegnati direttamente, quali i dormienti o i travi radice, deve essere preceduta da un'attenta analisi della stabilità e dello stato di equilibrio generale del sistema, onde predisporre le necessarie opere di sostegno provvisoriale che consentano di eseguire lo smontaggio e l'eventuale rimozione di singoli elementi o della loro totalità, in condizioni di sicurezza per gli operatori e di tutela del manufatto stesso (v. CSD08 - Puntellature, centinature e armature provvisoriale) (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Ogni intervento di smontaggio che agisce sulle coperture di un manufatto architettonico, sia esso limitato al manto e ancor più se esteso alle altre componenti del sistema, oltre a essere distruttivo rispetto alla copertura, può essere assai rischioso per l'intero manufatto.

Durante le fasi di cantiere, infatti, si rimuove, in tutto o in parte e per periodi talvolta piuttosto lunghi, la principale protezione che l'edificio possiede nei confronti dell'aggressione degli agenti meteorici e ambientali e ciò può provocare, stesso durante l'esecuzione dell'intervento di restauro, danni notevoli e conseguenze pericolose per la resistenza, la durabilità e la salubrità del manufatto. Per questo, si preferisce ormai montare ponteggi che, scavalcando l'intero corpo di fabbrica sottoposto allo smontaggio delle coperture, garantiscano a esso un'efficace protezione, più di quanto non possano fare i tradizionali teli plastici stesi sui tetti in rifacimento. Esempio emblematico di un simile dispositivo è stato realizzato, negli anni scorsi, per il rifacimento delle coperture del museo del Prado di Madrid.

Un altro rischio implicito in ogni intervento di smontaggio delle coperture e, in particolare, delle loro strutture portanti, è costituito dall'inevitabile interferenza che ogni rimozione può avere sull'equilibrio generale del sistema e su quello delle strutture murarie che lo sorreggono.

Ciò, sia in presenza di particolari soluzioni progettuali (posa in opera di impianti o inserimento di nuovi usi negli spazi sottotetto, ma anche connessione di nuovi elementi strutturali alle coperture, quali ad esempio solai o pareti sospese), sia di specifiche condizioni e vincoli operativi, quali quelli

che hanno condizionato gli interventi sulle coperture della basilica superiore di San Francesco ad Assisi dopo il recente sisma.

Inoltre, occorre ricordare che ogni intervento sulle coperture può incidere pesantemente sull'aspetto del manufatto e sulle sue prestazioni igieniche, funzionali, abitative ed energetiche e ciò coinvolge norme di diversa origine e natura, spesso contemplate nei regolamenti edilizi comunali, o in appositi provvedimenti, quale è la legge della regione Liguria che favorisce lo sfruttamento, a fini abitativi, degli spazi sottotetto (L.R. 24/2001).

Infine, legato a quanto detto, è doveroso sottolineare come ogni intervento sulle coperture inevitabilmente coinvolga anche le sottostanti strutture murarie, non fosse altro che per le necessarie connessioni che occorre risolvere, formalmente e non solo tecnologicamente, tra le rispettive componenti, con rilevanti riflessi sulle effettive possibilità di conservazione dei manufatti e della loro identità.

Dal punto di vista della sicurezza, ogni intervento di smontaggio e rimontaggio di manti di copertura eseguito ad un'altezza superiore ai due metri, prevede in ogni caso che s'innalzino gli opportuni ponteggi e si realizzino i necessari sostegni provvisori, a tutela della salute degli operatori, a presidio del manufatto e a servizio del cantiere. Occorre, quindi, valutare se le attività ispettive e di controllo richiedano il montaggio di impalcature complete o parziali, da terra o a sbalzo, o se, all'opposto, sia possibile operare con trabattelli o altri automezzi di servizio.

Anche nel caso in cui l'operatore possa accedere direttamente alla copertura, senza ausilio di ponti o altro, è infine necessario che siano scrupolosamente rispettate tutte le norme antinfortunistiche relative alla tutela della salute e sicurezza degli operatori. Le nuove disposizioni legislative nazionali prevedono che, già nel progetto di costruzione ex novo o di ristrutturazione della copertura, debbano essere previsti anche i successivi interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, ma anche di riparazione, non solo della copertura in sé, ma anche degli elementi tecnologici presenti su di essa e delle sue pertinenze. In particolare, l'art. 115 del D.Lgs. n. 81/2008 ("sistemi di protezione contro le cadute dall'alto") prevede che i lavoratori utilizzino idonei sistemi di protezione composti da diversi elementi quali: assorbitori di energia, connettori, dispositivi di ancoraggio, cordini, dispositivi retrattili, guide o linee vita flessibili o rigide.

## **ESPERIENZE**

Lo smontaggio, parziale o totale, di singole componenti o di interi sistemi di copertura compare, come pratica diffusa, seppure non sempre valutata per le sue effettive implicazioni, in molti interventi su edifici esistenti, di vario carattere e di diversa origine e consistenza.

È quindi agevole reperire informazioni su una molteplicità di interventi, sia su riviste specializzate sia sulla letteratura tecnica dedicata, in generale, ai lavori edili e, in particolare, al restauro.

È tuttavia possibile ricordare almeno le seguenti esperienze recenti:

- smontaggio, e rifacimento delle coperture del museo del Prado a Madrid, con impianto di cantiere innovativo per la protezione del sito e del manufatto e per la movimentazione dei materiali;
- restauro, con parziale smontaggio e integrazioni degli elementi costitutivi, delle coperture di palazzo Natta a Como;
- smontaggio e sostituzione dei tetti sulla villa degli Argenti a Pompei;
- interventi di restauro e consolidamento del tetto a puntelli e telai zoppi di villa La Fortezza, di Galeazzo Alessi a Genova Sampierdarena;
- interventi di restauro e consolidamento del tetto di palazzo Doria Spinola dei Marmi a Genova.

## **RIFERIMENTI NORMATIVI**

D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106, *Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni e nei lavori in quota*.

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, *Testo unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 2000, *Atlante dei tetti*, Utet, Torino.

AA.VV. 2005, *Progettare il recupero delle strutture in legno*, Maggioli, Milano.

- Barbisan U., Laner F. 2000, *Capriate e tetti in legno. Progetto e recupero*, Franco Angeli, Milano.
- Bellezza G. 2007, *Lavorare per conservare. Chiese, palazzi, torri, ville, castelli nell'estremo Ponente della Liguria*, Grafiche Amadeo, Imperia Chiusanico.
- Boato A. 2005, *Costruire "alla moderna". Materiali e tecniche a Genova tra XV e XVI secolo*, All'Insegna del Giglio, Firenze.
- Carbonara G. (a cura di) 1996, *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino.
- Carbonara P. (a cura di) 1984-92, *Architettura pratica*, Utet, Torino.
- Caterina G. 1989; De Sivo B., Cito G., Giordano G., Iovino R. 1992; Musso S. F., Franco G. 2000.
- D'Orazio M., Dogana D. (a cura di) 2006, *Atti del convegno "Architettura e tecniche delle coperture"*, DACS, Università Politecnica delle Marche, edizioni DE-MA, Milano.
- De Sivo B., Cito G., Giordano G., Iovino R. 1992, *Il recupero delle coperture*, Flaccovio, Palermo.
- Franceschi S., Germani L. 2005, *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.
- Galliani G.V. 1984, *Tecnologia del costruire storico genovese*, Sagep, Genova.
- Galliani G.V. 1990, *Analisi dell'architettura costruita. 4 tesi di laurea della facoltà di architettura su edifici storici liguri*, Sagep, Genova.
- Galliani G.V., Franco G. (a cura di) 2001, *Una tecnologia per l'architettura costruita. Forme, strutture e materiali nell'edilizia genovese e ligure*, Alinea, Firenze.
- Galliani G.V., Mor G. (a cura di) 2006, *Manuale del recupero di Genova antica*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.
- Giacobbi M., Ricci M. (a cura di) 1988, *Tetti a falde nell'edilizia diffusa dell'Italia settentrionale. Un'indagine sui materiali di copertura*, Sapere 2000, Roma.
- Mor G. 1998, *Strutture di copertura nell'architettura genovese*, Legoprint, Genova.
- Munafò P. 2002, *Le capriate lignee antiche per i tetti a bassa pendenza. Evoluzione, dissesti, tecniche di intervento*, Alinea, Firenze.
- Musso S.F., Franco G. 2006, *Guida agli interventi di recupero dell'edilizia diffusa nel Parco Nazionale delle Cinque Terre*, Marsilio, Venezia.
- Nelva R. 1987, *Le coperture discontinue*, Be-Ma, Milano.
- Scarzella P., Zerbinatti M. 2009, *Recupero e conservazione dell'edilizia storica*, Alinea, Firenze.
- Tampone G. 1996, *Il restauro delle strutture di legno*, Nardini, Firenze.
- Zevi L. (a cura di) 2001, *Il Manuale del Restauro Architettonico*, Mancosu, Roma.



Figura 1 • Sovrapposizione del nuovo tavolato con mantenimento del vecchio.



Figura 2 • La successione degli strati di coibentazione, in opera.



Figura 3 • Il nuovo manto coibente, costituito da: tavolato, sughero, tessuto non tessuto, sughero.

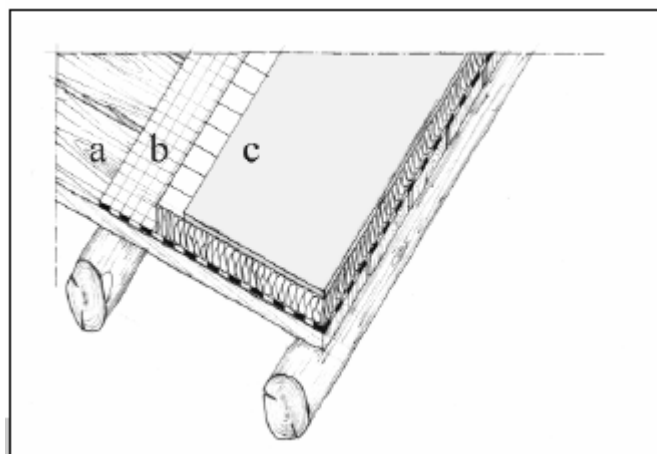


Figura 4 • Intervento di coibentazione della copertura: a) tavolato; b) strato di barriera al vapore; c) strato di coibentazione. (CAF)

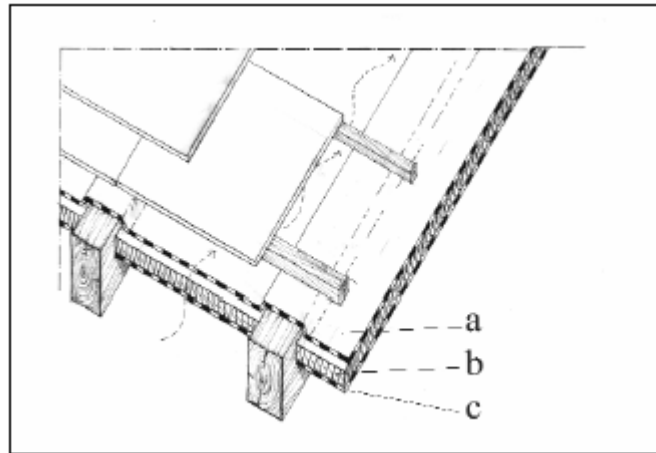


Figura 5 • Intervento di coibentazione e impermeabilizzazione della copertura: a) impermeabilizzazione; b) strato di coibentazione; c) strato di barriera al vapore. (CAF)

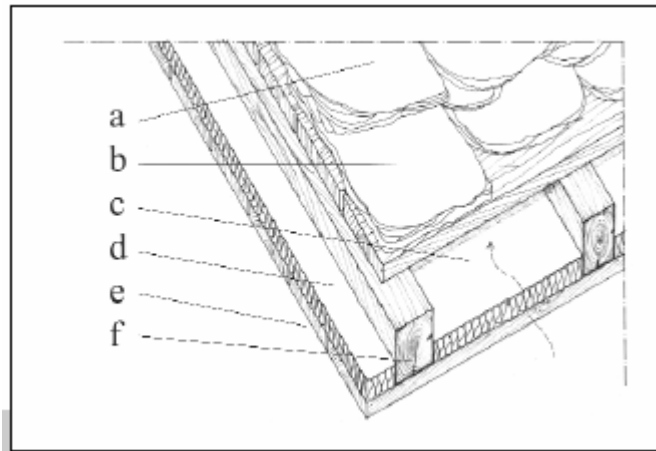


Figura 6 • Intervento di coibentazione, impermeabilizzazione e ventilazione della copertura: a) manto in "lose" di pietra; b) primo strato di tavole di legno; c) intercapedine di ventilazione; d) strato di coibentazione; e) secondo strato di tavole di legno; travetti. (CAF)



## SMG 05 | STACCO A MASSELLO DELLE PITTURE MURALI

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Il metodo dello stacco a massello è tra le tecniche di trasferimento la più antica e oggi la più desueta, quella in cui lo strato pittorico è staccato con tutto o parte dello spessore del muro. Vengono quindi salvate le caratteristiche della pittura murale legate all'irregolarità della superficie, come per la tecnica moderna dello stacco, e si ha il vantaggio di non esercitare alcuna azione meccanica direttamente sullo strato dipinto.

La procedura per questo tipo di rimozione richiede il taglio del muro attorno alla pittura, un sostegno rigido posto anteriormente al pezzo e ad esso saldamente agganciato, e quindi il distacco con l'estrazione dalla parete. La prassi è perciò alquanto laboriosa e pericolosa soprattutto durante la movimentazione del pezzo in genere abbastanza pesante e perciò soggetto a rotture; nell'Ottocento era considerata un'operazione prettamente meccanica che spettava non ai pittori, bensì a scultori architetti e ingegneri.

È la tecnica più antica già usata dai romani, citata da Varrone, Vitruvio e Plinio per il trasferimento di pitture murali, sarà poi praticata nel XVI secolo fino al XIX, quando inizierà la diffusione dello strappo, per essere poi definitivamente soppiantata dallo stacco con il solo intonaco pittorico, più facile nell'esecuzione e nel trasporto da un luogo all'altro.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Era praticato a volte per la salvaguardia delle pitture considerate pregevoli all'interno di un complesso decorativo e quindi per evitarne il deperimento a causa delle condizioni conservative o di esposizione, o per il rinnovamento della decorazione, o per lo smantellamento dell'edificio che le ospitava; a volte invece per la raccolta delle stesse in contesti museali. In ambito archeologico, famosa fu la campagna di stacchi operata nei siti di Ercolano e Pompei a partire dalla prima metà del Settecento, per l'arricchimento delle raccolte borboniche di frammenti di pittura romana estrapolati dai contesti decorativi originari e fatti uscire dai cunicoli degli scavi in pezzi di estensione limitata; tale tendenza tenderà a scemare con la pratica prima dello scavo a cielo aperto e contemporaneamente col crescere della considerazione dell'importanza del contesto complessivo della decorazione, in tutta la sua struttura compositiva unita all'architettura. In taluni casi, frequenti a partire dal XVI secolo, lo stacco a massello era riservato ad immagini venerate e trasferite così all'interno di edifici chiesastici per dare loro maggior decoro. Oggi una tale tecnica potrebbe avere applicazione solo nel caso in cui fosse particolarmente importante la conservazione dell'apparecchio murario su cui giace la pittura. Nella concezione odierna, infatti, si ricorre al trasferimento della pittura solo nei casi in cui vi siano gravi problemi conservativi per gli strati di supporto, perciò in genere va conservato, quando è possibile, solo l'intonaco a diretto contatto con la pellicola pittorica.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

È un'operazione alquanto complessa che prevede l'estrazione dall'insieme della parete della parte di muro su cui poggia la pittura. La tecnica attuale non si discosta eccessivamente da quella descritta nell'Ottocento dal Forni e comprende le seguenti fasi operative:

— eventuale pulitura e fissaggio del colore e dell'intonaco di supporto;

- velinatura anteriore con una garza di cotone e due di canapa. L'adesivo può essere la colla animale o una resina sintetica in soluzione, ma deve essere in ogni caso un collante facilmente reversibile;
- messa in opera di sonde di acciaio inox conficcate ai bordi della pittura, lunghe da 2 a 5 cm, perché le eventuali operazioni sul retro abbiano un punto di riferimento per la distanza dalla superficie dipinta;
- giustapposizione di un tavolato anteriore, grande quanto la pittura;
- taglio nel lato inferiore profondo 10-15 cm e alto 10 cm; inserimento di una putrella a L di sostegno, poggiante su blocchi di legno e avvitata al tavolato di supporto della pittura;
- sigillatura del perimetro del tavolato, praticando dei fori per tutta la sua estensione colandovi del gesso liquido oppure della resina espansa, in modo da creare una perfetta controforma per la superficie dipinta. Per quest'operazione è bene prevedere uno strato distaccante tra il gesso o la resina e le tele di protezione, per facilitarne la rimozione successiva (foglio di plastica incollato o alcol polivinilico) (fig. 1);
- tagli verticali ai lati e scavo posteriore;
- taglio superiore, estrazione del pezzo e sua sistemazione con la parte dipinta rivolta a terra;
- lavorazione del retro della pittura, rimuovendo o no il supporto fino all'ultimo intonaco e foderatura con tela di canapa. Rimozione delle tele anteriori e adesione al nuovo supporto (fig. 2).

La tecnica ottocentesca prevedeva, a grandi linee, la seguente successione di fasi operative:

- fermatura del colore e dell'intonaco;
- taglio del lato inferiore (iniziando con ferri taglienti o con una sega e poi allargando la fenditura perché era necessario evitare che i colpi di martello producessero vibrazioni sulla pittura), prima a segmenti, poi completo, con l'inserimento di una grossa tavola sigillata con stucco attorno al bordo inferiore della pittura e poggiante su sostegni;
- tagli laterali e inserimento di altre grosse tavole collegate con la prima e avvitate al muro; il perfetto contatto con il muro era garantito dalla stoppa;
- costruzione di un arco di mattoni nella zona superiore per sostenere il muro soprastante durante il trasporto della pittura e quindi demolizione della porzione di muro tra l'arco e il bordo della pittura;
- inserimento dell'ultima tavola e rinforzo degli angoli dell'armatura perimetrale con squadre di ferro sulla parte anteriore e posteriore della cassa così formata; eventuale assottigliamento dal retro della sezione del muro in presenza di forti spessori;
- disposizione di un tavolato foderato con stoppa, a protezione della superficie anteriore;
- disposizione di spranghe orizzontali di ferro a contrasto col retro ed eventuale rinforzo del muro con gesso e stoppa;
- estrazione e ricollocazione insieme a tutto il telaio così costruito;
- rimozione del tavolato anteriore di protezione.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nel procedimento moderno è prevista l'eliminazione di parte del supporto; in passato, invece, l'intera sezione del muro era inserita in un'altra parete.

In effetti, lo stacco a massello presuppone che la muratura di supporto sia solida e non ammalorata da sali; è quindi problematico praticare il taglio della parete per poi eliminarne la parte "superflua" della sezione, anche se questa soluzione eviterebbe i traumi superficiali dovuti alla percussione dei mazzuoli, com'è nello stacco attuale, pur considerando che eliminare dal retro la muratura contribuirebbe, più che nella versione moderna, alla conservazione dell'andamento superficiale dello strato dipinto.

Grossi limiti sono poi senz'altro quello del peso del pezzo distaccato, oltre alla complicazione delle procedure del taglio e tutti i problemi di un'eventuale ricollocazione. Spesso il procedimento ha portato alla frammentazione della pittura durante il trasporto.

Attualmente, il trasferimento di una pittura murale è un intervento assai raro, in quanto si cerca di adoperare ogni sforzo perché la pittura rimanga nell'ubicazione originaria, per ovvie ragioni pratiche e teoriche quali i rischi connessi con l'operazione di stacco per la conservazione della materia originale e il legame figurativo tra la pittura e l'architettura.

Talora per gravi motivi di conservazione, quando è inevitabile una simile operazione di trasporto, si preferisce la variante dello stacco del colore insieme al solo intonaco pittorico anche se ciò comporta arrecare danni all'arriccio sottostante, sacrificando perciò l'integrità dell'eventuale sinopia.

Anche in questo caso si devono incollare due strati di tela (cotone e canapa) sul colore, quindi si taglia tutto lo spessore dell'intonaco lungo i bordi della sezione da staccare, si percuote la superficie con mazzuoli di legno e contemporaneamente si opera sul retro con lame d'acciaio taglienti per smantellare i punti più tenaci dell'intonaco. Completato il distacco si fissano le tele a un pannello rigido e si rimuove il pezzo dalla parete. Il procedimento implica, come per lo stacco a massello, dei limiti nell'estensione dell'area staccata, per via del peso, della possibilità di maneggiare il pezzo agevolmente e quindi della possibilità di trasferimento dell'opera da un ambiente all'altro.

In generale è necessario assicurarsi che il colore sia ben aderente all'intonaco, prima dell'intelaggio, pulendo e consolidando la pellicola cromatica. In tal modo si eviteranno perdite della materia pittorica durante la rimozione delle protezioni anteriori.

È sempre importante conoscere la tecnica d'esecuzione della pittura, e in modo particolare la sua sensibilità all'acqua. Nel caso di una pittura o di alcune sue parti (le campiture di azzurrite sono il caso più comune) eseguite con un legante sensibile all'acqua, la colla animale che assicura le tele sul fronte della pittura può essere sostituita da resine sintetiche in solventi organici, oppure si può optare per la stesura di un fissativo provvisorio sulla pittura. L'eliminazione della colla animale è ottenuta bagnando abbondantemente con acqua calda l'intelaggio.

Dove vi sono porzioni dell'intonaco di supporto distaccate pericolanti e disgiunte dal piano della pittura, è bene ripristinarne la planarità prima di procedere al distacco.

#### **ESPERIENZE**

Roma, chiesa dei Santi. Apostoli, Angeli e Redentore di Melozzo da Forlì.

Roma, Accademia di San Luca, putto di Raffaello.

Roma, chiesa di San Carlo ai Catinari, San Carlo di Guido Reni.

Roma, basilica di San Pietro, Presentazione della Vergine e Martirio di san Sebastiano.

Firenze, chiesa di Ognissanti, San Girolamo e Sant' Agostino, Ghirlandaio e Botticelli.

Firenze, chiesa di Santa Croce, S. Francesco e S. Girolamo di D. Veneziano.

Firenze, chiesa di Santa Maria Nuova, Giudizio Finale di Fra' Bartolomeo.

Firenze, cappella della villa Imperiale, volta dipinta di Matteo Rosselli

Firenze, chiesa della Crocetta, cappella della Fuga in Egitto, Giovanni da San Giovanni.

Milano, chiesa del S. Sepolcro, Deposizione, Bramantino.

Arezzo, chiesa di Santo Stefano, Madonna di Spinello Aretino.

Borgo San Sepolcro (AR), Resurrezione di Piero della Francesca.

Parma, chiesa dell'Annunciata, Annunciazione del Correggio.

Scandiano (MO), Rocca, Storie dell'Eneide di Niccolò dell'Abate

Bologna, oratorio dei Filippini, Ecce homo di Ludovico Carracci.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Urbani G., Mora P., Torraca G. 1965; Mora P., Mora L., Philippot P. 1999; Danti C., Matteini M., Moles A. (a cura di) 1990; Philippot P. 1992; Forni U., 1866, Bonsanti G., Ciatti M.(a cura di) 2004, (LAN)

Bonsanti G., Ciatti M, *Ulisse Forni Manuale del pittore restauratore. Studi per la nuova edizione*, Firenze, 2004, pp. 44-46.

Botticelli G. E S., *Lezioni di restauro. Le pitture murali*, Firenze, 2008, pp. 57-59.

Ciancabilla L., *Stacchi e strappi di affreschi tra Settecento e Ottocento. Antologia di testi fondamentali*, Firenze, 2009.

Ciatti M., *Appunti per un manuale di storia e teoria del restauro*, Firenze, 2009, pp. 122-127.

Conti A., *Storia del restauro e della conservazione delle opere d'arte*, Milano, 2002.

D'alconzo P., *Picturae excisae. Conservazione e restauro dei dipinti ercolanensi e pompeiani tra XVII e XIX secolo*, Roma, 2002.

Giacomini F., "Questo distaccare le pitture dal muro è cosa indegna". *Il trasporto dei dipinti murali nell'Ottocento e l'attività di Pellegrino Succi*, in Rinaldi S. (a cura di), *Restauri pittorici e allestimenti museali a Roma tra Settecento e Ottocento*, Firenze, 2007, pp. 71-75.

Guglielmi A., Prisco G., *Le operazioni di stacco e la conservazione in situ*, in Prisco G. (a cura di), *Filologia dei materiali e trasmissione al futuro*, Roma, 2009, pp. 15-27.

Mora P. E L., Philippot P., *La conservazione delle pitture murali*, Bologna, 1997, pp. 273-276.

Panza P. L., *Antichità e restauro nell'Italia del Settecento*, Milano, 1990.

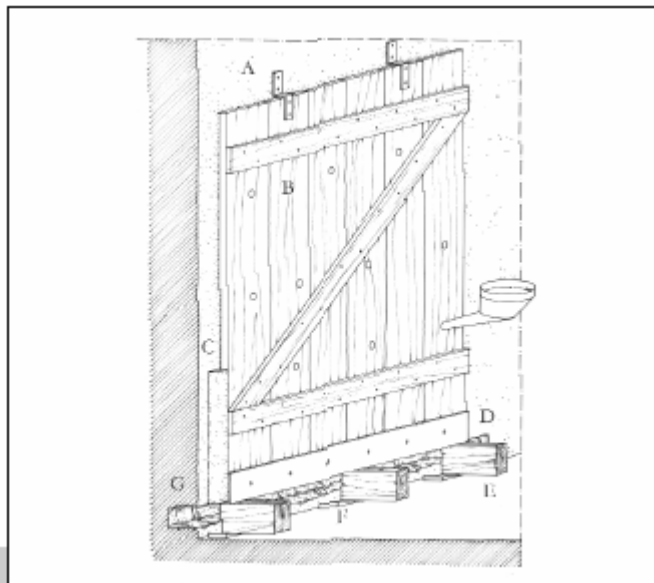


Figura 1 • L'ultima operazione preparatoria è la costruzione di un pannello d'appoggio, generalmente in legno e di dimensioni pari a quelle della superficie da distaccare. A) staffe di fissaggio del pannello di appoggio; B) fori nel pannello d'appoggio per colare la malta di gesso; C) stuccatura tra il muro e il pannello per impedire la fuoriuscita della malta di gesso; D) profilato a L fissato al pannello e inserito nella scanalatura alla base dell'affresco; E) blocchi di legno di supporto al pannello di appoggio; F) cunei; G) scanalatura scavata alla base dell'affresco. (CAF)

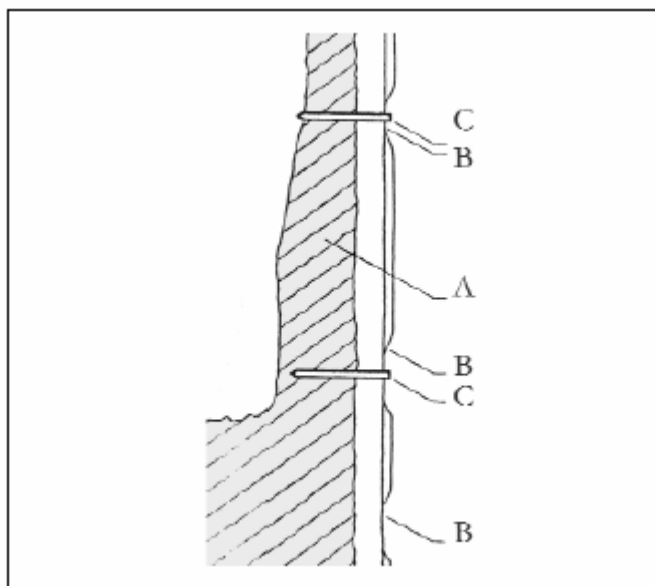


Figura 2 • L'affresco è staccato dal supporto murario tagliando i bordi laterali e scavando, con mezzi meccanici, fino a circa 10-20 cm dalla superficie dipinta esterna. A) supporto murario; B) lacuna nella pellicola pittorica; C) barrette in materiale inossidabile, destinate a garantire, in fase di distacco, l'adesione dello strato pittorico all'intonaco sottostante. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il metodo per il trasferimento delle pitture murali si articola in alcune alternative tecnologiche che consentono il prelievo di sezioni diverse del sistema formato dalla pittura e dal suo supporto. Dallo stacco a massello in cui lo strato pittorico è staccato con tutto o parte dello spessore del muro, allo stacco in cui insieme alla pellicola pittorica viene prelevato solo l'intonaco di supporto, allo strappo che prevede la rimozione della sola pellicola pittorica. L'applicazione dei metodi si colloca in diversi periodi storici, senza dimenticare le sovrapposizioni, il primo ad essere ricordato è lo stacco a massello già usato dai romani, e citato da Varrone, Vitruvio e Plinio per il trasferimento di pitture murali, sarà poi praticata nel XVI secolo fino al XIX, quando inizierà la diffusione dello strappo e dello stacco del solo intonaco pittorico, più facili nell'esecuzione e nel trasporto dei pezzi da un luogo all'altro.

Nello stacco a massello la prassi era alquanto laboriosa e pericolosa soprattutto durante la movimentazione del pezzo in genere abbastanza pesante e perciò soggetto a rotture; nell'Ottocento veniva considerata un'operazione prettamente meccanica che spettava non ai pittori-restauratori, bensì a scultori, architetti e ingegneri.

Lo stacco comporta ancora una notevole rigidità del pezzo che deve essere maneggiato con l'aiuto di un supporto rigido e le dimensioni dei pezzi sono limitate a causa del peso e della necessaria rigidità.

Lo strappo una volta eseguito può essere arrotolato e quindi facilmente trasferito e maneggiato. È il metodo di rimozione più rapido, ma anche quello che presenta gli inconvenienti più gravi ed espone le pitture a rischi considerevoli per la perdita di materia originale. Anche quando eseguito in modo tecnicamente perfetto, non permette di conservare le ondulazioni e le irregolarità dell'intonaco che costituiscono una caratteristica peculiare per la pittura murale.

*"[...] la pittura staccata diventa per lo più piatta ed uniforme e si riduce ad una superficie senza peso, incapace di suggerire ancora la massa murale che ricopriva – e che le conferiva un 'peso' e una 'densità' caratteristica"*

P. Mora, L. Mora, P. Philippot, 1999

Per la riuscita dell'intervento è necessario che si vinca la forza di adesione esistente tra il supporto e la pellicola cromatica, e ciò si ottiene utilizzando alcuni materiali che l'esperienza suggerisce come i più adatti.

Attualmente, questi sistemi, sono utilizzati raramente e in caso di assoluta necessità, a causa delle diverse implicazioni e grazie al progresso delle tecniche di conservazione *in situ*. Le ultime estese applicazioni di queste tecnologie si datano agli anni Sessanta del secolo scorso.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

In generale il trasferimento delle pitture murali si è giustificato per esigenze di protezione e di raccolta.

Lo stacco a massello era praticato per la salvaguardia delle pitture considerate pregevoli all'interno di un complesso decorativo e quindi per evitarne il deperimento a causa delle condizioni conservative o di esposizione, o per il rinnovamento della decorazione, o per lo smantellamento

dell'edificio che le ospitava; a volte invece per la raccolta delle stesse in contesti museali. In ambito archeologico, famosa fu la campagna di stacchi operata nei siti di Ercolano e Pompei a partire dalla prima metà del Settecento, per l'arricchimento delle raccolte borboniche di frammenti di pittura romana estrapolati dai contesti decorativi originari e fatti uscire in pezzi di estensione limitata anche a causa dai cunicoli che percorrevano in un primo tempo gli scavi; tale tendenza tenderà a scemare con la pratica prima dello scavo a cielo aperto e contemporaneamente col crescere della considerazione dell'importanza del contesto complessivo della decorazione, in tutta la sua struttura compositiva unita all'architettura. In taluni casi, frequenti a partire dal XVI secolo, lo stacco a massello era riservato anche ad immagini sacre venerate ed esposte all'esterno e quindi trasferite all'interno di edifici chiesastici per dare loro maggior decoro.

Lo stacco viene richiesto nel caso di una grave e diffusa perdita di adesione della pittura con la parete, ma può essere praticato solo nei casi in cui l'intonaco di supporto è in buone condizioni di conservazione, cioè quando ancora possiede buone proprietà meccaniche e ciò in genere si realizza quando non è inquinato dai sali ed è stato realizzato secondo una buona regola d'arte. Altre esigenze, non dettate dal degrado, potrebbero essere quelle della salvaguardia di pitture il cui edificio è destinato a demolizione o non è custodito sufficientemente, oppure è a rischio di distruzione,

Il ricorso allo strappo è plausibile oggi solo nei casi in cui sia impossibile la conservazione e il consolidamento delle pitture murali *in situ*, per le opere quindi in cui l'intonaco di supporto sia particolarmente sottile e decoeso a causa dell'inquinamento salino o per altre cause. È indicato anche per separare due pitture sovrapposte perché eseguite nello stesso luogo in epoche diverse. Lo strappo può anche riguardare solo una parte della pittura o comunque di un insieme di pitture, diversamente conservate a causa dell'ubicazione.

Purtroppo ancora oggi giorno lo strappo è un sistema praticato anche dai ladri di opere d'arte che lo utilizzano per trafugare velocemente pitture murali o parti di esse da edifici per lo più abbandonati e incustoditi. In ogni caso anche in passato le pitture distaccate dal supporto murario sono diventate frequentemente oggetti di mercato.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per lo stacco a massello la tecnica attuale non si discosta eccessivamente da quella descritta nell'Ottocento dal Forni e comprende le seguenti fasi operative:

- eventuale pulitura e fissaggio del colore e dell'intonaco di supporto;
- velinatura anteriore con una garza di cotone e due di canapa. L'adesivo può essere la colla animale o una resina sintetica in soluzione, ma deve essere in ogni caso un collante facilmente reversibile
- messa in opera di sonde di acciaio inox conficcate ai bordi della pittura, lunghe da 2 a 5 cm, perché le eventuali operazioni sul retro abbiano un punto di riferimento per la distanza dalla superficie dipinta;
- giustapposizione di un tavolato anteriore, grande quanto la pittura;
- taglio nel lato inferiore profondo 10-15 cm e alto 10 cm; inserimento di una putrella a L di sostegno, poggiante su blocchi di legno e avvitata al tavolato di supporto della pittura;
- sigillatura del perimetro del tavolato, praticando dei fori per tutta la sua estensione colandovi del gesso liquido oppure della resina espansa, in modo da creare una perfetta controforma per la superficie dipinta. Per quest'operazione è bene prevedere uno strato distaccante tra il gesso o la resina e le tele di protezione, per facilitarne la rimozione successiva (foglio di plastica incollato o alcol polivinilico) ([fig. 1](#));
- tagli verticali ai lati e scavo posteriore;
- taglio superiore, estrazione del pezzo e sua sistemazione con la parte dipinta rivolta a terra;
- lavorazione del retro della pittura, rimuovendo o no il supporto fino all'ultimo intonaco e foderatura con tela di canapa. Rimozione delle tele anteriori e adesione al nuovo supporto ([fig. 2](#)).

La tecnica ottocentesca prevedeva, a grandi linee, la seguente successione di fasi operative:

- fermatura del colore e dell'intonaco;

- taglio del lato inferiore (iniziando con ferri taglienti o con una sega e poi allargando la fenditura perché era necessario evitare che i colpi di martello producessero vibrazioni sulla pittura), prima a segmenti, poi completo, con l'inserimento di una grossa tavola sigillata con stucco attorno al bordo inferiore della pittura e poggiante su sostegni;
- tagli laterali e inserimento di altre grosse tavole collegate con la prima e avvitate al muro; il perfetto contatto con il muro era garantito dalla stoppa;
- costruzione di un arco di mattoni nella zona superiore per sostenere il muro soprastante durante il trasporto della pittura e quindi demolizione della porzione di muro tra l'arco e il bordo della pittura;
- inserimento dell'ultima tavola e rinforzo degli angoli dell'armatura perimetrale con squadre di ferro sulla parte anteriore e posteriore della cassa così formata;
- eventuale assottigliamento dal retro della sezione del muro in presenza di forti spessori;
- disposizione di un tavolato foderato con stoppa, a protezione della superficie anteriore;
- disposizione di spranghe orizzontali di ferro a contrasto col retro ed eventuale rinforzo del muro con gesso e stoppa;
- estrazione e ricollocazione insieme a tutto il telaio così costruito;
- rimozione del tavolato anteriore di protezione.

La moderna tecnica dello stacco prevede invece le seguenti fasi:

- a) Pulitura della superficie e fermatura delle parti di colore decoeso.
- b) Delimitazione della porzione da staccare mediante l'isolamento dei bordi con nastro adesivo o altro materiale.
- c) Applicazione di una prima tela di cotone e di una seconda di canapa o di lino (*facing*) mediante un adesivo organico, di origine naturale o sintetica (colla animale o resina acrilica), che non deve comunque essere di troppa forza dovendo solo sostenere il pezzo d'intonaco una volta svincolato dal muro.
- d) Percussione calibrata della superficie con martelli di legno o di materiale non eccessivamente duro, per favorire il distacco dell'intonaco, contemporaneo inserimento di lamine d'acciaio tra l'arriccio e l'intonaco pittorico.
- e) Distacco di tutta l'estensione della pittura e rimozione del pezzo costantemente appoggiato ad un supporto rigido.
- f) Lavorazione del retro, molatura e stuccatura per pareggiare la superficie, conservando in genere qualche millimetro d'intonaco.
- g) Applicazione di due tele sul retro come foderatura (*backing*).
- h) Rimozione delle tele anteriori servite per il trasporto.
- i) Applicazione ad un nuovo supporto, che in questo caso di solito è di tipo rigido, mediante l'uso di un adeguato adesivo.
- j) Eventuale ricollocazione nel sito d'origine.

Recentemente si registrano dei tentativi di sostituire la colla per lo stacco con il Ciclododecano (CCD  $C_{12}H_{24}$ ) un materiale simile alla cera che in questi ultimi decenni ha trovato molte applicazioni ed è stato studiato sotto vari aspetti, in modo da evitare la delicata fase di rimozione del collante per liberare la pittura dal *facing* che può comportare la perdita di parti della pellicola pittorica; grazie alla proprietà del CCD di passare direttamente dallo stato solido a quello gassoso (sublimazione) a temperatura ambiente e in tempi dettati dalle condizioni climatiche, si otterrebbe senza alcuna azione meccanica, né fisica, né chimica, la rimozione delle garze poste sul fronte della pittura.

La tecnica dello strappo prevede la seguente successione di operazioni:

- a) Pulitura della superficie pittorica, nel corso della quale vanno eliminati per quanto possibile per le condizioni di conservazione tutti quei materiali che potrebbero impedire la buona aderenza del *facing* per lo strappo.



- b) Protezione delle campiture sensibili all'acqua con resina acrilica o altro materiale, per evitare la perdita delle stesse con la rimozione del *facing*.
- c) Delimitazione della porzione da strappare mediante nastro adesivo e carta di giornale, soprattutto nel caso che lo strappo sia una parte di un'intera pittura.
- d) Applicazione del *facing*, ovvero dello strato destinato a sostenere e proteggere la superficie pittorica per tutta la durata delle prime operazioni, è costituito da una garza di cotone e da una o più tele di canapa.

La prima garza deve essere di cotone leggero e a trama larga (un tempo veniva impiegato il cosiddetto *calicot*). Prima del suo impiego questa va lavata per eliminare ogni traccia di appretto, asciugata, e sfilacciata sui bordi, per evitare deformazioni; viene poi tagliata in pezzi rettangolari di circa 35 x 60 cm, o comunque in pezzi dalle dimensioni uniformi per facilitarne la manipolazione e poter coprire l'area della pittura in filari regolati. Per l'incollaggio si opera applicando un primo strato di adesivo su una porzione della pittura corrispondente a un pezzo di garza, eventualmente due (circa 80 cm) se l'asciugatura non è troppo rapida.

La colla utilizzata non deve essere troppo fluida. L'utilizzo di una colla più densa assolve al duplice scopo di impedire alla trama della garza di imprimersi nella pittura e d'assicurare, al momento dell'essiccazione, una contrazione più forte che faciliterà lo strappo.

L'applicazione va eseguita dal basso verso l'alto per evitare che durante la spennellatura l'adesivo possa finire direttamente sul dipinto provocando strappi. La garza deve essere tesa accuratamente con la mano, in modo che la contrazione della colla al momento dell'essiccazione faciliti lo strappo della pellicola pittorica.

- e) Applicazione della tela di canapa. La stesura è analoga a quella per la garza, ma occorre evitare di sovrapporre le giunture del primo strato con questo secondo perché ciò creerebbe un forte accumulo di colla con possibili ripercussioni sulla pittura. Un ulteriore strato di tela può eventualmente essere aggiunto se il *facing* deve essere particolarmente resistente.
- f) Strappo della pittura quando la colla è ben asciutta. Il tempo tra l'applicazione del *facing* e lo strappo vero e proprio varia in funzione delle condizioni di umidità relativa e temperatura dell'ambiente. In ambiente secco occorreranno al massimo due o tre giorni in ambiente umido, si potrà eventualmente procedere a una asciugatura artificiale mediante apparecchi ventilatori o termoconvettori. Si può iniziare a tirare il *facing* con molta decisione a partire da uno degli angoli inferiori.
- g) Eventuale arrotolamento su di un rullo dello strappo per poterlo manipolare con maggiore sicurezza.
- h) Deposizione dello strappo su una superficie piana, quindi si procede all'eliminazione dei residui d'intonaco sul retro della pellicola pittorica, all'eventuale stuccatura delle lacune e alla stesura di un primo strato di adesivo addensato con carbonato di calcio o polvere di molatura ([fig. 3](#), [fig. 4](#)).
- i) Foderatura del retro con due tele (*backing*), solitamente la prima di cotone e la seconda di canapa, mediante un adesivo che può essere costituito da caseinato di calcio o da una resina acrilica addensati.
- j) Preparazione del nuovo supporto con un eventuale strato di intervento che permetta in futuro la separazione della pittura strappata dal supporto, per una sua sostituzione senza operazioni pericolose per l'integrità dell'opera (sughero; carta a strappo predeterminato; malta ad espansione). Applicazione ad un nuovo supporto (in genere in fibra di vetro e resina poliestere o in fibra di carbonio e resina epossidica) mediante incollaggio sottovuoto, ovvero prodotto grazie ad un sacco di polietilene in cui vengono inseriti il supporto e la pittura e di cui vengono sigillati i bordi e quindi producendo con l'estrazione dell'aria una pressione omogenea, costante e prolungata per un certo tempo.
- k) Ricollocazione *in situ* o ricovero in un altro e più idoneo ambiente di conservazione se quello originario non lo consente.

La fabbricazione dei supporti può essere diversamente complicata dalle caratteristiche della superficie originaria da riprodurre, cioè se piatta o curva o comunque ad andamento irregolare.

### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

La scelta dell'adesivo con cui applicare il *facing* al dipinto murale dipende: a) dalla resistenza all'acqua e quindi dalla tecnica di esecuzione e dallo stato di conservazione del dipinto; b) dalle condizioni ambientali in cui si opera.

a) Sotto il primo aspetto si possono distinguere tre possibilità.

— Intonaco e strato pittorico resistenti all'acqua. Per l'incollaggio del *facing* si può ricorrere a una colla animale o a una "colletta". La ricetta più usata contiene colla d'ossa (detta colla forte), acqua, melassa o glicerina (con funzione plastificante e solo per lo stacco).

— Intonaco in buono stato ma pellicola pittorica eseguita parzialmente o completata a secco. In questo caso si può ricorrere a un preconsolidamento con un fissativo prima di applicare il *facing*.

— Intonaco e pellicola pittorica sensibili all'acqua o molto friabili. In questo caso è opportuno sostituire gli adesivi acquosi con resine sciolte in solventi. Le resine più utilizzate a tale scopo erano un tempo le viniliche, oggi invece si preferiscono alcune resine acriliche. Con cui si applicano la garza e la tela (o due garze) del *facing* con una soluzione diluita dal 10 al 20%.

b) Le condizioni di umidità relativa e la temperatura ambientale nelle quali si opera sono fondamentali per l'influenza che possono esercitare sul collante. Si dovrà pertanto scegliere un periodo dell'anno con condizioni medie di umidità relativa e di temperatura. Se la parete sulla quale è collocato il dipinto risulta troppo umida sarà possibile asciugarla mediante stufe o lampade all'infrarosso, facendo attenzione che la pittura non venga danneggiata da un calore eccessivo. Oppure se l'umidità è dovuta alla presenza di nitrati di calcio sarà possibile ricorrere alla preventiva stesura di Tributilfosfato, un liquido denso e a basso punto di ebollizione che consente di sequestrare temporaneamente i nitrati, levandoli dalle immediate vicinanze della superficie da intelare e permettendo così alla colla di asciugare.

Nel caso del recente utilizzo del Ciclododecano, questo si comporta certo come rinforzante e blando adesivo e può essere pensato solo in questo ruolo per le operazioni di stacco in cui non vi sia bisogno di fare troppa trazione o azioni meccaniche sul pezzo da trasferire perché in questo caso si rischierebbe di perdere parte del pezzo per il cedimento della tenuta del CCD. Il successo è dovuto infatti, nell'esperienza provata in ambito archeologico, allo smontaggio del muro retrostante con la conseguente disponibilità e mobilità degli strati d'intonaco e del dipinto.

Attualmente, il trasferimento di una pittura murale è un intervento assai raro, in quanto si cerca di adoperare ogni sforzo perché la pittura rimanga nell'ubicazione originaria, per ovvie ragioni pratiche e teoriche quali i rischi connessi con l'operazione di distacco per la conservazione della materia originale e il legame figurativo tra la pittura murale e l'architettura.

Un limite non certo trascurabile per lo stacco è la necessità di sezionare la pittura da trasferire nel caso sia di dimensioni superiori a quelle maneggiabili e trasportabili, anche se nei limiti del possibile le sezioni sono praticate in zone figurativamente poco importanti e si cerca di evitare di tracciare dei confini geometrici. Dato il peso e la necessaria condizione di rigidità in cui va tenuto il pezzo staccato è possibile anche incorrere nella frantumazione della sezione prelevata dal muro. Con lo stacco è quasi inevitabile la distruzione quasi completa della sinopia sull'arriccio, per questo molte volte gli è stato preferito lo strappo nonostante l'efficienza dell'intonaco di supporto, per la maggiore praticità e per il desiderio di conservare gli abbozzi preparatori.

Nello strappo, anche se viene eseguito nelle condizioni migliori, spesso non è possibile levare la pellicola pittorica in tutto il suo spessore. Quasi sempre infatti, l'operazione lascia sull'intonaco un'impronta, costituita dal disegno preparatorio e da una parte dello strato pittorico, quella più vicina al supporto, la pittura perciò, perdendo una parte più o meno consistente del suo spessore, si trova assottigliata e modificata nel suo aspetto. Per evitare questo pericolo a volte si opta per un'azione più simile a quella dello stacco per poi consumare i residui d'intonaco dal retro.

Lo strappo, molto più dello stacco, comporta inoltre e in ogni caso ~~la~~ variazioni significative del potere di riflessione, della trasparenza, della grana, della tonalità della superficie dipinta, dovute alla presenza e alle caratteristiche dello strato sottostante di intonaco di calce e sabbia, e che nessun nuovo supporto sarà in grado di riprodurre. In particolare risultano appiattiti i contrasti chiaroscurali.

Un vantaggio dello strappo riguarda però l'estensione della superficie da poter trasferire, con questa tecnica non ci sono praticamente limiti di area e perciò si può evitare di sezionare la pittura. Per entrambe le tecniche ci sarà poi la fase più o meno problematica della ricollocazione in situ, specialmente se la sezione ricollocata deve rientrare all'interno di un intero dotato di un certo spessore, è essenziale che il posizionamento sia preciso nei contorni e negli spessori. Per fissare il pezzo in parete si utilizzano ancora a oggi tasselli e viti che vengono tenute possibilmente sotto la superficie e stuccate a scomparsa, ma che nel tempo, con il degrado delle stuccature, o per i movimenti indotti nel supporto, riemergono alla vista. Anche i contorni del pannello sono destinati nel tempo ad apparire nel contesto generale della pittura.

## ESPERIENZE

A Firenze numerosi chiostrini decorati con cicli pittorici sono stati oggetto di campagne di strappo, totali o parziali, negli anni Cinquanta e Sessanta del secolo scorso, chiostrino della Badia Fiorentina, chiostrino delle Scalzo; chiostrino Grande di Santa Maria Novella, chiostrino di Ognissanti; chiostrino dei Voti e chiostrino dei Morti (SS. Annunziata); chiostrino di Sant'Antonino (chiesa di San Marco); chiostrino della Compagnia della Santissima Annunziata o di San Pierino.

Arezzo, chiesa di Santo Stefano, *Madonna* di Spinello Aretino. Menzionato dal Vasari e risalente al 1550.

Roma, chiesa dei Santi. Apostoli, *Angeli e Redentore* di Melozzo da Forlì.

Roma, Accademia di San Luca, *putto* di Raffaello.

Roma, chiesa di San Carlo ai Catinari, *San Carlo* di Guido Reni.

Roma, basilica di San Pietro, *Presentazione della Vergine e Martirio di san Sebastiano*.

Roma, chiesa di San Clemente, *Crocefissione* di Masolino.

Firenze, chiesa di Ognissanti, *San Girolamo e Sant'Agostino*, Ghirlandaio e Botticelli.

Firenze, chiesa di Santa Croce, *S. Francesco e S. Girolamo* di D. Veneziano.

Firenze, chiesa di Santa Maria Nuova, *Giudizio Finale* di Fra' Bartolomeo.

Firenze, cappella della villa Imperiale, *volta dipinta* di Matteo Rosselli

Firenze, chiesa della Crocetta, cappella della *Fuga in Egitto*, Giovanni da San Giovanni.

Firenze, Duomo, *monumenti equestri di Giovanni Acuto e Niccolò da Tolentino*, di Paolo Uccello e Andrea del Castagno.

Pisa, Camposanto, *cicli pittorici* di autori vari.

Milano, chiesa del S. Sepolcro, *Deposizione*, Bramantino.

Borgo San Sepolcro (AR), *Resurrezione* di Piero della Francesca.

Parma, chiesa dell'Annunziata, *Annunciazione* del Correggio.

Scandiano (MO), Rocca, *Storie dell'Eneide* di Niccolò dell'Abate

Bologna, oratorio dei Filippini, *Ecce homo* di Ludovico Carracci.

Monza, villa Pelucca, *Storie bibliche* di Bernardino Luini.

Qasr Ibrim (Egitto), *Pitture del Tempio del faraone Taharqo* (VII sec. a. C.)

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bonsanti G., Ciatti M., *Ulisse Forni Manuale del pittore restauratore. Studi per la nuova edizione*, Firenze, 2004, pp. 44-46.

Botticelli G. E S., *Lezioni di restauro. Le pitture murali*, Firenze, 2008, pp. 57-59.

Ciancabilla L., *Stacchi e strappi di affreschi tra Settecento e Ottocento. Antologia di testi fondamentali*, Firenze, 2009.

Ciatti M., *Appunti per un manuale di storia e teoria del restauro*, Firenze, 2009, pp. 122-127.

Conti A., *Storia del restauro e della conservazione delle opere d'arte*, Milano, 2002.

D'alconzo P., *Picturae excisae. Conservazione e restauro dei dipinti ercolanensi e pompeiani tra XVII e XIX secolo*, Roma, 2002.

Giacomini F., "Questo distaccare le pitture dal muro è cosa indegna". *Il trasporto dei dipinti murali nell'Ottocento e l'attività di Pellegrino Succi*, in Rinaldi S. (a cura di), *Restauri pittorici e allestimenti museali a Roma tra Settecento e Ottocento*, Firenze, 2007, pp. 71-75.

Guglielmi A., Prisco G., *Le operazioni di stacco e la conservazione in situ*, in PRISCO G. (a cura di), *Filologia dei materiali e trasmissione al futuro*, Roma, 2009, pp. 15-27.

Mora P. E L., Philippot P., *La conservazione delle pitture murali*, Bologna, 1997, pp. 273-276.

Panza P. L., *Antichità e restauro nell'Italia del Settecento*, Milano, 1990.

Singleton D., Miller E., Rose P., *The Taharqo Wall Painting Rescue at Qasr Ibrim, Egypt*, in *The Conservation of Decorated Surfaces on Earthen Architecture*, Proceedings of An International Colloquium, The Getty Conservation Institute, 2006, pp. 15-23.

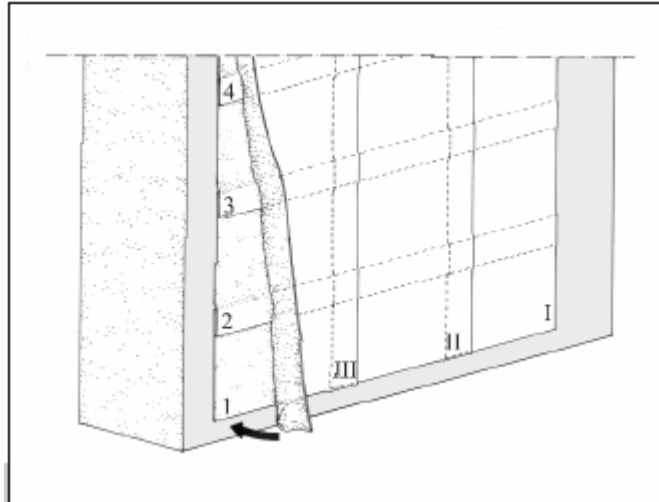


Figura 1 • Schema di applicazione degli strati di garza e di tela per costituire il "facing" di rimozione. (CAF)

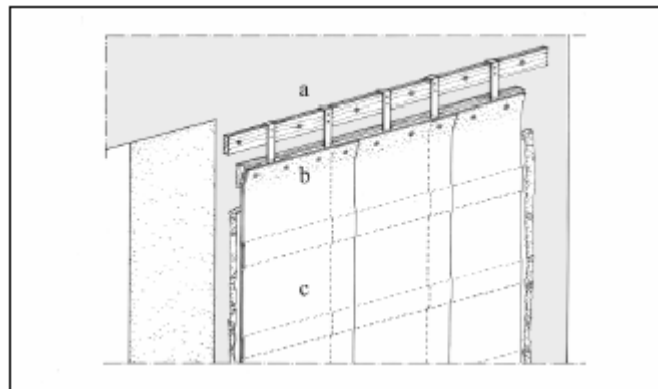


Figura 2 • Schema di aggancio di sicurezza per rimozione di affreschi con lo strappo (o con lo stacco) a) traversa di legno fissata al muro; b) chiodo per fissare la tela del "facing" alla traversa; c) tela del "facing". (CAF)

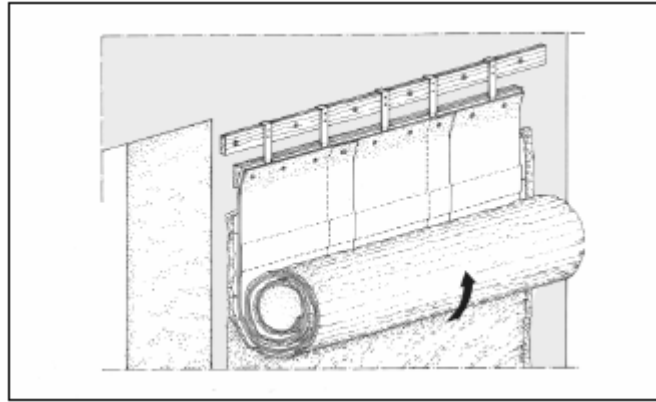


Figura 3 • Si inizia a strappare la pellicola pittorica da un angolo inferiore e si procede verso l'alto arrotolandola progressivamente. Se le dimensioni lo richiedono, si può avvolgere la pittura su di un rullo di legno. (CAF)

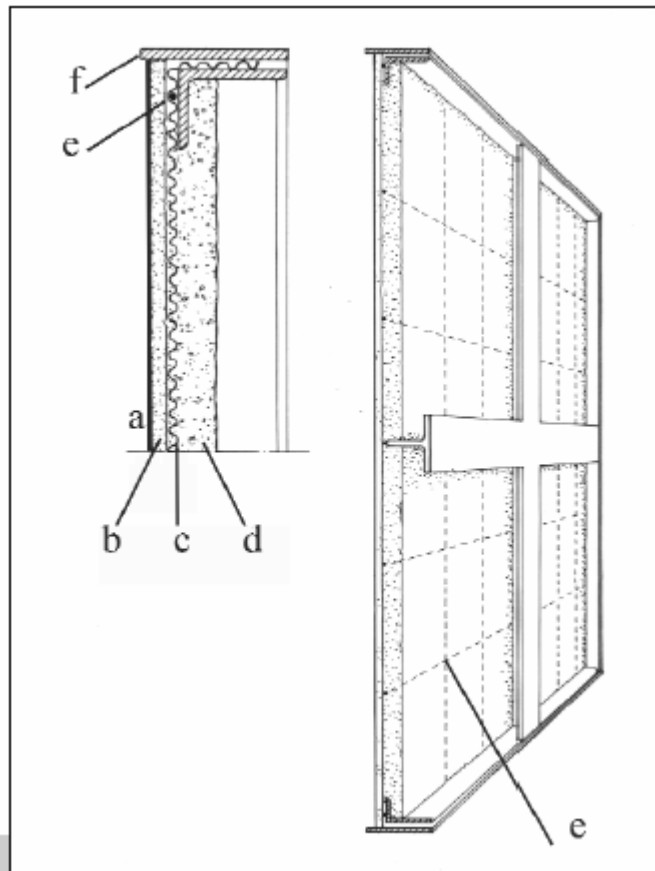


Figura 4 • Supporto a telaio metallico e rete metallica incorporati in uno strato fresco di intonaco, a) strato pittorico; b) intonaco originale; c) rete metallica con trattamento antiruggine; d) nuovo strato di intonaco nel quale è annegata la rete metallica fissata al telaio; e) fili metallici di rinforzo; f) telaio metallico. (CAF)

<b>SMG07</b>	<b>RIMOZIONE E RICOLLOCAZIONE <i>IN SITU</i> DEI MOSAICI</b>
--------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Nei casi in cui, per motivi di varia natura, non è possibile conservare i mosaici nella loro collocazione originaria, si rende necessaria la loro rimozione e il loro successivo riposizionamento *in situ* o su nuovo supporto. Per la rimozione dei mosaici dalla loro collocazione sono disponibili tecniche di vario tipo, alcune delle quali non più utilizzate per le controindicazioni o i costi troppo onerosi che comportano (ad esempio il distacco “a rullo”). Le tecniche di rimozione più utilizzate sono quelle di seguito indicate.

*Strappo*: la tecnica consiste nell’asportare il solo strato di tessere, lasciando *in situ* tutti gli strati sottostanti, laddove essi siano eccessivamente ammalorati e/o incoerenti.

*Distacco “a sezioni”*: consiste nel dividere il mosaico in parti di medie dimensioni, facilmente manipolabili e trasportabili. Esso è attualmente il metodo più utilizzato, in quanto il meno traumatico per il tessellato poiché consente di conservare, anche se parzialmente le malte di sottofondo.

La determinazione delle sezioni può essere casuale, vale a dire “a puzzle”, oppure predeterminata, con la rimozione di filari di tessere di congiunzione, detta “chiassolatura”, lungo linee di separazione scelte.

Per separazione “a puzzle”, s’intende una divisione che tiene conto, oltre che delle discontinuità naturali già presenti, anche di quelle che si creano dopo aver inserito una o più spade metalliche nell’interfaccia tra *nucleus* e *rudus*, facendo leva e sollevando leggermente il massetto. Dopo quest’operazione s’individuano sulla superficie le linee di frattura provocate e si tagliano le sezioni in corrispondenza di queste.

Per separazione con “*chiassolatura*”, s’intende invece una divisione programmata, stabilita tenendo conto dei motivi compositivi, dello stato di conservazione e di altri fattori. In questo caso, per consentire la divisione lungo le linee di separazione prescelte, è necessaria la rimozione di alcuni filari di tessellato. Gli elementi rimossi devono essere incollati nella loro esatta posizione su un supporto cartaceo sul quale sia stato riportato il reticolo, in scala 1:1, determinato dai contorni delle singole tessere. In tal modo, nella ricollocazione, è possibile rispettare la posizione originaria, per distanza e orientamento, d’ogni singola tessera. Questo metodo è sicuramente più lungo e costoso del precedente, ma evita la perdita di tessere lungo i bordi delle sezioni e favorisce le operazioni di ricollocazione e restauro (fig. 1).

*Distacco a massetto (o massello)*: la tecnica consiste nella rimozione dello strato di tessere e di tutti gli strati di allettamento, compreso almeno il *rudus*. Fra tutte le procedure utilizzate per la rimozione dei mosaici, questo è il metodo in grado di conservare i dati storici e archeologici (fig. 2).

*Ricollocazione in situ o su nuova base*: dopo aver rimosso un mosaico dal supporto originario, è necessario procedere alla sua ricollocazione *in situ* o su una nuova base; le procedure di ricollocamento variano non solo in base al metodo utilizzato per la rimozione, ma anche a seconda della collocazione finale del mosaico staccato. In generale, per la ricollocazione dei mosaici è richiesta una serie piuttosto elaborata di operazioni, per cui in questa sede si analizza

esclusivamente il metodo della ricollocazione dopo il distacco “a sezioni”, attualmente il più utilizzato. Tale procedimento consiste nella preparazione dal retro delle sezioni, la pulitura, l'eventuale consolidamento degli strati ancora presenti, la predisposizione dei supporti con la ricomposizione delle ripartizioni e, infine, il ricollocamento delle sezioni e la rimozione delle tele utilizzate per il fissaggio delle tessere durante le operazioni di distacco.

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le tecniche utilizzate per la rimozione di un mosaico dalla sua collocazione originaria sono dettate in primo luogo dallo stato di conservazione e dalle caratteristiche generali del mosaico (ad esempio le dimensioni), ma talvolta sono condizionate da altri fattori quali la necessità di proteggerli da atti vandalici (ad esempio siti archeologici non protetti), o dalla necessità di rimuoverli da luoghi comunque inadatti (ad esempio proprietà private). A seconda dello stato di conservazione si possono prendere in considerazione varie tecniche come indicato di seguito.

*Strappo*: è legittimo solo nel caso in cui gli strati sottostanti non offrano più un adeguato supporto alle tessere. Questo metodo infatti, oltre a comportare la separazione delle tessere dagli strati di allettamento, espone ad alterazioni e a rischi di vario genere il tessellato, conducendo, tra l'altro, alla perdita delle modulazioni originali della superficie, parte essenziale della stessa immagine.

*Distacco “a sezioni”*: la tecnica può essere adottata nei casi in cui un mosaico è troppo esteso per essere staccato nella sua interezza. L'individuazione delle sezioni deve tenere conto delle discontinuità naturali (fessurazioni, crepe, lacune) dei materiali e del loro stato di conservazione (sia del tessellato sia degli strati sottostanti), della composizione del disegno (le linee di divisione non devono mai tagliare un motivo figurato), degli spessori dei sottofondi e della loro resistenza meccanica. La dimensione dei pezzi è inoltre condizionata da problemi di manovrabilità e peso.

*Distacco a massetto (o massello)*: è un intervento imposto da necessità estreme, perché ogni rimozione e decontestualizzazione costituisce un evento distruttivo, parziale o totale. Il procedimento non può essere applicato, invece, se gli strati sono totalmente incoerenti, nel qual caso è necessario ricorrere allo *strappo*.

*Ricollocazione in situ o su nuova base*: in questa sede si analizza esclusivamente la ricollocazione dei mosaici rimossi per scomposizione in più elementi “a sezioni” o delle piccole superfici musive staccate a massello o a strappo.

#### **APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le procedure utilizzate per la rimozione e la ricollocazione dei mosaici variano notevolmente a seconda delle tecniche utilizzate. Di seguito si analizzano per ogni tecnica le diverse fasi esecutive.

*Strappo*: prima di eseguire lo strappo si esegue una blanda pulitura della superficie e si procede alla messa in sicurezza delle tessere mediante l'incollaggio di tele sulla superficie musiva. La fase è detta “velatura”, e per quest'operazione sono impiegati tessuti diversi sia per trama sia per tipo di fibra: tarlatana, teletta, tela di juta o di lino.

Generalmente si esegue una doppia velatura: per la prima si utilizza una tela a trama rada, che aderisce meglio al tessellato e segue il movimento della superficie, mentre per la seconda si ricorre a un tessuto a trama più fitta e resistente. Le tele, prima di essere incollate, devono essere bagnate e lavate, per evitare il ritiro ed eliminare l'eventuale appretto che le irrigidisce. La colla e la tela devono essere ben aderenti alla superficie musiva.

Per l'incollaggio si usa un adesivo vinilico oppure una resina acrilica, in quanto assicurano un risultato efficace anche in condizioni climatiche di forte umidità e con basse temperature.

Le colle animali, d'amido o di farina s'impiegano, invece, solo per superfici piccole o in ambienti secchi, poiché in condizioni microclimatiche con forte umidità possono favorire il proliferare di muffe, patine biologiche e simili.

La colla, solo se ben asciutta trattiene efficacemente le tessere. In inverno e in ambienti particolarmente umidi, l'essiccazione può essere favorita con apparecchi che producono

movimento d'aria o calore, come ventilatori, lampade a infrarossi, stufette, e altro.

Per eseguire lo strappo, si inseriscono fra le tessere e il primo strato d'allettamento (il *sovrannucleus*), dei lunghi ferri con la parte terminale a scalpello piatto, detti "spade", "lance", o "sciabole", che vanno percossi con dei martelli a piccoli colpi (fig. 3, fig. 4, fig. 5).

*Distacco "a sezioni"*: prima di procedere al distacco delle sezioni è necessario effettuare alcune fondamentali operazioni preliminari:

- a) Una documentazione fotografica generale e particolareggiata.
- b) La pulitura accurata, per creare le condizioni adatte per l'adesione delle tele alla superficie. Questa operazione va eseguita con metodi meccanici e/o fisico-chimici secondo il tipo di deposito riscontrato (si rinvia, al proposito, alle schede sulla pulitura dei materiali lapidei).
- c) Il rilievo grafico dell'intera opera. Il rilievo deve riprodurre il tracciato compositivo del disegno, il perimetro delle lacune, le linee di frattura e tutti gli altri elementi utili alla documentazione e alla successiva ricomposizione. Inoltre, nel caso il mosaico debba essere ricomposto nella sua posizione d'origine, si eseguono le necessarie misure di riferimenti al sito, prima del distacco.
- d) Il tracciamento di un reticolo del tessellato, in scala 1:1, nelle zone interessate alla divisione delle sezioni con chiassolatura e in quelle con decorazioni particolarmente elaborate.
- e) Il preconsolidamento delle tessere mobili o in fase incipiente di distacco all'interno del tessellato, impiegando un adesivo reversibile (generalmente si utilizza una resina acrilica tipo Primal AC33). È necessario anche realizzare dei cordoli di contenimento lungo i bordi delle lacune e lungo quelli perimetrali di tutto il mosaico, con malta facilmente rimovibile a bassa resistenza meccanica.
- f) In situazioni di collasso e in presenza di avvallamenti particolari, o se è richiesto il mantenimento delle piccole variazioni altimetriche del mantello musivo, si predispone un calco di gesso o di vetroresina, che sarà realizzato non direttamente sul tessellato, ma sulla superficie musiva già ricoperta dalle tele incollate. Il calco servirà come supporto e come documento utile alla ricollocazione.
- g) La mappatura delle sezioni. La superficie deve essere ripartita in sezioni, avendo cura di riportare su tavole tematiche, in scala, le linee di divisione e le relative numerazioni. Dopo aver individuato le sezioni, si procede alla messa in sicurezza delle tessere mediante l'incollaggio di tele sulla superficie musiva (si veda in proposito la fase di velatura relativa allo strappo).

A questa fase, comune sia allo strappo che al distacco, segue la numerazione delle sezioni, la loro divisione e l'esecuzione dei contrassegni di richiamo, o testimoni, sui vari pezzi; tali segni saranno utili al momento della ricomposizione del mosaico. Generalmente, per questo scopo, si tracciano tratti di collegamento a cavallo delle sezioni con pennarelli indelebili (fig. 6), e tutte le informazioni sono registrate su apposite mappe tematiche.

Si procede, infine, allo stacco dei singoli pezzi, dopo aver tagliato lungo le linee di sezione le tele (e, nel caso di fessure larghe, anche il *nucleus*) con strumenti affilati, punteruoli, scalpelli, spade, oppure con chiodi spessi inseriti a distanza ravvicinata (fig. 7).

Il mosaico sezionato sarà staccato dal sottofondo inserendo ferri a lama sottile, detti "spade" o "sciabole", nell'interfaccia tra *nucleus* e *rudus*, e con l'aiuto di martelli pesanti.

Si procede, ovviamente, iniziando dalle sezioni esterne, ubicate lungo i bordi del mosaico, e procedendo man mano verso quelle centrali.

Quando la sezione si distacca, sotto di essa s'inserisce una tavoletta di legno che serve a sollevarla. Un altro piano, generalmente un pannello di compensato o di multistrato, è adagiato sopra, a contatto con la superficie musiva a "sandwich", dopo di che si capovolge la sezione staccata e si procede alla pulitura del retro in vista della ricollocazione (v. Ricollocazione *in situ* dei mosaici).

*Distacco a massetto* (o a *massello*): con questa tecnica si rimuovono anche gli strati di sottofondo più pesanti, a volte compreso lo *statumen*, per cui, prima di iniziare la separazione bisogna analizzare la stratigrafia completa, in modo da individuare il punto meno traumatico per il mosaico. Le fasi operative preliminari sono le stesse relative al distacco di mosaici in sezioni.

Gli attrezzi devono essere inseriti sempre nell'interfaccia tra due strati, in quanto questa costituisce già una linea di discontinuità naturale (in alcuni casi gli strati sono perfettamente separati).

Se il mosaico è libero su tutti i lati, i sottofondi possono essere isolati dal penultimo strato, lo



*statumen*, con il taglio mediante una sega a catena, di quelle generalmente utilizzate per il taglio dei muri. Questo procedimento consente di ottenere il distacco di un mosaico in un unico pezzo. La dimensione massima consentita è però limitata a due metri, in quanto la macchina non può lavorare con lame più lunghe. Per eseguire un taglio orizzontale e parallelo alla superficie musiva, bisogna predisporre con cura un piano di lavoro, esterno al mosaico, su cui far scorrere la macchina, il che non sempre è agevole in un cantiere.

La lama a catena sacrificata, durante il taglio, circa un centimetro di spessore di malta, e quindi è necessario inserire, man mano che si avvanza, uno spessore eguale nella parte tagliata, ed evitare che si creino delle fratture sulla superficie musiva. L'operazione è, nel complesso, piuttosto lunga e costosa e generalmente si adotta solo per i mosaici di grande importanza, ove ricorrano circostanze che la impongano e con l'impiego esclusivo di tecnici specializzati (fig. 8, fig. 9).

Il metodo può essere utilizzato anche nel caso dei pavimenti in cocciopesto, in cocciopesto decorato con tessere (*opus signinum*) e in battuto bianco o nero, i quali, in molti casi, sono ancora oggi tenaci e resistenti, con gli strati di costruzione perfettamente saldati gli uni agli altri. Generalmente, infatti, solo l'ultimo strato superficiale presenta situazioni di degrado: scaglie sottili che si muovono, fratture che interessano solo la superficie e non l'intero massetto ecc.

Per tipologie di questo genere, nelle quali non esiste interfaccia tra gli strati, l'unico metodo possibile di rimozione risiede nel tagliare gli strati di sottofondo in profondità, con seghe circolari, con flessibili a disco diamantato da taglio o con "tagliapavimenti". Per la ricollocazione *in situ* o su nuovo supporto, lo spessore finale dello strato di sottofondo dovrà essere necessariamente ridotto (sino a 2-4 cm).

La macchina tagliapavimenti è di quelle comunemente utilizzate per i tagli dei fondi stradali; è di piccole dimensioni e può essere facilmente usata in cantiere. Rispetto al flessibile, ha un disco diamantato con diametro maggiore. In alcuni casi, la tecnica di rimozione prevede l'uso del martello pneumatico nello strato identificato come *statumen*.

*Ricollocazione in situ*: la serie di operazioni necessarie alla ricollocazione di una superficie musiva, precedentemente staccata dal sito originale, comprende le fasi descritte di seguito.

#### A - Pulitura delle sezioni da retro

Bisogna tener conto, innanzi tutto, che la pulitura dal retro delle sezioni varia secondo i casi, ed è condizionata dallo stato di conservazione delle tessere e dalla resistenza meccanica delle malte.

In caso di sezioni rimosse a *strappo*, l'eliminazione dei residui di malta d'allettamento incoerente e dei sottili strati di calce si esegue con vibroincisori o piccoli scalpelli, cercando di lasciare, ove è possibile, la malta originale negli interstizi tra le tessere.

Nelle sezioni rimosse a *distacco*, è spesso necessario ridurre lo spessore degli strati di sottofondo. In tal caso, l'operazione va condotta gradualmente, sino all'asportazione completa dello *statumen*, del *rudus* e di parte del *nucleus*. Secondo lo spessore degli strati e della loro resistenza meccanica, possono essere utilizzate seghe circolari diamantate su banco scorrevole, flessibili e strumenti a ultrasuoni, scalpelli, penne vibroincisori, bisturi e punteruoli.

Gli attrezzi che producono forti vibrazioni, come lo scalpello pneumatico, sono da impiegare solo in casi particolari, poiché determinano un ulteriore degrado alle malte o alle tessere.

Quando la malta è particolarmente tenace, la si può rimuovere praticando con una sega circolare, a distanza ravvicinata, dei tagli profondi da uno a tre centimetri, fino ad una profondità predeterminata. I dentelli che ne derivano si rimuovono poi con scalpelli (fig. 10, fig. 11, fig. 12)

Infine, si asportano i residui incoerenti di malta e polvere con pennelli morbidi. Le sezioni così pulite dal retro vanno poi, in genere, consolidate con imbibizioni di esteri di silicio e con la stuccatura delle fratture mediante una malta compatibile.

#### B - Preparazione di un nuovo supporto

Il nuovo supporto deve avere buone caratteristiche di resistenza a compressione e a trazione, dato il peso elevato del mosaico. Non deve essere pesante, per garantire la manovrabilità, e non deve essere sensibile all'umidità, per evitare danni alle superfici musive. Per tali motivi, sono da escludere i supporti di legno, perché in ambiente esterno si deteriorano facilmente; le lastre di marmo o pietra non sono adatte perché troppo rigide; così pure il cemento armato, per la poca manovrabilità dovuta al peso eccessivo, oltre che per i fenomeni di ruggine e la migrazione di sali

che ne derivano; sono da evitare anche i materiali plastici, in quanto non compatibili.

Attualmente, il supporto più utilizzato è costituito da un pannello a sandwich formato da un piano di alluminio a nido d'ape posto tra due lamine di resina, chiamato commercialmente Aerolam o Hexlite. Esso ha buone caratteristiche di leggerezza, oltre che di resistenza alla flessione e alla compressione.

L'Aerolam è un prodotto industriale confezionato in pannelli di spessore variabile. È utilizzato tanto per mosaici pavimentali che parietali.

Per substrati curvi, quali volte, cupole e nicchie, il supporto è da costruire artigianalmente con gli stessi principi. I pannelli di Aerolam, inoltre, possono essere saldati tra loro, sagomati facilmente in base al profilo delle sezioni, rinforzati dal retro con armature metalliche, ove il mosaico da ricollocare sia di notevoli dimensioni o di peso eccessivo.

Per stabilire la dimensione e il profilo del supporto finale, si riuniscono provvisoriamente le sezioni dal retro, disponendole rovesciate sui pannelli, e si disegna su nylon o direttamente sull'Aerolam il loro perimetro. Dopo aver rimosso le sezioni, si tagliano i pannelli lungo le linee tracciate e si provvede alla loro unione. La congiunzione di più pannelli si esegue con resina epossidica caricata con inerte e rinforzata con perni di sostegno.

Le superfici dei pannelli vanno pulite dalle sostanze oleose con solventi, e quindi si scalfiscono con carta abrasiva, praticando anche delle incisioni

Si distende poi, con una spatola dentata, una resina epossidica o acrilica sulla superficie del pannello, aggiungendovi alla fine una graniglia di media granulometria (2-3 mm), o polvere di marmo, oppure sabbia, per favorire l'aggrappaggio della nuova malta. La predisposizione dei "denti" di presa è molto importante, perché le lamine di resina dei pannelli hanno la superficie decisamente liscia e leggermente untuosa.

La preparazione dei pannelli può essere fatta anche con:

- resina acrilica pura impastata con polvere di marmo, applicata con spatola dentata;
- prodotti ad alto potere adesivo,
- vetroresina stesa a spatola, con l'aggiunta finale di graniglia, sabbia o altro granulare.

### *C - Riposizionamento delle sezioni*

Dopo aver preparato il supporto, si può procedere al definitivo riposizionamento delle sezioni distaccate. La sequenza delle operazioni è la seguente:

- si distende sul retro delle sezioni una quantità di malta tale da essere ben livellata, controllandone la perfetta adesione alla superficie delle singole parti musive;
- si distende sull'Aerolam uno strato di malta piuttosto sottile (3-4 mm);
- quando la malta è ancora morbida, si appoggia l'Aerolam sul retro delle sezioni, a sandwich – oppure, secondo i casi, si appoggiano le sezioni sull'Aerolam – e si rigira il tutto velocemente. Nel caso le sezioni siano piccole e quindi sufficientemente maneggevoli, con l'aiuto di una tavoletta di legno si fanno scivolare delicatamente sopra di esso (fig. 13);
- si controlla che i testimoni o segni di riferimento sulle sezioni coincidano perfettamente, avendo cura, laddove siano stati rimossi i filari di congiunzione, di lasciare fra una sezione e l'altra il giusto spazio (fig. 14, fig. 15);
- si preme leggermente con il palmo delle mani, o con pezzetti di legno, la sezione appoggiata al supporto, per garantirne l'adesione e per espellere l'eccesso di malta lungo i lati esterni. A volte è necessario applicare dei pesi per evitare il sollevamento di porzioni di mosaico; in tal caso, non è consigliabile appoggiarli solo su singole parti, ma è opportuno distribuire il carico sull'intera superficie, eventualmente con l'aiuto di tavole lunghe quanto tutto il mosaico, e sulle quali siano stati appoggiati pesi equilibrati.

Se le sezioni sono di grande spessore, in quanto conservano ancora parecchi strati di malta originale o di materiale aggiunto in restauri precedenti, la ricollocazione non sarà eseguita con malta ma con un adesivo o con resine. In tali circostanze, se ne stende con una cazzuola dentata uno strato sottile sull'Aerolam e sul retro della sezione, e si fanno aderire fra loro, sistemando poi dei pesi equilibrati su tavole di ripartizione.

La dimensione finale dei supporti è condizionata da vari fattori, quali:

- il peso complessivo e la manovrabilità dei pezzi, che dipendono dalla quantità di sezioni musive da unire, dallo spessore delle sezioni e dalla quantità di malta aggiunta;
- il luogo di esposizione – ad esempio, nei musei bisogna tener conto delle dimensioni delle porte di accesso;
- il numero di congiunzioni da eseguire, tenuto conto che meno se ne eseguono e più veloci sono i tempi di montaggio;
- l'eventuale necessità di rimuovere i pannelli d'Aerolam per il controllo degli impianti, per la verifica dell'umidità, e altro.

Le malte di allettamento più comunemente usate sono costituite da leganti aerei e/o idraulici, caricati con inerte e con l'aggiunta di limitati quantitativi di resine. In questo modo, è assicurata la compatibilità con gli altri materiali, la resistenza meccanica è sufficiente ma non eccessiva, la reversibilità dell'intervento è possibile.

I materiali da utilizzare per la composizione delle malte sono: il grassello di calce; gli inerti, sotto forma di polvere di marmo o di mattone, o sabbia; il carbonato di calcio in polvere finissima, impalpabile; la calce idraulica del tipo Lafarge (bianca) o Moretta (grigio-giallastra); resina acrilica, tipo Primal AC33, diluita in acqua con una concentrazione variabile dal 20% al 50%.

I leganti devono essere caratterizzati da alcuni requisiti fondamentali. Il loro colore, quindi, sarà simile a quello dei leganti originali; avranno adeguata resistenza, se necessario, al calpestio e una porosità che permetta l'evaporazione dell'acqua assorbita per capillarità. Inoltre, qualunque tipo di legante usato deve consentire un successivo strappo delle tessere.

Le malte variano tanto nella mescolanza dei materiali quanto nelle proporzioni degli ingredienti e la scelta è condizionata dalle condizioni climatiche in cui si opera, da quelle del luogo di esposizione e dalla composizione delle malte originali lasciate sul retro delle tessere.

Non si possono comunque impiegare, se non in casi eccezionali, materiali irreversibili o perfettamente rigidi, visto che il supporto e il mosaico sono leggermente elastici: malte rigide su un supporto elastico possono favorire i distacchi.

Le composizioni delle malte che più rispondono alle caratteristiche suddette sono le seguenti:

RICETTA 1	calce (grassello): 1 parte	inerte: 2 parti	Lafarge: 1/2 o 1 parte	
RICETTA 2	calce (grassello): 1 parte	inerte: 2 parti	Lafarge: 1/2 parte	Primal AC33: 10-20%
RICETTA 3	calce grassello: 1 parte	cemento: 1/2 parte	inerte: 2 parti	
RICETTA 4	Resina acrilica (tipo Primal AC33)	diluita al 50% + inerte		

#### *D - Il riposizionamento delle sezioni in situ*

La tecnica di riposizionamento di un mosaico *in situ* è più o meno la stessa di quella su nuovo supporto. In alcuni casi variano la composizione e gli spessori della malta, perché si deve tener conto dei materiali costitutivi del supporto stesso e dei problemi di compatibilità chimica, fisica e meccanica.

È necessario, inoltre, predisporre in modo opportuno il piano di ricollocazione e, in particolare, eseguire tutte le operazioni di consolidamento delle volte e delle strutture murarie, il risanamento dall'umidità, l'incanalamento delle acque piovane nei siti archeologici ecc.

#### *E - Pulitura da colle e tele*

Dopo aver ricollocato le sezioni sui pannelli o sulla vecchia muratura, per riportare in vista il tessellato e procedere alle successive operazioni di consolidamento, bisogna asportare le tele utilizzate per la rimozione in sezioni. Questa operazione varia secondo il tipo di colla impiegata per la velatura (v. Distacco di mosaici a "sezioni").

In particolare, se è stato utilizzato dell'adesivo solubile in acqua, come la colla animale o di farina, per una più facile e veloce rimozione si bagna la tela con acqua, mantenendola umida per due, tre

ore. In tal modo la colla si ammorbidisce gonfiandosi leggermente, e può essere rimossa insieme alle tele, tramite acqua calda e spazzole di saggina.

Anche nel caso sia stata utilizzata della colla vinilica, pura o diluita, bisogna mantenere umida la superficie incollata per due o tre ore. Questo tipo di adesivo non è idrosolubile ma, in presenza d'acqua e/o di calore, tende ad aumentare di volume e a diventare di colore biancastro, prestandosi a essere rimosso. La rimozione meccanica della colla vinilica dagli interstizi richiede tempi piuttosto lunghi, al punto che alcuni metodi prevedono il ricorso a diluenti, come l'acetone o l'alcol. L'uso di questi prodotti è però sconsigliato in quanto favorisce la penetrazione della colla nelle tessere con un dannoso effetto lucido.

In molti casi si migliorano i tempi di pulitura impiegando vapore a 60-70 °C, che riscalda e inumidisce la superficie, rendendo più facile la rimozione delle tele con spazzole di saggina.

La colla che rimane negli interstizi tra le tessere si rimuove meccanicamente con strumenti quali bisturi, aghi, attrezzi da dentista o utensili comunemente usati per l'igiene orale. L'operazione è chiamata "spillatura".

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

I sistemi utilizzati per la rimozione e la ricollocazione *in situ* dei mosaici, come si è visto, variano notevolmente sia dal punto di vista metodologico che applicativo, per cui gli accorgimenti, le varianti e, in alcuni casi, le controindicazioni in gioco sono numerose e diversificate. Per ogni metodo ci si limita pertanto ad indicare solo alcuni fondamentali accorgimenti finalizzati a tutelare al meglio i mosaici e le informazioni archeologiche e artistiche che li caratterizzano.

*Strappo*: in questa tecnica di rimozione dei mosaici, sempre traumatica e irreversibile, viene conservato integro solo lo strato delle tessere e pertanto dovrebbe essere sempre prevista la conservazione di campioni degli strati sottostanti, in grado di fornire informazioni, anche se necessariamente parziali, sulle composizioni e sulla stratigrafia completa della massa musiva.

*Distacco a sezioni*: in questo procedimento che prevede la rimozione in più elementi e la loro successiva ricomposizione, è necessario documentare in maniera ottimale la superficie musiva prima e dopo l'operazione di stacco. Pertanto bisognerebbe utilizzare tecniche di documentazione quali la fotogrammetria digitale, in grado di riprodurre con fedeltà anche i diversi colori delle tessere e degli interstizi di malta, oltre che la forma e le dimensioni del tutto e delle parti, oppure rilievi digitali tridimensionali delle superfici realizzati con laser scanner.

Il distacco a sezioni, pur essendo tra i sistemi meno traumatici per il mosaico, comporta il problema della ricucitura dei diversi frammenti durante il ricollocamento, soprattutto nel caso della separazione con "chiassolatura", che prevede l'asportazione delle tessere lungo le linee di sezione, e pertanto è necessario prendere tutte le precauzioni possibili per evitare la perdita di tessere e altri inconvenienti, affidando l'operazione di distacco esclusivamente a personale specializzato.

Per il metodo a "puzzle", va rimarcato che, ove non ci siano linee di frattura preesistenti, l'intervento produce effetti parzialmente distruttivi.

*Distacco a massello*: l'accorgimento da considerare con maggiore attenzione riguarda proprio l'opportunità o meno di operare il distacco, il che vale del resto per qualsiasi intervento che comporti la separazione di manufatti musivi dal loro supporto originario. Tale decisione deve discendere, pertanto, da stati di necessità conservativi che non possono essere risolti con altre soluzioni.

*Ricollocazione in situ*: nelle operazioni di ricollocazione di un mosaico precedentemente rimosso in più elementi, bisogna porre estrema attenzione nella giunzione delle sezioni in quanto errori anche minimi (dell'ordine di pochi millimetri), durante questa fase, determinano linee nette che rendono ogni sezione perfettamente individuabile.

#### **ESPERIENZE**

Le esperienze di rimozione e di ricollocazione *in situ* o su nuovo supporto dei mosaici sono estremamente numerose, per cui si riportano di seguito solo alcuni casi significativi per ogni tecnica analizzata nei paragrafi precedenti.

#### *Strappo*

Aquileia, scavo all'aperto del fondo demaniale Cossar, mosaico bianconero e in cotto ricollocato su pannello di cemento armato, anno intervento: 1960.

Aquileia, scavo all'aperto del fondo demaniale Beneficio Parrocchiale, mosaico bianconero ricollocato su pannello di cemento armato, anno intervento: 1960.

Ravenna, Sant'Apollinare in Classe, anno intervento: 1970.

Ravenna, Mausoleo di Galla Placidia, anno intervento: 1978.

Cervia, cantiere archeologico Podere Mariona, mosaico pavimentale, anno intervento: 1991.

Ravenna, cantiere archeologico di via d'Azeglio, mosaico pavimentale romano, anno intervento: 1995.

Faenza, palazzo Pasolini, mosaico pavimentale e *opus sectile*, anno intervento: 1996-97.

Cesena, piazza Fabbri, mosaico pavimentale, anno intervento: 1998-99.

Priverno (LT), Area archeologica, anno intervento: 2000.

Pavia Chiesa di San Lanfranco, restauro di mosaico parietale in edicola votiva, datato: 1967, strappo del mosaico in un'unica sezione, anno intervento: 2007

Villa Zegna di Trivero (BI), mosaico pavimentale e graniglie della fontana maggiore della villa eseguita su progetto dell'architetto Otto Maraini: 1942, anno intervento: 2009.

#### *Distacco "a sezioni"*

Massaciuccoli (LU), villa romana dei Venulei anno intervento: 1983.

Ostia, terme di Caracalla, anno intervento: 1986

Ravenna, cantiere archeologico in via M. D'Azeglio n. 47 anno intervento: 1995.

Ravenna, cappella funeraria, mosaico del 1927 (Salietti) distacco a sezioni di fascia decorativa, anno intervento: 2010.

Cervia, restauro mosaico Tappeto Volante (t. Guerra e M. Bravura) distacco a sezioni senza rimozione di filari, anno intervento: 2010.

#### *Distacco a massello*

Ravenna: cantiere archeologico di via D'Azeglio n. 47, mosaico pavimentale, anno intervento: 1995.

Faenza, Domus palazzo Pasolini, mosaico pavimentale, anno di intervento: 1997/98.

Faenza, Palazzo Pasolini, pavimento in cocciopesto, anno di intervento: 1997/98.

Faenza, Via Ca' Pirota, anno intervento: 2007.

Cesena, "Grande Malatestiana", anno di intervento: 2008.

#### *Ricollocazione in situ o su nuovo supporto*

Ravenna, Basilica di S. Vitale, sezione di pavimento ricollocazione *in situ* su malta cementizia: Calce Idraulica Moretta, calce aerea, cemento e sabbia, anno intervento: 1980.

Ravenna, cantiere archeologico di via D'Azeglio n. 47, mosaico riposizionato su Aerolam, anno intervento: 1995.

Faenza, Palazzo Pasolini, mosaico pavimentale, anno intervento: 1996.

Rimini, Museo municipale, mosaico delle Vittorie, anno intervento: 1999.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

##### *Strappo*

AA.VV. 1986; AA.VV. 1992, *Mosaico...*; Fiori C. 1996; Fiori C., Fiorentini Roncuzzi I. (a cura di) 1989; Iccrom 1977; Marini Calvani M., Maioli M. G. (a cura di) 1995.

##### *Distacco a sezioni*

Cassio A. 1982; Cassio A. 1986; Conti C., Martines G. 1996.

##### *Distacco a massello*

AA.VV. 1986; AA.VV. 1992, *Mosaico...*; Antonelli E. 1992; Fiori C. 1996; Fiori C., Fiorentini Roncuzzi I. (a cura di) 1989; Iccrom 1977; Marini Calvani M., Maioli M. G. (a cura di) 1995.

*Ricollocazione in situ*

AA.VV. 1988, *Mosaico...*; Iannucci A. M., Fiori C., Muscolino C. (a cura di) 1992; Iccrom 1985; Roncuzzi Fiorentini I. 1980.



Figura 1 • Separazione con “*chiassolatura*”. Gli elementi rimossi sono incollati nella loro esatta posizione su un supporto cartaceo sul quale è stato riportato il reticolo, in scala 1:1. In tal modo, nella ricollocazione, è possibile rispettarne la posizione originaria, per distanza e orientamento d’ogni singola tessera. (SRM)

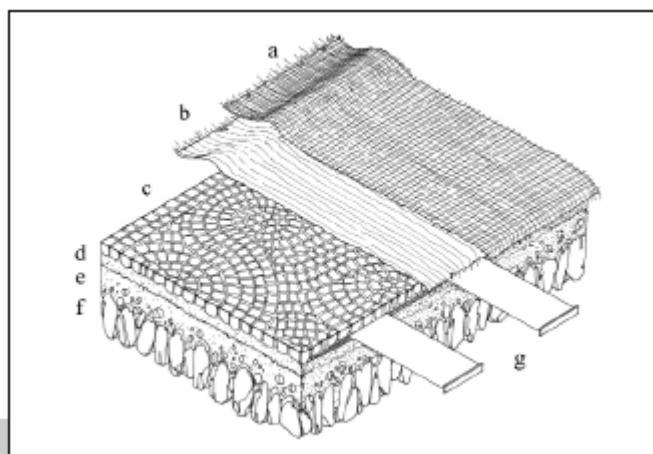


Figura 2 • Schema del distacco a massello di un mosaico: a) tela di juta; b) tela di garza; c) *tessellatum*; d) *nucleus*; e) *rudus*; f) *statumen*; g) lame metalliche. (CAF)



Figura 3 • Strappo di un mosaico pavimentale. Ravenna: Santa Croce, fianco sinistro, portico. (SRM)



Figura 4 • Strappo di un mosaico pavimentale. Ravenna: Santa Croce, fianco sinistro, portico. (SRM)

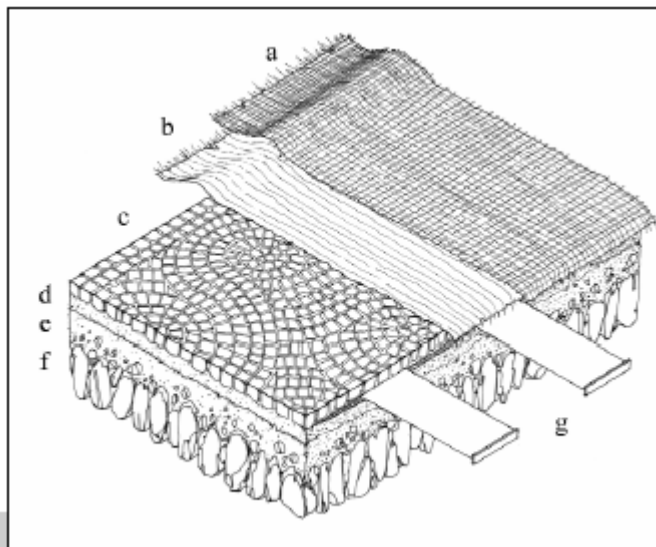


Figura 5 • Schema dello strappo di un mosaico con i ferri inseriti nell'interfaccia tra la superficie musiva e lo strato d'allettamento delle tessere: a) tela di juta, b) tela di garza, c) *tessellatum*, d) *nucleus*, e) *rudus*, f) *statumen*, g) lame metalliche. (CAF)



Figura 6 • Esecuzione dei contrassegni di richiamo, o testimoni, sui vari pezzi. Si tracciano tratti di collegamento a cavallo delle sezioni con pennarelli indelebili. (SRM)



Figura 7 • Stratigrafia del bordo di una sezione naturale. Sono visibili i segni dei chiodi utilizzati per separare il sottofondo. (SRM)



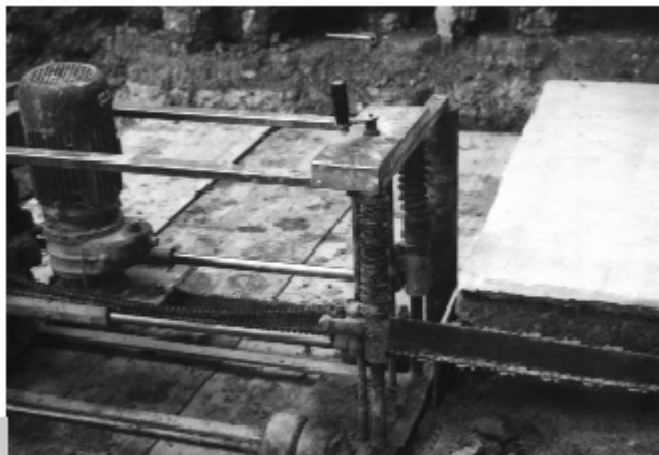


Figura 8 • Sega a catena montata su di un carrello scorrevole. Per eseguire un taglio perfettamente orizzontale, il sistema è montato su una piattaforma livellata, realizzata con tavole di legno. (SRM)



Figura 9 • Fase del distacco del mosaico con una sega a catena. (SRM)

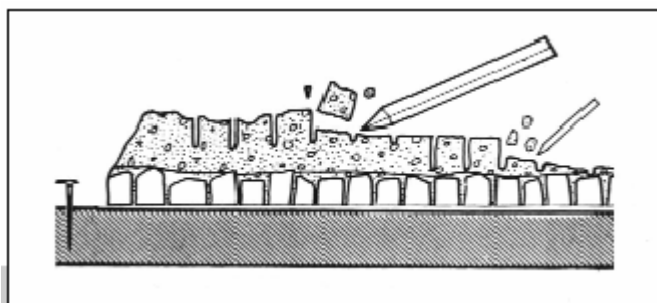


Figura 10 • Pulitura dal retro delle sezioni: asportazione con scalpello della malta di allettamento dopo le incisioni effettuate per facilitarne la rimozione. (CAF)



Figura 11 • Sezione dal retro dopo la pulitura. Le tessere sono visibili perché la malta originale era totalmente incoerente. (SRM)

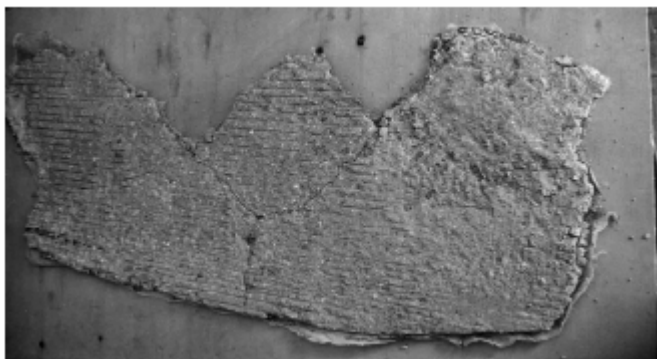


Figura 12 • Sezione dal retro dopo la pulitura. È rimasto uno spessore di quattro millimetri circa di malta originale sulla quale sono evidenti i tagli effettuati per facilitarne la rimozione. (SRM)

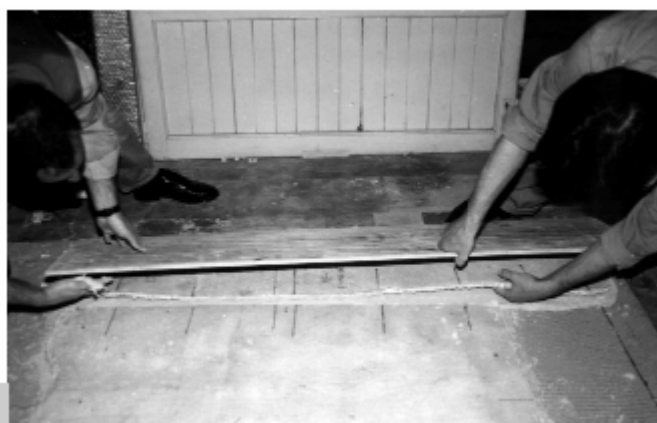


Figura 13 • Ribaltamento di una sezione di piccole dimensioni sul pannello di Aerolam. (SRM)



Figura 14 • Posizionamento con verifica dei testimoni a cavallo delle sezioni. (SRM)



Figura 15 • Ricollocazione delle tessere di unione (rimosse prima del distacco), con nuova malta di allettamento. (SRM)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La demolizione è descrivibile, in senso letterale, come un'operazione sistematica di abbattimento, totale o parziale, di qualche cosa, in quanto ritenuta inservibile o d'impedimento per altre attività (*Dizionario della Lingua Italiana*, Zingarelli).

In edilizia, in particolare, il termine demolizione indica il complesso di lavori e di attività diretti ad abbattere e a distruggere una costruzione o alcune sue parti e a rimuoverne i materiali dal sito su cui sorge, per condurli altrove, per disperderli o, in parte, recuperarli. Molte sono le motivazioni addotte per la demolizione di un manufatto architettonico, spesso anche molto diverse tra loro e, talvolta, neppure riconducibili a chiare finalità, o a espliciti bisogni, anche se si può affermare che, spesso, esse riguardano lo stato di instabilità e di inutilizzabilità (per varie cause) dell'edificio, il rischio che esso crolli o, ancora, il semplice fatto che esso impedisca la realizzazione di altre operazioni o la costruzione di altri manufatti. A ciò si aggiungono, talvolta, ragioni legate alla selezione di parti ritenute incongrue con la storia o con l'assetto di un manufatto. In questo caso si è di fronte a una selezione dalla quale, secondo alcune posizioni teoriche, deriva non solo la possibilità, ma addirittura la necessità, di distruggerle e cancellarle definitivamente.

Per questi motivi, la demolizione compare spesso, seppure in misura e con finalità variabili, tra le pratiche del restauro, nonostante l'apparente contraddizione con le sue dichiarate finalità conservative. Le demolizioni possono, inoltre, essere previste dal progetto o risultare imposte da eventi imprevisti e da necessità che emergono durante lo sviluppo del cantiere. Questa differenza non è di poco conto, poiché, nel primo caso, le demolizioni rappresentano un esito intenzionale, seppur contestabile, del progetto di restauro e possono quindi essere programmate, controllate ed eseguite con la massima garanzia, sicurezza ed efficacia tecnica. Nel secondo caso, invece, data l'urgenza con cui devono essere attuate, le demolizioni rischiano spesso di sfuggire al controllo del progettista, pregiudicando l'esito dell'intero intervento di restauro e producendo danni e distruzioni maggiori di quelli inizialmente ipotizzati.

Nonostante la rilevanza che, molto spesso, le attività di demolizione assumono, entro il progetto e nel cantiere di restauro, manca una trattazione specifica della materia, sia sul piano teorico sia su quello tecnico-operativo e tutto sembra delegato ai soli prezzari delle opere edili, o all'azione di ditte specializzate, se non a quella di maestranze del tutto generiche e impreparate a gestire operazioni complesse sul costruito esistente talvolta dotato di rilevanti valori storico-testimoniali e architettonici.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le demolizioni, nell'ambito di un progetto di restauro, possono riguardare ogni singola porzione, uno specifico elemento o l'intera di una costruzione e di un generico manufatto architettonico. In particolare, possono essere demolite:

- strutture e componenti costruttive di carattere murario;
- strutture lignee o metalliche,
- fondazioni e pareti in muratura,
- strutture verticali e orizzontali, quali volte o solai,
- coperture

- rivestimenti plastici o di altra natura,
- singoli elementi strutturali, funzionali o decorativi e di finitura ecc.

La demolizione di ciascun elemento e di ogni specifico manufatto, in relazione al ruolo che esso svolge nell'edificio, alla sua consistenza (dimensionale, fisica, di conservazione ecc.), alla sua posizione e a molti altri aspetti, richiede particolari accorgimenti, l'adozione di peculiari procedure esecutive, di opportuni strumenti e macchinari, oltre che la corretta valutazione delle conseguenze che la demolizione può avere sulle parti di manufatto conservate, in termini di equilibrio e di stabilità, di funzionalità e di identità.

È pertanto impossibile trattare sistematicamente la materia, poiché ciò richiederebbe un'analisi dell'intero universo di materiali, tipi strutturali e costruttivi che caratterizzano il patrimonio architettonico e culturale esistente. È invece possibile selezionare alcuni requisiti generali, cui ogni intervento di demolizione dovrebbe rispondere e alcuni criteri guida che occorrerebbe seguire nell'esecuzione di alcune demolizioni specifiche che, per la loro rilevanza, richiedono la massima attenzione dei tecnici operanti nel settore della tutela e del restauro, rimandando, per ogni altro aspetto, alla letteratura esistente in materia di opere edili in generale.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le opere di demolizione, al di là delle possibili differenziazioni legate alla loro entità, al tipo di manufatti interessati e alle modalità esecutive prescelte, richiedono anzitutto il rispetto di alcune fasi organizzative così sintetizzabili:

1. individuazione dell'oggetto, dell'elemento, o della parte di costruzione da demolire;
2. rilievo e analisi dell'oggetto da demolire, per conoscerne e comprenderne i caratteri geometrici, la consistenza fisica (dimensioni, materiali, tecnica costruttiva), lo stato di conservazione, di equilibrio e di stabilità;
3. valutazione dei rapporti esistenti tra l'oggetto della demolizione e gli elementi o le parti contermini del manufatto, con le altre strutture dell'edificio, di cui l'elemento è parte, oltre che delle reciproche connessioni e influenze;
4. valutazione, in relazione ai dati precedenti, della risposta che il manufatto può dare all'azione di demolizione, in termini statici e dinamici, ossia alle variazioni dei carichi agenti in esso e su di esso, degli equilibri, delle sollecitazioni e delle reciproche azioni e reazioni che la demolizione comporta;
5. selezione dei metodi, degli strumenti o dei macchinari più idonei per la demolizione, in relazione ai caratteri e allo stato dell'oggetto da demolire e in relazione agli obiettivi dell'azione stessa;
6. redazione di un programma/progetto delle demolizioni, ossia definizione delle diverse fasi operative necessarie alla sua realizzazione e della loro corretta successione, con particolare riguardo a:

- a) organizzazione del cantiere;
- b) predisposizione delle misure di sicurezza, sia riguardo alla stabilità del manufatto e delle altre strutture eventualmente coinvolte dalle operazioni di demolizione e rimozione dei materiali di risulta (opere provvisorie in genere, puntellature, ponteggi, ripari ecc.), sia riguardo alla sicurezza degli operatori e delle persone in genere (segnaletica, dispositivi di tutela e interdizione al passaggio e alla sosta, protezioni ecc.); il D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro) dedica la sezione VIII al tema delle demolizioni.

#### **D.Lgs. 81/2008 - Sezione VIII - Demolizioni**

##### **Art. 150 - Rafforzamento delle strutture**

1. Prima dell'inizio di lavori di demolizione è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e di stabilità delle varie strutture da demolire.
2. In relazione al risultato di tale verifica devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie ad evitare che, durante la demolizione, si verifichino crolli intempestivi.

##### **Art. 151 - Ordine delle demolizioni**

1. I lavori di demolizione devono procedere con cautela e con ordine, devono essere eseguiti sotto la sorveglianza di un preposto e condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quelle eventuali adiacenti.
2. La successione dei lavori deve risultare da apposito programma contenuto nel POS, tenendo conto di quanto indicato nel PSC, ove previsto, che deve essere tenuto a disposizione degli organi di vigilanza.

#### Art. 152 - Misure di sicurezza

1. La demolizione dei muri effettuata con attrezzature manuali deve essere fatta servendosi di ponti di servizio indipendenti dall'opera in demolizione.
2. È vietato lavorare e fare lavorare gli operai sui muri in demolizione.
3. Gli obblighi di cui ai commi 1 e 2 non sussistono quando trattasi di muri di altezza inferiore ai due metri.

#### Art. 153 - Convogliamento del materiale di demolizione

1. Il materiale di demolizione non deve essere gettato dall'alto, ma deve essere trasportato oppure convogliato in appositi canali, il cui estremo inferiore non deve risultare ad altezza maggiore di due metri dal livello del piano di raccolta.
2. I canali suddetti devono essere costruiti in modo che ogni tronco imbocchi nel tronco successivo; gli eventuali raccordi devono essere adeguatamente rinforzati.
3. L'imboccatura superiore del canale deve essere realizzata in modo che non possano cadervi accidentalmente persone.
4. Ove sia costituito da elementi pesanti o ingombranti, il materiale di demolizione deve essere calato a terra con mezzi idonei.
5. Durante i lavori di demolizione si deve provvedere a ridurre il sollevamento della polvere, irrorando con acqua le murature ed i materiali di risulta.

#### Art. 154 - Sbarramento della zona di demolizione

1. Nella zona sottostante la demolizione deve essere vietata la sosta ed il transito, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti.
2. L'accesso allo sbocco dei canali di scarico per il caricamento ed il trasporto del materiale accumulato deve essere consentito soltanto dopo che sia stato sospeso lo scarico dall'alto.

#### Art. 155 - Demolizione per rovesciamento

1. Salvo l'osservanza delle leggi e dei regolamenti speciali e locali, la demolizione di parti di strutture aventi altezza sul terreno non superiore a 5 metri può essere effettuata mediante rovesciamento per trazione o per spinta.
2. La trazione o la spinta deve essere esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati dal resto del fabbricato in demolizione in modo da non determinare crolli impestivi o non previsti di altre parti.
3. Devono inoltre essere adottate le precauzioni necessarie per la sicurezza del lavoro quali: trazione da distanza non minore di una volta e mezzo l'altezza del muro o della struttura da abbattere e allontanamento degli operai dalla zona interessata.
4. Il rovesciamento per spinta può essere effettuato con martinetti solo per opere di altezza non superiore a 3 metri, con l'ausilio di puntelli sussidiari contro il ritorno degli elementi smossi.
5. Deve essere evitato in ogni caso che per lo scuotimento del terreno in seguito alla caduta delle strutture o di grossi blocchi possano derivare danni o lesioni agli edifici vicini o ad opere adiacenti pericolose per i lavoratori addetti.

c) individuazione delle modalità di crollo guidato (in relazione anche ai rischi di stabilità delle parti superstiti e all'incolumità degli operatori), o di calo a terra delle parti demolite e dei materiali di risulta, del loro eventuale stoccaggio provvisorio e di definitiva rimozione, nel rispetto delle norme vigenti in materia di smaltimento delle macerie, di tutela dell'ambiente e di eventuale recupero e riciclaggio dei materiali stessi.

7. apertura del cantiere, realizzazione delle strutture provvisoriale e di ogni altro dispositivo previsto ai punti precedenti;

8. realizzazione delle opere e controllo delle loro fasi esecutive, compreso l'eventuale ricorso a sistemi di monitoraggio passivo delle condizioni di equilibrio e stabilità delle strutture coinvolte nell'intervento e di quelle contermini.

9. In questa fase occorre, inoltre, porre in opera gli ulteriori elementi di sostegno, provvisoriale o definitivo, necessari allo specifico intervento di demolizione che si sta attuando. Ad esempio, nel caso si realizzi una nuova apertura entro una parete muraria esistente, sempre che ciò sia tecnicamente possibile per le sue caratteristiche costruttive e il suo stato di conservazione, è necessario procedere anzitutto allo scasso della porzione di parete sovrastante il nuovo varco, operando su una faccia della parete e inserire al suo interno un'architrave che sorregga la porzione di muratura sovrastante che, con l'apertura, si troverebbe priva di appoggio e sostegno. Un'analoga operazione è poi eseguita sulla faccia contrapposta della parete e, solo dopo la posa in opera del secondo nuovo orizzontamento superiore, è possibile procedere alla demolizione dell'intera porzione di muratura corrispondente al varco desiderato.

Come evidenziato nell'ultimo punto, questo schema ideale deve, in ogni caso, tenere conto delle particolarità delle diverse situazioni in cui si opera, ed è quindi possibile indicare solo alcune prescrizioni particolari riferite a singole categorie di manufatti.

#### *Demolizione di strutture murarie di fondazione*

Le strutture di fondazione sono un elemento fondamentale per la stabilità degli edifici, poiché assicurano e mediano la loro relazione con il terreno, risentendo sia delle caratteristiche di portanza di quest'ultimo sia delle geometrie, delle dimensioni, della consistenza e della concezione strutturale dei primi. Come tali, le strutture di fondazione sono in genere ritenute intoccabili o, quantomeno, si ritiene possano essere soggette a interventi di rinforzo, riparazione, consolidamento attuati con le più diverse tecniche (dalla sottomurazione, alla tecnica del cuciscuci, dalle iniezioni di resine e malte alle cuciture armate o alla sostruzione con micropali), ma in linea di principio non a interventi distruttivi. Non sono tuttavia rari i casi in cui anche le strutture di fondazione sono interessate da limitate demolizioni (legate ad esempio alla realizzazione di rinforzi puntuali), entro più generali interventi di consolidamento delle strutture architettoniche sovrastanti. Vi sono, poi, casi in cui occorre purtroppo procedere a estese e generalizzate demolizioni di antiche strutture fondali, nascoste entro gli strati corticali o profondi del terreno, in relazione alla realizzazione di nuovi interventi edilizi o di opere di riqualificazione e consolidamento di aree archeologiche o urbane, soprattutto in connessione con la realizzazione di nuove infrastrutture. Le due situazioni sono, evidentemente, assai diverse tra loro poiché, nel primo caso, le demolizioni interessano strutture che ancora svolgono il loro fondamentale ruolo portante e di mediazione tra le strutture in elevato e il terreno fondale e devono, quindi, tenere in debito conto le ripercussioni che le demolizioni possono avere, durante l'esecuzione delle opere e dopo il loro completamento, sulle altre strutture direttamente o indirettamente legate alle fondazioni coinvolte. Nel secondo caso, invece, la demolizione di fondazioni totalmente inglobate nel terreno, o solo parzialmente emergenti da esso, ma in ogni caso prive di ruolo portante rispetto ad altre strutture architettoniche sovrastanti, impone il prioritario rispetto del loro solo equilibrio e di quello del suolo direttamente o indirettamente interessato dall'intervento.

In ogni caso, le opere di demolizione devono essere realizzate per successivi cantieri di limitata estensione, realizzando anzitutto le necessarie strutture provvisoriale di sostegno delle parti di manufatto progressivamente rese labili, nel loro equilibrio, dalla distruzione delle parti a esse contermini, sottostanti e collegate, oltre che i dispositivi di protezione del sito e degli operatori impegnati nel cantiere.

Per le strutture totalmente inglobate nel terreno, la demolizione vera e propria deve essere preceduta dalla loro messa a nudo, attuata con la realizzazione di scavi a sezione obbligata, generalmente eseguiti a mano o con piccoli mezzi meccanici (anche con escavatori di limitata potenza), in funzione delle condizioni del sito e delle caratteristiche morfologiche delle opere, avendo cura di non scalzare l'intera struttura per non provocare il crollo incontrollato e non mettere a rischio la salute e la sicurezza di operatori e utenti.

La demolizione può essere eseguita a mano, con l'ausilio di strumenti e utensili a percussione e da taglio, eventualmente anche di carattere meccanico (scalpelli, punte, mazze ecc.), oppure con il

ricorso a macchinari in grado di esercitare, in modo controllato, le sollecitazioni richieste per la demolizione delle strutture interessate, secondo le specifiche più oltre illustrate (ad es. piccoli martelli pneumatici). È in ogni caso necessario valutare attentamente e tenere sotto controllo le vibrazioni e le sollecitazioni dinamiche che l'uso di tali strumenti induce sulle strutture in elevato, onde prevenire rischi di crollo o danni irreversibili alla coesione delle murature destinate a rimanere *in situ* (allentamento e sconnessione dei giunti di malta, insorgenza di fratture e lesioni, deformazioni e traslazioni rigide di elementi e parti contermini).

La demolizione deve inoltre procedere dall'alto verso il basso, tenendo conto dell'effettivo ruolo strutturale dell'elemento interessato e, in particolare, delle eventuali azioni di spinta, di contropinta o di contenimento che esso esercita rispetto ad altre strutture o al terreno.

In relazione a simili problemi, il piano/programma delle demolizioni deve stabilire, tra le altre cose, i modi della loro esecuzione, con particolare riguardo alla posizione che debbono assumere gli operatori coinvolti, onde prevenire ogni rischio per la loro incolumità, rispetto ai modi previsti per il crollo controllato delle strutture demolite sottoposte a demolizione.

È anche opportuno evidenziare come, talvolta, la demolizione di strutture di fondazione interferisca con altre operazioni del cantiere di restauro e come possa pertanto pregiudicare o condizionare il sito del cantiere in ordine, soprattutto, alle successive opere di rinforzo delle strutture in elevato o alle previste variazioni delle condizioni di carico che un nuovo utilizzo del manufatto comporta. Rispetto a tali questioni, la progettazione e l'esecuzione delle demolizioni rientrano appieno tra gli elementi del progetto strutturale.

È infine necessario sottolineare la rilevanza, spesso ignorata o sottovalutata, che le demolizioni di strutture di fondazione possono avere nell'ambito di un complessivo progetto di restauro, in ordine alla scoperta e tutela di eventuali tracce e strati archeologici dimenticati, con la connessa necessità di rispettare la normativa in materia e di avvisare, ove il caso, le competenti autorità (Soprintendenze ai Beni Archeologici), onde non compromettere o irreparabilmente distruggere preziose tracce del passato delle nostre città e del nostro territorio.

#### *Demolizione di strutture murarie in elevato*

Fermo restando che la demolizione di intere strutture murarie non costituisce, di per sé, un oggetto specifico o privilegiato di un intervento di restauro, occorre rilevare come essa debba anzitutto tenere conto delle differenze sostanziali, anche se non sempre evidenti e assolute, esistenti tra pareti portanti, collaboranti o semplicemente portate, all'interno di una costruzione, oltre che dei già richiamati aspetti legati alla posizione, alla consistenza e allo stato di conservazione dei singoli manufatti sottoposti a demolizione.

#### STRUTTURE PORTANTI

La demolizione di setti murari portanti, eventualmente ritenuta necessaria per superiori ragioni di difesa dell'edificio o di rimozione di rischi di crollo a tutela di abitanti e utenti, deve essere preceduta dall'esatta individuazione di tutti gli elementi che sono, direttamente o indirettamente, sostenuti dai manufatti che s'intende demolire, per evitare crolli imprevisti e accidentali e per predisporre le necessarie opere di sostegno provvisorie che ne consentano la demolizione parziale (come nel caso, ad esempio, della realizzazione di aperture in traccia, mediante scasso localizzato delle murature), in condizioni di sicurezza e senza pregiudicare la stabilità dell'insieme.

L'effettiva realizzabilità delle demolizioni previste e necessarie, o le condizioni, le tecniche e i modi secondo cui tali opere possono essere compiute, senza pregiudizio per la stabilità delle rimanenti porzioni dei fabbricati e per la sicurezza degli operatori, inoltre, deve essere valutata rispetto alla situazione al loro contorno, ossia alla presenza di altri manufatti. Questi, infatti, anche in modo inatteso possono avere assunto, nel corso del tempo, nessi di dipendenza strutturale con le opere interessate dall'intervento demolitorio, come spesso accade nei centri storici, ove strutture nate come indipendenti, per effetto di assestamenti, modifiche o eventi traumatici (assestamenti strutturali del terreno, eventi sismici e modifiche architettoniche) sono ormai indissolubilmente legate a edifici contermini, ad esempio a causa dell'interposizione, tra loro, di nuove strutture (ad esempio: archi e archivolti contraffortanti che, scavalcando le vie, connettono tra loro vari fabbricati).

#### STRUTTURE COLLABORANTI



Non meno importante e delicato è l'eventuale intervento di demolizione di strutture murarie apparentemente prive di diretti ruoli portanti, dal momento che, su di esse, non sembrano appoggiare, ad esempio, né solai intermedi né strutture voltate. Spesso, infatti, è difficile appurare l'assenza di un qualsiasi ruolo portante diretto o indiretto, soprattutto in edifici multipiano, ove a ogni livello possono esservi rotazioni o traslazione dei setti murari e delle orditure dei solai, indotte da varie fasi di trasformazione della fabbrica ma spesso celate da controsoffittature che ne impediscono la visione diretta. Inoltre, le pareti murarie dei fronti edilizi e molti setti trasversali interni ai corpi di fabbrica, pur essendo disimpegnati da carichi diretti, svolgono spesso un fondamentale ruolo collaborante per la stabilità della scatola muraria complessiva degli edifici pre-industriali, poiché legano tra loro le pareti portanti principali e si comportano, rispetto a esse o ai loro eventuali movimenti, come essenziali strutture di controventamento. Per queste ragioni, anche rispetto a simili strutture, la demolizione deve esser preceduta da un'attenta interpretazione del comportamento strutturale globale dell'edificio. Inoltre, la successione delle operazioni di demolizione in cantiere, deve tenere conto della posizione reciproca di tali setti e la progettazione deve eventualmente predisporre le necessarie opere di contraffortatura sostitutiva, nel caso se ne preveda la totale o parziale demolizione.

#### STRUTTURE PORTATE

Per ragioni analoghe a quelle appena evidenziate, la distinzione tra i ruoli svolti dai diversi setti murari di una costruzione antica, spesso, è solo presuntiva e sconta notevoli rischi di errore, essendo figlia di una concezione contemporanea della tecnologia prescrittiva che, a priori, assegna ruoli specifici e differenziati ai singoli elementi costruttivi là ove, in passato, tale netta separazione non era prevista o dove il passare del tempo, i processi di dissesto e le successive modifiche delle fabbriche hanno profondamente mutato i comportamenti originari dei singoli manufatti. Può così succedere che una parete divisoria interna, che oggi definiremmo come semplice tramezzo portato dalle strutture orizzontali, privo, quindi, di ogni ruolo portante e stabilizzante per la fabbrica nel suo complesso, sia in realtà interessato da carichi anche notevoli e partecipi di fatto, in tal modo, all'equilibrio locale o globale dell'edificio. È quanto succede, molto spesso, a semplici setti di mattoni pieni, anche disposti in foglio e quindi apparentemente destinati a portare esclusivamente se stessi, quando la deformazione e l'inflessione degli elementi lignei dell'orditura del solaio sovrastante ha di fatto portato quella struttura a gravare, almeno in parte, su di essi coinvolgendoli in un impegno strutturale impreveduto ma talvolta essenziale alla stabilità della fabbrica. Un'eventuale demolizione, parziale o totale, di tali setti potrebbe dunque preludere al crollo delle sovrastanti strutture orizzontali, se non preceduta dalla realizzazione di loro opportuni rinforzi.

#### *Demolizione di strutture orizzontali*

L'eventuale demolizione di strutture orizzontali, ossia di strutture di contenimento dei carichi verticali, costituisce un problema rilevante per la difesa della stabilità degli edifici antichi, soprattutto se si pensa che, normalmente, tali strutture sono ritenute intercambiabili e sostituibili con relativa facilità, poiché spesso se ne sottovaluta il ruolo nell'equilibrio globale e locale delle fabbriche, sulla scorta della convinzione che sono essenzialmente strutture portate e non direttamente impegnate nel funzionamento della scatola muraria complessiva. Tale opinione, tuttavia, è destituita di fondamento se solo si pensa che, molto spesso, le volte erano addirittura costruite insieme alle strutture murarie che le sostenevano, realizzando un complesso sistema strutturale ove i momenti ribaltanti, generati dalle componenti orizzontali delle loro spinte oblique, erano sapientemente contrastati dai momenti stabilizzanti assicurati dalle masse murarie verticali, o contrastate da dispositivi, anche solo di riserva statica, quali le catene o le travi catena.

Come nel caso delle pareti verticali trasversali e collaboranti, inoltre, le strutture orizzontali, in qualunque modo e con qualsiasi tecnica siano realizzate (in legno o in muratura), svolgono sempre un fondamentale ruolo di contraffortatura e di collegamento tra le pareti verticali, collaborando alla stabilità generale della fabbrica. Lo dimostra, tra gli altri esempi recenti, il crollo improvviso del palazzo degli Specchi a Torino, negli anni Novanta del secolo scorso, avvenuto proprio in fase di cantiere, quando la demolizione di tutti gli orizzontamenti intermedi lasciò "a vento" la grande parete di facciata, ormai priva di ogni controventamento e di ogni sostegno intermedio, esposta

alle azioni dinamiche indotte dal vento e dal traffico veicolare, e ridotta a uno stato di snellezza e di labilità che certo influì negativamente sulla sua stabilità residua portando al suo finale crollo.

#### STRUTTURE VOLTATE

Rispetto a quanto anticipato, la demolizione delle strutture arcuate e voltate in muratura, oltre a costituire generalmente una perdita difficilmente giustificabile, rispetto agli obiettivi di tutela e di conservazione di un restauro, costituisce un *vulnus* significativo alla stabilità degli edifici, poiché la loro rigidità e la loro solidarietà con le restanti strutture, rende particolarmente rischiosa sia la fase di distruzione sia i suoi esiti. Essendo la volta una struttura spingente, continua e pesante, tra l'altro, la sua demolizione deve esser preceduta da un piano che riguardi la scelta del metodo più idoneo per interrompere la sua continuità strutturale con le murature che la sorreggono e delimitano (da dove partire con il taglio), ma anche i modi della rimozione dei suoi materiali costitutivi, poiché il loro semplice crollo, a parte i casi di locali a piano terra, appare assai rischioso. L'urto delle macerie con le sottostanti strutture orizzontali, infatti, potrebbe trasmettere a esse e alle strutture murarie verticali contermini, pericolose sollecitazioni dinamiche e innescare ulteriori crolli o sconnettere intimamente le loro componenti costruttive, producendo danni imprevedibili e difficilmente controllabili, con negative ripercussioni sugli esiti economici, tecnici e culturali dell'intero intervento di restauro. Per queste ragioni, la demolizione delle volte è spesso preceduta dalla posa in opera di strutture provvisorie di centinatura al loro intradosso, capaci di sorreggere i materiali sconnessi fino alla loro definitiva rimozione dal cantiere e ciò comporta un ulteriore approfondimento per la progettazione e il dimensionamento di tali strutture, per la loro corretta connessione con le restanti parti dell'edificio (appoggi, agganci ecc.), per evitare concentrazioni anomale e pericolose di carichi e di sovraccarichi su di esse.

#### SOLAI

Seppure siano generalmente meno solidali con le strutture murarie cui sono connessi, anche i solai a struttura lignea svolgono un fondamentale ruolo di contrasto e di collegamento tra di esse, così che la loro rimozione (o demolizione) deve essere accompagnata da opportune cautele per evitare che, durante le operazioni di demolizione, tale azione venga meno con probabili rischi per la stabilità complessiva del manufatto. Inoltre, in relazione alle particolari soluzioni costruttive adottate per la realizzazione del solaio, la sua rimozione deve risolvere problemi specifici legati, ad esempio, all'eventuale presenza di staffe metalliche che abbiano trasformato le sue travi in travi catene, connettendole stabilmente alle pareti d'ambito. Un'eventuale semplice azione tesa a sfilare dalle loro sedi le travi, infatti, potrebbe in questi casi provocare danni irreparabili e distruzioni impreviste alle compagini murarie coinvolte. In ogni caso, la demolizione di un solaio, in relazione alla sua costituzione, procede generalmente con la rimozione dei suoi vari strati costituenti, partendo dalla eventuale pavimentazione all'estradosso, per interessare successivamente il massetto su cui essa poggia, il tavolato o lo scempiato continuo ad esso sottostante e giungere, poi, alla rimozione degli elementi dell'eventuale orditura minuta che lo sorregge, o anche di quelli dell'orditura secondaria, se presente così come di quelli dell'orditura primaria, se necessario. Le operazioni di rimozione sono, quindi, di fatto, simili a quelle proprie di un intervento di smontaggio, sempre che la demolizione non faccia parte di un intervento più ampio e "non progettato", attuato con mezzi e con modalità distruttive (vedi oltre), fino a quello limite dell'implosione controllata. In tali operazioni, assumono in ogni caso notevole importanza i tipi di connessione esistenti tra gli elementi costitutivi del solaio e, in particolare, la presenza di chiodi, poiché essi possono richiedere particolari cautele e l'adozione (o il rifiuto) di specifici strumenti, se la demolizione è preordinata al recupero dei materiali rimossi. In molti casi, poi, la demolizione è preceduta dalla preventiva risoluzione delle connessioni esistenti tra elementi lignei del solaio e le murature, ad esempio segnando le travi in prossimità del loro innesto nelle pareti, lasciando al loro interno le teste soggette a eventuale successiva rimozione.

#### SCALE

Anche le strutture di collegamento verticale sono spesso soggette a demolizione, pur nell'ambito di interventi di restauro che dovrebbero, all'opposto, tutelarle come elemento essenziale per la difesa dell'identità dell'edificio, in quanto connesse, tra l'altro, al suo sistema distributivo che è sempre traccia di trascorsi modelli di vita e di organizzazione sociale. Tuttavia, là ove per varie ragioni, si

giunge alla loro demolizione, occorre indagare e comprendere, come nel caso delle altre strutture, i profondi nessi che talvolta legano tali strutture a quelle contermini, per evitare che la loro demolizione induca ulteriori danni e crolli alla costruzione nel suo complesso. È questo il caso di alcuni recenti interventi attuati in edifici del centro storico genovese (vico delle Fate e vico della Fava Greca) ove, talvolta, la gabbia strutturale delle scale, realizzata con elementi lignei e con esili setti murari disancorati dalle pareti della scatola muraria complessiva, svolgono un ruolo portante rispetto agli orizzontamenti intermedi della fabbrica, talché la demolizione delle scale ha comportato il crollo di buona parte del manufatto.

#### COPERTURE

Le strutture di copertura, comunque realizzate, costituiscono una parte essenziale di qualsiasi costruzione sotto tutti i punti di vista: costruttivo, strutturale, funzionale e formale-architettonico.

Ad esse è anzitutto affidato il fondamentale compito della difesa dei manufatti dalle aggressioni degli agenti aggressivi esterni. Non a caso, appena le strutture di copertura entrano in crisi, anche solo per la mancanza o la carenza di semplici e minute opere di manutenzione, si apre il ciclo del progressivo ed esponenziale processo di degrado e dissesto dell'edificio. Alla luce di questa elementare constatazione, ogni demolizione di strutture di copertura appare di fatto comprensibile solo ove esse si trovino in totale stato di abbandono, dissesto e di irreparabile degrado o inefficienza, così che la demolizione si pone essenzialmente come rimozione di strutture inadeguate e a rischio di crollo, più che come passaggio di un intervento teso esclusivamente al rinnovo di un'immagine o all'adeguamento dell'edificio a nuove funzioni o esigenze.

In ogni caso, se la demolizione appare infine necessaria, essa deve tenere conto del particolare ruolo svolto da queste strutture, della loro posizione nella fabbrica e delle specifiche relazioni costruttive e strutturali che esse hanno con le sottostanti strutture di elevazione degli edifici. Ciò, al fine di progettare l'intervento tenendo conto dei problemi che la distruzione comporta alle restanti parti del manufatto e, in particolare, per quanto riguarda:

- a) i modi, i mezzi e gli strumenti per sconnettere gli elementi della struttura di copertura dalle altre componenti costruttive della fabbrica;
- b) i modi e i tempi per rimuovere le parti componenti della copertura dal loro sito originario, senza apportare pregiudizio alla stabilità delle altre parti contermini;
- c) i modi per stoccare in luogo protetto, o per allontanare dal cantiere, i materiali di risulta, senza pregiudizio per un loro eventuale recupero successivo e nel quadro di una razionale e sicura gestione degli spazi di cantiere;
- d) la protezione temporanea della fabbrica dagli agenti atmosferici, durante le fasi del cantiere e per tutta la durata dei lavori.

Una particolare attenzione, inoltre, deve essere riservata al destino degli elementi costruttivi di completamento che sono spesso associati alle strutture di copertura (altane, muretti d'attico, comignoli ecc.), soprattutto se il progetto non ne prevede la contestuale demolizione.

#### *Demolizione di finiture e di elementi autonomi o privi di ruolo strutturale*

Molto spesso, nei cantieri di intervento sugli edifici esistenti, le più estese e incontrollate demolizioni riguardano elementi privi di ruoli strutturali eppure essenziali per la tutela dell'identità storica e architettonica degli edifici stessi. Si pensi agli intonaci, esterni e interni, agli infissi o a componenti quali le ringhiere, le cancellate o i comignoli, spesso distrutti per essere sostituiti con nuovi elementi che, talvolta, ripropongono modelli antichi e tradizionali, identici, simili o solo analoghi a quelli degli elementi rimossi.

Anche in questi casi, la demolizione appare un'attività assai rischiosa e contestabile, su cui occorre a lungo riflettere in relazione ai temi più generali della pratica del restauro.

Ciò che interessa in questa sede, tuttavia, è porre in evidenza come, anche rispetto a tali manufatti, occorre agire con estrema cautela e sulla base di un preciso progetto, piuttosto che delegare le scelte alla fase di cantiere. Non sono infatti rari i casi in cui la demolizione di una ringhiera, ad esempio, finisce con il determinare danni estesi alle componenti marmoree di una scala o di un balcone, poiché non sono state preventivamente analizzate le connessioni che legavano le due parti e sono state selezionate azioni tecniche che hanno avuto esiti dirompenti (ad es. esercitando un'eccessiva trazione per sfilare gli elementi metallici dalle sedi di inserimento nei gradini, determinando la loro rottura, a causa della resistenza opposta dalla presenza di zanche

ripiegate al loro interno). Inoltre, la demolizione non controllata di un qualsiasi elemento costruttivo, oltre a cancellare segni essenziali sulle superfici del manufatto o a mutarne sensibilmente i caratteri costruttivi, impedisce spesso di comprenderne aspetti ancora ignoti che possono emergere durante l'intervento stesso e che possono risultare utili, se non altro, per la conoscenza dell'architettura antica.

#### *Principali tecniche di demolizione e relativi strumenti o macchinari*

Nonostante l'estrema variabilità dei manufatti demolibili e la praticamente infinita casistica delle condizioni in cui essi si trovano e in cui occorre operare (rispetto al rapporto tra manufatto e altri manufatti o tra manufatto e sito), è possibile individuare e sinteticamente descrivere le principali soluzioni tecniche adottabili per le operazioni di demolizione in un cantiere di restauro.

**DEMOLIZIONE, PER PICCOLI BLOCCHI E PER PICCOLI TRATTI, DI STRUTTURE E DI ELEMENTI COSTRUTTIVI**  
 In questa definizione rientrano, genericamente, tutte le azioni più diffuse nell'ambito degli interventi di restauro e di recupero del patrimonio architettonico di antica formazione poiché, almeno tendenzialmente, esse consentono di osservare le cautele richiamate precedentemente. Su qualsiasi elemento si agisca, infatti, queste azioni consentono di procedere per tratti successivi e per porzioni di limitata estensione, così da controllare l'avanzare dei lavori e le loro conseguenze nell'intorno immediato della zona di demolizione. Si tratta di operazioni, quale ad esempio la realizzazione di una nuova apertura entro una compagine muraria esistente, generalmente eseguite manualmente, con strumenti, attrezzi e utensili meccanici, abrasivi e a percussione (martelli, punte, scalpelli, cazzuole, spatole ecc., oppure seghe nel caso di parti lignee) ricorrendo, al massimo, a piccoli scalpelli e martelli pneumatici, in grado di ridurre la fatica dell'operatore e aumentare l'efficacia dell'intervento, senza aumentare in modo incontrollabile le sollecitazioni indotte sul manufatto. In relazione al tipo di elemento su cui si opera, ai suoi materiali e alle sue connessioni interne, variano quindi gli strumenti utilizzabili, ma rimane costante la tendenza a sconnettere, isolare e rimuovere blocchi e parti di manufatto, di contenute dimensioni e di limitato peso (max 10-15 kg), così da consentirne la rimozione e la manovrabilità diretta da parte del singolo operatore.

#### **DEMOLIZIONE PER GRANDI BLOCCHI**

Le grandi demolizioni, ovvero la demolizione di grandi strutture, devono essere tendenzialmente evitate, nell'ambito di un intervento di restauro, per gli effetti dirompenti che hanno non solo sulle strutture direttamente interessate dalle operazioni distruttive ma anche su quelle limitrofe e sul sito stesso del cantiere. Se necessarie, tuttavia, esse possono avvenire sostanzialmente secondo tre principali modalità: a) per trazione; b) per spinta; c) per urto.

a) *La demolizione mediante azioni di trazione* richiede, anzitutto, che si puntelli e si imbraghi la parete o il manufatto da demolire, collegandola/o a un sistema di funi o cavi e che, successivamente, si indebolisca e si scalzi la loro base, mediante tagli o demolizioni. Di limitata e controllata estensione. A questo punto, è possibile rimuovere i puntelli preventivamente posti in opera per sostenere provvisoriamente la parte soggetta a demolizione, utilizzando le funi a ciò predisposte e, sempre utilizzando il sistema dei cavi posto in opera, esercitare la trazione necessaria a far crollare il manufatto. Durante tutte le operazioni, occorre che gli operatori si tengano a distanza di sicurezza dalla struttura in corso di abbattimento e che il sito sia recintato e protetto, a norma di legge. Questa tecnica è generalmente utilizzata per demolire strutture di altezza inferiore ai 5 metri e provoca il loro istantaneo abbattimento, con notevoli effetti di percuotimento e di sollecitazione dinamica del suolo e delle altre strutture sottostanti o connesse al manufatto abbattuto che possono improvvisamente crollare, sotto l'effetto di quest'urto, anche se il loro abbattimento non era stato previsto in fase di progetto e ciò impone particolare cautela in fase realizzativa dell'intervento demolitorio.

Il crollo di notevoli masse può, inoltre, determinare conseguenze assai pericolose per gli astanti (operatori, abitanti, pubblico ecc.), ma anche danni ingenti alle strutture limitrofe a causa, tra l'altro, dell'inevitabile sollevamento e spostamento di detriti e di materiale pulverulento, talvolta a notevoli velocità e distanza, e delle vibrazioni che l'impatto delle masse abbattute contro il suolo o contro altri manufatti determina in un'area più o meno vasta intorno al cantiere.

b) *La demolizione mediante azioni di spinta* prevede, invece, che il manufatto da abbattere sia ribaltato a terra utilizzando la spinta, graduata e progressiva, esercitata da puntoni appositamente progettati e installati sulla sua faccia opposta alla direzione in cui si prevede debba avvenire il ribaltamento, azionati da organi meccanici, idraulici oppure oleodinamici in grado di esercitare la pressione desiderata necessaria al successo dell'operazione. Alla testa dei puntoni, sono solitamente posti alcuni elementi di ripartizione del carico (piastre o profilati metallici), così da evitare indesiderati effetti di punzonamento e lo sfondamento localizzato del manufatto, circostanza che pregiudicherebbe l'intera operazione. La spinta deve essere esercitata nel terzo superiore del manufatto da abbattere, per evitare che il ribaltamento avvenga nella direzione opposta a quella prevista. Il puntone che trasmette, o esercita, la spinta prevista deve essere saldamente ancorato al terreno, o ad altre strutture capaci di resistere alla contropinta che esso esercita e deve essere a sua volta puntellato, in modo da evitare pericolosi ritorni. Questa soluzione tecnica è usualmente adottata per abbattere manufatti di altezza inferiore ai tre metri. Per quanto riguarda i rischi per operatori e strutture limitrofe, valgono le annotazioni proposte al punto precedente.

c) *La demolizione mediante urti*, quando eccede l'usuale percussione manuale o è attuata con l'ausilio di piccoli strumenti e utensili meccanici, prevede l'impiego di grandi masse battenti (generalmente costituite da massi di pietra o da pesi metallici) che, appesi a cavi di opportuna e graduabile lunghezza, collegati e manovrati da argani elettrici e meccanici, da gru o da altri appositi macchinari, siano fatti oscillare e colpiscano ripetutamente il manufatto da abbattere, in punti predeterminati in modo da dirigerne quanto più possibile il crollo nella direzione desiderata. Questo avviene per effetto degli urti e, quindi, degli sforzi di trazione e delle deformazioni che essi inducono nel manufatto, il cui crollo è tuttavia difficilmente controllabile, sia per quanto riguarda la direzione sia per quanto riguarda la zona di abbattimento delle macerie. Per queste ragioni, la tecnica è solitamente impiegata ove non esistano altre strutture da tutelare e ove sia possibile isolare e proteggere un'area di adeguata estensione. Per tutte queste ragioni, questo tipo di azione, come la seguente, ancora più di quelle precedenti, non dovrebbe trovare spazio in un intervento di restauro.

Vi è, infine, un'ulteriore tecnica di demolizione, qui citata solo per completezza di informazione ma che, ancor più di quelle su menzionate, non trova spazio negli interventi e nei cantieri di restauro. Si tratta della tecnica, o meglio delle tecniche, di *demolizione mediante uso di microcariche esplosive* e, in particolare di quelle dette "a implosione controllata", che provocano la caduta delle macerie su se stesse, senza invasione delle aree limitrofe al manufatto da abbattere (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7, fig. 8, fig. 9).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Come più volte sottolineato, la demolizione costituisce un'azione e una scelta che, tendenzialmente, non dovrebbe trovare spazio nel progetto e nel cantiere di restauro, per il suo carattere irreversibilmente distruttivo.

Ciò è tanto più vero se si considera che, anche quando, per ragioni di sicurezza o per salvare altre strutture, è necessario procedere a limitate e localizzate demolizioni, è assai difficile controllarne gli effetti reali sui manufatti sottoposti a restauro, per le ragioni evidenziate.

In particolare, è assai difficile operare in modo che la demolizione si fermi realmente ove il progetto ha deciso e che non coinvolga parti di manufatto che si intendono mantenere e conservare.

È poi altrettanto problematico valutare le reali conseguenze che la demolizione avrà sulle parti superstiti del manufatto, nel lungo periodo, ad esempio in termini di equilibrio e di stabilità locale e globale.

Infine, ogni demolizione comporta la produzione di macerie e di materiali che occorre correttamente smaltire e ciò ha notevoli implicazioni sull'organizzazione del cantiere, sui costi dell'intervento e sulla tutela dell'ambiente e degli operatori. In ogni caso, uno degli aspetti più delicati di ogni intervento di demolizione, specie all'interno di strutture e spazi costretti e limitati, o ricchi di parti delicate e di cui è prevista la conservazione, è costituita dalla movimentazione delle macerie, e dalla protezione di operatori e strutture contermini. Per questi aspetti si rimanda,

tuttavia, alla normativa vigente in materia di sicurezza dei cantieri e dei lavori edili oltre che alla letteratura specialistica del settore.

Un ulteriore aspetto di estrema delicatezza che simili interventi spesso rivelano è legato alla circostanza, meno rara di quanto si pensi, per cui, durante la demolizione, possono talvolta emergere parti sconosciute dei manufatti o resti di più antiche costruzioni inglobate nelle strutture soggette ad abbattimento, o sepolte sotto di esse. Anche per questo, è importante che le demolizioni, in un cantiere di restauro, sempre che siano effettivamente necessarie, siano eseguite da personale qualificato oltre che attentamente sorvegliate e documentate, per non disperdere il patrimonio di conoscenze e di manufatti che possono talvolta portare con sé.

## **ESPERIENZE**

Demolizioni mirate di singoli elementi costruttivi, o abbattimenti generali di interi manufatti ed edifici, compaiono spesso in molti interventi di recupero e riqualificazione urbana o di complessi industriali dismessi e su di essi è agevole reperire informazioni ed esempi traendoli, se non altro, dai materiali pubblicitari e informativi predisposti e diffusi, ormai anche sulla rete web, da numerose ditte specializzate operanti nel settore.

È assai più difficile trovare esplicite e analitiche documentazioni relative a interventi di demolizione operate nell'ambito di progetti e di cantieri di restauro e ciò non costituisce una circostanza casuale. All'opposto, è significativo ed emblematico che non si senta la necessità di documentarne scelte di base, criteri, fasi esecutive ed esiti, quasi si trattasse di un aspetto non degno di nota, generico o forse problematico, del pensiero e della prassi nel campo della tutela.

Si possono tuttavia ricordare alcune recenti vicende in cui la demolizione ha fatto la sua comparsa esplicita, seppur per ragioni e con esiti assai diversi. Fra tutti:

il cantiere di restauro del torinese palazzo degli Stemmi, ove la demolizione contestuale di tutti gli orizzontamenti interni dell'edificio ha lasciato la sua facciata principale priva di ogni controventamento e sostegno, favorendone il crollo improvviso e imprevisto;

il complesso cantiere di consolidamento e di restauro della basilica superiore di San Francesco di Assisi, ove si è dovuto procedere a limitate demolizioni di parti instabili per consentire, tra l'altro, il consolidamento e la messa in sicurezza del grande timpano del transetto;

gli scavi e le demolizioni, spesso eseguiti per la realizzazione di nuovi edifici o di infrastrutture viarie, nelle nostre città e nel nostro territorio, dai quali emergono talvolta resti archeologici anche di notevole consistenza e importanza che spesso subiscono danni irreparabili proprio per i metodi di demolizione prescelti;

la demolizione delle moderne sovrastrutture teatrali aggiunte nelle Terme di Caracalla a Roma che, pur non avendo danneggiato direttamente gli antichi resti, avevano comunque a lungo ostacolato la prosecuzione delle indagini conoscitive.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

L'argomento non possiede una letteratura specifica. La scheda è stata redatta sulla base di conoscenze ed esperienze dirette dell'autore.

Alcune semplici procedure operative relative alle operazioni di asportazione, demolizione e smontaggio sono descritte in:

Carbonara G. (a cura di), *Atlante del restauro*, vol. 2, Utet, Torino, 2004; interessanti esempi di demolizioni e rimozioni parziali nei manufatti architettonici.

Franceschi S., Germani L., *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

Si segnala infine che le operazioni di demolizione e rimozione, anche parziali, devono essere conformi a quanto prescritto nel D.Lgs. 81/2008 (Testo Unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e s.m.i.).

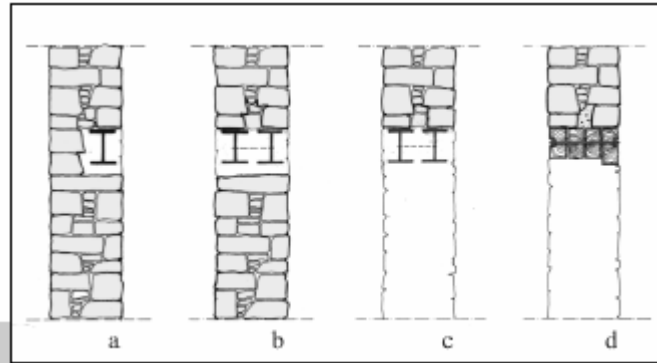


Figura 1 • Fasi di demolizione e di rinforzo di un muro per l'apertura del vano di una porta. Interventi di questo genere sono piuttosto diffusi e spesso eseguiti senza tener conto delle conseguenze statiche dovute alla diminuzione delle sezioni resistenti. (CAF)



Figura 2 • Dettaglio di una polifora tamponata. Quali le cause all'origine dell'occlusione?



Figura 3 • Un altro prospetto dell'edificio della fig. 2 dopo la demolizione delle tamponature occludenti le finestre. Si noti come gli interventi di finitura abbiano radicalmente cambiato e "rinnovato" l'aspetto della vecchia costruzione.





Figura 4 • Demolizione di un traliccio metallico con l'ausilio di una gru.



Figura 5 • Cantiere di demolizione totale delle tribune di uno stadio.



Figura 6 • Stato dei lavori in un cantiere durante la fase delle demolizioni.



Figura 7 • Lo stesso cantiere della fig. 6 a lavori terminati. Si noti come l'abbattimento di un tratto di parete sia stato indotto dalla creazione di un caminetto.



Figura 8 • Falda di tetto in ardesia in fase di rimozione degli abbadini rotti.



Figura 9 • Anche le operazioni di “cuci-scuci” sono un aspetto della demolizione.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il nome di questa tecnica deriva dall'unione di due parole greche, *anà* e *stylos* che, letteralmente, significano "su" e "colonna", e indica fondamentalmente l'operazione del "rialzare" o del "porre di nuovo in piedi" colonne cadute e ridotte in frammenti.

In termini più specifici e aderenti alle tecniche del restauro, il termine anastilosì è stato spesso utilizzato, fin dall'antichità, ma soprattutto a partire dal XIX secolo, per descrivere le ricostruzioni totali, o più spesso parziali, di antichi edifici crollati, realizzate attraverso la riconnessione delle loro parti smembrate e rovinata al suolo e ancora giacenti *in situ*.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'anastilosì è stata a lungo impiegata soprattutto nel restauro archeologico, per ricostruire interi monumenti, soprattutto appartenenti alla civiltà greca e a quella romana. Gustavo Giovannoni, nella sua "teoria del restauro scientifico", contempla questa tecnica, tra le prime e più semplici categorie di intervento, progressivamente volte a gradi crescenti di liberazione, completamento, e innovazione dei monumenti antichi. Come molti studiosi, archeologi e architetti, prima e dopo di lui, infatti, Giovannoni riteneva non vi fosse alcun dubbio sulla possibilità e, anzi, sulla necessità di riconoscere e raccogliere i rocchi caduti di una colonna per ricomporli nella loro presunta posizione originaria così da ridare la possibilità di comprenderne i caratteri, la grandezza e le forme. Analogamente, il processo poteva spingersi fino a ricomporre un intero colonnato, senza dubbi sulla liceità di un'operazione dettata dalla disponibilità, sul sito, di tutti i frammenti del monumento.

In questo modo, e per queste ragioni, sono stati ricomposti i frammenti dispersi al suolo di interi e imponenti colonnati di antichi templi della penisola ellenica e della Magna Grecia. Essi sono stati "innalzati" e ricomposti nella presunta posizione originaria nella convinzione che ciò rispondesse a criteri di assoluta necessità e oggettività e che potessero servire a una sorta di riparazione della memoria indiscutibilmente lecita se non doverosa, poiché l'azione sembrava essere la logica conseguenza di istruzioni insite nei modi stessi in cui i frammenti dei templi giacevano al suolo, materialmente sconnessi ma ancora idealmente legati tra loro.

Decenni d'interventi di questa natura, con la parallela riflessione critica e teorica sul restauro, hanno tuttavia dimostrato che l'anastilosì è in realtà un tipo d'intervento assai rischioso, che solleva enormi problemi di interpretazione ed è in grado di interferire pesantemente con lo studio stesso dei monumenti dell'antichità. Basti considerare i molti casi in cui i rocchi delle colonne, o i frammenti di un qualsiasi altro elemento, non giacciono ordinati sul sito ma sono dispersi in aree lontane dall'originaria collocazione, o ammassati senza ordine, con danni più o meno accentuati che ne rendono difficile il riconoscimento e che impediscono di avvicinarli gli uni agli altri per semplice giustapposizione.

Non sono per questo rari i casi in cui, a decenni dall'avvenuta ricostruzione per anastilosì, si riconosce che alcuni nassi da essa istituiti tra i diversi frammenti recuperati al suolo, sono in realtà errati e che, pertanto, quell'unità ricercata è assai diversa dall'originaria unità che rimane a noi in parte sconosciuta.

Il solo risultato è che, in molti casi, intere generazioni di studiosi hanno assunto come "veri" manufatti almeno in parte "nuovi" e forgiati dalle mani e dalle teorie dei restauratori e degli archeologi che di quelle ricomposizioni sono stati artefici.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI ESECUTIVE**

### *Manufatti soggetti ad anastilosi*

Tenendo conto dei dubbi e degli aspetti problematici appena richiamati, si può comunque affermare che, dal punto di vista tecnico, l'anastilosi è sempre stata ritenuta una soluzione auspicabile, in relazione alla volontà di ricomposizione di manufatti costruiti in pietra da taglio e caratterizzati da unioni a secco tra i vari elementi componenti. In questi casi, infatti, si riteneva che l'operazione potesse essere guidata e facilitata dalla presenza dei numerosi segni di lavorazione sia sulle facce esterne degli elementi smembrati (ad es. le scanalature delle colonne, o l'anastilosi sulle facce dei blocchi di una muratura), sia sulle loro facce interne destinate a combaciare con elementi analoghi, sovrapposti o sottoposti a essi (ad esempio gli incavi presenti nelle facce inferiori dei rocchi di una colonna, sede di antichi elementi metallici di connessione). Inoltre, mentre è possibile, anche se difficoltoso e talvolta rischioso, riconoscere i rocchi che, verosimilmente, appartenevano a una colonna crollata e le connessioni che li legavano reciprocamente nello sviluppo del fusto, è assai più difficile, per non dire impossibile, ritrovare la posizione di un singolo concio di pietra all'interno di una muratura, anche ove con ragione si può pensare che fosse caratterizzata da un'apparecchiatura regolare e, ancor più se, all'opposto, si tratta di una muratura ad apparecchiatura irregolare di pietrame o laterizi. In questi casi, infatti, il crollo ha determinato l'irreversibile perdita dei nessi (formali, topologici e costruttivi) istituiti tra gli elementi componenti durante la loro originaria costruzione e ciò rende di fatto impossibile una loro effettiva anastilosi, ossia un loro semplice rimontaggio.

A questi limiti, tuttavia, sembrano opporsi alcune recenti esperienze che, con gradi diversi di successo e di condivisibilità, hanno cercato di applicare, almeno idealmente, lo spirito e le ragioni dell'anastilosi alla ricostruzione di interi monumenti crollati a seguito di devastanti eventi sismici. Si pensi, ad esempio, allo sforzo di ricostruzione non solo degli elementi singolari (colonne, pilastri, archi...), ma degli stessi apparati murari che Francesco Doglioni ha proposto nella ricostruzione del duomo di Venzone, dopo un'accurata operazione di recupero, censimento e schedatura dei singoli elementi lapidei crollati al suolo a seguito delle scosse telluriche. Analogamente, si può fare riferimento alla recente ricostruzione del portico di accesso alla chiesa romana di San Giorgio in Velabro, distrutto da un attentato dinamitardo, in cui non solo i frammenti degli architravi marmorei ma anche le sovrastanti piattabande in laterizio sono stati ricomposti, dopo un accurato rilievo, in una sorta di vero e proprio processo di anastilosi.

Si pensi, infine, in un campo apparentemente assai diverso quale è quello del restauro dei dipinti murali, all'impressionante opera di raccolta, catalogazione e ricollocazione su un diverso e nuovo supporto, dei frammenti degli affreschi di Giotto e di Cimabue posti sulle vele delle volte a crociera crollate nella basilica superiore di San Francesco di Assisi. In questo caso, in particolare, si è realizzata quella che gli esperti hanno definito "anastilosi elettronica" che, utilizzando i più aggiornati strumenti di elaborazione informatizzata delle immagini (per il riconoscimento e l'estrazione di contorni, caratteri superficiali, segni di lavorazione, disposizioni ecc.), ha cercato di ricomporre l'impressionante puzzle di minutissimi frammenti sopravvissuti al crollo degli affreschi.

A una particolare forma di anastilosi si può infine alludere considerando alcuni recenti (o meno recenti) casi di monumenti salvati e spostati dal loro sito originario, dopo averne suddiviso le masse in frammenti riconoscibili e opportunamente censiti per essere successivamente ricomposti in luoghi diversi, talvolta con l'ausilio di nuovi materiali e di nuovi dispositivi di rinforzo, anche strutturale.

Valga, per tutti, il famoso esempio dei grandiosi templi di Abu Simbel che, agli inizi degli anni sessanta del secolo scorso, furono meccanicamente tagliati e suddivisi in grandi blocchi che furono poi spostati in luogo diverso dal sito in cui sorgevano (a rischio di sommersione), appoggiati a una collina artificiale costruita in calcestruzzo di cemento armato, per salvarli dalle acque del Nilo destinate a innalzarsi con la costruzione della grande diga di Assuan.

### *Fasi operative*

Alcune fasi fondamentali che dovrebbero caratterizzare ogni operazione di anastilosi possono essere così sinteticamente descritte.

1. Rilievo degli elementi sparsi sul terreno, se l'anastilosi riguarda situazioni di crollo che hanno lasciato *in situ* i frammenti del manufatto da ricomporre e da ri-innalzare.

In questi casi, si ricorre a tutti i metodi e a tutti gli strumenti del rilievo geometrico rigoroso (da quello fotogrammetrico analitico a quello che fa uso di tecnologie digitali semplificate, da quello longimetrico a quello topografico) oltre che ai metodi propri del lavoro archeologico (rilievo diretto di sagome con profilometri ad aghi, per ricalco ecc.). A questa fase è affidato il compito di documentare lo stato dei luoghi e dei manufatti, non solo per garantire la sopravvivenza di un'informazione destinata a scomparire con la modifica introdotta dalla ricostruzione per anastilosi, ma anche per garantire agli studiosi una base di conoscenza rigorosa e "obiettiva" che consenta il controllo delle ipotesi formulate in ordine alla posizione che il singolo elemento dovrà assumere nel manufatto ricomposto. Le operazioni di rilievo devono in ogni caso riguardare l'intero sito e la posizione dei singoli elementi sconnessi al suo interno e devono spingersi sino al rilievo geometrico dei singoli pezzi.

2. Schedatura, descrizione, rilievo tridimensionale degli elementi smembrati, volta a riconoscere e memorizzare ogni informazione relativa alle forme, alle dimensioni, ai materiali, ai difetti, ai segni di lavorazione e a quant'altro caratterizzi il singolo elemento nella condizione in cui si trova, per facilitare le successive operazioni di riconoscimento delle relazioni tra i diversi pezzi componenti il manufatto che si intende ricomporre. Questa fase deve essere svolta parallelamente a quella precedente, o in sostituzione di essa, nel caso in cui si intenda operare la ricomposizione per anastilosi di pezzi ed elementi non più conservati sul sito del monumento o accatastati su di esso in modo casuale e che, pertanto, non paiono mantenere alcuna effettiva informazione sulla situazione del manufatto precedentemente al crollo o alla distruzione. Appartengono a una simile fase operativa anche le ricerche e gli studi comparativi volti a ritrovare pezzi smembrati di un monumento lontano dal suo sito, ricostruendo a ritroso gli eventuali processi di asportazione, alienazione e riutilizzo in altri contesti, che possono aver caratterizzato la storia del sito e del monumento stesso, più di quanto talvolta non si creda.

3. Riconoscimento delle eventuali e possibili relazioni esistenti tra i vari elementi censiti. A questa delicatissima fase del lavoro, che può oggi avvalersi di raffinate tecnologie informatiche che facilitano il lavoro istruttorio ed evitano che giunga a conclusioni affrettate, è affidato il compito di:

- stabilire se tutti i pezzi, gli elementi o i frammenti ritrovati in situ appartengano o no al manufatto da ricomporre e, per converso;
- se del singolo manufatto da ricomporre si siano ritrovati tutti i pezzi, gli elementi o i frammenti che originariamente gli appartenevano;
- riconoscere e determinare, in modo univoco ed esente da dubbi, l'esatta posizione e la reciproca relazione tra i diversi pezzi, elementi e frammenti ritrovati e censiti all'interno dell'ipotetico manufatto che s'intende ricomporre.

4. Ricostruzione ipotetica del manufatto da ricomporre, in laboratorio e comunque con mezzi che prescindono dalla manipolazione dei frammenti ed evitano di modificare lo stato dei luoghi e del manufatto stesso. In questa fase, sono utilizzabili tutti gli strumenti e i metodi d'elaborazione delle informazioni che consentono lo sviluppo delle ipotesi, attraverso processi modificabili e revocabili in dubbio, i cui esiti rimarranno a documentazione del percorso svolto e a testimonianza della sua serietà e fondatezza, oltre a fornire un termine di confronto che, solo al termine dell'intero processo analitico, consentirà di assumere responsabilmente la decisione circa la effettiva ricomposizione del manufatto smembrato. Il disegno rappresenta, in questo senso, lo strumento manuale di più facile accesso, ma anche di maggiore approssimazione, rigidità e incertezza, a meno che non si tratti di disegno automatizzato associato a strumenti software di controllo e elaborazione delle

immagini, dei dati dimensionali e descrittivi e di simulazione delle diverse operazioni previste dalla ricomposizione.

A questa fase spetta anche la definitiva identificazione dei pezzi da ricomporre, per ricostruire il singolo manufatto (o parte di manufatto) e quella dei pezzi o dei frammenti mancanti che occorrerà eventualmente integrare con diversi mezzi, materiali, tecniche e metodi.

5. Definizione dell'esatta logica e sequenza di ricomposizione dei pezzi, degli elementi e dei frammenti riconosciuti come appartenenti al singolo manufatto (o parte di manufatto) da ricomporre e individuazione delle correlate fasi operative del rimontaggio (fig. 1).

6. Scelta dei modi, dei mezzi, dei materiali, delle tecniche e degli strumenti operativi che si intendono adottare nelle fasi di ricomposizione e ri-innalzamento del manufatto crollato. La scelta riguarda, anzitutto, i sostegni provvisori eventualmente necessari, durante le fasi di ricomposizione del manufatto, per assicurare la progressiva stabilità delle sue parti.

Occorre, inoltre, stabilire quali materiali e quali dispositivi utilizzare per realizzare le connessioni tra i frammenti da ricollocare in opera e da connettere tra loro, per ricostruire il manufatto crollato e per erigerlo nuovamente scegliendo, ad esempio, tra malte, resine, adesivi, perni, dispositivi d'ancoraggio passivi e attivi (v. RCP01 - Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi). Infine, appartiene a questa fase del lavoro, la decisione circa l'opportunità o meno di integrare eventuali lacune e mancanze che la ricomposizione dei frammenti ritrovati lascerebbe in ogni caso entro il manufatto ricomposto, per la mancanza di alcuni pezzi o per la loro incompletezza e rottura. Tale decisione, oltre a coinvolgere, come si vedrà in seguito, scelte di carattere teoretico, circa l'autenticità e riconoscibilità del nuovo intervento rispetto all'antico conservato *in situ*, deve tenere conto della necessità di assicurare stabilità e durata complessiva al manufatto, durante le fasi di ricomposizione e a processo avvenuto (fig. 2, fig. 3, fig. 4).

#### *Materiali, forme e lavorazioni*

Come accennato, la possibilità di ricomporre per anastilosi un manufatto, accidentalmente crollato o distrutto, senza che ciò comporti difficili scelte rispetto all'intero spettro dei problemi coinvolti da qualsiasi azione di restauro, è un'illusione. Già da molto tempo, ormai, gli studiosi sono concordi nel ritenere questa operazione non meno complicata e di non minore complessità teoretica di altre categorie di intervento utilizzate nella tutela dei monumenti e dell'edilizia storica.

In ogni caso, se si dovesse decidere di procedere all'anastilosi di un manufatto, uno degli aspetti più delicati della questione riguarderebbe i modi con cui risolvere i problemi posti dall'esistenza di eventuali lacune nel manufatto da ricomporre (per mancanza di singoli pezzi, elementi e frammenti originali).

Si tratta, anzitutto, dei già richiamati problemi legati alla stabilità del manufatto, durante le fasi di ricomposizione e a processo avvenuto, che impongono, talvolta, l'integrazione delle lacune e impediscono di adottare forme di ricomposizione che rinuncino a ricostituire la continuità fisica del manufatto, limitandosi a suggerirne la continuità formale ricorrendo a mezzi alternativi quali, ad esempio, elementi lineari metallici o sagome bidimensionali che suggeriscono la tridimensionalità dei pezzi mancanti. È questa una pratica diffusa e in parte privilegiata, ormai da alcuni decenni, nella ricomposizione di reperti archeologici di varia origine e natura (vasi, statue, componenti di arredi fissi ecc.), ma anche nella integrazione di parti mancanti di manufatti architettonici (archi di bordo e diagonali di volte a crociera, porticati ecc.) che, talvolta, sono associati a parziali operazioni di anastilosi, come quando si innalza una colonna crollata e si sostituisce il capitello mancante con una struttura metallica che ne riprende, stilizzandola, la forma o il semplice volume. Quando, tuttavia, simili soluzioni non sono possibili o quando prevale, come avveniva in un passato lontano, la volontà di ricostituire la continuità formale e fisica del manufatto ricomposto, le lacune in esso esistenti, al termine della collazione dei frammenti originari, ha dato vita a numerosissime soluzioni assai diverse tra loro.

Si possono tuttavia individuare alcuni criteri che possono avere guidato, o che ancora possono sostenere, le diverse soluzioni, poiché spesso esse rispondono alla necessità/volontà di:

1. dissimulare l'integrazione della lacuna o della mancanza, ossia l'inserimento di un elemento diverso dai frammenti originari, adottando forme, materiali e tecniche di lavorazione in tutto analoghi a quelle di questi ultimi, con un intento mimetico proprio di tutte le forme di restauro stilistico che tante perplessità ormai suscitano tra gli studiosi e gli operatori del settore. In questi casi, soprattutto nell'ambito del restauro archeologico, quando ai suoi esordi spesso si confondeva con le mode antiquarie, si è addirittura giunti a "imitare" forme di degrado e di ammaloramento dei materiali, per rendere credibile e difficilmente riconoscibile il nuovo inserto;

2. accordare i nuovi inserti, posti a sutura delle lacune e delle mancanze lasciate al termine del processo di ricomposizione, con i frammenti originari utilizzati nell'anastilosi. In questi casi, si è fatto spesso ricorso all'uso di materiali analoghi come aspetto ma diversi come composizione e natura (marmo bianco e travertino), oppure ai medesimi materiali propri dei frammenti ricomposti, ma lavorati con lievi differenze superficiali (pietra lavorata con scalpelli o con punte o martelline), così da rendere riconoscibile il nuovo intervento, almeno a una visione ravvicinata e agli occhi di un esperto. A tal fine, le differenze sono spesso state sottolineate anche dall'adozione di particolari relazioni topologiche tra frammenti originari e nuovi inserti, sottomettendo o sovrapponendo gli uni agli altri (con le tecniche dell'integrazione sopra o sottosquadro). Analoghi risultati possono, tuttavia, essere raggiunti utilizzando materiali completamente diversi da quelli dei frammenti originali o ricorrendo a tecniche di posa in opera differenti, come avviene quando le lacune e i vuoti lasciati tra i frammenti del fusto di una colonna monolitica infranta al suolo e rialzata sulla sua base, siano integrati con laterizi o malte, purché la superficie esterna di tali integrazioni sia finita con intonaco o stucco a imitazione del marmo o del materiale dei frammenti antichi (fig. 5, fig. 6);

3. distinguere nettamente i nuovi inserti dai frammenti antichi, per forma, per dimensioni, materiali e lavorazioni. È questo il caso, già indicato al punto precedente, in cui si adottano elementi laterizi per colmare lacune e mancanze in un manufatto marmoreo, quando sono lasciati faccia a vista al termine del processo di anastilosi. Lo stesso obiettivo, tuttavia, è stato spesso perseguito, soprattutto qualche decennio fa, realizzando i nuovi inserti, a sutura delle mancanze esistenti nel manufatto ricomposto, con calcestruzzo di cemento talvolta anche armato (spesso cemento bianco), con la convinzione che questo materiale, ritenuto allora di grande flessibilità d'uso, d'infinita resistenza e durabilità, avrebbe garantito sia la saldezza del manufatto ricomposto sia la sua resistenza nel tempo, pur esposto agli agenti aggressivi ambientali, come solitamente avviene per i manufatti allo stato di rudere compresi entro siti archeologici. Basti pensare, a questo riguardo, ai molti casi di ricomposizione e di anastilosi realizzati su vari elementi architettonici e vari manufatti artistici della villa di Adriano a Tivoli, prime fra tutte le colonne del Teatro Marittimo e quelle del Pecile. Purtroppo, a pochi decenni di distanza, abbiamo ormai scoperto che le qualità del calcestruzzo di cemento armato sono forse minori di quelle attese e tali da provocare un veloce degrado delle integrazioni allora realizzate e, cosa ancor più rischiosa, quello degli stessi frammenti originari a esse connessi. Da tutto ciò, nasce un nuovo problema, su cui molto oggi si dibatte e che riguarda la necessità/legittimità di conservare quelle integrazioni in quanto a loro volta storicizzate (procedendo a un loro restauro e risanamento) o di rimuoverle, con il dubbio che tale operazione sia destinata a successo o che non peggiori addirittura lo stato dei manufatti (fig. 7, fig. 8, fig. 9).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per tutte le ragioni richiamate, l'anastilosi rappresenta una delle operazioni più controverse nell'ambito delle tecniche di restauro.

A simili ragioni ideali, si aggiungono alcuni limiti, già in parte evidenziati, riguardo alla possibilità di applicarla a manufatti che non siano costituiti da elementi, pezzi e parti dotati di una propria riconoscibile individualità e che non siano stati posti in opera, durante la costruzione del manufatto stesso, utilizzando tecniche che tale individualità hanno mantenuto.



Per questo, si afferma da sempre che la ricomposizione di un manufatto per anastilosi, se tale è, può riguardare quasi esclusivamente manufatti costruiti con le tecniche della stereometria e della stereotomia, ossia realizzati in pietra da taglio e con connessioni a secco, con esiguo uso di malta e con l'impiego di elementi di connessione passivi, quali perni, zanche, anime metalliche, quali spesso erano inserite tra i rocchi di una colonna o tra i blocchi lapidei della cimasa di una balaustra.

Proprio a queste nuove connessioni, che occorre spesso realizzare all'atto della ricomposizione dei manufatti smembrati, occorre porre particolare attenzione, poiché, ad esempio, l'utilizzo di anime interne può creare problemi circa la compatibilità dei nuovi materiali con quelli antichi e, soprattutto, sui rispettivi e diversi comportamenti con riguardo, tra l'altro, alle sollecitazioni meccaniche e termiche cui sono sottoposte, o a fronte della differenziata loro resistenza agli agenti aggressivi esterni. L'ossidazione di anime metalliche in ferro dolce forgiato, inserite fino a non molto tempo fa come dispositivo di sostegno e rinforzo di colonne crollate, ricomposte e nuovamente innalzate dal suolo, ad esempio, ha provocato la rottura di molti frammenti originali, mettendo in crisi la stabilità stessa del manufatto.

Altri accorgimenti e grandi cautele devono essere osservati, come accennato, anche nella scelta dei materiali di nuovo impiego, poiché occorre assicurare la loro compatibilità con quelli dei frammenti antichi ricomposti con il loro ausilio e la loro stessa durabilità, onde evitare futuri problemi di degrado che, da essi, possono espandersi coinvolgendo l'intero manufatto ricomposto. Si pensi, a questo riguardo, al già richiamato utilizzo del cemento: materiale rigido, igroscopico e ricco di sali che, inevitabilmente, entra in conflitto con le antiche malte che sono invece realizzate a base, molto spesso, di calce aerea.

Infine, ogni intervento di anastilosi deve essere accompagnato da un'accurata valutazione del comportamento strutturale dell'elemento ricomposto, soprattutto se costituito da un elemento sconnesso da più ampie strutture e, quindi, particolarmente debole e instabile, soprattutto rispetto a eventuali sollecitazioni dinamiche che possono derivare non solo da eventi parossistici e imprevedibili, quali i sismi, ma anche dall'intenso traffico urbano che, spesso, scorre nei pressi di importanti siti archeologici, come dimostra la vicenda delle tre colonne del tempio di Marte Ultore al foro romano, sottoposte alcuni anni or sono ad accurati accertamenti per valutarne vibrazioni e stabilità residua.

## ESPERIENZE

Troppo vasto è il novero di singoli elementi architettonici o di intere strutture interessate da interventi di ricostruzione/ricomposizione e integrazione mediante anastilosi anche solo nell'ultimo secolo. Basti pensare che molti dei più famosi complessi archeologici hanno conosciuto più o meno estese opere di vera e propria riedificazione parziale, che spesso sono partite da semplici (si riteneva) operazioni di sovrapposizione di rocchi di colonne cadute e si sono poi spinte ben oltre. Così è avvenuto, ad esempio a molti resti dell'Acropoli di Atene, dell'Acropoli di Pergamo ([fig. 10](#), [fig. 11](#)), di quella di Lyndos, sull'isola di Rodi, del tempio di Olympia, del tempio di Selinunte, della Biblioteca di Celso ad Efeso ([fig. 12](#)) e dei già citati resti della villa Adriana di Tivoli senza dimenticare i fori romani. Si può anzi sostenere che molti degli edifici dell'antichità classica, greca e romana, che oggi conosciamo, sono in realtà il frutto di intensi e diffusi interventi di anastilosi e di successiva integrazione e proprio questa circostanza alimenta, spesso, un acceso dibattito tra archeologi e studiosi sulla liceità di simili operazioni che certo offrono a un grande pubblico la possibilità di comprendere aspetti di quelle civiltà altrimenti difficili da immaginare ma, al contempo, tradiscono notevoli approssimazioni se non veri e propri errori.

Data la vastità e la complessità del problema, oltre al grande numero di possibili esempi, non si può quindi fare altro che rinviare alla cospicua letteratura in materia, soprattutto riferita al restauro archeologico, per un'analisi dettagliata di simili interventi ([fig. 13](#), [fig. 14](#)).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bellina A., Doglioni F., Quendolo A., Biscontin G., Mietto D. 1991; Biscontin, G., Driussi G. (a cura di) 1997; Gizzi S. 1988; Gizzi S. 1992; Gizzi S. 1997; Segarra Lagunes M. M. (a cura di) 1997.

- Amato P., Manzo S., Mertens D., Torraca G. 1997, *Il trattamento delle lacune nel Tempio di Segesta. La successione storica dei restauri e l'intervento attuale*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia.
- Biscontin G., Cimitan L., Longega G., Rossi P.P., Fawzi F. 1997, *Trattamento di lacune per il restauro delle colonne del Tempio di Amenofi III a Luxor*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia.
- Burresi M.G. 1996, *Il sepolcro della Gherardesca: ricostruzione per anastilosi mediante grafica tridimensionale*, edizioni ETS, Pisa.
- Carbonara G. (a cura di) 1996, *Trattato di restauro architettonico*, UTET, Torino.
- Carbonara G. 1976, *La reintegrazione dell'immagine. Problemi di restauro dei monumenti*, Bulzoni, Roma.
- De Angelis d'Ossat G. 1995 (1978), *Schemi di corretta integrazione delle lacune murarie*, in De Angelis d'Ossat G., *Sul restauro dei monumenti architettonici. Concetti, operatività, didattica*, Bonsignori, Roma.
- Musso S.F. 1997, *"Integrare" o "re-integrare" l'antico?*, in Segurra Lagunes, Maria Margarita, a cura di, *La reintegrazione nel restauro dell'antico. La protezione del patrimonio dal rischio sismico*, atti del seminario di studi Paestum, 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma.
- Napoleone L. 1997, *Lacuna: mancanza o disvelamento?*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia.
- Perego F. (a cura di) 1987, *Anastilosi. L'antico, il restauro, la città*, Nardini, Firenze.
- Torsello B.P. 1988, *La materia del restauro. Tecniche e teorie analitiche*, Marsilio, Venezia.
- Torsello B.P. 1997, *Lacune: testo, pretesto*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia.



Figura 1 • Acropoli di Atene, parti costruttive a pie' d'opera, pronte per essere ricomposte.

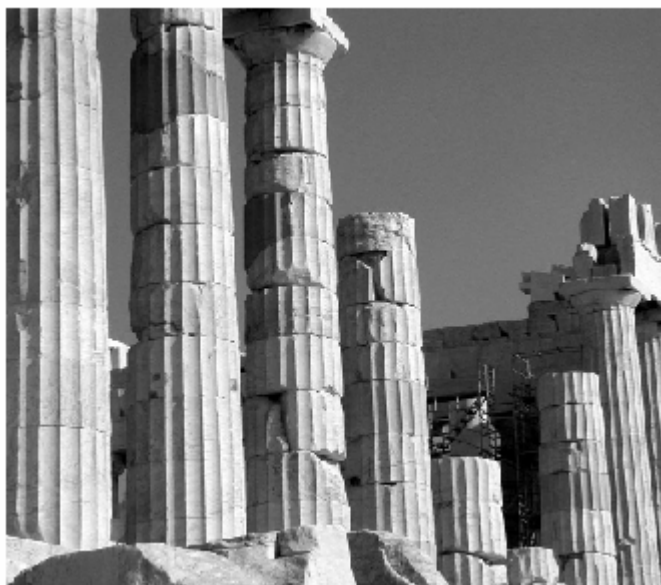


Figura 2 • Acropoli di Atene, colonne ricomposte con rocchi antichi e parti riprodotte.



Figura 3 • Acropoli di Atene, dettaglio di una ricomposizione per anastilosi.



Figura 4 • Acropoli di Atene, il cantiere con le impalcature metalliche durante i lavori di restauro.



Figura 5 • Roma, fori Imperiali. Ricomposizione per anastilosi di colonna in granito con integrazioni in mattoni.



Figura 6 • Villa Adriana. Anastilosi con integrazione di blocchi di calcestruzzo lavorati come gli originali.



Figura 7 • Colonne ricomposte per anastilosi, con rilevanti integrazioni di pietra scanalata. Si notino le cerchiature metalliche sui rocchi antichi.



Figura 8 • Ricomposizione di colonne con integrazione di malta cementizia.



Figura 9 • Ricomposizione con aggiunta di un capitello in calcestruzzo armato. Sono visibili i ferri di armatura.



Figura 10 • Turchia, Acropoli di Pergamo: ricostruzione per anastilosi del Tempio di Traiano. (BUC)





Figura 11 • Turchia, Acropoli di Pergamo: ricostruzione per anastilosi del Tempio di Traiano: particolare del frontone. (BUC)



Figura 12 • Turchia, Parco archeologico di Efeso: ricostruzione per anastilosi della Biblioteca di Celso. (BUC)



Figura 13 • Turchia, sito archeologico di Laodicea: è visibile il mezzo di sollevamento utilizzato per lo spostamento degli elementi di dimensioni maggiori. (BUC)

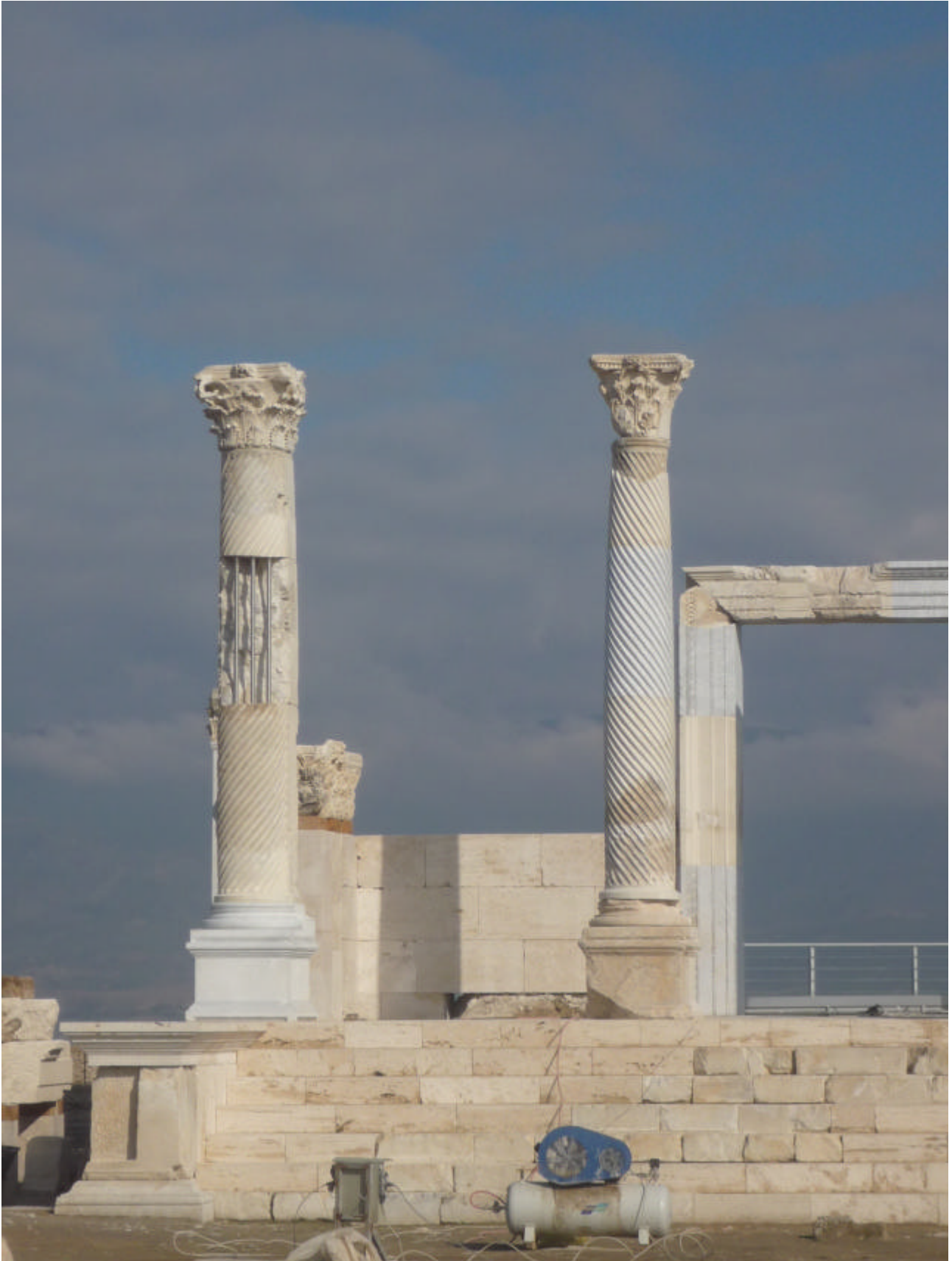


Figura 14 • Turchia, sito archeologico di Laodicea: particolare di due colonne ricomposte per anastilosi.  
(BUC)

## RI-COMPOSIZIONI, RI-ADESIONI E ANCORAGGI NEL RESTAURO

**STEFANO F. MUSSO**

Il progettista di un restauro o l'operatore tecnico sul campo deve spesso affrontare l'eventuale ricomposizione di manufatti smembrati, di oggetti che hanno perso, per varie ragioni, alcuni loro elementi o da cui si sono staccati frammenti di varia e diversa consistenza.

Altre volte, sono le necessità dell'integrazione (esplorate in una diversa e specifica sezione dell'opera) a suggerire, o imporre, l'aggiunta di nuovi materiali e di nuove parti a manufatti caratterizzati da mancanze più o meno estese e di varia natura e pericolosità, soprattutto rispetto alla loro durata o leggibilità. I problemi sollevati in simili circostanze sono diversi, nelle premesse e rispettive finalità, ma richiedono pur sempre l'impiego di materiali, strumenti e procedure riconducibili al più vasto insieme di tecniche illustrate in questa sezione dell'opera. Esse sono accomunate dalla possibilità che offrono di mettere, o "rimettere" insieme parti ed elementi disgiunti e separati per creare un'inedita unità, o per fare rivivere quella presunta originaria e ormai perduta a causa dei processi di degrado e dissesto che hanno investito i manufatti. Il campo d'azione di queste tecniche è assai vasto e comprende reperti archeologici (vasi, sculture, bronzi, monili ecc.), manufatti architettonici (colonne, gradini, davanzali, stipiti, cimase, capitelli, pavimenti, rivestimenti ma anche intere pareti murarie, o solai e volte ecc.), oltre a prodotti tipici della scultura, della pittura o dell'artigianato (statue, bassorilievi, opere d'ebanisteria, mobili e arredi fissi, polittici e predelle d'altare ecc.).

Rispetto al destino che attende questi manufatti, si sostiene spesso che è opportuno o necessario ricompone gli eventuali frammenti distaccati o smembrati, assicurandoli, reciprocamente e al corpo ancora sano e stabile da cui provengono, utilizzando colle e adesivi, ancoraggi, perni, staffe, zanche o altri dispositivi passivi di ritenzione (fasce, staffe o cerchiature) e sconfinando, talvolta, nel loro vero e proprio consolidamento strutturale complessivo che tuttavia non rientra tra i temi affrontati da questa opera (vedi la sezione dedicata al Consolidamento). Altre volte, occorre invece aggiungere nuovi elementi a un manufatto esistente, ma si ricorre pur sempre a tal fine alle stesse procedure e si utilizzano i medesimi strumenti e materiali qui trattati.

In ogni caso, simili interventi appaiono sorretti da alcune ragioni ricorrenti e, in particolare, sembrano realizzati per i seguenti scopi principali:

- a)** per *aumentare la resistenza e la stabilità del manufatto*, ossia per *sorreggere, sostenere o consolidare*;
- b)** per *conferire continuità fisica al manufatto*, ossia per *riparare, proteggere o mantenere in efficienza*;
- c)** per *dare, o per restituire all'opera integrità formale* e, quindi, per renderlo *leggibile e comprensibile*, ossia per farlo (o rifarlo) parlare di se stesso e del mondo da cui proviene e di cui è traccia.

Ognuna di queste ragioni stimola fondamentali osservazioni che rinviano alle molte idee sul restauro elaborate nel corso dei secoli che ci hanno preceduto, all'inesausto dibattito che ha segnato le origini e lo sviluppo della disciplina, oltre che al complicato mondo delle risposte tecniche che la tradizione e che l'innovazione a noi contemporanea offrono per la soluzione dei vari problemi affrontati.

A questo proposito, sembra anzitutto che un intervento sorretto dalle ragioni e dai bisogni della *solidità* sia sempre necessario e comunque legittimo, soprattutto quando è dettato dalla volontà di

assicurare la *sicurezza* delle persone che vivono e usano in diversi modi i manufatti interessati. Oltrepastato questo limite, tuttavia, l'esigenza forte della stabilità, anche quando è perseguita tramite la procedura apparentemente blanda e rassicurante dell'*anastilosi* (poiché nulla sembra vi sia di inventivo e arbitrario in essa, guidata come sembra essere dalla inevitabilità dei nessi reciproci tra i frammenti e le parti da ricomporre), appare frutto di una scelta, piuttosto che d'incontestabile necessità. Non tutti i rocchi crollati di un'antica colonna debbono infatti essere ricomposti per erigere nuovamente la colonna parte ormai perduta e che, in ogni caso, non tornerà forse ad assolvere alcun compito strutturale ma di cui si pretende di "ri-vedere" la forma e la parvenza "originaria". Allo stesso modo, non sempre occorre fare "ri-aderire" a un paramento lapideo tutti i suoi frammenti per varie ragioni staccatisi e ormai caduti, o tutte le minute scaglie lapidee allo stipite di una porta o alla cimasa di una finestra da cui (forse!) provengono. Nei casi in cui non è in gioco la difesa della vita umana o la stabilità e durata dei manufatti, occorre dunque capire quali siano gli effettivi limiti entro i quali è davvero necessario o opportuno eseguire simili interventi che incidono pur sempre in modi irreversibili sullo stato dei manufatti giunti alla nostra contemporaneità.

Essi rischiano talvolta di provocare la cancellazione d'importanti tracce o segni stratigrafici dal manufatto che vorremo trasmettere alle future generazioni in quanto "testimonianza" di un passato degno ancora di appartenere alla vita di coloro che ci seguiranno e, sottoposti alla inevitabile prova del tempo, possono provocare una perdita della sua stessa stabilità, vista l'incertezza di molte soluzioni adottate anche nel passato recente.

La volontà di conferire (o restituire) al manufatto la sua *continuità fisica*, riparandolo e proteggendolo, talvolta anche ri-collegando ad esso frammenti caduti, ma ancora recuperabili, o nuovi elementi in loro sostituzione, appare a sua volta del tutto condivisibile.

Quest'intenzione, d'altra parte, sembra spesso dar vita a interventi ritenuti minimali, quali il fissaggio di elementi ancora in situ ma distaccati dai supporti, la realizzazione di copertine protettive su elementi esposti all'aggressione dell'ambiente esterno, l'impernatura di frammenti caduti da cornici o distaccati da soglie e gradini, oppure il ri-ancoraggio delle lastre di un rivestimento e la ri-adesione, alla muratura, delle porzioni distaccate di un intonaco. A ben vedere, tuttavia, si tratta pur sempre d'interventi in grado di mutare sensibilmente lo stato del manufatto, la sua forma o "apparenza" e il suo stesso funzionamento. Si potrà sostenere che queste operazioni sono prioritariamente volte al suo *mantenimento in efficienza* e che sono quindi sorrette da una ragione assolutamente condivisibile e da una finalità doverosa per la tutela stessa dei beni affidati alle nostre cure.

Occorre tuttavia capire se tutto ciò sia sufficiente a legittimare qualunque intervento, pur tralasciando inizialmente ogni valutazione di carattere "estetico" che sempre pur sempre emergono in simili frangenti. La scelta, infatti, non può sperare di desumere la propria legittimità esclusivamente da teorie di carattere generale ma deve, piuttosto, cercare la propria condivisibilità, ad esempio, attraverso la minimizzazione delle perdite che, paradossalmente, possono derivare anche dal semplice ri-mettere al suo posto (!) un frammento distaccato.

Il desiderio, infine, di dare *integrità formale* (di immagine e apparenza) a un manufatto interrotto e lacunoso o di restituirgli quella originaria perduta (ma pur sempre solo supposta), per renderlo nuovamente leggibile e comprensibile, per farlo di nuovo (o ancora) parlare di se stesso e del mondo da cui proviene e di cui è traccia irriproducibile, appare un obiettivo di certo "nobile". Esso, tuttavia, nasconde profonde insidie e alti rischi che è forse lecito correre solo dopo averli resi espliciti e dichiarati, là ove all'opposto sono spesso lasciati nascosti nella prefigurazione dei soli esiti formali dell'intervento. La ricerca della *leggibilità* del manufatto, d'altra parte, appare un obiettivo assai singolare se realizzata a esclusivo vantaggio degli specialisti, giacché proprio loro dovrebbero indicare il messaggio e l'unità perduta (o potenziale, come direbbe Cesare Brandi<sup>1</sup>) che, dal frammento, possono essere desunti assicurandone la permanenza nello stato in cui la storia lo ha consegnato alla nostra contemporaneità come traccia degli altri due tempi storici che ne segnano la vita trascorsa (il momento del concepimento e della realizzazione e il lasso di tempo trascorso da allora). All'archeologo è spesso sufficiente lo spazio della simulazione e proprio lo

stato frammentario dei manufatti attira la sua attenzione e innesca spesso la sua ricerca. All'opposto, se l'azione è rivolta al più vasto e generico pubblico di potenziali "fruitori", è opportuno riflettere sul bilancio di "perdite" e di "guadagni" che ogni re-integrazione comporterebbe, giacché non è detto che la "gente quelle persone" visiteranno ancora Pompei, se la "città morta" somigliasse, seppure a uno sguardo distratto, a un angolo di Cinecittà, o se si recherebbero ancora a scoprire la villa Adriana di Tivoli se questa, passando di ri-composizioni in re-integrazioni, finisse per confondersi con la sua pallida "copia" naif recentemente realizzata negli Stati Uniti.

Le singole ragioni richiamate a sostegno delle ri-composizioni e integrazioni o re-integrazioni (*rinforzare, mantenere e integrare formalmente*) appaiono, quindi, insufficienti in sé a giustificare la ricomposizione di un manufatto smembrato o la riparazione di un oggetto frammentario. Tutte le opzioni evidenziate, infatti, sono pur sempre frutto di scelta più che di un "dover essere" e scontano i rischi propri di ogni decisione e prefigurazione progettuale. Ciascuna ragione postula, in effetti, la semplice "possibilità" di eseguire opere che portano pur sempre a un'aggiunta di materia che, a sua volta, determina una variazione della forma (apparenza) e della consistenza dei manufatti, talvolta accompagnata da pesanti distruzioni, correzioni e obliterazioni del deposito di segni e tracce che il trascorrere del tempo naturale e il tempo culturale della storia trascorsa ha su di essi depositato rendendoli unici e irriproducibili. A ciò conducono, ad esempio, la preparazione nei manufatti oggetto di tali tentativi delle sedi di ancoraggio di frammenti distaccati o opportune superfici di ri-adesione di nuove parti in sostituzione di quelle mancanti e irrimediabilmente perdute.

Si pensi, a questo proposito, alle feroci polemiche sollevate da restauri come quello del "Discobolo di Mirone", rinvenuto monco e lacunoso e in più occasioni integrato nei secoli passati con arti ogni volta diversi, dando vita alle più varie posture e ai più strani soggetti. Quatremère De Quincy, d'altra parte, sostenne, nel suo *Dizionario storico di architettura*, che simili cure appartenevano ai fondamentali compiti del restauro e, in effetti, molti gruppi scultorei antichi erano stati completati nei secoli precedenti, a partire dal Rinascimento, da artisti come Giovannangelo Montorsoli, incollando nuovi pezzi in sostituzione di quelli mancanti alle superfici di rottura presenti nei manufatti. Basti ricordare il gruppo del *Laocoonte*, più volte re-stituito a nuova (e inedita!) vita e più volte riportato allo stato di reperto "ruinato", nel tentativo di riconquistare l'*originale* perduto, fino al ritrovamento del frammento perduto nel sito stesso in cui la grande scultura fu ritrovata secoli fa.

Analoghe polemiche ha sollevato, d'altra parte, anche il più recente restauro della michelangiolesca *Pietà* della basilica Vaticana, che comportò, alla fine degli anni Settanta del secolo scorso, la ricostruzione del naso della Vergine che era stato distrutto da un colpo di martello, re-incollando i minuti frammenti che l'atto vandalico aveva prodotto al volto sfigurato. Ancora più recente è la restituzione di un dito della *statua di Nettuno* nella fontana del Giambologna, in piazza della Signoria a Firenze, dopo un'analogo ingiuria. Per altre, ma non dissimili ragioni, sono stati ricomposti, ricorrendo a perni, legature e incollature, gli elementi marmorei del *Pulpito* di Donatello un tempo parte della facciata del duomo di Prato e qualche decennio fa smontato, rimosso dalla sua sede e spostato in museo per proteggerlo dalle ingiurie del tempo e degli uomini.

Questi pochi esempi, oltre a quelli esposti nelle schede comprese in questa sezione dell'opera, evidenziano quindi come ogni intervento di questa natura chiami in causa tutti i principali temi e problemi teorici e operativi del plurisecolare dibattito sul restauro.

Si potrebbe riflettere, a questo proposito, sul tema della *frammentarietà* o, all'opposto, su quello della *compiutezza* e della *integrità* di un'opera d'arte o, più genericamente, di un manufatto architettonico o artistico.

Si tratta di una riflessione che inevitabilmente chiamerebbe in causa i correlati quesiti sulla necessità e la liceità delle *integrazioni* (o *re-integrazioni*), che tanta parte hanno avuto nel pensiero e nell'opera di molti studiosi, a partire da Eugène Emmanuel Viollet-Le-Duc, passando per Cesare Brandi, e finendo con Marco Dezzi Bardeschi, Paolo Marconi, Amedeo Bellini, Paolo Fancelli, Giovanni Carbonara, o Paolo Torsello<sup>2</sup>.

A questi temi si lega d'altra parte la inesausta ricerca, talvolta assai discutibile, di *un'inezza* che è pur sempre nuova, anche quando sembra evocare una più antica, perduta nel corso dei tempi

che ci hanno preceduto. Quando, infatti, si decide di ri-comporre un manufatto che si presenta in uno stato frammentario e incompleto o mancante di parti e pezzi, o di colmare i vuoti di un oggetto lacunoso con nuovi elementi che ne ri-costituiscono continuità e compiutezza, occorre anzitutto chiarire quale idea di restauro si chiami in causa e quale peso debbano avere, nella sua attuazione, le molte preoccupazioni che spesso vincolano le nostre azioni rispetto a una testimonianza del passato che dichiariamo di voler trasmettere al futuro, stabile e ancora autentico. Ci si potrebbe ad esempio domandare se veramente sia necessario distinguere, con date, simboli, forme o materiali diversi, le *parti aggiunte* e per quali motivi (*riconoscibilità, reversibilità, difesa dell'autenticità e dell'originalità ecc.*), come già suggeriva Camillo Boito. Molti dopo di lui hanno peraltro confermato tali indicazioni, anche iscrivendole nelle numerose Carte del Restauro che, da più di un secolo e mezzo, cercano di dare sostanza normativa al restauro per sottrarlo all'arbitrio della pratica artigianale, della mera tecnica o della pura "creazione" artistica. Operare *in continuità* con l'esistente significa d'altra parte, per alcuni, attribuire un valore preminente all'*unità* del manufatto ri-composto mentre per altri la possibilità di ri-conoscere la materia *originaria* da quella aggiunta deriverebbe dalla realtà stessa delle cose, più che da accorgimenti artificiosi. All'opposto, l'utilizzo di materiali, di forme e di tecniche realizzative diverse da quelle proprie del manufatto su cui si interviene, non dovrebbe discendere da preoccupazioni di natura ideologica ma dalla constatazione che le mancanze del manufatto sono troppo estese o numerose e che, quindi, troppe sono le integrazioni che occorre realizzare oltre che dalla speranza che i nuovi materiali assicurino un'efficienza maggiore di quella offerta dai materiali tradizionali.

Il *frammento* di una statua da ricollocare nella sede da cui si è (o è stato) separato, o la lente di distacco di un intonaco che occorre far aderire al supporto murario, tuttavia, non sono la stessa cosa e non pongono i medesimi problemi, né sul piano teorico né su quello tecnico e operativo. Basti pensare alle fondamentali osservazioni che Cesare Brandi dedica al tema del *frammento* e della *lacuna*, oltre che ai limiti di un restauro che dovrebbe tendere unicamente a "*ristabilire l'unità potenziale dell'opera d'arte*" più che la "compiutezza che potrebbe anche non essere mai esistita" cui un secolo prima faceva riferimento E. E. Viollet Le Duc<sup>3</sup>. L'unità di un *totale*, tuttavia, è diversa da quella di un *intero* che, secondo Brandi, attiene unicamente alla vera *opera d'arte* di cui peraltro non definisce affatto l'essenza lasciandoci nell'incertezza sulla opportunità-liceità di estendere le sue riflessioni a qualunque manufatto soprattutto di carattere architettonico.

Ri-agganciare la lastra di un rivestimento lapideo, o ri-appendere a un cornicione un modiglione da esso distaccatosi e crollato (se recuperabile) o uno nuovo (come?) in sua sostituzione, può infatti non rientrare pienamente nelle definizioni e raffinate indicazioni proposte dalla *Teoria del restauro* e, d'altronde, non troveremo in quelle pagine alcuna indicazione operativa per realizzare simili interventi. Ciò nondimeno, quest'azione che è apparentemente di comune pratica edilizia, pone quesiti simili a quelli affrontati dal fondatore dell'Istituto centrale del restauro in relazione soprattutto a grandi testimonianze dell'arte pittorica del passato.

La mancanza che intendiamo colmare o ri-sarcire, incollando al manufatto un frammento distaccato o apponendovi un nuovo tassello in sostituzione della parte assente, non è direttamente assimilabile alle lacune cui Brandi dedica tanta attenzione. D'altra parte, l'idea di lacuna, quando è trasposta in architettura, tende a complicarsi ed inevitabilmente esplodono i problemi che già solleva con riferimento allo stato frammentario di un tessuto figurativo. La riflessione brandiana<sup>4</sup>, si svolge, infatti, in stretta connessione con i meccanismi della visione e della percezione ma l'architettura configura un universo esteso oltre questo solo dominio e coinvolge ben altri universi di senso e di uso. Occorre, dunque, sondare le aporie che l'idea di lacuna assume con riferimento alla materia, al contesto e al sistema di valori che l'architettura sempre esprime. Il difficile rapporto con innumerevoli frammenti scomposti e con molti manufatti "lacunosi" oscilla sempre, infatti, tra rigore della conservazione e desiderio d'integrazione. Quando la tutela oltrepassa il primo obiettivo, le lacune possono essere risarcite per ri-costituire (o costituire), analogicamente e mimeticamente, presunte unità originarie irrimediabilmente perdute, per creare inedite e dialettiche contaminazioni tra antico e nuovo o, ancora, per dare al problema un'assai improbabile soluzione "neutra".

Inoltre, non sempre ciò che interpretiamo come lacuna è solo un vuoto, o l'assenza di significati.



L'archeologo, ad esempio, parte spesso dalle lacune per il suo scavo reale o metaforico dei siti e degli edifici ancora elevati sopra il suolo; egli prende anzi spunto da una "incompletezza" proprio per suggerire ipotesi sul suo assetto passato e soprattutto sulla civiltà e la società di cui è prodotto e traccia seppur incompleta. Le tracce lasciate da una "cosa" scomparsa divengono allora indizi per la ricostruzione della vita dei manufatti, ottenuta con gli strumenti della congettura e della "fantasia" governata e limitata dalla sapienza, ancor prima che sul terreno del fare concreto. Per assurdo, inoltre, se tutto fosse giunto a noi e alla nostra contemporaneità del tutto intatto, nulla potremmo dire su ciò che sta oltre il confine opaco delle cose e il nostro sguardo non potrebbe spingersi all'interno dei manufatti per scoprire il mondo di cui sono ultimi reperti superstiti. Una breccia o una lesione danno invece libero accesso all'interno (normalmente nascosto) del muro e lo sguardo può allora spingersi nelle sue cavità, ispezionando parti fondamentali per la natura, la storia e la stabilità della costruzione anche se non percepibili (o esteticamente apprezzabili) dal suo esterno. La forma di una mancanza può a sua volta ricordare una parte di manufatto scomparsa o in un tempo ignoto rimossa, oppure può rendere evidenti gli effetti di un evento traumatico, di origine naturale o antropica, rivelando così una fase della storia del manufatto altrimenti preclusa alla nostra attuale conoscenza. La comprensione dell'architettura, quindi, può dipendere dalle tracce di un'assenza e di una mancanza, esiti di un'asportazione o di una distruzione avvenuta un giorno nel passato, almeno quanto dipende dai segni di una "presenza" quale può essere un'aggiunta a sua volta realizzata in un tempo a noi ignoto e che, d'altra parte, quanto più è perfetta, tanto più può aver nascosto le tracce di precedenti assetti o rendere difficile ricostruirne ragioni e di attuazione.

Insomma, non sempre le *mancanze* o le *lacune* sono semplici e banali sinonimi di vuoto o di assenze del tutto inutili e insignificanti. Esse appartengono comunque alla storia trascorsa dei manufatti e possono forse innescare nuove ricerche e aprire inediti sguardi su di essi e sul mondo di cui sono traccia. Per questo, occorre continuare (o iniziare) a studiarle nel tentativo di comprenderle, per poi eventualmente colmarle e risarcirle, se a questo obiettivo ci spingono superiori ragioni d'efficienza, di protezione e di tutela dei manufatti provvisoriamente affidati alle nostre cure.

Nella riflessione di Cesare Brandi, inoltre, la lacuna è intesa come interruzione di un tessuto figurativo e, se anche presuppone una mancanza di materia, quest'assenza è importante anzitutto perché fa mancare la figura e incrina, influenza o compromette la sua percezione e al sua comprensione. La visione dell'opera d'arte è menomata e il suo godimento impedito da un vuoto che tende a emergere come figura autonoma, relegando la parte sana dell'opera nell'improprio ruolo di sfondo<sup>5</sup>. La *Postilla teorica* al trattamento delle lacune, d'altronde, è esplicitante imperniata su un'idea d'opera d'arte esplorata con riferimento alla *figuratività* e ai *meccanismi della percezione*<sup>6</sup>, ma lo stesso Brandi individua ben altri problemi nel restauro dell'architettura<sup>7</sup>. Per questo, è opportuno evitare il semplice trasferimento dell'idea di lacuna in architettura. I vuoti in una decorazione murale possono forse essere riguardati come lacune di un dipinto, ma il fronte di un edificio non è nato per essere un dipinto. Quel vuoto, inoltre, è spesso aggredito da fenomeni di degrado che richiamano competenze e chiedono risposte che non possono essere costruite esclusivamente o riduttivamente a partire da sole valutazioni di natura estetica (seppur assai raffinate) o semplicemente dirette a soddisfare meri bisogni percettivi.

Le *dimensioni*, relative e assolute, delle mancanze da colmare o dei frammenti da ri-comporre, infine, giocano un ruolo cruciale importante in questi interventi, poiché è molto diverso incollare alcuni frammenti di pellicola pittorica all'intonaco da cui si sono staccati, ri-comporre i cocci di un vaso etrusco ridotto in frantumi, o collegare tra loro gli elementi risanati di una capriata lignea con l'introduzione di nuove giunzioni o di dispositivi di rinforzo e di ritegno. Non può aiutarci, in questo caso, Cesare Brandi quando sostiene che, in un dipinto, si parla di lacuna quando ciò che manca è percentualmente ridotto rispetto all'intero originario e superstite dell'opera d'arte e quando non è tale (per posizione, forma e relazioni con l'intorno) da interferire con i suoi elementi fondamentali, così che l'intero possa ancora emergere come *unità potenziale* (ossia ancora esistente, almeno in potenza, alla latina), pur essendosi persa l'unità materiale ed effettuale di cui era parte integrante<sup>8</sup>. In questi interventi, infatti, non è in gioco l'immagine (o l'apparenza, né la forma) del manufatto, e

le dimensioni (o il peso) della parte da ancorare assumono grande rilevanza, così come la sua posizione rispetto alle parti ancora sane e in situ del manufatto di cui è parte. Sono spesso profonde, d'altra parte, le implicazioni strutturali di simili operazioni, soprattutto in presenza di sbalzi, aggetti o di condizioni d'uso che sottopongono la nuova connessione tra la parte ri-collocata e il corpo del manufatto cui è ancorata, a sforzi di taglio, di trazione, o a momenti flettenti e torcenti che occorre tenere in debito conto nella progettazione e nella esecuzione delle opere.

Il problema degli incollaggi, delle adesioni e delle ri-composizioni pone, peraltro, ulteriori quesiti e coinvolge, come accennato, concetti densi di intenzionalità dimostrative e giustificative, tutt'altro che generalmente condivisi.

Si pensi, ad esempio, ai concetti di *originario* e di *originale*, spesso proposti quali limiti o quali obiettivi degli interventi di restauro. Tutto è però originario, poiché tutto ha origine da un atto o da una successione di atti, individuati nel tempo e nello spazio, che segnano l'inizio di una nuova fase della vita del manufatto (anche se ne abbiamo perso memoria). Ci si può allora domandare dove può o dove deve interrompersi la ricerca e la difesa dell'originario. Le risposte a questa domanda popolano, tuttavia, innumerevoli testi sul restauro e appaiono quali elementi fondamentali della questione ieri come oggi, piuttosto che emergere quali regole in grado di controllare il gioco. Neppure la ricerca dell'*originale* può porsi quale criterio assoluto in grado di legittimare a priori la ricomposizione dei frammenti disgiunti e separati di un manufatto. Tutto, infatti, è *originale*, se non è una copia e la copia ha, in ogni caso, un'individualità che la individua comunque come oggetto autonomo di tutela. Quale senso e quale utilità può dunque avere il porre, come limite alla (ri)composizione di un manufatto frammentario, il rispetto dell'originalità dell'opera o la difesa dell'*autenticità* del frammento o del manufatto nel suo complesso? Non si comprende, infatti, in cosa consisterebbe questa qualità, se non, appunto, stato nella condizione e nello stato in cui i manufatti si presentano alla nostra attuale e pur sempre soggettiva esperienza. Gli interventi di adesione, ri-connessione, ancoraggio, fissaggio, o altre simili operazioni dovranno allora rispondere ad altre e diverse ragioni superando questa sorta di culto per l'originarietà, l'originalità e l'autenticità (assai spesso solo presunte) dei manufatti su cui dobbiamo agire<sup>9</sup>.

Ai concetti di originario e di originale si affiancano, poi, quelli altrettanto cruciali di *vero* e di *autentico*, o di *falso* e di *contraffatto*<sup>10</sup>, che tanta parte hanno avuto nello sviluppo delle idee sul, e dei concreti interventi di, restauro. Assai ampia e ricca è d'altra parte la letteratura a questo riguardo e a essa, per necessità di sintesi, si rimanda il lettore non senza sottolineare come ogni aggiunta di materiali e di forme ai manufatti esistenti, chiami in causa i concetti richiamati, proprio perché le aggiunte si pongono, di fatto, come nuove parole, come inedite frasi e inattese interpolazioni entro un testo già scritto, dalla storia trascorsa e che siamo ancora e di nuovo chiamati a leggere e interpretare senza tuttavia impedire che altri dopo di noi possano esercitare un analogo diritto a causa delle irrimediabili variazioni che noi dovessimo apportare all'assetto con il quale sono giunti a noi.

È infine il caso di ricordare, anticipando in parte le osservazioni contenute nelle singole schede di questa sezione dell'opera, che i problemi teorici adombrati da ogni intervento di questa natura s'intrecciano, reciprocamente influenzandosi, con quelli di carattere tecnico che essi inevitabilmente sollevano. Ciascun metodo d'intervento descritto nelle schede della sezione, infatti, solleva delicate questioni sulla *compatibilità (mai totale)* tra nuovi e antichi materiali, sull'*effettiva reversibilità (sempre ideale e di fatto impossibile in termini assoluti)* degli interventi e sulla loro *efficacia*, anche strutturale. Simili questioni, peraltro, hanno a che fare con la *riconoscibilità* degli interventi e con la difesa dell'*autenticità originale* dei manufatti (sempre tendenzialmente solo presunta), fin qui richiamate. Per queste ragioni, le domande poste sul piano teorico possono forse trovare risposta anche (o soprattutto) nei limiti di una corretta valutazione tecnica della effettiva necessità degli interventi immaginati e proposti. Per converso, quest'ultima non può certo essere costruita separando artificiosamente la tecnica, cioè il mondo delle risposte e delle soluzioni, da quello delle ragioni (i perché ossia le cause ma anche gli obiettivi) che sostengono e dirigono l'intervento, ossia dal mondo delle domande e delle finalità.

Tutto, infatti, è profondamente intrecciato e il lettore non può quindi attendersi dalle schede qui raccolte un'ordinata sequenza di domande isolate e autonome e di problemi circoscritti, cui

associare le corrispondenti risposte (autonome e individue), utilizzabili in sé, quasi fossero autoreferenziali e intercambiabili. Solo il progetto e l'intero processo che conduce dalla programmazione degli interventi, alla loro progettazione e alla loro realizzazione in cantiere, può e deve farsi carico della selezione delle risorse tecniche idonee a risolvere i problemi individuati in fase analitica e diagnostica. Percorrendo questo processo (mai lineare) si scoprirà che, molto spesso, le questioni sono più complesse di quanto appaiano a prima vista e che occorre per questo attingere a diversi settori d'attività, poiché il progetto non può nascere dalla semplice addizione di risposte parziali, o dall'applicazione d'astratti schemi procedurali.

Per questo, le tecniche illustrate in questa sezione dell'opera, pur fornendo alcune risposte a problemi piuttosto omogenei, rimandano spesso a tecniche appartenenti ad altri settori dell'opera, secondo la struttura in cui è stata provvisoriamente organizzata la materia.

Sono così coinvolte, dalla lettura di queste schede, le tecniche comprese nella sezione dedicata alle *integrazioni*, perché le nuove parti, progettate per completare manufatti interrotti o lacunosi, devono pur sempre aderire o essere stabilmente ancorate a essi.

A loro volta, le azioni e le procedure di *smontaggio* e di *ri-montaggio*, quasi sempre richiedono l'impiego delle tecniche qui descritte, dal momento che, per connettere tra loro le parti smembrate di un antico oggetto, occorre spesso ricorrere a incollaggi, impernature o a nuovi ancoraggi.

Neppure le numerose tecniche di *consolidamento* sono escluse da questo confronto con le tecniche della ricomposizione, giacché, assai spesso, si rinsalda un manufatto solo rinforzando le unioni esistenti tra le sue parti, oppure ancorando a esso frammenti distaccati ancora conservati, per le più diverse ragioni, o, ancora, colmando le mancanze che ne compromettono la stabilità e la durata ricorrendo a nuovi materiali ed elementi, riproponendo con ciò le alternative tra interventi eseguiti in analogia con il preesistente (per materiali, forme, lavorazioni...) o realizzati con innovazioni più o meno profonde ed evidenti.

## NOTE

1 Cfr. C. Brandi, *Teoria del restauro*, Einaudi, Torino 1977.

2 Cfr. in particolare, i seguenti testi: A. Bellini, *Tecniche della conservazione*, Franco Angeli, Milano 1986 (soprattutto l'introduzione); M. Dezzi Bardeschi, *Restauro punto e a capo*, Marsilio, Venezia 1992; G. Carbonara, *La reintegrazione dell'immagine*, Bulzoni, Roma 1979 e *Trattato di Restauro Architettonico*, Utet, Torino 1996; P. Fancelli, *Il restauro dei monumenti*, Nardini, Firenze 1998; B. P. Torsello, *La materia del restauro*, Marsilio, Venezia 1988; P. Marconi, *Materia e significato. La questione del restauro architettonico*, Laterza, Roma-Bari 1999.

3 Cfr. C. Brandi, *Teoria del restauro*, Einaudi, Torino 1977.

4 Cfr., in particolare, C. Brandi, *Postilla teorica al trattamento delle lacune*, Comunicazione al XX Congresso di storia dell'arte, New York, 1961, in C. Brandi, *Teoria ...*, op. cit., pp. 71-76.

5 Ibidem, p. 754 "Cos'è una lacuna che appare nel contesto di un'immagine pittorica, scultorea o anche architettonica? Se noi risaliamo all'opera nella sua essenza, sentiremo subito che la lacuna è un'interruzione formale indebita e che potremmo avvertire come dolorosa, ma se ci astringiamo nei limiti dell'epoché, se cioè restiamo nel campo della percezione immediata, noi interpreteremo, con gli schemi spontanei della percezione, la lacuna con lo schema della figura a fondo: sentiremo cioè la lacuna come figura a cui l'immagine pittorica o scultorea o architettonica è tenuta a fare da fondo, mentre è essa stessa figura e in primissimo luogo".

6 Ibidem, p. 72, "Noi ci limiteremo a considerare l'opera d'arte solo in quanto oggetto di esperienza del mondo della vita, per attenersi ad una espressione di Husserl. Con ciò noi non retrocederemo l'opera d'arte ad una oggettualità generica, ma, senza indagarla nella sua essenza, l'accetteremo così come è entrata nel campo della nostra percezione e dunque della nostra esperienza".

7 Cfr. C. Brandi, *Struttura e architettura*, Einaudi, Torino 1977.

8 Cfr. C. Brandi, *Postilla...*, op. cit., p. 74 "[...] si può esaminare la questione [dell'integrazione] se, quel che resta di un'opera d'arte, sia in realtà più di quel che materialmente avanza, se cioè l'unità di immagine dell'opera d'arte non consenta la ricostituzione di certi passaggi perduti, proprio come ricostituzione di quell'unità potenziale che l'opera d'arte possiede in quanto intero e non totale".

9 Per quanto attiene alla nozione di "culto" applicata ai temi della tutela, cfr. Alois Riegl, *Il culto moderno dei monumenti, il suo carattere e i suoi inizi*, in Sandro Scarrocchia, *Alois Riegl: teoria e prassi della conservazione dei monumenti*, Clueb, Bologna 1995, pp. 173-203.

10 Cfr., ad esempio, l'analisi che di questi termini propone Paolo B. Torsello in più punti del suo saggio, *Restauro architettonico. Padri, teorie, immagini*, Franco Angeli, Milano 1984 e, in particolare, a p. 21.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Un manufatto può, per cause diverse, presentare fenomeni di distacco, totale o parziale, che interessano parte degli elementi di cui è costituito. Per ripristinare la continuità tra le porzioni staccatesi e l'oggetto da cui si sono separate, è possibile ricorrere, tra gli altri metodi disponibili, all'utilizzo congiunto di perni e di adesivi. Negli ancoraggi, i perni svolgono un ruolo di sostegno della parte staccata, collegandola al resto del manufatto, migliorando la solidità dell'ancoraggio grazie alla capacità di estendere la connessione oltre le sole superfici di contatto reciproche tra frammento e manufatto da integrare.

I collanti, oltre alla specifica azione adesiva, svolgono anche una funzione protettiva dei perni, soprattutto se in materiale metallico (fig. 1, fig. 2).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'impernatura con perni e formulati adesivi è una tecnica di consolidamento *in situ* impiegata su manufatti diversi quali, ad esempio, elementi di paramenti lapidei o in cotto, distaccati dalla struttura muraria, oppure porzioni di elementi scolpiti o architettonici di diversa grandezza e tipologia che presentino fenomeni di distacco dal manufatto cui appartengono.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Di seguito sono schematicamente riportate le principali fasi esecutive del generico intervento di impernatura eseguito per ricostituire la perduta continuità tra un frammento e il manufatto da cui proviene.

1. Nel caso si debba intervenire per riparare rotture o distacchi parziali, può essere talvolta necessario separare completamente le diverse parti interessate, prima di procedere alla ricostituzione della loro adesione, al fine di realizzare le condizioni migliori per operare e per assicurare la riuscita dell'intervento;
2. inoltre, se il materiale di cui sono costituite le parti da ricollegare è caratterizzato da decoesione o, comunque, da una riduzione delle sue caratteristiche fisiche e meccaniche, occorre prima di tutto consolidarle, preferibilmente per impregnazione (v. CSD04 - Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine) utilizzando prodotti che possano restituire loro almeno parte della resistenza perduta, per evitare che le perforazioni, necessarie alla successiva introduzione dei perni, inducano ulteriori danni;
3. una volta stabiliti il numero, le dimensioni dei perni da inserire (in relazione alla previsione delle sollecitazioni cui l'unione sarà sottoposta e alle sue caratteristiche morfologiche) nonché l'orientamento dei fori, si eseguono le perforazioni per ricavare nel corpo del manufatto e nel frammento le sedi d'alloggiamento dei perni, utilizzando un trapano. Le perforazioni devono attraversare la porzione in fase di distacco o completamente distaccata, che è quindi mantenuta nella sua precaria posizione con puntellature o altri sistemi di sostegno provvisori, e il corpo sano del manufatto cui si intende ancorarla. Il diametro del foro deve essere leggermente maggiore rispetto a quello del perno da inserire al suo interno (sono sufficienti 3-4 mm in eccesso, o anche meno, se i perni sono di piccole dimensioni) e lo stesso accorgimento riguarda la profondità del foro (in questo caso possono essere necessari anche 2-3 cm in eccesso, affinché l'estremità del

perno resti leggermente arretrata rispetto alla testa del foro, per rendere possibile la sua stuccatura finale);

4. una volta praticato il foro, occorre eseguirne un'accurata pulizia, utilizzando ad esempio un getto di aria compressa e, successivamente, un lavaggio eseguito con una miscela di acqua e alcol (l'aggiunta di alcol all'acqua ha la duplice finalità di migliorare l'azione bagnante di quest'ultima e di aumentare la sua velocità di evaporazione), per rimuovere i detriti prodotti dalla perforazione. La presenza di residui pulverulenti all'interno dei fori può infatti ridurre l'adesione del composto che collega i perni alle pareti di ciascun foro, compromettendo l'efficacia dell'ancoraggio;

5. si inietta quindi una piccola quantità di adesivo all'interno del foro, per assicurare l'adesione della testa del perno alla parte salda del manufatto da integrare; la siringa utilizzata deve essere preferibilmente del tipo utilizzato per manipolare miscele plastiche, deve essere azionata ad aria, in quanto ciò consente un migliore controllo della fuoriuscita dell'adesivo e deve essere dotata di un ugello di ottone o di rame;

6. dopo di ciò, si intinge il perno, accuratamente pulito con acetone o alcol puro, nell'adesivo e lo si fa scorrere all'interno del foro per rivestirne le pareti con una piccola quantità di collante e favorire la successiva presa dell'adesivo, con il definitivo bloccaggio del perno;

7. a questo punto, si può iniettare il formulato adesivo all'interno del foro in quantità sufficiente per riempire quasi completamente la cavità, possibilmente a partire dal fondo del foro, se la lunghezza dell'ago lo consente e, in ogni caso, non troppo velocemente, per evitare l'inclusione di bolle d'aria che potrebbero ridurre la superficie d'adesione tra il perno e le pareti del foro. La consistenza dell'adesivo non deve essere troppo fluida, per evitarne la fuoriuscita durante l'iniezione o l'eccessivo assorbimento da parte delle porosità presenti nel materiale in cui il foro è praticato;

8. si inserisce quindi il perno all'interno della cavità predisposta, avendo cura di rimuovere con un tampone di cotone o con un panno umido l'adesivo che fuoriesce dal foro.

I perni utilizzati possono essere di vario tipo, a seconda dell'elemento su cui si opera e delle dimensioni delle porzioni da ancorare: in vetroresina, in acciaio inossidabile, nel qual caso debbono essere impiegati i tipi d'acciaio elencati nella tabella SIAS (Società Italiana Acciai Speciali), mentre le barre devono essere ad aderenza migliorata per rendere più facile l'aggrappaggio dell'adesivo. Di recente sono stati utilizzati anche elementi di connessione in materiali innovativi, tra cui perni ottenuti da barre pultruse in fibra di carbonio ad aderenza migliorata;

9. infine, si procede alla stuccatura della testa del foro utilizzando una malta composta dal collante impiegato e dai detriti provenienti dal materiale perforato, per mimetizzare la traccia del foro sulla superficie del manufatto ([fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#)). Se eseguita con accortezza, l'operazione di stuccatura rende difficilmente individuabile l'imperniatura, e pertanto è indispensabile documentare la localizzazione di ogni singolo perno ([fig. 6](#), [fig. 7](#), [fig. 8](#))

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nel caso di interventi eseguiti su elementi lapidei, il trapano utilizzato per le perforazioni dovrà essere munito di punte di tipo elicoidale, realizzate con un materiale caratterizzato da durezza e resistenza a flessione elevate (tipo Widia), per ridurre al minimo il rischio di fratture interne nell'elemento sottoposto a perforazione. Le punte di questo tipo sono disponibili in due versioni, da muro e da marmo, perciò si può scegliere la punta più adatta in relazione al materiale da perforare; esse però presentano l'inconveniente di essere utilizzabili solo con trapani a percussore. Pertanto, in casi particolari, in cui sia necessario eseguire fori molto precisi, con angolo di incidenza obbligato e laddove sia necessario evitare ogni vibrazione, occorre orientarsi verso le punte diamantate "a tazza", utilizzabili con trapani senza percussore e montabili su guide. Questo ultimo tipo di punta è disponibile solo di lunghezza limitata, in alcuni casi quindi debbono essere ordinate su misura.

In ogni caso, è comunque necessario valutare la possibilità di eseguire simili perforazioni, o stabilire secondo quali procedure operare, per non mettere a rischio l'integrità del manufatto da integrare o del frammento da ricollegare a esso.

Gli adesivi utilizzati in questi interventi di imperniatura variano in relazione al materiale di cui è costituito il manufatto da riparare e alle dimensioni dei pezzi da riancorare tra loro.

Nel caso si debba intervenire su manufatti lapidei si propende usualmente verso l'utilizzo di resine termoindurenti appartenenti al gruppo delle resine epossidiche. Queste ultime esercitano infatti elevate proprietà adesive su qualsiasi supporto, sono compatibili chimicamente con il metallo e con i materiali lapidei o lignei, presentano ottime caratteristiche meccaniche, non subiscono ritiro nella fase di indurimento e sono stabili nel tempo.

Prima di realizzare le imperniature è in ogni caso opportuno far eseguire, da personale esperto, una corretta e preventiva ricognizione del manufatto, in modo da calibrare e limitare l'inserimento dei perni a quelli strettamente necessari perché l'intervento di ancoraggio risulti efficace. L'inserzione di perni all'interno di un manufatto è infatti sempre un intervento di tipo traumatico, in quanto le perforazioni possono provocare ulteriori indebolimenti della sua struttura interna e dei suoi materiali costituenti.

In ogni caso, l'impernatura è un intervento irreversibile, non solo a causa della necessità di realizzare il foro destinato ad accogliere il perno entro l'oggetto da riparare, ma anche perché il perno, una volta inserito nel manufatto, a causa dell'elevato potere adesivo del collante e soprattutto nel caso in cui si utilizzino resine epossidiche, è pressoché impossibile da estrarre senza provocare notevoli danni al manufatto o al frammento riancorato.

Pertanto, è opportuno che il ricorso a questa tecnica sia attentamente valutato e confrontato con altre soluzioni meno invasive, quali gli incollaggi semplici eseguiti con l'impiego di adesivi strutturali.

In alcuni casi, la riadesione di pezzi distaccati è eseguita mediante rinforzi esterni, come staffe, che realizzano un aggancio e un contenimento della parte lapidea al sistema murario con una sorta di struttura metallica aggiunta, che fascia il blocco e vi si aggancia mediante perni.

#### **ESPERIENZE**

Duomo di Crema, campanile; ancoraggio di conci in arenaria con perni in acciaio inox, 1983-1984. Nella manutenzione programmata del campanile le imperniazioni vengono periodicamente controllate dimostrando una buona tenuta generale;

Torrazzo di Cremona; ancoraggio di elementi in arenaria con perni in acciaio inox, 1978; ancoraggio dei laterizi della cortina esterna con perni in acciaio inox di piccolo diametro, 2006;

Castel del Monte, Andria, Bari; ancoraggio dei conci in pietra calcarea del paramento murario interno ed esterno con perni in acciaio inox, 1978-1984;

Chiesa di San Polo, Venezia, oratorio del Crocefisso, ancoraggio degli elementi lapidei dell'altare con perni in acciaio inox, 1999;

Cattedrale di Bari; ancoraggio di elementi in pietra calcarea con perni in acciaio inox e in vetroresina, 2003;

Chiesa di San Domenico, Fano, riadesione di elementi decorativi degli altari in pietra calcarea con barre di acciaio inox di piccolo diametro; riadesione di elementi degli altari in stucco con perni in acciaio inox e in nylon di piccolo diametro, 2006;

Teatro alla Scala, Milano; ancoraggio e riadesione di frammenti di pietra calcarea della facciata con perni in vetroresina e in acciaio inox, 1999;

Palazzo Pitti, Firenze; ancoraggio di elementi decorativi e architettonici in arenaria delle facciate con perni in vetroresina, 2007;

Palazzo della Gran Guardia, Rovigo; riadesione di elementi in pietra vicentina della facciata con perni in vetroresina, 2008;

Palazzo dei Poeti, Bologna; ancoraggio di elementi decorativi e architettonici in arenaria e cotto della facciata con perni in vetroresina, 2009;

Chiesa di San Salvatore, Bologna; ancoraggio di elementi decorativi in arenaria della facciata con perni in vetroresina, 2010;

Chiesa di Ittiri, Sassari; ancoraggio di elementi in arenaria dei capitelli della facciata con perni in fibra di carbonio, 2010.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

De Tommasi G.B. 1978, pp. 340; Ermentini B., Ermentini M. 1986, pp. 322-27; Saracino M.T. 1979, pp. 587-94; Usai C. 1991.

### CREDITI FOTOGRAFICI

RONCAI: Luciano Roncai, Dipartimento di Architettura e Pianificazione, Politecnico di Milano.



Figura 1 • Mensola di marmo. Per ripristinare la continuità tra il frammento e l'oggetto da cui è separato, è possibile ricorrere, tra gli altri metodi disponibili, all'impiego congiunto di perni e di adesivi.



Figura 2 • Il frammento è ricongiunto alla mensola.



Figura 3 • Mensole di stucco. L'operatrice pratica un foro per l'inserimento di un perno.





Figura 4 • È iniettata la prima parte di adesivo per fissare la testa del perno.



Figura 5 • È inserito il perno di acciaio inox, dopo averlo intinto nella stessa resina utilizzata per il fissaggio.  
Si inietta la seconda parte di resina.



Fig. 6 • Torrazzo di Cremona. Ancoraggio dei laterizi distaccati della cortina esterna con perni in acciaio inox di piccolo diametro. (RONCAI)



Fig. 7 • Cortina in mattoni con i perni inseriti nei fori prima dell'iniezione del formulato adesivo. (RONCAI)

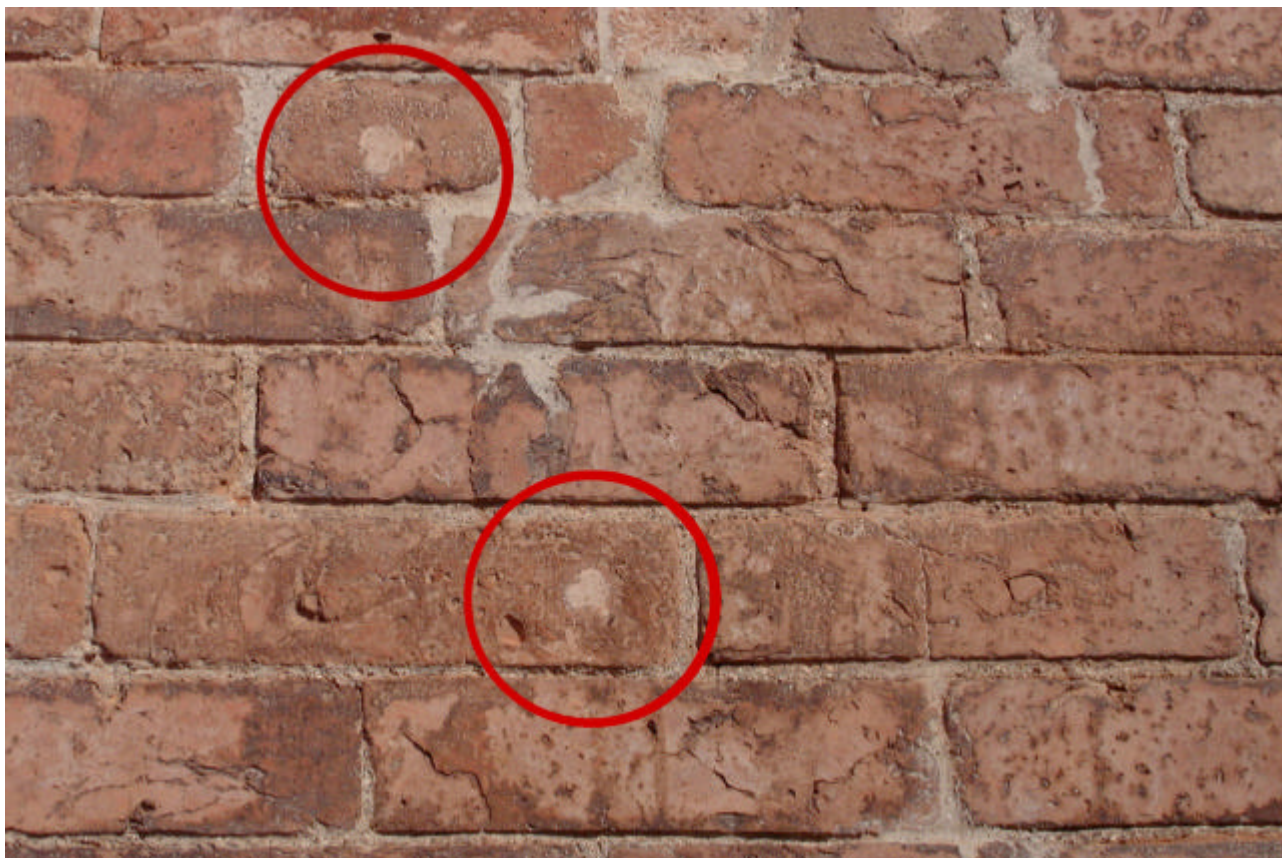


Fig. 8 • Localizzazione delle teste dei fori dopo la stuccatura eseguita con il formulato adesivo impastato con la polvere proveniente dal mattone perforato. (RONCAI)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Su molti manufatti di bronzo si riscontrano vecchi perni di ferro che provocano sulla superficie delle colature bruno-rossastre, dovute al dilavamento degli ossidi di ferro. Inoltre, il rigonfiamento del ferro provoca delle forti tensioni all'interno del bronzo e può dare origine a rotture.

In altre circostanze esistono condizioni particolari che possono infragilire la lega, con conseguente rischio di rotture: parti mancanti rifuse, surriscaldamenti del metallo, urti o eventi traumatici che hanno scalfito o creato fratture, interventi precedenti di restauro.

Nel restauro di manufatti bronzei, i perni che creano problemi di conservazione puntuali o di stabilità devono essere sostituiti con altri, nuovi e di materiale compatibile.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il ricollegamento di parti con perni e spinotti è frequente nei bronzi archeologici; più raro in quelli moderni. Il problema si può presentare in manufatti metallici presenti nell'architettura storica, quali porte e pannelli bronzei o di altra lega, griglie ornamentali ecc.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Nei manufatti bronzei esposti all'aperto, i ferri dell'anima di fusione vanno, quando possibile, puliti e trattati con un convertitore di ruggine e con un silicone sigillante, oppure estratti.

I chiodi e i perni di ferro per il fissaggio di pannelli bronzei vanno puliti con bisturi e stabilizzati uno per uno, oppure estratti e sostituiti.

I perni di sostituzione sono di acciaio inox Aisi-316 o di titanio tipo 2, molto più resistenti all'attacco dello ione cloruro, allo *stress corrosion* e alla corrosione elettrochimica. Il perno va fissato all'interno del manufatto, con immissione a colata di resina epossidica. Il tirante è posto a trazione tramite un dado avvitato nella parte inferiore. La resina epossidica serve a evitare che si verifichino fenomeni di rottura dovuti alle diverse proprietà dei due materiali, soprattutto a causa delle differenti dilatazioni termiche.

Per l'eliminazione del vecchio perno si esegue un primo foro con il trapano sulla sua testa, usando una punta della medesima sezione del perno stesso. Si approfondisce il foro fino a trovare il metallo costitutivo dell'oggetto (bronzo, ottone o altro) e si elimina il perno. Se lungo i bordi del foro e sulle sue pareti sono ancora presenti tracce di ferro, il foro va ingrandito sino al materiale originario. A questo punto si procede alla filettatura del foro e vi si avvita un nuovo perno, di una lega simile a quello dell'oggetto o di un metallo resistente alle aggressioni chimico fisiche. Questo, poi, va tagliato qualche millimetro al di sopra della superficie dell'oggetto e martellato perché rigonfi all'interno della filettatura. Infine si lima la parte del perno che fuoriesce fino a portarla al pari con la superficie del modellato e senza intaccarla (fig. 1).

L'incollaggio di parti staccate può essere facilitato da piccole imperniature. Inizialmente, si fora la superficie di una delle due parti e all'interno del foro si fissa il perno con resina.

Posizionato il pezzo, si fora anche la seconda parte in corrispondenza del perno e si fanno coincidere le superfici di rottura precedentemente pulite e coperte da uno strato di resina.

Dopo la polimerizzazione, si rifinisce con spazzole rotanti e piccole frese. Se le parti da incollare non sono contigue e la parte mancante è ricostruibile, si può eseguire una "stuccatura" con un materiale plastico modellabile.

### *Assemblaggio di opere frammentate*

Può accadere che alcuni oggetti subiscano rotture tali da richiedere un riassetto.

Il funzionamento dei dispositivi creati per questo scopo è basato su meccanismi di trazione ed espansione. La caratteristica essenziale consiste nella disposizione, all'interno del manufatto, di vincoli costituiti da elementi di materiale sintetico rigido, dislocati in aree funzionali che riproducono le conformazioni interne del manufatto, nel punto dove saranno collocati.

I fenomeni di compressione e torsione che possono formarsi, devono essere ridotti e inibiti.

Un altro metodo è rappresentato dalla costruzione di strutture metalliche di sostegno che possono servire, oltre che a unire pezzi staccati, per ridare stabilità meccanica all'oggetto.

Sono costituite da parti in metallo smontabili e ricomponibili, devono resistere ai carichi pesanti e in presenza di vibrazioni.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nei manufatti bronzei, i perni possono essere dello stesso materiale. Poiché sulla superficie patinata dell'oggetto rimane a vista la sezione del perno di bronzo sostituito, si può "mascherare" la lucentezza metallica di queste piccole zone dando omogeneità alla superficie per mezzo di una patinatura artificiale localizzata.

Generalmente, i perni sono in acciaio inox, ma è soprattutto importante che siano compatibili con il materiale del manufatto e che non inneschino processi di corrosione.

### **ESPERIENZE**

Porta di bronzo del duomo, Benevento.

Statua della Vittoria, Brescia.

*Ratto della sabina*, Museo di Capodimonte, Napoli (Giambologna, 1579).

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Bidorini S., Brini A. 1983; Ronchi M. (a cura di) s.d.; Burrini F., Dolcini L. 1994, pp. 81-86.

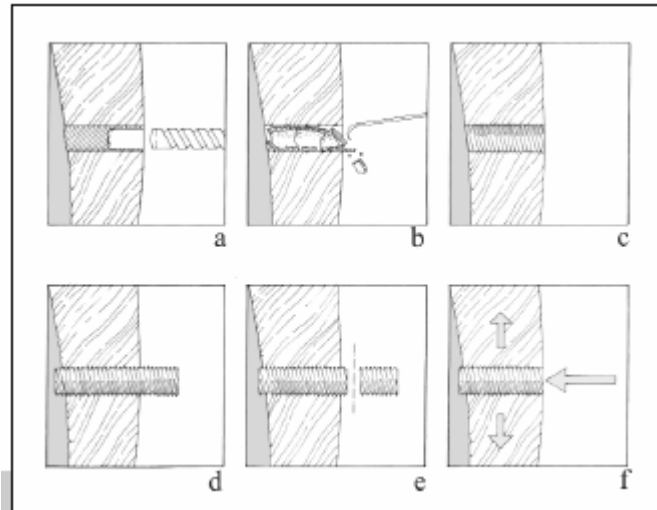


Figura 1 • Sostituzione di un perno distanziatore di ferro utilizzato per l'ancoraggio del nocciolo con la madreforma durante la fusione di un manufatto di bronzo.

- a) L'eliminazione del vecchio perno si realizza eseguendo un primo foro con il trapano, proprio sulla sua testa, usando una punta della medesima misura della sezione del perno stesso.
- b) Si approfondisce il foro fino a trovare il solo metallo costitutivo dell'oggetto (bronzo, ottone o altro) e si elimina il perno di ferro.
- c) Si procede alla filettatura del foro.
- d) Si avvita un nuovo perno resistente alle aggressioni chimico-fisiche.
- e) Il nuovo perno è tagliato con il seghetto qualche millimetro sopra la superficie dell'oggetto.
- f) Infine è martellato perché rigonfi all'interno della filettatura.

(CAF)

**RCP 03****CONSOLIDAMENTO DEL SISTEMA DI  
AGGANCIAMENTO DI LASTRE LAPIDEE****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La stabilità e la sicurezza dei rivestimenti in lastre lapidee dipende da diversi fattori, tra i quali:

- la tecnica di posa in opera degli elementi (ossia del sistema di ancoraggio adottato per vincolarli al supporto);
- il peso delle lastre che determina il dimensionamento del sistema di aggancio (ogni lastra deve essere appesa, senza appoggiare il suo peso su quella sottostante);
- lo stato di conservazione degli elementi del sistema di ancoraggio e delle lastre stesse.

Il consolidamento degli elementi di un sistema di aggancio di lastre di rivestimento al loro supporto, eventualmente danneggiato e non più efficiente o sicuro, consiste perciò generalmente nell'inserimento di eventuali nuovi ancoraggi speciali, atti a fissare alla retrostante struttura le lastre instabili, sempre che esse non richiedano per sé ulteriori interventi di consolidamento (v. RCP02 - Unione di parti fratturate con perni e spinotti).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Questo tipo di intervento può riguardare tutti i casi in cui le lastre di un rivestimento presentino distacchi e cadute di elementi, o di frammenti di elementi, tali da compromettere la continuità e stabilità del manufatto, la sua forma o la sua sicurezza nonché l'incolumità delle persone.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per eseguire un corretto intervento, è anzitutto indispensabile un'adeguata indagine sulle caratteristiche costruttive del paramento, sui materiali di cui questo è costituito, sui sistemi di ancoraggio esistenti, sul loro stato di conservazione, sulla loro stabilità ed efficienza e, infine, sui distacchi, le deformazioni e le eventuali lesioni rilevabili al suo interno.

Lo stato di conservazione si determina individuando ed esaminando le situazioni di distacco delle lastre. L'individuazione di lastre eventualmente distaccate o disancorate dal supporto può, ad esempio, essere effettuata tramite accertamenti non invasivi quali l'endoscopia o la termografia.

Tali diagnosi consentono di:

- valutare la situazione di conservazione dei materiali;
- individuare eventuali distacchi presenti nel manufatto;
- decidere la profondità da raggiungere per agganciare nuovamente gli elementi instabili alla struttura sana del supporto;
- determinare il numero e la posizione corretta dei nuovi ancoraggi rispetto alle situazioni di distacco e di instabilità individuate.

Una volta individuati le sconessioni e i distacchi, ovvero i cedimenti di preesistenti ancoraggi, si procederà a praticare sulle lastre interessate i fori necessari all'inserimento dei nuovi dispositivi, utilizzando piccole carotatrici o trapani a rotazione, facendo attenzione a non rompere o danneggiare gli elementi.

La scelta, poi, del nuovo sistema di aggancio dipende sia dal peso della lastra (ogni lastra deve potersi sostenere da sé), sia dal tipo di supporto (ad es., muratura in mattoni pieni o forati).



I fissaggi possono essere realizzati con elementi:

- a espansione: tasselli metallici e/o plastici che non producano una forzatura contro le pareti del foro, bensì una dilatazione del tassello stesso all'interno del supporto cui la lastra deve essere riancorata;
- senza espansione: zanche, ossia elementi metallici piatti generalmente dotati di estremità di forma e lavorazione tali da potere essere bloccate una volta che siano annegati nel supporto (ad es. con conformazione a doppia coda);
- tasselli chimici (barre metalliche filettate) che vengono applicati come i tasselli a espansione, ma la cui adesione non è garantita dall'avvitamento nel cono sagomato, bensì da specifici prodotti chimici (generalmente resine). I tasselli chimici possono essere a fiala, contenenti resina, inerti e catalizzatori che si miscelano al momento dell'inserimento del tassello nel supporto (questo tipo di fissaggio è possibile solo su murature piene), o a calza. I tasselli a calza sono costituiti da un tirante iniettore che regola la profondità dell'ancoraggio e da un flauto sagomato che, espandendosi, consente l'uscita della resina, incollandosi così al supporto. Affinché la resina possa uscire facilmente dal flauto, questa deve essere molto fluida.

Gli elementi metallici di ancoraggio, in ogni caso, devono essere in acciaio zincato o inossidabile poiché tali materiali non formano prodotti di corrosione e mantengono inalterato il loro volume nel tempo, prevenendo così possibili rischi di rottura loro o delle lastre entro cui sono inseriti, o ulteriori fenomeni di degrado.

Una volta inseriti, le teste dei tasselli possono essere nascoste con stuccature di malta epossidica miste a inerti ricavati dalla frantumazione di pietre dello stesso tipo di quelle presenti nel rivestimento ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Affinché l'intervento assicuri una buona durata e garantisca la maggior sicurezza possibile, gli elementi metallici dei nuovi ancoraggi devono essere inalterabili e certificati dai competenti organi di normazione. Inoltre, le guarnizioni spesso utilizzate per migliorare l'aderenza degli elementi alle lastre e ai supporti, oltre che per evitare indesiderate infiltrazioni, devono possedere particolari doti di indeformabilità ed elasticità. Le resine impiegate devono a loro volta possedere adeguate caratteristiche di viscosità e di tixotropia, oltre che moduli elastici e di resistenza adatti al tipo di ancoraggio prescelto e al tipo di materiale cui esso è applicato.

L'intervento di messa in sicurezza di un rivestimento, inoltre, può richiedere la formazione o l'aggiunta di nuovi giunti di dilatazione tra i pezzi esistenti, accuratamente posizionati per evitare possibili infiltrazioni d'acqua che danneggerebbero il rivestimento, i dispositivi di ancoraggio e il supporto stesso ([fig. 3](#)).

#### **ESPERIENZE**

Palazzo del Toro, Milano, 1986: ancoraggi speciali con tasselli a calza; ancoraggi speciali di sospensione con tasselli duplex.

Palazzo Ducale e delle prigioni, Venezia, 2008-2011: verifica degli ancoraggi delle lastre del paramento lapideo e loro ripristino dove compromessi.

Cattedrale di Pescia, Pistoia, 2007-2009: consolidamento ancoraggio con perni del paramento lapideo esterno.

Palazzo Bon, Venezia: sostituzione delle staffe di ancoraggio delle lastre in pietra d'Istria con nuovi elementi in acciaio inox realizzati in loco e fissati mediante fusione di piombo.

Museo Archeologico Nazionale, Reggio Calabria, 2007: campagna diagnostica sullo stato di fatto del rivestimento in bugnato rustico grigio al piano terra e in grandi lastre regolari in travertino ai restanti livelli.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Carria F. (a cura di) 1991, pp. 726-36; Conti C., Martines G., Usai C. 1996, *Interventi...*, pp. 193-98; Serafini G. 1991, pp. 532. Arcolao C., *La diagnosi nel restauro architettonico*, Marsilio, Venezia, 2007. Franceschini S., Germani L., *Il degrado dei materiali nell'edilizia. Cause e valutazioni delle patologie*, DEI, Roma, 2007. Carria F., *Il rinnovo delle facciate, nuovi ruoli dell'involucro edilizio*, D. Flaccovio, Palermo, 2009



Figura 1 • Imperniatura di un frammento di lastra di rivestimento: esecuzione del foro e inserimento della barra filettata prima dell'iniezione di resina.



Figura 2 • Imperniatura di elementi lapidei di diversa dimensione. Esecuzione dei fori con le barre filettate prima dell'iniezione di resina.



Figura 3 • Iniezione di consolidante per la riadesione di lastre e rivestimenti lapidei.

## RCP 04 | RIADESIONE DI SCAGLIE MEDIANTE ADESIVI

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Il principio di intervento, in presenza di scaglie pericolanti o completamente distaccate, si basa sul loro riposizionamento in una presunta posizione originaria, ossia si cerca di far riaderire i frammenti sulla superficie, evitandone il più possibile la sconnessione. Ciò avviene tramite procedimenti e prodotti differenti, che devono tenere insieme sia le parti pericolanti della pietra che lo sporco, consentendo di eseguire successivamente le normali operazioni di pulitura.

Per sorreggere le scaglie si impiegano dei collanti che sono in grado di formare una struttura di collegamento nello spazio delle fessure e delle cavità più larghe e profonde, e far aderire la superficie rotta di un frammento espulso al corpo sano della pietra.

I collanti utilizzati, sebbene di natura diversa, devono assicurare due caratteristiche comuni indispensabili: la flessibilità e, se necessario, la facilità di rimozione. Se così non fosse e i collanti si presentassero di difficile rimozione o molto rigidi, si potrebbero verificare degli strappi delle scaglie incollate. Ogni tipo di collante dovrebbe poter essere rimosso utilizzando il solvente con il quale è stato preparato.

Il tipo di adesivo da utilizzare varia in funzione della dimensione delle masse da incollare e della provvisorietà o meno dell'intervento.

Nel caso di un preconsolidamento, si utilizzano colle animali, colle poliviniliche, resine acriliche in soluzione, e anche alcune malte.

Il composto maggiormente utilizzato in passato prevedeva l'uso di colla animale, la cosiddetta "colletta".

Si otteneva con i seguenti ingredienti e nelle seguenti proporzioni: colla cervona 1 kg, acqua 660 cc, melassa 250 g, fiele di bue 20 g, aceto 660 cc, ortofenifenolo 7,5 g. Questa colla si ottiene unendo i componenti a bagnomaria. Prima della cottura la colla cervona è messa a bagno in acqua per 24 ore, fino a che le perle di colla siano rigonfie; poi si uniscono la melassa, il fiele di bue, l'acqua e l'aceto, e solo al termine della cottura si aggiunge l'ortofenifenolo.

La melassa conferisce elasticità; il fiele di bue agevola l'adesione sulle superfici polverose; l'aceto è un fluidificante; l'ortofenifenolo è un fungicida (C. Conti, G. Martines, C. Usai, in G. Carbonara, 1996).

Una delle colle poliviniliche più utilizzata si ottiene aggiungendo a una soluzione di 100 g di un alcol polivinilico (ad es. Gelvatol) in 1 l d'acqua, 50 cc di alcol etilico. Le soluzioni possono essere, secondo le necessità, più o meno acquose.

Una delle resine acriliche di maggior impiego, perché largamente ed efficacemente sperimentata, è il Paraloid B72, di solito in soluzione in etacrinolo dal 15 al 20%.

In presenza di scaglie leggere, si può usare come collante una malta magra; questa, però, scarsamente resistente a trazione, potrebbe dimostrarsi insufficiente se applicata a scaglie non appoggiate alla superficie. In tal caso, a presa avvenuta, le scaglie dovranno essere fasciate, cioè fatte aderire con collanti flessibili e di facile rimozione tramite carta giapponese o tessuto di cotone.

Gli adesivi a base di gomme vegetali, le resine naturali, gli adesivi sintetici o a base di resine artificiali, come le resine epossidiche, poliuretatiche e poliestere, sono utilizzate per ricongiungere stabilmente parti più grandi di sculture spezzate e rivestimenti marmorei. Questi prodotti sono utilizzabili se le superfici da ricongiungere non sono porose. Se la pietra è porosa il trattamento potrebbe provocare assorbimenti incontrollati del solvente presente nell'adesivo, con il conseguente ed elevato rischio di un'alterazione cromatica dell'elemento lapideo.

Può essere allora opportuno trattare preventivamente le due superfici che devono entrare in contatto con Paraloid B72 in cloretene al 15%, per impedire la penetrazione dell'adesivo.

Le resine epossidiche, in particolare, sono impiegate per l'incollaggio di frammenti di grandi dimensioni, eventualmente con l'inserimento di perni in fibroresina o al titanio, oppure, se le parti da consolidare non sono sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, anche di resina epossidica o di poliestere, rinforzati con fibre di vetro (v. RCP01 - Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi).

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Questa tecnica è utilizzata per l'incollaggio di scaglie parzialmente distaccate e pericolanti o completamente distaccate, di manufatti realizzati con materiali lapidei, come sculture, paramenti in conci di pietra, rivestimenti e commessi marmorei, cornici e modanature in marmo ecc.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il procedimento di applicazione della tecnica varia con il materiale da consolidare, il tipo di frattura o di vuoto da colmare e il genere di consolidante impiegato.

##### *Preconsolidamento*

Un sistema abbastanza semplice consiste nel trattare a spruzzo le scaglie sollevate e riadagiarle progressivamente, alternando passate di collante ad altre di solvente, con l'aiuto di utensili di forma appropriata, preferibilmente realizzati in teflon. Questo perché il teflon (politetrafluoroetilene), essendo un materiale plastico con un altissimo angolo di contatto nei confronti di moltissimi liquidi (tra cui le resine sintetiche in soluzione), permette di evitare che gli strumenti aderiscano alle scaglie di pietra sollevate, riducendo o annullando il rischio di asportarle involontariamente o di staccarle ulteriormente dalla loro sede.

La tecnica di riadesione esclusivamente a spruzzo è comunque scarsamente utilizzata (se non in situazioni poco complicate), perché si è dimostrata notevolmente rischiosa; spesso però l'impregnazione a spruzzo è parte di metodi più complessi, quale, ad esempio, quello messo a punto per la prima volta da O. Nonfarmale nei primi anni settanta nel restauro del portale di S. Petronio a Bologna (v. CSD01 - Preconsolidamento di superfici decoese), consigliato in situazioni di notevole complessità.

Alla tecnica a spruzzo spesso si preferisce il metodo di riadesione delle scaglie mediante iniezione. Il collante contenuto in una siringa è iniettato al di sotto delle scaglie pericolanti; su di esse si esercita una leggera pressione con una tamponatura a spugna (imbevuta di un solvente idoneo) e si realizza la riadesione delle scaglie alla superficie. Ciò consente anche di asportare l'eventuale collante in eccesso. È prudente proteggere preventivamente la superficie con carta giapponese, vale a dire interponendo un filtro tra le scaglie e la spugna bagnata, e limitando notevolmente i rischi di distacco.

##### *Consolidamento*

Prima di realizzare l'incollaggio definitivo delle scaglie distaccate sarà necessario valutare la necessità di un preconsolidamento, con le tecniche sopra descritte, e di una eventuale velinatura delle superfici decoese. Successivamente si dovrà pulire e preparare accuratamente il supporto su cui si va a intervenire.

L'applicazione del prodotto adesivo sarà eseguita a pennello o a spruzzo, e per la scelta del sistema più idoneo si terrà conto del tipo di materiale e della dimensione delle masse da incollare.

Nell'applicazione a pennello, il prodotto consolidante deve essere distribuito uniformemente e in abbondanza sulle superfici da far riaderire. Utilizzando il metodo a spruzzo, la distribuzione del materiale avverrà tramite un getto nebulizzato che irrori omogeneamente tutte le superfici interessate dall'incollaggio. Poi la parte distaccata sarà collocata nella sua sede definitiva controllando che i lembi del supporto e della parte da incollare siano correttamente accostati. In attesa del completo indurimento dei collanti, per mantenere i frammenti in posizione, saranno previsti dei presidi provvisori.

L'incollaggio in profondità è eseguito utilizzando siringhe, assicurandosi che il distacco sia riempito il più possibile e procedendo a una immediata pulitura in caso di fuoriuscita del prodotto. L'adesivo da iniettare può essere costituito da polimeri acrilici in soluzione o dispersione e cariche (carbonato

di calcio o pietra macinata), oppure da un collante epossidico bicomponente con grado di fluidità e viscosità dipendente dalla dimensione della fessura da riempire.

Se la parte distaccata non è facilmente raggiungibile, è possibile praticare dei fori con un microtrapano con punte molto sottili. Il foro deve essere pulito da polveri, residui della foratura o quant'altro possa ostacolare l'immissione e la percolazione del prodotto adesivo.

Successivamente sarà necessario stuccare, ad esempio con una gomma siliconica, tutte le lesioni e i fori dai quali potrebbe fuoriuscire il prodotto adesivo (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6). Una volta indurita la resina si provvederà all'eliminazione delle stuccature in gomma siliconica e, dove necessario, alla loro sostituzione con stuccature permanenti. Tali stuccature superficiali andranno eseguite con malte aventi resistenza analoga a quella della pietra. L'impasto può essere realizzato utilizzando ad esempio composti a base di grassello di calce o calce idraulica, sabbia, pietra macinata, pigmenti e altri aggregati minerali che permettono di ottenere un impasto con tessitura e colore simili a quelli del manufatto lapideo su cui si interviene.

La granulometria dell'aggregato, in particolare, incide sulla consistenza, sulla plasticità, sulla resistenza e sulla tessitura della malta. È importante anche il colore dell'aggregato, che va eventualmente corretto con pigmenti, perché da questo dipende la percezione visiva del parte integrata, sia che si voglia un risultato mimetico, sia che si intenda invece marcare la differenza tra l'area d'intervento e la superficie circostante.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Un intervento tecnicamente corretto deve tenere conto della compatibilità tra adesivo e substrato, della temperatura e dell'umidità ambientale e del manufatto. La temperatura agisce sui processi d'indurimento e sulla viscosità dei componenti. È importante, pertanto, prima di procedere all'esecuzione delle diverse fasi tecniche, verificare le condizioni atmosferiche e controllare che la temperatura esterna sia compresa tra i 5 e i 35 °C.

La maggior parte degli adesivi strutturali ha bassa resistenza alle radiazioni U.V., con conseguenti fenomeni di ingiallimento e fragilità superficiale; quindi il loro uso dovrebbe essere limitato alle zone più profonde delle fratture.

Dovendo procedere alla riadesione di una pellicola pittorica, si è sperimentato con successo l'uso di caseinato di ammonio diluito in acqua al 6-8%, preparato facendo evaporare l'idrato di ammonio in eccesso e miscelandolo a una soluzione satura di calcio idrossido nella proporzione di 1:1, per ottenere come risultato finale la formazione di caseinato di calcio.

#### **ESPERIENZE**

Arco della galleria Vittorio Emanuele II a Milano, anno intervento 1999. Le parti che presentavano una perdita di adesione sono state fissate con iniezioni di resina epossidica e sigillate in superficie con malta, per evitare il viraggio di colore della malta.

Architrave del portale d'ingresso del duomo di Siena di Tino da Camaino. Riadesione delle scaglie a spruzzo Paraloid B72 in xilolo al 5%.

Facciata della chiesa dei Santi Michele e Gaetano a Firenze. Riadesione delle scaglie di pietra con iniezioni perfluorurato.

Palazzo Mellini Fossi a Firenze. Preconsolidamento della superficie dipinta con caseinato di ammonio diluito in acqua al 68% miscelato a una soluzione satura di calcio idrossido nella proporzione di 1:1. Questa miscela è stata iniettata sotto le scaglie di colore grazie al sussidio di una siringa bicomponente. Sulle scaglie che erano state preventivamente protette con carta giapponese si è esercitata una leggera pressione con una spugna imbevuta d'acqua deionizzata. L'intervento così effettuato ha dato ottimi risultati.

Villa della Regina a Torino, anno intervento 2003. Restauro delle sculture lapidee del Gran Rondeau. Le scaglie sollevate sono state fatte riaderire mediante adesivi acrilici e microstuccature con impasti di calce idraulica e polvere di marmo di colore paglierino, per accordarsi cromaticamente alla superficie del marmo originale.

Cattedrale di Pescia (Pistoia), anno intervento 2009. Le scaglie sollevate sono state consolidate con applicazioni a iniezione o a pennello di silicato di etile, rimozione delle malte incoerenti e sostituzione di nuova malta di calce e sabbia di fiume; sigillatura delle fessure e delle microfessure con calci e polveri di granulometria particolarmente fine.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Amoroso G. G., Camaiti M. 1997; Conti C., Martines G., Usai C. 1996; Danti C., Giovannoni S., Lalli C., Lanfranchi M. R., Matteini M., Moles A., Nipoti M. R. 1997; Gasparoli P. 1997; Rossi Manaresi R. 1980.

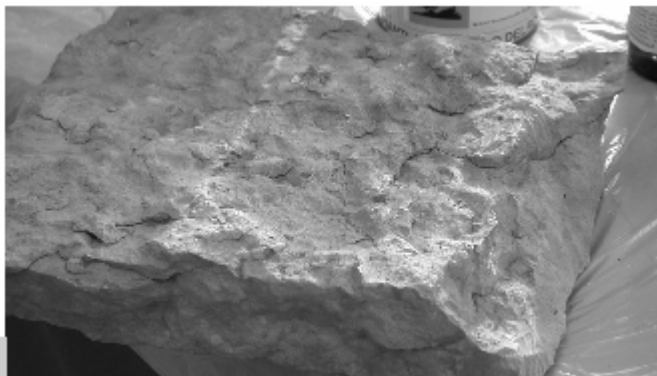


Figura 1 • Provino lapideo che presenta fenomeni di scagliatura e parziali distacchi. (ZAM)



Figura 2 • Pulitura dei bordi delle scaglie per consentire la successiva stuccatura. (ZAM)



Figura 3 • Preparazione della gomma siliconica per la stuccatura dei bordi di frattura. (ZAM)



Figura 4 • Stuccatura delle fratture e dei fori dai quali potrebbe fuoriuscire il prodotto adesivo che sarà iniettato. (ZAM)



Figura 5 • Se la parte distaccata non è facilmente raggiungibile, è possibile praticare dei fori con un microtrapano con punte molto sottili. (ZAM)



Figura 6 • L'incollaggio in profondità è eseguito utilizzando siringhe, assicurandosi che il distacco sia riempito il più possibile e procedendo a una immediata pulitura in caso di fuoriuscita del prodotto. (ZAM)



## RCP 05 | RIADESIONE DI DISTACCHI TRAMITE INIEZIONI

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Gli intonaci, oltre a subire fenomeni di degrado che possono comprometterne forma, resistenza e coesione, possono perdere la propria aderenza al supporto e cadere mettendo a nudo e a rischio la sottostante muratura. Analoghi fenomeni possono peraltro interessare anche gli strati superficiali di manufatti lapidei soprattutto se di natura scistosa. In questi casi, quando al distacco non è ancora seguita la caduta è possibile fare nuovamente aderire l'intonaco al supporto.

La tecnica di cui si tratta ottiene tale scopo riempiendo le cavità create tra supporto e intonaco distaccato, tramite iniezioni di prodotti e malte consolidanti, in modo da ottenere un'azione adesiva tra le superfici distaccate. La ricostituzione di una continuità tra la materia delle due componenti costruttive (muro e intonaco) e tra i suoi diversi strati restituisce loro, in tutto o in parte, le caratteristiche fisiche e meccaniche, perdute o minacciate, e le loro prestazioni tecnologiche concorrendo alla conservazione dell'architettura e alla sua durabilità.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

I fenomeni di distacco degli intonaci o degli strati di materiali lapidei, specie se a struttura scistosa, sono piuttosto comuni, soprattutto nell'edilizia storica. Negli intonaci, i distacchi provocano a volte la caduta e la perdita di porzioni più o meno estese di materia, determinando lacune sulle superfici parietali dannose per la perdita della loro forma ma anche per la loro efficienza e durabilità. Altre volte, invece, in cui l'intonaco è ancora apparentemente integro e continuo, seppur instabile, i distacchi sono a uno stadio più o meno avanzato, e si presentano nella forma di rigonfiamenti occultati, oppure si mostrano come strati superficiali palesemente separati dalla massa sottostante.

Ove si manifestino fenomeni di tale natura e si decida d'intervenire con metodi di consolidamento, è opportuno predisporre una serie di accertamenti preliminari per costruire una mappa completa delle aree d'intervento con la valutazione dei suoi diversi gradi di rischio.

A tale scopo, sono particolarmente adatti metodi d'analisi quali le prospezioni ultrasoniche o la termografia, che consentono di individuare e diagnosticare le disomogeneità esistenti nelle masse costruite che dall'esterno appaiono continue e omogenee, rilevando le eventuali superfici di discontinuità tra i diversi materiali ed elementi, altrimenti difficilmente determinabili con precisione. Le prospezioni soniche, in particolare, si prestano anche a un uso empirico e di agevole esecuzione attraverso la battitura manuale delle superfici, con un martelletto di gomma o con le nocche delle dita, cui fa seguito l'interpretazione del segnale acustico emesso dalla zona d'auscultazione, poiché la presenza di vuoti e discontinuità al di sotto della superficie darà come risultato un suono sordo.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'applicazione della tecnica di riadesione mediante iniezioni risente dei caratteri del manufatto su cui si interviene e può conoscere molte varianti. Essa prevede tuttavia una sequenza di operazioni che sinteticamente tendono a:

a) localizzare la porzione di intonaco distaccato da fare riaderire ed eseguire un foro di piccole dimensioni ( $\varnothing 2-4$  mm), scegliendo con cura il punto più adatto poiché, soprattutto nel caso in cui l'ampiezza del distacco sia molto limitata e, quindi, la possibilità di inserimento del consolidante

nella lente di distacco risulti ridotta, la quantità di materiale che si riuscirà a introdurre può dipendere dalla buona scelta del punto d'iniezione.

I fori possono non essere necessari se la zona di distacco è agevolmente raggiungibile con le iniezioni, anche utilizzando le discontinuità già presenti sulla sua superficie esterna, quali lesioni, fratture, crepe o bordi.

Se i distacchi interessano superfici ampie, sono necessari diversi fori d'iniezione, che saranno praticati iniziando dal basso e proseguendo man mano verso l'alto, in modo che i prodotti iniettati possano riempire progressivamente tutto il vuoto esistente tra intonaco e supporto.

I fori devono essere eseguiti sfruttando il più possibile le zone in cui si sono verificate cadute o abrasioni e possono essere realizzati tramite punteruoli o piccoli trapani ad alta velocità, con punte molto sottili, come ad esempio quelle usate in odontoiatria. Tra la punta del trapano e la superficie dell'intonaco deve essere interposta una spugna inumidita per raccogliere la polvere prodotta con la perforazione. Occorre inoltre evitare che la forza e il movimento, esercitati per praticare il foro, inducano stress tali nell'intonaco da determinare la rottura e la caduta della parte sollevata.

b) Aspirare la polvere rimasta intorno alle pareti del foro e quella presente all'interno del vuoto, utilizzando cateteri flessibili di dimensioni adeguate.

c) Pulire le superfici interne alla lente di distacco e favorire lo scorrimento e la presa del consolidante al suo interno iniettandovi, con una siringa o con una peretta, acqua deionizzata o una miscela d'acqua e alcool che defluirà all'esterno attraverso i fori della zona inferiore o rifluirà dal foro di iniezione stesso.

d) Stuccare tutti i bordi dell'intonaco, le fessure, i fori e le zone dalle quali è uscito il liquido iniettato. Questa operazione serve anche a individuare i punti di possibile fuoriuscita del materiale sigillante da iniettare e a creare, con le stucature, una condizione di "camera stagna" per la lente di distacco.

e) Iniettare, infine, il prodotto consolidante, introducendo nel foro un piccolo tubo di gomma o un ago di dimensioni e forma adeguati al tipo di fluido utilizzato e alle condizioni del distacco (fig. 1).

Spesso questo insieme di operazioni è reso difficile dalla presenza, all'interno delle lenti di distacco, di polvere o di sabbia proveniente dall'intonaco decoeso; questi residui, quando il distacco tra gli strati è di entità ridotta (come profondità e volume), possono ostacolare il passaggio del consolidante. In questi casi è inevitabile usare un materiale sigillante praticamente liquido e impiegare prodotti polimerici come le resine acriliche (ad es. Primal AC 33) che, sebbene non rispondano ai requisiti del materiale ideale adatto per supporti di natura minerale, sembrano costituire l'unica soluzione possibile.

Quando la dimensione del distacco lo consente, anche in presenza di simili ostacoli, si cerca di far passare la malta fluida o l'adesivo, iniettando in un primo momento l'acqua e aspettando che questa penetri fino a essere completamente assorbita dai capillari degli strati di intonaco, lasciando nuovamente libere le zone dove dovrà successivamente giungere il consolidante.

Completata la pulitura, si procede all'iniezione dell'adesivo, con molta lentezza, controllando costantemente che la porzione d'intonaco sollevata non rigonfi in seguito alla pressione provocata all'interno del vuoto dal consolidante stesso.

Soprattutto se si usa una malta fluida, occorre evitare che il peso del nuovo materiale, soprattutto nel caso di distacchi molto pronunciati, gravi sull'intonaco sollevato aumentando il distacco. È opportuno, allora, esercitare una pressione continua ma leggera dall'esterno, sulla superficie dell'intonaco, almeno durante il tempo di presa del consolidante. Quest'operazione può essere agevolata da una pompa per sottovuoto (blando sottovuoto), oppure utilizzando dei puntelli di alluminio (di tipo leggero), formati da più sezioni tubolari uniti da una barra filettata, la cui lunghezza è regolabile con l'aiuto di manopole girevoli. Per proteggere la superficie e uniformare la pressione s'interporrà tra i puntelli e la parete un pannello di dimensioni adeguate o uno strato di ovatta, il tutto ricoperto con un foglio di polietilene, affinché le azioni di spinta e di contropinta che si generano sull'intonaco siano attutite e non provochino ulteriori danni.

La tecnica di riadesione degli intonaci tramite iniezione, richiede, oltre agli accorgimenti descritti, l'uso di prodotti dotati di particolari caratteristiche di fluidità, rapidi tempi di presa, pronunciata tenacità, scarso ritiro, porosità simile a quella dell'intonaco esistente, oltre a tutte le caratteristiche proprie dei materiali usati nel restauro, tra le quali, in primo luogo, l'assenza al loro interno di sostanze solubili e la compatibilità con i materiali su cui si agisce (fig. 2, fig. 3, fig. 4).

### *Prodotti e materiali*

I prodotti utilizzabili con questa tecnica sono più d'uno e ciascuno di essi presenta vantaggi e rischi diversi, oltre a richiedere specifici accorgimenti nella fase di applicazione. Di seguito, si accenna quindi ai prodotti più comunemente impiegati.

#### *Iniezioni con malta contenente calce idraulica Lafarge*

La calce idraulica Lafarge è usata, in genere, miscelata con un aggregato, per lo più polvere di mattone, e con resina acrilica (Primal AC33). Alcune prove realizzate nel laboratorio dell'Opificio delle pietre dure di Firenze hanno dimostrato però che le iniezioni con miscele contenenti tale legante forniscono una saturazione del distacco molto omogenea, con tenacità elevata ma una scarsa adesione. Sarebbe probabilmente preferibile ottenere un riempimento del vuoto, magari meno omogeneo, ma che, nelle zone raggiunte, assicuri una buona adesione tra intonaco distaccato e supporto, anche perché la riadesione ottenuta con un prodotto molto tenace può provocare eccessive tensioni all'interno dell'intonaco stesso.

Inoltre, la presenza di sali, o di fenomeni quali gli sbalzi di temperatura, l'umidità e le vibrazioni, possono favorire il distacco del prodotto dal supporto e, di conseguenza, la caduta dell'intonaco.

#### *Iniezioni con Ledan TB1*

Il Ledan TB1 è un materiale composto da quarzo, pozzolana, bario, perlite micronizzata, calce idraulica artificiale e additivi diversi, vale a dire fluidificanti, agenti aeranti e antisedimentali, ritardanti, antibatterici. Il prodotto assicura ottima adesione, ma una saturazione disomogenea della lente di distacco, e ha una tenacità eccessiva che può provocare tensioni nell'intonaco. Inoltre, le calce idrauliche artificiali possono contenere sostanze solubili che, anche a presa avvenuta, tendono a migrare in altre zone e a ricristallizzare sotto forma di sali. Esse possono, infine, agire come impermeabilizzanti, bloccando l'umidità all'interno dell'intonaco.

#### *Iniezioni con alluminati di calcio*

Le malte contenenti alluminati di calcio sono state messe a punto per la ricollocazione su nuovi supporti dei mosaici staccati e sono state successivamente sperimentate anche sugli intonaci, cercando di approfittare dei vantaggi derivanti dalla loro leggerezza. La reazione che si sviluppa, aggiungendo alle malte di calce e sabbia, piccole quantità d'alluminio metallico in polvere, provoca, a causa dello sviluppo di gas nel composto, la formazione di un materiale molto poroso che conserva le caratteristiche d'adesività della malta a base di calce, ma è molto più leggero. La capacità d'espansione di queste malte dipende dalla percentuale di polvere d'alluminio in esse contenuta e dalla fluidità dell'impasto.

Se la malta ha la giusta fluidità, il gas sviluppato nella reazione rimane al suo interno e svolge efficacemente le sue funzioni; in un formulato troppo fluido, all'opposto, il gas tende ad uscire e a diffondersi nell'ambiente, mentre, in un impasto troppo denso, l'espansione non si sviluppa affatto. Nella preparazione del composto è necessario porre particolare attenzione alle dosi dei diversi componenti, per ottenere il giusto aumento di volume; basta, infatti, una piccolissima variazione nella quantità della polvere d'alluminio per variare il volume finale dell'impasto e per modificare la velocità della reazione (con i conseguenti rischi per la stabilità della porzione di intonaco distaccata).

Il composto normalmente utilizzato nelle operazioni di riadesione per iniezione è formato da 2 parti di grassello di calce e 1 di sabbia in volume, con l'aggiunta dello 0,1% di polvere d'alluminio. La difficoltà insita nell'uso di questo formulato è proprio legata alla possibilità di prepararlo in cantiere rispettando i corretti parametri appena menzionati, poiché un aumento non controllabile del volume può provocare l'aumento dei rigonfiamenti, mettendo in crisi le zone circostanti i distacchi in cui vi è ancora adesione tra intonaco e struttura muraria.

#### *Iniezioni con malte aeree a presa autogena*

Gli ostacoli nell'applicazione di una comune malta di calce e sabbia risiedono anzitutto nella difficoltà di ottenere un impasto sufficientemente fluido da poter essere iniettato, e nel far arrivare l'anidride carbonica all'interno delle cavità consolidate, attivando la carbonatazione della malta. Il problema è ulteriormente complicato dal fatto che tale reazione avviene in tempi piuttosto lunghi. Si è cercato di superare quest'impasse con la messa a punto di una malta aerea a presa

autogena, realizzata da Enzo Ferroni del Dipartimento di chimica dell'Università di Firenze. Si tratta di una malta in grado di dar luogo con un processo d'idrolisi, cioè di rottura delle molecole d'acqua in ambiente alcalino, alla lenta formazione di anidride carbonica. Per ottenere tale reazione, che riproduce in modo artificiale il naturale processo della carbonatazione, si è fatto uso della reazione d'idrolisi dell'uretano etilico. Dopo aver determinato quale fosse la quantità ottimale di uretano etilico per ottenere una presa il più possibile simile al processo di carbonatazione naturale, è stata predisposta una malta composta da calce e sabbia in rapporto 1:1 in volume, con l'aggiunta dal 2,5% al 5% in peso di uretano etilico e 100 ml d'acqua satura d'azoto. Questa percentuale assicura il miglior processo di presa, poiché determina un pH alcalino nel sistema, permettendo così che la reazione avvenga lentamente e, inoltre, essa conferisce un'adeguata consistenza alla malta, una volta consolidata. Per raggiungere una fluidità che permetta l'intervento a iniezione, alla malta è aggiunto un additivo (un sale di calcio del polinaftalensolfonato) che, unendosi alle particelle della malta mediante la parte ionica, provoca la repulsione tra le particelle stesse aumentando la fluidità del composto.

### *Additivi*

Per migliorare l'utilizzo dei prodotti adesivi appena ricordati, si aggiungono a essi sostanze che hanno la funzione di migliorare lo scorrimento del composto e favorirne la penetrazione all'interno dei vuoti. Si tratta, in genere, di additivi fluidificanti che, in alcuni casi, si trovano già nella composizione dei composti normalmente commercializzati, come avviene nel caso delle malte contenenti calce idraulica Lafarge e polvere di mattone, alle quali è usualmente aggiunto il gluconato di sodio, come fluidificante. Altri tipi di additivi utilizzati in questa tecnica sono i ritentivi d'acqua a base di eteri di cellulosa o i bilanciatori di ritiro, tra i quali vi sono il carbone fluido, la polvere d'alluminio, il gel di silice, i polimeri acrilici e le emulsioni acriliche.

Le proporzioni risultate più idonee, sulla base di prove di laboratorio eseguite all'Opificio delle pietre dure di Firenze, sono le seguenti: 68% di grassello, 32% di sabbia e 1 cc di fluidificante; in questo caso si ottengono stabilità e iniettabilità soddisfacenti, ma il ritiro eccessivo diminuisce le capacità di resistenza della malta.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Altri limiti della tecnica di riadesione mediante iniezioni, oltre a quelli legati all'impiego dei diversi prodotti, possono essere rappresentati dal rischio di:

- a) dar luogo a una distribuzione discontinua del riempitivo, a "pelle di leopardo", che non permette di ricostruire una esatta "geografia" delle zone consolidate;
- b) determinare o favorire rotture e crolli della porzione di intonaco sottoposta a riadesione se, durante l'iniezione del consolidante, non vengono adottati tutti gli accorgimenti necessari a tenere sotto controllo la pressione esercitata dal prodotto iniettato verso l'esterno.

Una variante al sistema di consolidamento mediante iniezione prevede così la creazione di una rete di ancoraggio (a maglia variabile) con tasselli chimici realizzati con iniezioni localizzate di resina epossidica, passanti nei vari strati soggetti a distacco e ancorati al supporto murario.

### **ESPERIENZE**

Palazzo Ferroni Spini, Firenze, anno intervento anteriore al 1995. Per il consolidamento degli intonaci sollevati negli affreschi e decorazioni del primo e secondo piano è stata utilizzata calce idraulica Lafarge addizionata con polvere di mattone in parti uguali (1:1) e resina acrilica Primal AC33.

Palazzo Té, Mantova, anno intervento anteriore al 1995. Per il consolidamento degli intonaci di supporto degli affreschi è stato utilizzato Ledan TB1 al 50% in acqua.

Chiesa del Carmine, Firenze, anno intervento anteriore al 1995. Per il consolidamento degli intonaci di supporto degli affreschi della cappella Brancacci è stata utilizzata una malta a presa autogena.

Chiesa di San Rocco a Condino (Trento), anno intervento anteriore al 1989. Consolidamento dei distacchi tra rinzaffo e arricciatura mediante iniezioni di resine acriliche e consolidamento dei

distacchi tra intonaco e supporto murario mediante iniezioni puntuali di resine epossidiche a creare una rete di ancoraggio.

Chiesa di Santa Maria della Consolazione a Martano (Lecce), anno intervento 1989-1992.

L'adesione alla muratura dell'intonaco distaccato è stata ottenuta mediante iniezioni di una boiaccia costituita da un lattice polimerico e da un legante inorganico a basso contenuto di sali.

Palazzo Natta a Como, anno intervento 2001. Per la riadesione degli intonaci rigonfiati, si è proceduto a un preconsolidamento con garze e Paraloid B72 diluito in acetone. Successivamente, si sono eseguite delle microiniezioni con idonea malta.

Chiesa di SS. Sebastiano e Rocco a San Vito Romano (Roma), anno intervento 2000-2001.

La riadesione dell'intonaco al supporto è stata ottenuta tramite microiniezioni di latte di calce additivato con resine acriliche.

Cappella degli Scrovegni a Padova, anno intervento 2001. Per il consolidamento degli intonaci è stato utilizzato il Ledan TB1 – ICR.

Convento del Carmine, Firenze, anno intervento 2004. Nei distacchi di intonaco maggiormente deformati e quindi più distanti dalle pareti di ancoraggio sono state eseguite delle iniezioni con malte fluide a espansione composte da: grassello di calce (1 p), sabbia finissima, Primal AC 33 al 10%, alluminio in polvere (0,5 sul peso complessivo dell'impasto).

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Botticelli G. 1996; Botticelli G., Botticelli S. 2008; Feiffer C. (a cura di) 1997; Fernandez Santiago A. N. 1995.

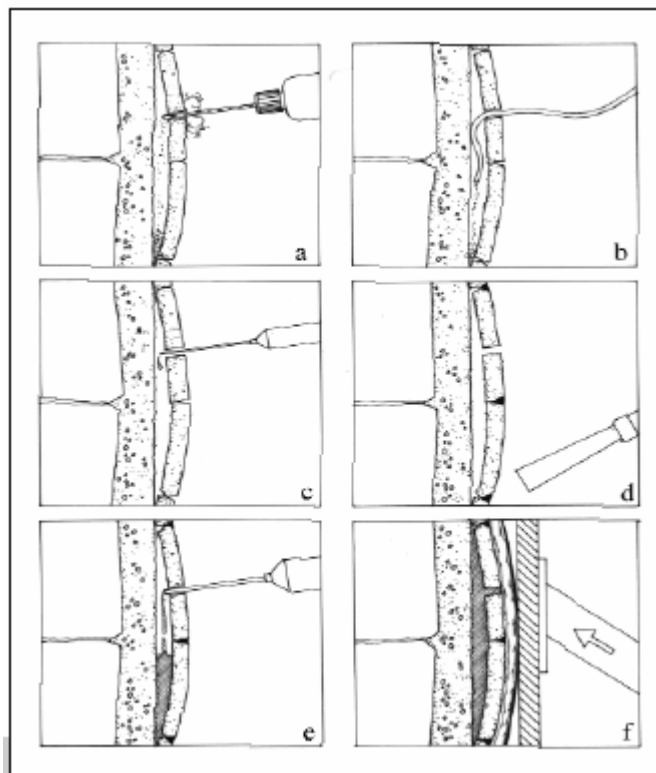


Figura 1 • Fasi esecutive per l'applicazione della tecnica:

a) esecuzione di un foro di piccole dimensioni ( $\varnothing$  2~4 mm).

Tra la punta del trapano e la superficie dell'intonaco deve essere interposta una spugna inumidita per raccogliere la polvere prodotta con la perforazione;

b) raggiunta la zona del distacco, si aspira con cateteri flessibili la polvere rimasta all'interno del vuoto;

c) si inietta con una siringa acqua deionizzata o una miscela di acqua e alcol, per pulire la superficie del distacco e favorire lo scorrimento e la presa del consolidante;

d) si realizza una "camera stagna", si stuccano tutti i bordi dell'intonaco, le fessure, i fori e le zone dalle quali è uscito il liquido;

e) si inietta il prodotto consolidante;

f) nel caso di distacchi molto estesi, per evitare che il peso del prodotto consolidante gravi sull'intonaco sollevato aumentandone il distacco, è opportuno esercitare una pressione continua, ma leggera, sulla superficie dell'intonaco stesso. Per questa operazione, si possono utilizzare pannelli di legno sostenuti da puntelli. Per proteggere la superficie e uniformare la pressione, si porrà a contatto con l'intonaco un panno morbido o uno strato di ovatta, il tutto ricoperto da un foglio di polietilene. (CAF)



Figura 2 • Esecuzione del foro, con trapano manuale a rotazione, per l'iniezione del consolidante.



Figura 3 • Pulitura del foro dalla polvere prodotta durante l'operazione precedente.



Figura 4 • Iniezione del consolidante. Con una piccola spugna umida si provvede alla immediata pulitura della superficie forata dall'eventuale fuoriuscita del consolidante.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Con i termini di lastronatura, impiallacciatura e placcatura si indicano i rivestimenti delle superfici lignee ottenuti con lamine più o meno sottili, sempre di legno, che svolgono una funzione protettiva e/o di finitura ornamentale. Oggi, le lamine per impiallacciatura, dette piallacci, sono più sottili (spessori inferiori al millimetro) di quelle usate anticamente e che, in falegnameria ed ebanisteria, sono ancora denominate "lastroni", da cui il termine "lastronatura", con il quale sono definite le placcature antiche.

Queste finiture possono sollevarsi o staccarsi dal supporto per diverse ragioni, tra le quali, ad esempio, le variazioni dell'umidità, che comportano deformazioni nella lamina di rivestimento o il deterioramento della colla che perde la sua azione adesiva e favorisce rigonfiamenti e distacchi. La riadesione è solitamente ottenuta mediante stesura di nuovo adesivo, interposto tra la superficie del legno di base e quella della lamina di rivestimento distaccata o scarsamente aderente.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è adottata per ridurre sollevamenti o distacchi della placcatura dei legni impiallacciati o lastronati, con operazioni che non implicino danni alla porzione staccata o deformata.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Preliminarmente occorre verificare se il rivestimento presenta porzioni danneggiate, quali cretti, bruciature, attacchi biologici o mancanze, occorre allora rimuovere la parte deteriorata e sostituirla con un tassello ricavato da una lamina dello stesso materiale (v. INT22 - Integrazione mediante inserimento di tasselli lignei).

Occorre inoltre verificare lo stato della struttura del manufatto ligneo e, qualora necessiti di interventi di consolidamento, rinforzo, integrazione, è necessario procedere innanzitutto con gli interventi sul supporto e solo successivamente operare sui rivestimenti. Potrà pertanto essere necessario fissare o proteggere le porzioni di rivestimento più fragili e che possono essere ulteriormente essere danneggiate nel corso dell'intervento sulle strutture.

Se la perdita di adesione del rivestimento è accompagnata da sollevamenti e distacchi dello strato di finitura direttamente accessibili, le fasi esecutive dell'intervento possono essere schematizzate come segue.

- 1) spesso è sufficiente sollevare delicatamente il lembo distaccato o sollevato con un utensile a lama sottile e flessibile come un mestichino, e con la lama di un coltello da rifinitura si rimuove l'adesivo degradato mediante raschiatura o ricorrendo a solventi dalla faccia interna del rivestimento e dal supporto.
- 2) Se il foglio di legno è molto rigido e non si deforma facilmente, si può inumidire sul retro iniettando nella bolla alcune gocce di acqua calda con una siringa e attendendo qualche minuto che l'imbibizione faccia il suo effetto.
- 3) Quando la superficie interna della bolla o il bordo sollevato di una placca distaccata è pulito e asciutto, vi si applica l'adesivo, usando un iniettore di colla, una spatola o un pennello sottile, per ottenere uno strato omogeneo e continuo di adesivo.



- 5) Si fa quindi riaderire al supporto la porzione di impiallacciatura sollevata e si eliminano i residui di colla che dovessero fuoriuscire dai giunti.
- 6) Con un rullo da carta da parati, si preme sulla zona riparata per favorire la riadesione.
- 7) Si elimina nuovamente ogni residuo di colla eventualmente fuoriuscito, quindi si copre la parte incollata con un pezzo di carta, al di sopra del quale sono posti alcuni pesi, finché la colla non indurisce. Oppure, si può stringere la zona riparata con dei morsetti, interponendo tra le sue ganasce e il manufatto alcuni blocchi di legno per evitare che le morse ne danneggino la superficie.
- 8) Dopo qualche ora, si possono rimuovere i pesi e la carta. Se questa dovesse aderire in qualche punto alla superficie del legno, si rimuoverà raschiandola delicatamente con uno scalpello affilato, usandolo con il bordo smussato verso il basso (fig. 1).

Nel caso di rigonfiamenti del rivestimento, più frequenti in presenza di impiallaccature sottili, la sequenza delle fasi esecutive dell'intervento è più complessa, in quanto è necessario raggiungere la faccia interna del piallaccio per poter intervenire. A tal fine con un coltello da rifinitura, utilizzando come guida un regolo metallico, in corrispondenza del rigonfiamento si pratica un'incisione parallela o diagonale rispetto all'orientamento delle vene dell'impiallacciatura e, se è necessario, secondo le dimensioni del rigonfiamento, si esegue una seconda incisione che interseca la prima al centro della bolla, a formare una X. L'incisione praticata in corrispondenza del rigonfiamento può servire anche per rimuovere la deformazione formatasi nella lamina, eventualmente eliminando una sua piccola porzione prima di farla riaderire; ma torna utile, anche per aver accesso alla faccia interna dell'impiallacciatura, eliminare lo strato di colla esistente e spalmare il nuovo adesivo. Si procede poi come nel caso più semplice sopra descritto. Solo ad intervento completato sarà possibile procedere con la disinfestazione, la pulitura e la protezione del manufatto.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Se il collante presente nel manufatto è costituito da colla forte, o da altra colla di origine animale, è possibile rinnovarne il potere adesivo esponendola al calore e facendola fondere. Se ciò non è possibile, si ricorre a un nuovo adesivo. Nel caso di distacchi o sollevamenti di lieve entità, la tecnica si semplifica, in quanto, per assicurare la riadesione della parte distaccata, è sufficiente rammollire la colla applicando un ferro caldo alla porzione di superficie interessata, dopo averla protetta con un panno umido. Quando la colla si è ammorbidita, si preme la zona interessata dal distacco con un peso o applicando dei morsetti, previa interposizione di un foglio di carta e di un pezzo di legno come protezione.

#### **ESPERIENZE**

L'intervento è diffuso nella consueta pratica dei laboratori di restauro del mobile.

Tra i numerosi manufatti sottoposti a questo tipo di intervento, si segnala:

Venezia, basilica di San Marco, arredi fissi della sacrestia. Reincollaggio con araldite e con resine acriliche delle tessere delle tarsie che decorano gli arredi.

Padula (SA), certosa di San Lorenzo, coro dei Conversi. Riadesione delle tarsie.

Firenze, palazzo Medici Riccardi, porte interne. Riadesione delle tarsie.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AMATI F., *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Milano, 1993;

AA.VV., *Rinnovare i mobili*, Milano, 1986;

RODD J., *Restauro e manutenzione dei mobili antichi*, La Spezia, 1976.

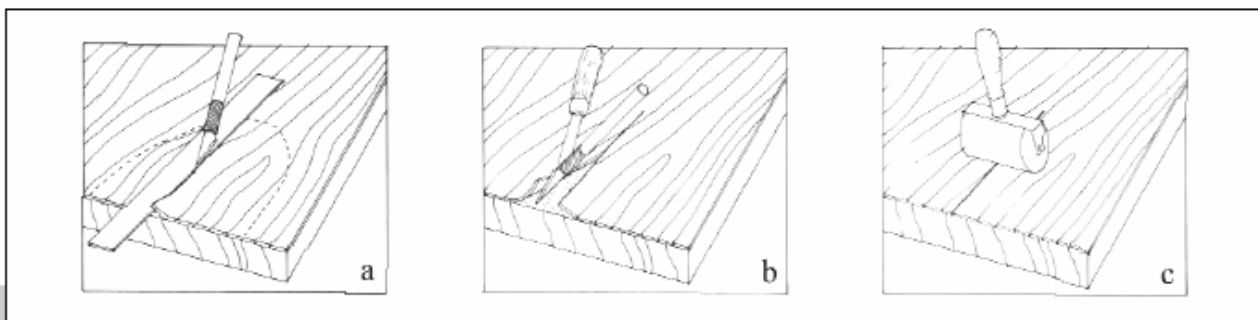


Figura 1 • Sequenza delle fasi esecutive dell'intervento:

- a) con un coltello da rifinitura, utilizzando come guida un regolo metallico, in corrispondenza del rigonfiamento si pratica un'incisione parallela o diagonale rispetto all'orientamento delle vene dell'impiallacciatura;
- b) con un utensile a lama sottile e flessibile si solleva delicatamente un lembo della bolla e con la lama di un coltello da rifinitura si raschia il vecchio strato di colla dalla faccia interna dell'impiallacciatura e dal supporto;
- c) quando la superficie interna della bolla è pulita e asciutta, vi si applica l'adesivo, usando un iniettore di colla, una spatola o un pennello sottile, per ottenere uno strato omogeneo e continuo di adesivo. Con un rullo utilizzato per congiungere la carta da parati si preme sulla zona riparata per favorire la riadesione.
- (CAF)

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica si basa sul principio di consolidare superfici musive in fase di separazione dal supporto murario, associando all'azione di malte e miscele adesive una serie di rinforzi puntuali, costituiti da perni, barre o fibre che ancorano lo strato pericolante al substrato strutturale. In tal modo, l'effetto incollante delle miscele adesive è integrato dall'efficacia di un ancoraggio meccanico che vincola la sovrastruttura musiva alla struttura muraria.

Viceversa, all'azione ancorante dei perni si associa quella adesiva delle malte.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il collegamento delle superfici musive alla struttura muraria retrostante mediante rinforzi puntuali (perni, viti, tiranti ecc.) si esegue in presenza di distacchi molto pronunciati, generalmente ubicati sulle volte o nelle loro zone d'imposta.

L'ancoraggio può essere adottato anche per bloccare provvisoriamente una superficie musiva che presenta rischio di crollo.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Nella maggior parte dei casi l'ancoraggio è associato all'impiego di prodotti o malte consolidanti.

Infatti, in caso di distacco, si procede di norma al riempimento dell'intercapedine con un impasto legante, in grado di saldare nuovamente gli strati d'allettamento delle tessere musive alla muratura portante, eliminando così i vuoti di separazione. Tale intervento, tuttavia, quando gli strati di posa del mosaico si trovano in precarie condizioni di conservazione, può provocare tensioni eccessive alla falda musiva. In tali casi è opportuno conferire al nuovo sistema, costituito dal mosaico e dall'intercapedine riempita, la massima saldezza, attraverso elementi di fissaggio alla struttura portante. In questo modo, se ne garantisce la stabilità, anche se l'impasto di riempimento non riesce ad aderire alle pareti dell'intercapedine o a raggiungere tutte le cavità presenti.

Il calcolo della posizione e della quantità di ancoraggi da installare va eseguito con estrema cura, tenendo conto, oltre che dell'entità e della distribuzione dei distacchi, anche delle caratteristiche tecniche di tutti i materiali. È necessario, perciò, valutare i coefficienti di dilatazione termica sia dei nuovi elementi sia dei materiali in opera, oltre al loro carico di rottura a flessione (o a taglio), e infine determinare lo sforzo di trazione al quale resiste l'ancoraggio, opponendosi a fuoriuscire dal proprio alloggiamento.

Pertanto, la prima operazione da compiere è individuare i difetti di adesione degli strati preparatori del mosaico, determinando l'estensione e la profondità dei distacchi. A questo fine, si possono eseguire accertamenti tramite indagine con endoscopio, auscultazione con stetoscopio delle onde sonore trasmesse da un diapason alla superficie musiva, tecniche elettromagnetiche impulsive, ultrasuoni ecc.

Solo dopo aver svolto tale operazione, si può stabilire il tipo, la quantità, le dimensioni degli ancoraggi e l'opportunità di associare l'impiego di prodotti consolidanti di riempimento delle intercapedini.

Attualmente, per realizzare gli ancoraggi sono disponibili diversi tipi di prodotti. Per la costruzione delle barre di ancoraggio si utilizzano materiali particolari (fibre sintetiche, ceramiche speciali, resine termoplastiche ecc.), frutto, in alcuni casi, di accurate sperimentazioni svolte in laboratorio; mentre non sono più presi in considerazione i materiali tradizionali come bronzo, ferro, rame, acciaio ecc. utilizzati sino a non molto tempo fa per realizzare chiodi, grappe, tiranti e altri mezzi

d'aggancio. L'esperienza ha dimostrato, infatti, che tali materiali sono soggetti a dilatazioni termiche, fenomeni d'ossidazione e altro, che sono incompatibili con la stabilità del consolidamento (fig. 1).

#### *Ancoraggio con perni ceramici*

I perni in ceramica speciale, chiamati "chiodi ceramici", sono stati messi a punto dall'Istituto di ricerche tecnologiche per la ceramica (Irtec) di Faenza, in collaborazione con l'Istituto del CNR di Faenza.

I prodotti ceramici avanzati, o speciali, sono adottati per le loro buone caratteristiche di stabilità agli agenti aggressivi e perché possiedono elevatissime proprietà meccaniche. Il fatto di possedere un'elevata durezza e una buona resistenza a compressione e a trazione, li rende particolarmente adatti a impieghi di tipo strutturale. Generalmente, all'uso dei perni ceramici si associa il riempimento delle lenti di distacco con prodotti consolidanti.

La forma delle barre d'ancoraggio è cilindrica ed è dotata di filettatura o di scanalature trasversali, il che consente, oltre che di migliorare l'adesione con l'impasto legante di riempimento, anche di ostacolarne la fuoriuscita dal loro alloggiamento. Il perno cilindrico, inoltre, può essere facilmente prodotto *ad hoc*, mediante estrusione a crudo; esso va poi sottoposto a una prima cottura e alla rifinitura al tornio per ottenerne la filettatura o la scanalatura, ed è infine predisposto per l'uso, con la cottura definitiva.

Sulla dimensione dei perni va precisato che, generalmente, alle imposte di archi e volte si utilizzano elementi di diametro e lunghezza superiori rispetto a quelli utilizzati sulle vele, considerando le maggiori sollecitazioni cui sono sottoposti in queste zone. Orientativamente, per uno spessore di mosaico di 5 cm, sulle volte s'impiegano perni con diametro di 8 mm e, all'imposta, elementi di 1 cm.

Per realizzare il foro, deve essere rimossa, anche se temporaneamente, almeno una tessera, e perciò sarebbe preferibile eseguire le perforazioni all'interno di una lacuna del tessellato o di una zona di sfondo e mai, ovviamente, in corrispondenza di un volto o di altro motivo figurato.

La messa in opera del perno prevede la foratura del muro sino a una profondità calcolata in base alle prove di resistenza meccanica del substrato, e in modo che l'estremità esterna del perno venga a trovarsi a un livello inferiore a quello della base delle tessere. In tal modo, la testa dell'elemento ancorante potrà essere successivamente ricoperta dalle tessere originarie ricollocate *in situ*. In via approssimativa, per ottenere un aggancio sicuro alla struttura portante, è necessario che il perno vi penetri per almeno 4-5 cm.

La perforazione va fatta con un trapano a bassa velocità, e il diametro del foro deve essere leggermente superiore a quello del perno cilindrico che vi sarà inserito. Negli strati di allettamento, in casi particolari di degrado, può essere opportuno realizzare il foro con punteruoli o piccoli trapani, in modo da non provocare sollecitazioni negative per il manto musivo.

Per il fissaggio del perno, dopo aver accuratamente liberato il foro dalla polvere e averlo pulito con acqua, si inietta con una siringa l'impasto legante, che è in genere lo stesso utilizzato per il riempimento dell'intercapedine, ma in forma meno fluida. Il perno deve essere inserito prima che l'impasto faccia presa del tutto, quindi si procede al riempimento dell'intercapedine e alla ricollocazione della tessera precedentemente rimossa. Se il foro è stato realizzato sul fondo di una lacuna, si procede alla stuccatura di integrazione.

I perni ceramici hanno dato a tutt'oggi ottimi risultati ma attualmente si preferisce utilizzare perni meno rigidi e più facilmente reperibili sul mercato come quelli in fibra sintetica.

#### *Ancoraggio con tiranti in fibra di polipropilene*

Le prove di chiodatura con tiranti in fibra sintetica sono state eseguite, nell'ambito di una ricerca della Soprintendenza per i beni artistici e storici di Roma, con lo scopo di difendere i mosaici dalle sollecitazioni provocate da un evento sismico.

Sono state, così, sperimentate delle chiodature con elementi in polipropilene, in grado di collegare efficacemente gli strati d'allettamento del mosaico al supporto murario, anche in condizioni particolarmente precarie.

Il polipropilene è una resina termoplastica, dura, compatta, resistente all'umidità e ai solventi, in grado di sopportare alte temperature (sino ai 170 °C). È un materiale particolarmente adatto per

essere impiegato in ambiente alcalino. È facilmente lavorabile ed è utilizzato come polvere da stampaggio per gli oggetti più svariati (pellicole, tubature, fibre, corde ecc.).

Per la realizzazione dei tiranti sono state messe a punto delle fibre con elevate caratteristiche fisico-meccaniche, che vanno inserite e fissate con un particolare procedimento all'interno della muratura.

Per inserire la fibra è necessario, innanzitutto, eseguire un foro negli strati di allettamento (dopo aver staccato temporaneamente una tessera dal mosaico), con una punta del diametro di 6 mm che penetri nella muratura a una profondità di circa 2 cm. Dopo aver liberato il foro dai detriti della perforazione e aver iniettato con una siringa dell'acqua per pulirne le pareti, s'introduce al suo interno una cannuccia in materiale plastico dello stesso diametro del foro, nella quale è precedentemente inserita la fibra sintetica. La cannuccia funge da cassaforma e deve essere più corta della fibra di circa 1 cm, in modo che quest'ultima, una volta inserita, fuoriesca dalla parte a contatto con la muratura aprendosi a raggiera e quindi offrendo una maggiore superficie utile per l'aggancio. Per inserire più agevolmente la fibra all'interno della cannuccia si possono utilizzare dei ferretti d'acciaio (un lungo ago, un uncino o simili).

L'incollaggio della fibra all'interno della muratura si effettua con un prodotto semiliquido, di quelli normalmente usati per il consolidamento dei distacchi degli intonaci, che va introdotto nella cannuccia con una siringa, sino al suo completo assorbimento da parte della fibra sintetica. Per esser sicuri che l'ancoraggio sia efficace, nel caso che il fluido adesivo non riesca a raggiungere perfettamente l'estremo interno della fibra, prima di introdurre quest'ultima nel foro, si può intingere nella malta l'estremità che sarà a contatto con la muratura.

Dopo aver atteso che l'impasto abbia cominciato a far presa (mezz'ora è generalmente sufficiente per essere sicuri che la fibra non si distacchi dal supporto), sempre aiutandosi con uno strumento metallico, si estrae delicatamente la cannuccia e si pressa la fibra che fuoriesce dalla parte dell'intonaco, nel caso si fosse accidentalmente staccata durante lo sfilamento della cannuccia. Infine, si reinserisce la tessera precedentemente estratta al suo posto, per dissimulare l'intervento.

#### *Ancoraggio con barrette di teflon*

L'ancoraggio è realizzato mediante una sorta di "grappa" costituita da una barretta filettata di teflon, avente, a un capo, un tassello a espansione e, all'altro, una rondella (detta "patera") di plexiglas.

Una volta inserito nella muratura, il tassello a espansione permette di effettuare un ancoraggio molto saldo, mentre la rondella blocca una porzione abbastanza ampia di superficie musiva, assolvendo un ruolo simile a quello svolto dalle piastre di scarico delle catene. È realizzata in plexiglas – nome commerciale di una resina termoplastica, il polimetilmetacrilato –, per le sue caratteristiche di trasparenza, leggerezza e infrangibilità, mentre per le barrette si utilizza il teflon, nome commerciale di un materiale plastico ottenuto dalla polimerizzazione del tetrafluoretilene. Il teflon è disponibile in varie forme, come polveri da

stampaggio, film, fibre ecc., ed è molto resistente agli agenti chimici e alle alte temperature.

Altri nomi commerciali di questo materiale plastico sono l'*algofluon* e il *fluon*.

Questo sistema, rispetto ai metodi analizzati precedentemente, ha il vantaggio di bloccare vaste zone di mosaici, e perciò, a parità di distacco, sono sufficienti un numero minore di elementi per ottenere un ancoraggio efficace. Esso, inoltre, ha una relativa facilità d'applicazione ed è reversibile, almeno per quanto riguarda la rondella di plexiglas che può essere facilmente rimossa. Il tassello a espansione, al contrario, una volta inserito non può essere estratto senza provocare danni agli strati di allettamento e, soprattutto, alla muratura.

Questo tipo di intervento, oltre che per la facilità di applicazione e per la sua visibilità, è per lo più utilizzato per consolidamenti provvisori, in attesa che la miscela consolidante raggiunga lo stato di presa definitivo, oppure durante l'esecuzione di altri interventi consolidanti, come, ad esempio, nel caso si debba agire dall'alto delle volte. In alcune situazioni si ricorre al consolidamento provvisorio per evitare la costruzione di centine.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il limite del procedimento di ancoraggio mediante perni ceramici è che, non avendo i perni una "testa", non si riesce ad ancorare in modo efficace il mosaico alla muratura, ed è necessario eseguire un numero piuttosto elevato di agganci.

Anche per la tecnica di ancoraggio con fibre di polipropilene, al fine di assicurare un collegamento efficace delle superfici musive alla struttura muraria, è necessario inserire un numero piuttosto elevato di elementi per unità di superficie di mosaico distaccato (generalmente sono richiesti una decina di ancoraggi per metro quadrato di mosaico). Anche in questo caso, inoltre, è necessario incrementare la quantità di elementi da inserire all'imposta delle volte, per via delle maggiori sollecitazioni cui essi sono sottoposti in tali aree.

Gli interventi meccanici localizzati possono rivelarsi, a volte, dannosi per la superficie musiva, in quanto sono in grado di provocare un aumento elevato delle sollecitazioni a compressione in quelle parti della struttura più interessate da fenomeni flessionali. Infatti, essendo l'intonaco costituito da materiali non resistenti a trazione, potrebbero verificarsi fessurazioni e distacchi con conseguente caduta del mosaico. Pertanto, è sempre necessario diagnosticare il totale comportamento statico della struttura di supporto prima di procedere alla messa in opera dei singoli elementi.

#### **ESPERIENZE**

Ravenna, basilica di San Vitale: arco presbiteriale (chiodi ceramici), anno intervento 1986.

Roma, chiesa di San Prassede: volta (chiodi in fibra sintetica di polipropilene).

Milano, basilica di Sant'Ambrogio: cappella di San Vittore in ciel d'oro (chiodi di fibra di polipropilene).

Palermo, cappella Palatina: volta della navata laterale di sinistra (chiodi di fibra di polipropilene).

Milano, basilica di S. Lorenzo Maggiore: cappella di S. Aquilino (viti a pressione di teflon).

Torcello (Venezia), basilica di S. Maria Assunta: catino absidale (viti a pressione di teflon e rondella di plexiglas).

Trivero (Biella), Villa Zegna (di O. Maraini, 1942), fontana maggiore della villa, mosaico pavimentale, rinforzo e riadesione degli strati di sottofondo con perni in resina, anno intervento 2009.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Alberti L., Tomeucci A. 1992, pp. 69-78; Fiori C. 1989, pp. 49-58; Fiori C., Mascolino C. 1990, pp. 115-17; Giantomassi Zari D. 1990, pp. 161-64; Kosinka J. 1985; Fumo G., Piana M. 1985, p. 360; Kosinka J. 1990, pp. 157-59.

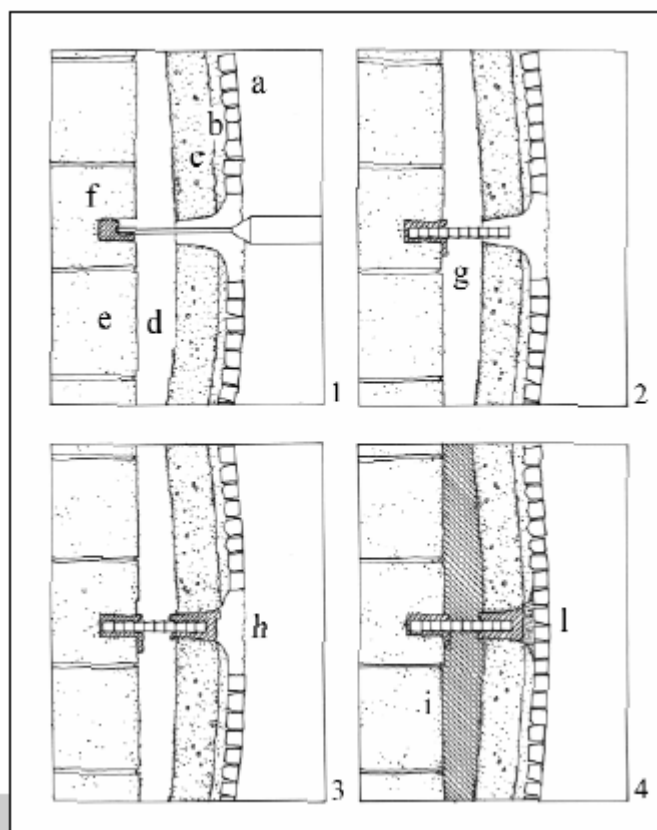


Figura 1 • Fasi dell'ancoraggio:

- 1) rimozione di alcune tessere della superficie musiva, creazione del foro per alloggiare il perno, iniezione di malta per l'aggrappaggio del perno.
  - a) Strato musivo. b) Malta di allettamento. c) Arriccio. d) Distacco dell'arriccio. e) Muratura. f) Iniezione della malta per l'ancoraggio del perno.
- 2) Collocazione del perno ceramico nell'alloggiamento predisposto. g) Perno ceramico
- 3) Sigillatura del foro necessario all'inserimento del perno, prima del riempimento dell'intercapedine. h) Tessere rimosse per consentire le operazioni precedenti.
- 4) Riempimento delle lenti di distacco con prodotti consolidanti. i) Prodotto consolidante dello stesso tipo di quello utilizzato per il fissaggio dei perni, ma in forma più fluida. l) Ricomposizione delle tessere rimosse precedentemente. (CAF)

# RCP 08 | INCOLLAGGIO DI MATERIALI CERAMICI E VITREI

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica dell'incollaggio, in generale, e in particolare di materiali ceramici e vitrei fratturati, si basa sulla possibilità di ricomporre l'oggetto danneggiato conferendo continuità alle sue parti utilizzando prodotti dotati di proprietà adesive.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Oltre alle numerose applicazioni su oggetti ceramici e vitrei antichi o di scavo, questa tecnica può essere impiegata per ricomporre elementi che fanno parte di vetrate istoriate, di decorazioni fisse e di rivestimenti, parietali o di soffitto, in molte architetture non solo del passato.

In generale, il collante utilizzato deve rispondere ai seguenti requisiti:

- a) i tempi di presa devono essere molto brevi, a causa delle difficoltà che spesso si incontrano nel mantenere i frammenti nella corretta posizione prevista dalla ricomposizione, per tutto il tempo necessario alla presa dell'adesivo;
- b) la sua applicazione deve avvenire a freddo o con il minimo sviluppo di calore, per non provocare danni indesiderati al manufatto;
- c) deve essere rimovibile, per non pregiudicare successivi interventi;
- d) una volta asciutto, deve subire il minimo ritiro, per non vanificare la ricomposizione;
- e) deve essere elastico;
- f) deve possedere una viscosità tale che ne renda possibile l'applicazione anche per semplice colatura;
- g) inoltre, soprattutto nel caso in cui si debbano ricomporre manufatti vitrei, il collante deve essere trasparente e con un indice di rifrazione il più possibile simile a quello del vetro da ricomporre, non deve alterarsi con il passare del tempo, e in particolare dopo una prolungata esposizione alle radiazioni ultraviolette; è infatti frequente che gli adesivi, in partenza trasparenti, subiscano anche in breve tempo un indesiderato e deturpante viraggio cromatico.

Come sostanze collanti, nel caso s'intervenga per ricomporre manufatti in materiali ceramici a impasto poroso, si utilizzano generalmente resine di tipo vinilico e acetovinilico, in dispersione, o viniliche in soluzione, mentre, per la porcellana, il gres e il vetro, s'impiegano solitamente adesivi epossidici e silconici.

I collanti epossidici sono ritenuti, dagli operatori specializzati, adatti per l'incollaggio di vetri da collocare in ambienti protetti e confinati (quale un museo), mentre non garantiscono incollaggi sufficientemente elastici quando sono utilizzati nel restauro di vetrate mantenute in sito ed esposte agli agenti aggressivi esterni. Soprattutto nel caso in cui la frattura che s'intende ricomporre o ridurre sia stata determinata da tensioni che non possono essere facilmente eliminate, se l'incollaggio è troppo rigido, è possibile che la rottura tenda a riprodursi. Sotto questo punto di vista, sono quindi da preferirsi le resine silconiche, più elastiche e facilmente rimovibili.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE



La ricomposizione di un manufatto mediante incollaggio avviene secondo una successione di operazioni che si differenziano in base al tipo di frattura. Questa, infatti, può essere costituita da una semplice incrinatura, senza distacco delle parti, oppure da una vera e propria rottura, con separazione di frammenti. Inoltre, la rottura potrà essere semplice o multipla, con margini regolari o irregolari.

*a) Incrinatura senza distacco delle parti*

Nel caso di incrinature senza distacco delle parti, si procede schematicamente con la seguente successione di operazioni:

- pulitura dei bordi delle incrinature, liberandoli da depositi coerenti (croste e patine) e incoerenti (polvere e depositi vari) con le tecniche più idonee al materiale e al tipo di sporco da rimuovere;
- stesura di un velo di adesivo, servendosi di una piccola spatola o di un bisturi. Nel caso di manufatti ceramici, se le fenditure sono molto strette, si applica l'adesivo e si riscalda leggermente con un asciugacapelli, in modo da renderlo più fluido e farlo penetrare profondamente nella fessura. In alcune circostanze, è possibile allargare leggermente la fessura con una lametta da barba o con un bisturi e, scaldando alternativamente il pezzo e l'adesivo, agevolare l'assorbimento di quest'ultimo. Una volta che l'adesivo sia penetrato, si toglie il bisturi e si premono le due parti dell'incrinatura, l'una contro l'altra;
- eliminazione dell'adesivo in eccedenza, servendosi di un piccolo tampone imbevuto di acetone o di alcol denaturato e, per bloccare provvisoriamente i bordi dell'incrinatura durante il periodo di presa dell'adesivo, applicazione di strisce di nastro adesivo di carta, o di carta velina applicata con una colla facilmente removibile, trasversalmente alla lesione. La rimozione delle strisce di tenuta dovrà essere eseguita con molta attenzione, perché, al momento di togliere il nastro, le decorazioni presenti sul manufatto, se realizzate dopo la cottura, possono essere danneggiate. Per evitare tale inconveniente, si può bagnare il nastro mentre si rimuove con dell'acetone, che svolge un'efficace azione solvente sulla colla. Eventuali residui d'adesivo vanno eliminati con il bisturi, una volta che siano completamente seccati.

*b) Rottura con distacco delle parti*

Nel caso di rotture con distacco delle parti si procede con la seguente successione di operazioni:

- pulitura delle sostanze estranee eventualmente presenti sulle facce contrapposte delle parti da ricongiungere. La scelta della tecnica di pulitura più idonea dipende dal tipo di depositi e sostanze d'alterazione presenti.
- Ricostruzione provvisoria del manufatto, avvicinando i frammenti per verificare l'effettiva corrispondenza tra le varie parti e la presenza di tutti i pezzi necessari: c'è infatti una sola posizione corretta per ogni frammento e occorre determinarla prima di procedere oltre. Si possono a questo fine montare i pezzi entro un letto di sabbia, per mantenerli in posizione e assicurarli provvisoriamente utilizzando strisce di carta giapponese applicate con colla o nastro adesivo trasparente. Questa operazione consentirà di controllare l'attendibilità e accettabilità della ricostruzione, valutando se tutti gli elementi possono essere incollati insieme, perché coerenti e appartenenti con continuità al manufatto, o se alcuni di essi devono essere incollati tra loro separatamente e uniti solo in tempi successivi, poiché, ad esempio, mancano alcuni frammenti significativi. In quest'ultimo caso, i pezzi delle ricostruzioni parziali devono combaciare perfettamente, perché, se fossero mal sistemati o richiedessero un eccessivo spessore di adesivo, potrebbe risultare impossibile la successiva unione delle diverse parti e, di conseguenza, la corretta ricomposizione del manufatto.
- Preparazione di un supporto o di una struttura di sostegno che permetta, contemporaneamente, di mantenere in posizione il manufatto durante le fasi della ricostruzione e di procedere all'incollaggio dei suoi vari frammenti. In alcuni casi può essere utile procedere a un incollaggio provvisorio con piccole gocce di adesivo (cianocrilato, Attack).

— Applicazione, con la punta di una spatola, o con l'ausilio di una pipetta di plastica, sulle facce dei pezzi da incollare, di uno strato il più possibile sottile di adesivo, per consentire la perfetta adesione delle parti distaccate.

Se le facce della rottura sono tendenzialmente piane, è spesso sufficiente spalmare la colla unicamente su una delle facce destinate a congiungersi, ed è in genere più semplice applicare l'adesivo sull'elemento di dimensioni minori poiché può essere più agevolmente manovrato. Se la rottura presenta, invece, i margini frastagliati, è preferibile applicare l'adesivo su entrambe le sue facce, con una certa abbondanza poiché ciò ne facilita la penetrazione entro le cavità meno accessibili del ciglio di rottura, assicurando una migliore tenuta dell'unione.

— Incollaggio dei vari frammenti pressandoli tra loro per espellere ogni eccedenza di adesivo.

È naturalmente necessario controllare che le eventuali decorazioni e la superficie stessa del manufatto non siano "sporcate" dall'adesivo, perché questo, una volta seccatosi, le rovinerebbe irrimediabilmente.

— Controllo, passando lungo la linea di rottura i polpastrelli delle dita ed eventualmente adoperando una sonda o una lente d'ingrandimento, per verificare che non vi siano dislivelli o punti in cui la giunzione non è precisa. Se la giunzione non è precisa si dovrà modificare la posizione del pezzo fino a trovare quella più corretta.

— Eliminazione dell'adesivo in eccedenza, utilizzando un tampone di cotone imbevuto con una piccola quantità di alcol denaturato o di acetone, affinché l'effetto solvente non si trasmetta anche all'adesivo. Se restano ancora residui d'adesivo sulla giuntura, occorrerà rimuoverli solo dopo che l'incollatura si sarà stabilizzata.

— Rinforzo provvisorio dell'unione, attuato utilizzando strisce di nastro adesivo disposte trasversalmente alle linee di rottura, e mantenimento del manufatto sul sostegno fino a quando l'adesivo sia completamente indurito, ossia per un tempo che varia con il tipo di collante utilizzato.

— Rimozione degli eventuali eccessi di adesivo con un bisturi.

Può accadere che un frammento, soprattutto nel caso di manufatti ceramici quali ad esempio il vasellame di scavo, riaderisca solo in parte agli altri pezzi del manufatto da integrare: ciò accade soprattutto quando mancano alcuni frammenti o quando si sono letteralmente sbriciolati i margini della frattura. In questo caso s'incollano solo i bordi della rottura che combaciano perfettamente, si fissa il frammento con nastro adesivo, e si lascia seccare l'adesivo. In seguito, si rimuove il nastro adesivo, si aggiunge dell'altro adesivo nelle restante parte della rottura e si saldano nuovamente i pezzi tra loro con il nastro. Non sempre si ottengono tuttavia risultati soddisfacenti, e può essere necessario colmare la parte rimasta lacunosa, con materiali in pasta.

Per unire invece frammenti di vetrate che non combaciano tra loro, perché altri frammenti mancano o perché alcuni pezzi sono stati sostituiti in passato con pezzi di altre vetrate, si può ricorrere ad un altro metodo che consiste nel circondare ogni frammento vitreo con una sottilissima lamella di rame del minimo spessore possibile – molto minore di qualsiasi piombo – e saldare tra loro i pezzi rotti così preparati. Il rame può essere posto anche intorno ai pezzi in precedenza trattati con il collante, per renderli più saldi, in modo tale da poterli maneggiare più tranquillamente, quando s'inseriscono nella loro sede originaria (fig. 1). In altri casi nei quali le fratture non erano combacianti sono stati usati dei ponti metallici fermati con cianocrilato in zone prive di decorazione. I frammenti sono stati ricomposti nella posizione corretta e le lacune integrate con colature realizzate con resina epossidica colorata con colori da vetro. Le integrazioni sono state realizzate colando la resina epossidica in calchi siliconici delle parti mancanti. I calchi così ottenuti sono stati tagliati e posizionati lungo le lacune. Le grisaglie sono state protette con resina acrilica.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Un particolare tipo di incollaggio utilizzato nelle vetrate antiche prevede la costruzione di un elemento di giunzione con sezione a H, realizzato con una resina siliconica, mediante il seguente procedimento:

- a) con una siringa dotata di foro di uscita piatto, delle dimensioni in sezione pari a 5 ?1 mm al massimo, si preparano alcuni listelli di resina siliconica che devono essere distesi e lasciati seccare su di un supporto plastico antiaderente;
- b) dopo, s'incollano i frammenti di vetro con la resina, lasciando sporgere il collante appena oltre il bordo della frattura. Immediatamente dopo, s'incollano, lungo il bordo anteriore e posteriore della stessa linea di frattura, i listelli preparati in precedenza e si fanno aderire al vetro con una lieve pressione. Se i listelli sono sufficientemente sottili, seguiranno con facilità anche le linee di frattura curve (fig. 2).

Questa tecnica è utilizzata per incollare di testa le tessere vitree dipinte, evitando così che l'adesivo si espanda sulla superficie dipinta e facendo sì che, se nel tempo viene meno l'adesione tra tessera e tessera, rimarrà in ogni modo la funzione di contenimento esercitata dal profilato in resina a impedire la caduta dei frammenti.

Alcune prove d'invecchiamento accelerato hanno tuttavia rivelato che le resine epossidiche, a differenza di quelle siliconiche, presentano migliori prestazioni e, in particolare, migliore resistenza meccanica, buona adesione, facilità di applicazione, polarità prossima a quella del vetro. Tuttavia, anche esse mostrano alcuni inconvenienti, tra cui la difficile asportabilità da un materiale fragile e non riscaldabile, come il vetro antico, e la sensibile tendenza all'ingiallimento sotto l'azione dei raggi U.V. Per ovviare al primo di tali inconvenienti, è sufficiente applicare a pennello, sui lembi da incollare, uno strato di adesivo removibile, chiamato *primer*, prima di applicare il collante e sul quale fare agire il solvente in caso di necessità. Tali sostanze non devono indebolire la resistenza meccanica dell'adesivo e, soprattutto, devono formare uno strato di spessore minimo che, moltiplicato per il numero di suture da eseguire, non crei difficoltà nella ricomposizione dei frammenti. L'ingiallimento, invece, può in parte essere contrastato aggiungendo pigmenti di colore viola alla resina epossidica in quantità da determinarsi mediante specifiche prove di laboratorio.

Anche nel caso si debbano incollare tra loro frammenti di materiali ceramici, l'uso degli adesivi epossidici presenta alcuni inconvenienti poiché, in primo luogo, essi non devono essere utilizzati in uno stato di eccessiva fluidità, altrimenti sarebbero assorbiti dal corpo ceramico, macchiandolo irreversibilmente e perdendo la propria funzione adesiva. Questo inconveniente può essere evitato caricando la resina con un inerte finissimo, quale è la silice micronizzata.

Le resine epossidiche possono inoltre subire con il passare del tempo e sotto l'azione dei raggi U.V., un processo di totale catalizzazione che le porta alla perdita di ogni stabilità.

## ESPERIENZE

### *Materiali ceramici*

Chiesa di Santa Cristina a Bolsena, anno intervento anteriore al 1992. Incollaggio dei frammenti del ciborio in terracotta invetriata, previo utilizzo di un primer, con resine epossidiche.

### *Materiali vitrei*

Incollaggio con resina siliconica

Chiesa di San Giovanni in Monte a Bologna, anno intervento 1983. Rosone di San Giovanni di Patmos, per ricostruire e saldare le tessere vitree fratturate, è stata usata nella maggior parte dei casi una resina siliconica.

Incollaggio con resina epossidica

Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze, anno intervento 2004-2006. I frammenti delle tessere vitree sono stati ricomposti con piccole fascette di nastro adesivo trasparente e fermati con piccole gocce di adesivo cianoacrilato. L'incollaggio dei frammenti è stato effettuato per infiltrazione di resina epossidica.

Chiesa di San Giovanni in Monte a Bologna, anno intervento 1983. Nelle due grandi tessere plurifratturate di vetro blu dell'antello centrale (cielo a sinistra del volto del santo) è stata usata una resina epossidica.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Agnini E. 1986, pp. 40-41; Bandini G. 1988, pp. 38-45; Beccattini A. 1989, pp. 32-37; Brivio E. 1981, pp. 109-17; Brivio E. 1986; Corallini A., Bertuzzi V. 1994; Marchini G. (a cura di) 1977, pp.

190-94; Melucco A. 1972, pp. 76-88; Moradei R., Angellotto D., Verità M. 2006; Newton R., Davison S. 1989; Young D. (a cura di) 1974, pp. 32-54.

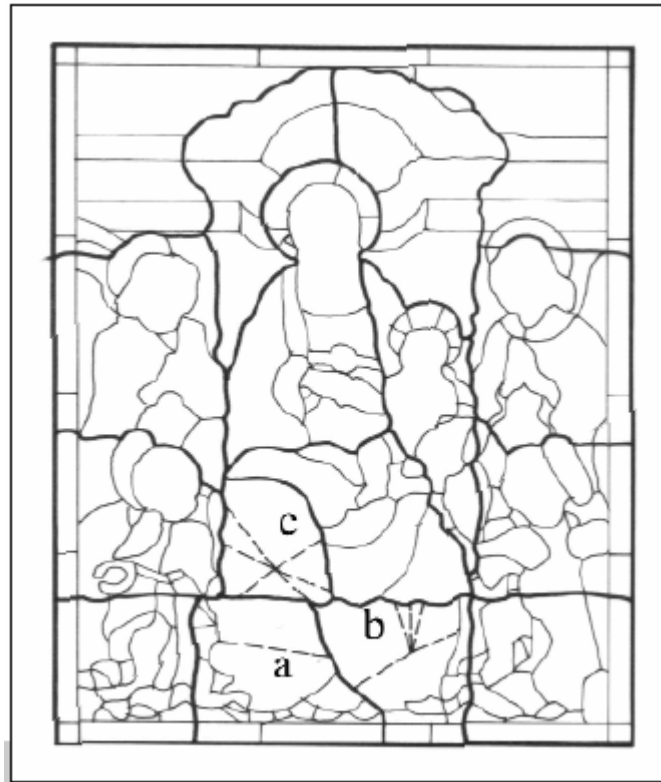


Figura 1  
a) Frattura semplice.  
b) Frattura multipla.  
c) Frattura a stella.

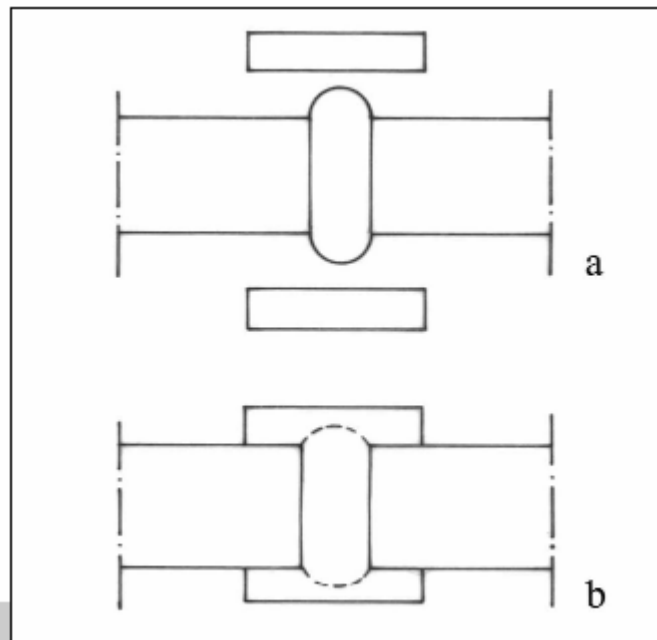


Figura 2 • a) Si preparano, con una siringa a foro di uscita piatto, dei listelli di resina siliconica dalla sezione massima di mm 5 x 1. Poi si incollano i frammenti di vetro con la resina, lasciando sporgere il collante appena sopra il bordo della frattura;  
b) immediatamente dopo si incollano, lungo il bordo anteriore e posteriore della stessa linea di frattura, i listelli precedentemente preparati facendoli aderire al vetro con una lieve pressione.

<b>RCP 09</b>	<b>RIPARAZIONE MEDIANTE SALDATURA</b>
---------------	---------------------------------------

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La saldatura è un procedimento impiegato per collegare tra loro parti solide in modo permanente, lungo linee continue o per punti, mediante l'azione del calore, della pressione o di entrambi questi agenti, con o senza materiale di apporto.

(\*\*\*) Nel caso in cui la saldatura sia realizzata riscaldando sino a fondere completamente o parzialmente le superfici da unire con o senza l'aggiunta di materiale d'apporto si parla di saldatura autogena. La cessazione dell'apporto di calore permette la solidificazione del bagno di fusione realizzando la continuità materiale allo stato solido ossia saldando tra loro, completamente o parzialmente, le parti da congiungere.

Nel caso in cui la saldatura sia realizzata utilizzando la fusione di un materiale d'apporto che bagni completamente o parzialmente le superfici da unire, riscaldate ma non fuse, si parla di saldatura eterogena o brasatura. La solidificazione del materiale d'apporto che ha bagnato le superfici da unire, penetrando capillarmente in esse, realizza la continuità materiale del collegamento.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica della saldatura si applica alla quasi totalità dei manufatti metallici, ma anche ad altri materiali – come ad esempio i materiali plastici – purché le loro caratteristiche fisico-meccaniche lo consentano, non siano degradati al punto da rendere l'operazione pericolosa per l'oggetto, o le parti metalliche da unire non abbiano spessore così ridotto da non resistere alle alte temperature, o alla fusione, senza subire danni. Tra i metalli più impiegati in campo architettonico si trovano la ghisa, il ferro forgiato, l'ottone, il piombo e il rame non tutti con analoghe modalità e facilità.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

(\*\*\*) I sistemi di saldatura autogena e eterogena sono, in Italia, regolati dalle norme UNI per saldature e brasature.

A loro volta, i vari sistemi di saldatura comprendono numerosi procedimenti, distinti primariamente in base alla fonte di calore utilizzata – e all'eventuale necessità di esercitare contemporaneamente pressione sulle superfici affacciate – che implicano anche l'uso di macchinari specifici (fig. 1).

La preparazione delle superfici affacciate dei pezzi da congiungere, realizzata con modalità variabili a seconda del procedimento usato, è mirata ad assicurare primariamente la completezza del coinvolgimento di tali superfici nel processo secondo quanto progettato. Ad esempio, nelle saldature di lamiere e tubi secondo lo spessore, tese a realizzare un giunto saldato con al minimo le stesse caratteristiche di resistenza degli elementi sciolti, le superfici da unire, dette "lambi", sono modificate mediante lavorazione meccanica in modo da garantire, considerando lo spessore, una forma dello spazio fra i lembi tale da assicurare il miglior esito del processo di fusione e successiva solidificazione in funzione della tecnica di saldatura impiegata.

La preparazione dei giunti è regolamentata dalla norma UNI EN ISO 9692 (quanto ai tipi di giunto vedi più avanti il paragrafo dedicato).

Come detto, elemento primario nel distinguere i vari procedimenti di saldatura è la fonte del calore necessario, che si può ottenere (con tutti i limiti che ogni schematizzazione comporta), mediante fiamma (prodotta per combustione di un gas con aria o ossigeno), un arco elettrico, una resistenza elettrica o il laser.

Per ottenere buoni risultati, occorre poi proteggere il bagno di fusione da fenomeni di ossidazione e altre reazioni chimiche indesiderate, creando protezioni che impediscano il più possibile all'aria (azoto e ossigeno) di interferire con la fusione mediante l'aggiunta di gas che formino una nube protettiva intorno alla zona di fusione o altre sostanze che realizzino strati superficiali fusi che galleggino sul bagno (scoria) e siano facilmente asportabili a solidificazione avvenuta o entrambe le protezioni.

Alla luce di quanto sopra, i principali procedimenti di saldatura oggi in uso possono così distinguersi:

FONTE DI CALORE	PROCEDIMENTO/ TECNICA DI SALDATURA
Fiamma-combustione	Ossiacetilenica
Arco	I - Elettrodo rivestito II - Arco Sommerso, III - Arco in atmosfera protetta (MIG & MAG) IV - Arco con elettrodo infusibile in atmosfera protetta (es. TIG)
Reazione chimica esotermica	Saldatura Alluminotermica
Resistenza elettrica	I - Saldatura a resistenza II - Saldatura a scintillio
Luce	Saldatura a laser

I tipi di saldatura più utilizzati nel campo edilizio, nel recupero e nel restauro sono la saldatura ossiacetilenica, quella a elettrodo rivestito, unitamente a brasatura e saldobrasatura: mentre gli altri procedimenti (unitamente ad altre tecniche fuori dai limiti del presente elaborato, tipo la saldatura autogena ad arco al plasma, a elettroscoria, a fascio elettronico) sono di impiego per lo più industriale, con macchinari e condizioni di esecuzione non adatti al cantiere, pertanto di essi si offrirà solo una descrizione sintetica.

**La saldatura ossiacetilenica** è un tipo di saldatura autogena a fusione, in cui il calore necessario alla fusione locale si ottiene dalla combustione di acetilene in ossigeno puro al 99%, previa miscelazione in un apposito cannello. La saldatura ossiacetilenica è piuttosto semplice ed è molto utilizzata nelle officine e nei cantieri in quanto l'attrezzatura necessaria è poco ingombrante. Inoltre con essa si ha una buona distribuzione del calore sulla superficie da saldare.

La fiamma, infatti, costituisce una fonte di calore meno concentrata e caratterizzata da una temperatura inferiore, rispetto a quella raggiunta con la saldatura ad arco, pertanto questo tipo di saldatura è preferita qualora si debbano eseguire giunzioni di lamiera con spessori sottili o quando occorra aumentare gradualmente la temperatura per evitare fratture in metalli o leghe fragili, come ad esempio la ghisa. La temperatura e le caratteristiche della fiamma prodotta variano in dipendenza del rapporto tra combustibile e comburente nella miscela. Ad esempio, con un rapporto 1:1 in volume tra acetilene e ossigeno, la fiamma è "neutra", raggiunge una temperatura di 3030 °C ed è impiegata per la saldatura dell'acciaio; aumentando la quantità di ossigeno, ad esempio 1,1:1, la fiamma diventa ossidante ed è utilizzata nella saldatura del bronzo; se invece la quantità di ossigeno viene diminuita, la fiamma diventa riducente. La fiamma prodotta dalla combustione di idrogeno e ossigeno (fiamma ossidrica) è utilizzata nella saldatura del piombo e di altri metalli a basso punto di fusione. Il materiale d'apporto impiegato si presenta sotto forma di sottili bacchette.

Questo tipo di saldatura è applicabile agli acciai al carbonio, agli acciai al Cr-Ni e al Cr (con opportune sostanze disossidanti), all'alluminio e alle relative leghe (necessita di un disossidante e di notevole abilità da parte del saldatore), al rame, per il quale sono richieste particolari cautele per il raffreddamento.

È generalmente impiegata per collegare lamiere di spessore non superiore ai 5 mm mentre non è più utilizzata per la realizzazione di ossature metalliche, in quanto l'elevato e diffuso calore della fiamma genera zone alterate termicamente molto ampie e, di conseguenza, ritiri termici elevati.

**La saldatura ad arco** è un tipo di saldatura autogena per fusione, in cui il calore è prodotto da un arco voltaico fatto scoccare tra i lembi delle parti da saldare opportunamente avvicinati e sagomati per consentire lo sviluppo del bagno di fusione (metallo base) e l'elettrodo che può essere fusibile, e costituire il materiale d'apporto o non fusibile ed esservi una bacchetta per fornire il materiale di apporto stesso.

L'arco deve essere protetto dall'ambiente sostanzialmente per controllare l'azione dell'ossigeno e dell'azoto dell'aria sulla composizione chimica del bagno di fusione.

A seconda del tipo di elettrodo (se fusibile o no) e del sistema di protezione dell'arco, in generale, si possono individuare i seguenti tipi di saldatura ad arco:

#### **- ad arco con elettrodo rivestito**

In questo tipo di saldatura, l'elettrodo è rivestito con un impasto essiccato che contiene sostanze che migliorano la qualità della saldatura.

Durante la saldatura l'anima dell'elettrodo fonde e si trasferisce nel bagno di fusione in forma di gocce; il rivestimento fonde contemporaneamente al metallo dell'elettrodo e libera sostanze che reagiscono tra loro e modificando la composizione dell'atmosfera intorno all'arco, contribuendo alla protezione del metallo fuso.

I composti del rivestimento, raggiunto il bagno liquido, formano una scoria più leggera che affiora in superficie e protegge la fusione dall'ossidazione durante la solidificazione. In seguito la scoria deve essere asportata.

Il rivestimento contribuisce a migliorare la qualità della saldatura in quanto: a) protegge la zona di fusione sia in forma gassosa, creando una calotta protettiva intorno all'arco elettrico sia in forma solida proteggendo l'elettrodo fuso e le gocce che scendono nel bagno di fusione; b) disossida il bagno grazie alla presenza di elementi disossidanti – manganese e silicio – contenuti nel rivestimento, i quali reagiscono chimicamente con il bagno fuso e sottraggono l'ossigeno dagli ossidi di ferro presenti nel bagno, formando ossidi insolubili nel metallo fuso che affiorano sotto forma di scoria; c) depura il bagno, grazie alla presenza di sostanze come i carbonati di calcio e di magnesio, in grado di combinarsi con zolfo e fosforo sotto forma di composti che affiorano alla superficie del bagno fuso; d) può apportare elementi di lega, come manganese, cromo, nichel, molibdeno, ecc., che modificano la composizione chimica nella zona di fusione; e) in relazione al tipo di elementi presenti nel rivestimento, può contribuire a stabilizzare l'arco; infine f) può facilitare la saldatura in posizioni difficili, anziché in piano o in frontale (ad esempio in verticale e in sovratesta), grazie alla tensione superficiale della scoria fusa che contribuisce a far rimanere aderente il bagno al materiale dei pezzi da saldare.

Questo tipo di saldatura è quello maggiormente impiegato nelle applicazioni cantieristiche in particolare per gli acciai comuni e speciali; non si presta invece, a causa della rapidità con cui è raggiunta la temperatura d'esercizio, per il congiungimento di elementi di ghisa, non va utilizzata per i materiali basso-fondenti come il piombo e lo zinco, o i materiali reattivi con l'ossigeno, ad esempio l'alluminio, o i metalli refrattari, con il rame e le sue leghe. Inoltre, per ragioni economiche, si sconsiglia l'uso di questo tipo di saldatura per giunti di spessore superiore a 35-40 mm. I difetti più comuni delle saldature a elettrodo rivestito sono le inclusioni di scoria, la porosità, causate dall'inquinamento del bagno di saldatura da parte di materiali estranei, le incisioni dei margini, causate dall'imperizia del saldatore, le cricche a caldo o a freddo, causate dall'umidità che il rivestimento dell'elettrodo tende ad assorbire, le mancanze di penetrazione o di fusione.

#### **- ad arco sommerso**

In questo tipo di saldatura, l'elettrodo che innesca e mantiene l'arco è un filo metallico fusibile nudo all'esterno, fornito meccanicamente con continuità al bagno di fusione. L'arco è protetto da una miscela granulare detta "flusso", anch'essa fornita con continuità man mano che la saldatura procede (da qui la definizione "arco sommerso". Il flusso in parte fonde garantendo la protezione dell'arco. Questo tipo di saldatura, interamente meccanizzata, permette di operare con grandi velocità, è di uso prettamente industriale e può effettuare solo saldature in posizione piana.



### - ad arco in atmosfera protetta

MIG: Metal Inert Gas (generalmente miscele argon ed elio)

o MAG: Metal Active Gas (generalmente miscele di argon - ossigeno - CO<sub>2</sub> o idrogeno atomico).

In questo tipo di saldatura l'elettrodo che innesca e mantiene l'arco è un filo metallico fusibile nudo all'esterno, fornito meccanicamente con continuità al bagno di fusione. L'arco è protetto da una miscela di gas chimicamente inerti rispetto alla fusione (MIG) o no (MAG) fornito anch'esso con continuità man mano che la fusione procede. Tale tecnica si applica bene ad acciai comuni e legati e da acciai inossidabili, meno alla ghisa e leghe leggere, rame e le sue leghe.

### - ad arco in atmosfera protetta con elettrodo infusibile in tungsteno

TIG: Tungsten Inert Gas

In questo tipo di saldatura l'arco elettrico scocca tra l'elettrodo infusibile, che si trova sotto protezione gassosa, e il materiale base. L'elettrodo è in tungsteno, materiale caratterizzato da alta temperatura di fusione, grazie al quale si ha un arco stabile che consente un buon controllo del bagno di fusione. Il processo di saldatura TIG può essere manuale, semiautomatico (la lunghezza d'arco e l'elettrodo sono controllati dalla macchina, mentre il saldatore sposta l'elettrodo lungo la saldatura) o completamente automatico, con o senza materiale d'apporto. Tale tecnica si applica bene per spessori sottili (minimo 5 mm).

**La saldatura alluminotermica** è un tipo di saldatura autogena a fusione in cui il calore occorrente a far fondere il metallo è prodotto dalla reazione chimica che avviene fra i componenti della termite, una miscela di ossido di ferro e polvere di alluminio che, se riscaldata, si trasforma in ossido di alluminio e ferro con sviluppo di un'elevata quantità di calore. Questo tipo di saldatura è utilizzata quasi esclusivamente per la giunzione di rotaie, di tubi e di pezzi metallici di grandi dimensioni.

**La saldatura elettrica per resistenza** è un tipo di saldatura autogena per pressione, senza materiale di apporto, e generalmente è applicata per la saldatura non continua per zone (punti) di superfici affacciate, tipica, ad esempio dell'assiemaggio dei pannelli delle carrozzerie delle automobili; si avvale del calore prodotto dal passaggio di corrente elettrica attraverso la superficie di contatto degli elementi da unire. Nella saldatura a pressione i pezzi sono riscaldati alle estremità mediante due elettrodi conduttori di corrente, che esercitano anche una pressione puntuale sui lembi sovrapposti da saldare. Alla chiusura del circuito avviene il passaggio di corrente, il quale, per effetto joule, determina il riscaldamento del materiale da saldare, portandolo localmente allo stato pastoso (plastico). Per effetto congiunto del calore e della pressione nell'area di contatto le superfici arrivano a fusione, realizzando la continuità. Il punto di saldatura presenta una forma a nocciolo fuso tra le due zone sottoposte a pressione; attorno al nocciolo, dove la temperatura non ha raggiunto la temperatura di fusione ma ha superato quella di forgiatura, si forma un sottile guscio di metallo allo stato plastico che, grazie alla pressione, si salda lungo il piano di contatto. Questo guscio protegge il nocciolo fuso da ossidazione atmosferica.

**La saldatura elettrica per scintillio** sfrutta il calore, è prodotto dagli archi voltaici che si formano tra i lembi dei pezzi da saldare. Questi sono chiusi tra due morse collegate ad una determinata tensione di corrente; nell'accostare i pezzi, si determina un passaggio di corrente tra i due elementi che diventano di fatto due elettrodi di un unico circuito elettrico sostanzialmente cortocircuitati. La corrente incontra una resistenza nelle superfici di contatto e, per effetto joule, sprigiona il calore che fa fondere le due estremità. Questo tipo di saldatura non richiede particolari preparazioni delle superfici da saldare, il riscaldamento prodotto è localizzato, riducendo le deformazioni e il consumo energetico; è possibile saldare superfici di materiali diversi e a diversa conduttività elettrica, infine la saldatura che si produce è priva di ossidi e presenta buone caratteristiche meccaniche. Tuttavia, il procedimento presenta anche alcuni svantaggi: lo scintillio può interessare punti molto lontani dalla zona di saldatura e la zona sottoposta a saldatura è molto irregolare e richiede una finitura meccanica.

**La saldatura Laser** è un tipo di saldatura autogena per fusione localizzata che sfrutta la potenza e la concentrazione del raggio luminoso, la preparazione più usata è quella di giunti a sovrapposizione.

### **Brasatura & Saldobrasatura**

La *brasatura* si basa sull'infiltrazione, nella superficie di contatto dei pezzi da unire, di un metallo diverso da quello di cui essi sono costituiti, portato a fusione. In base alla temperatura di fusione del materiale di apporto si parla di brasatura dolce o forte. Nelle prime il metallo aggiunto è in genere una lega di piombo e stagno ed è impiegata per la saldatura del rame, dell'ottone e dello zinco. Le brasature forti impiegano come materiale d'apporto l'ottone. Nella *saldobrasatura* le temperature raggiunte sono superiori alle brasature forti, comportano sempre la fusione del materiale d'apporto, ma sono comunque inferiori a quella di fusione del metallo di cui sono costituiti i pezzi da saldare.

(\*\*\*) La procedura prevede che si riscaldino i bordi degli elementi da unire, senza però portarli al punto di fusione, e si faccia colare tra quelli un metallo o una lega adatta, allo stato fuso, diversi dal metallo di cui sono costituiti gli elementi da saldare. Si applica per la riparazione di elementi di ghisa, con ottone come materiale di apporto.

### **Tipologia dei Giunti di saldatura**

*Tipi di giunto distinti in base alla posizione reciproca dei pezzi*

In relazione alla posizione reciproca dei pezzi saldati, si definiscono diversi tipi di giunti.

Le normative contemplano al riguardo: a) il giunto *di testa*; b) *di spigolo*; c) *d'orlo* d) *a L*; e) *a T*; f) *a sovrapposizione*.

Le forme della saldatura sono inoltre definite dalla forma della sezione del cordone di saldatura, dalla superficie esterna dello stesso cordone e dalla continuità della saldatura; esse, inoltre, sono distinte in relazione al tipo di saldatura, se a fusione o a pressione.

Nel caso delle saldature a fusione, ma anche della saldobrasatura e della brasatura, l'UNI distingue le saldature *con giunti a cordoni d'angolo*, che non hanno bisogno di preparazione dei lembi, e le saldature *su orli rilevati* (aventi forme diverse: a I, a V, a X, a K, ecc., a seconda della forma che assume la sezione dei lembi uniti), che richiedono la preparazione dei lembi, cioè una sagomatura dei bordi che migliora l'efficacia della saldatura.

Per le saldature a pressione i tipi di giunti dipendono anche dal tipo di saldatura prescelto: nel caso della saldatura a scintillio sono eseguibili solo giunti di testa, mentre nel caso della saldatura a resistenza si possono avere giunti di testa, a sovrapposizione, continui o puntuali, a paro.

La scelta del tipo di saldatura dipende in ogni caso dal materiale costituente i pezzi da congiungere, dalle dimensioni della saldatura e, soprattutto, dallo spessore degli elementi da unire, oltre che dalle loro condizioni di conservazione e dalla possibilità di intervenire per la loro preparazione senza comprometterne altri caratteri o valori (fig. 2).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Uno dei limiti principali delle giunzioni saldate risiede nel fatto che i lembi dei pezzi da unire sono sottoposti repentinamente a un'elevata quantità di calore che induce l'insorgenza di tensioni interne pericolose per il manufatto, eliminabili, a saldatura eseguita, mediante un trattamento termico o un martellamento a caldo. In relazione alle temperature utilizzate, il post-riscaldamento può essere un trattamento di distensione o di trasformazione di struttura (avviene a temperature più elevate rispetto al trattamento di distensione).

Questo particolare trattamento deve essere sempre adottato nel caso della saldatura di manufatti di ghisa, in quanto si tratta di un materiale fragile che richiede anche un preriscaldamento, in modo da assicurare una variazione di temperatura graduale evitando indesiderate rotture in fase di lavorazione.

La saldatura, in particolare nel campo del restauro, presenta forti limiti di applicazione connessi ad alcuni fattori, quali la possibilità che, negli elementi saldati e nel cordone di saldatura, insorgano tensioni dovute alle elevate temperature necessarie per praticare la giunzione, tensioni che possono provocare un indebolimento o fratture del materiale da saldare, l'eventualità che nelle zone saldate siano presenti discontinuità o porosità che riducono la resistenza della connessione e

la rendono attaccabile da parte degli agenti aggressivi ambientali. Infine, occorre ricordare che l'intervento modifica sostanzialmente i caratteri e lo stato dei manufatti e può quindi risultare incompatibile con altri obiettivi della tutela.

La saldatura a raggi laser, grazie alle caratteristiche di questa fonte di energia termica, consente di raggiungere temperature elevate in punti molto circoscritti, con conseguente riduzione delle deformazioni per riscaldamento dei pezzi da assemblare. Questo tipo di saldatura rende possibile ottenere giunzioni molto precise, nella quali la porzione di materiale interessata dalla fusione risulta profonda ma limitata in larghezza. Queste caratteristiche la rendono interessante per applicazioni nel campo dei beni culturali.

### ESPERIENZE

Per quanto sia abbondante la documentazione sui tipi di saldatura applicata a manufatti metallici, anche facenti parte di elementi costruttivi dell'architettura (ad es., cardini, staffe, bolzoni, tiranti), non altrettanto ricchi sono, invece, i riferimenti alle componenti dell'architettura storica, dove tale tecnica è applicata per riparazioni, connessioni e riadesioni di diversa specie. Tale carenza documentaria dipende probabilmente dallo scarso valore "scientifico" attribuito a questa metodica, con la conseguenza di una sua estromissione sistematica dalle relazioni ai convegni e dalle pubblicazioni specialistiche. Ciò vale, soprattutto, per le varianti più recenti, come la saldatura laser, e per quelle più "tradizionali" applicate a metalli di pregio, come i bronzi, o a oggetti speciali, come le armi e le armature.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Amati F. 1993.  
(DEM)

Colombo N., *Manuale dell'Ingegnere*, 83<sup>ma</sup> edizione, Hoepli, 2003  
(\*\*) Antonio Malvicini

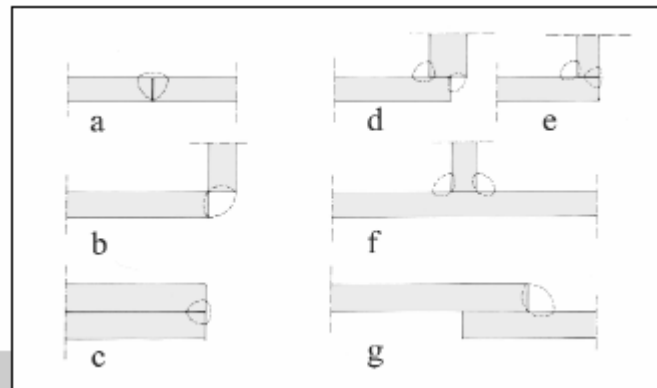


Figura 1 • Tipi di giunti saldati: a) giunto di testa; b) giunto di spigolo; c) giunto d'orlo; d) giunto a L; e) altro tipo di giunto a L; f) giunto a T; g) giunto a sovrapposizione. Schema tratto da *La nuova enciclopedia delle scienze*, sui tipi di saldatura in uso.

(CAF)

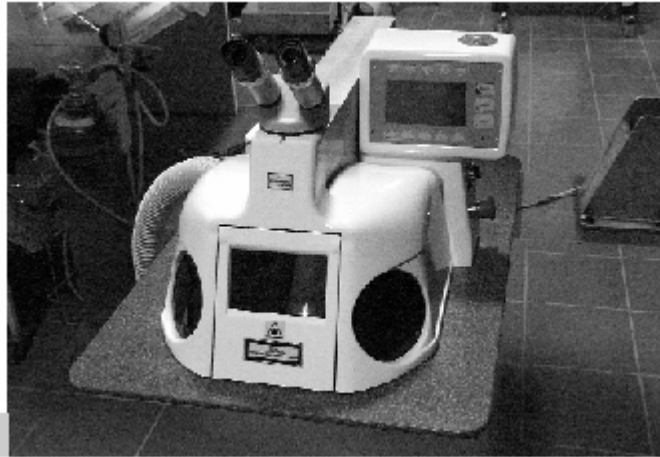


Figura 2 • Saldatrice laser impiegata per piccoli oggetti.  
(OPD)

**RCP 10****RIADESIONE E INTEGRAZIONE DI ELEMENTI METALLICI CON ADESIVI O RESINE****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Gli oggetti di metallo possono subire danni traumatici di vario tipo che interferiscono con l'integrità della loro forma. Secondo il tipo di metallo, la tecnica di lavorazione con cui il manufatto è stato ottenuto, i fenomeni corrosivi presenti, la consunzione subita, il genere di urti e di altri fattori accidentali, questi danni provocano sui manufatti effetti diversi.

In questi casi è necessario intervenire per il ripristino della robustezza fisica e meccanica del manufatto, oltre che per riguadagnarne la funzione perduta.

Le integrazioni di lacune sulle superfici metalliche, o la giuntura di laminati spezzati o fessurati, si fanno normalmente usando materiali adesivi, per lo più resine sintetiche.

Uno dei principi che regola la scelta dei materiali in questi interventi è quello della reversibilità: i prodotti che rimangono sull'oggetto devono essere eliminabili senza che esso subisca danni.

I requisiti richiesti agli adesivi sono: l'elasticità, l'adesione, la trasparenza, la stabilità e l'invecchiamento senza sviluppi negativi, come, ad esempio, contrazioni e perdita di solubilità.

Inoltre, l'adesivo non dovrebbe mai decomporsi in elementi acidi o alcalini che possano reagire con la materia che costituisce l'oggetto e produrre macchie sulle sue superfici.

Per il restauro di manufatti artistici ci sono caratteristiche specifiche richieste agli adesivi:

- l'adesivo deve avere una consistenza fluida e uniforme, per spandersi e penetrare nelle porosità e nelle scabrosità della superficie del giunto o della zona da integrare;
- il legame formato dall'adesivo deve tenere le superfici fortemente unite e deve essere abbastanza forte da resistere a eventi traumatici e a forze esterne;
- deve resistere all'acqua, al calore, agli acidi e agli alcali, ed essere chimicamente inerte.

L'uso delle resine sintetiche ha dato buoni risultati grazie ai loro principi fisici e chimici: la forza d'adesione e quella di coesione.

La forza d'adesione dipende da fattori fisici, come la tensione superficiale e la viscosità, e dall'attrazione tra le molecole della superficie su cui si opera e quelle dell'adesivo. Si possono formare dei legami molecolari dovuti alla presenza di gruppi polari nell'adesivo e nella materia che deve essere incollata.

La forza di coesione dipende dalla composizione molecolare e dalla struttura dell'adesivo.

Essa dipende anche dalla formazione dello strato d'adesivo: ad esempio, per tutti gli adesivi applicati in soluzione, lo strato d'adesione tra le superfici da incollare si viene a creare con l'evaporazione del solvente. Questo provoca una riduzione di volume di adesivo e il sorgere di forze di contrazione che portano a un indebolimento dello strato. Un buon adesivo, infatti, deve solidificare senza perdita di volume, come avviene nelle resine epossidiche.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le fratture sono frequenti nei bronzi archeologici, mentre in quelli moderni la consistenza del metallo, dovuta a differenti leghe e tecniche di fusione, li rende più resistenti, esponendoli anche a danni di minore entità.

Esistono, in ogni caso, condizioni particolari che possono portare all'infragilimento della lega con conseguente rischio di rottura: parti mancanti che sono state rifuse, con possibilità di danno nel punto di contatto delle due fusioni; eccessivi surriscaldamenti; gravi urti o eventi traumatici violenti, che possono scalfire o rompere l'oggetto in punti sporgenti del modellato. Tutti questi fattori provocano sulle superfici dei manufatti lacune più o meno gravi ed estese. Inoltre, è possibile riscontrare situazioni dovute a interventi precedenti di restauro, che di solito consistono in saldature eliminabili solo meccanicamente, oppure in integrazioni e incollaggi fatti con materiali degradati e perciò non più idonei.

Nei laminati di ferro, di cui sono composte, ad esempio, gran parte delle armature, è molto facile ritrovare uno sfaldamento del metallo dovuto a particolari tensioni. Queste rotture si possono manifestare in vari punti della superficie di corpetti, pettorali, schienali, elmi o altri oggetti che hanno subito una lavorazione a lamina per martellatura. Altre lesioni si possono riscontrare nelle immediate vicinanze di punti ribattuti, di spigoli o piegature, vicino a chiodi, ribattini, attaccature di fibbie o nei punti di giunzione di armature composte da più parti.

Danni di questo genere sono visibili anche su oggetti di ferro battuto o di lamina sottile di altri metalli (rame, ottone) e sono sempre causati da sforzi meccanici di trazione e torsione.

Non sono da trascurare, inoltre, le possibilità d'applicazione di questa tecnica a manufatti metallici presenti nell'edilizia storica, quando questi svolgano anche funzioni decorative, siano finemente lavorati e presentino lacune da colmare con vere e proprie ricostruzioni di parti, oppure con risarciture "a stucco" di fori, crateri e simili.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'applicazione di questa tecnica deve essere preceduta da un'accurata pulitura: la superficie da integrare o le due superfici da incollare devono essere perfettamente pulite e sgrassate.

È indispensabile, infatti, eliminare sostanze untuose (grassi, oli, cere) usando solventi appropriati (acetone, alcol, cloroformio), eventuale terra o altro materiale di fusione, materie di deposito e prodotti d'ossidazione o solforazione.

In presenza di vecchie saldature (stagno, ottone), può essere necessario agire meccanicamente per rimuoverle e per ritrovare, se è possibile, la superficie originale dell'oggetto.

Dopo aver eseguito la pulitura, si deve intervenire con altre azioni preparatorie, secondo il tipo di degrado presente e il genere di materiale di cui è composto il manufatto.

#### *Integrazione e incollaggio di laminati metallici*

A causa del leggero spessore della materia, l'oggetto può presentare delle fenditure, dei tagli o degli sfogliamenti, i bordi dei quali sono allontanati da deformazioni del metallo.

Prima di iniziare l'incollaggio o l'integrazione di tali zone bisognerà procedere al loro "raddrizzamento". In questi casi, può essere indispensabile raddrizzare singole parti del manufatto, attraverso controdeformazioni che vanno imposte ai vari pezzi per ottenere un perfetto combaciamento tra le parti, e che possono essere di due tipi: elastiche o plastiche.

Per deformazioni elastiche s'intendono quelle mirate a far combaciare i frammenti forzandone la forma, ma con possibilità di far loro riprendere la configurazione precedente, allorché si elimina la forza deformante. In molti casi, specie se l'oggetto non ha particolare robustezza, è utile bloccare il pezzo deformato elasticamente con l'incollaggio o per mezzo di tiranti, sfruttando il vantaggio di poter sempre eliminare tali presidi e riportare l'oggetto alla forma iniziale.

Per deformazioni plastiche s'intendono quelle che, una volta effettuate, rimangono permanenti.

Tale modificazione di forma può essere fatta a freddo o a caldo. È eseguita a freddo su materiali poco deformati e in buono stato. In ogni caso bisogna agire con cura, evitando di indurre deformazioni dove non è necessario. È bene, anzi, preparare delle sagome e procedere alla deformazione con l'impiego di morsetti da serrare poco alla volta, mai procedendo a occhio, con pinze e altri strumenti ad azione non controllabile.

A caldo possono essere raddrizzati anche gli oggetti molto corrosi e con piegature strette, ma bisogna tenere presente che possono saltare le incrostazioni superficiali e si può modificare la struttura cristallina del metallo. Per questa tecnica si deve utilizzare una micro fiamma a gas e aria, con ugelli intercambiabili, da scegliere caso per caso. Si pone il manufatto su una tavoletta di

carbone e, muovendo la fiamma lungo la piegatura, si scalda uniformemente sino a un colore rosso incipiente. Tale colorazione deve essere visibile solo in una stanza oscurata e presentare una colorazione rosso ciliegia (circa 400/450 °C). Al tempo stesso, con l'aiuto di ferri sagomati, si procede a eseguire la deformazione.

Questa fase operativa presenta a volte delle difficoltà, in quanto, se il metallo è fortemente corrosivo e coperto da prodotti d'alterazione, non può essere utilizzato il calore direttamente.

Inoltre, l'uso del calore provocherebbe, in ogni caso, un cambiamento fisico e strutturale particolarmente pericoloso su metalli che non presentano più elasticità e sono in qualche modo incruditi (per via della lavorazione) e fragili.

Questa fase particolarmente delicata dovrà essere svolta a freddo e con cautela, cercando di non creare ulteriori tensioni sul pezzo già deformato.

Una volta ristabilita, per quanto possibile, la forma del manufatto, bisognerà intervenire sulle zone danneggiate in modo diverso per gli incollaggi o le reintegrazioni.

#### *Incollaggio di fenditure, sfaldature, frammenti*

La riunione dei frammenti precedentemente predisposti nella corretta posizione può essere eseguita con vari prodotti, secondo i materiali da connettere, la loro robustezza, lo stato di maggiore o minore corrosione e lo spessore.

Se i due bordi della rottura coincidono e non c'è stata perdita di materia originale, bisogna non invadere la superficie a vista e intervenire direttamente sul retro o nella parte interna, purché si tratti, naturalmente, di oggetti cavi. I bordi, se possibile, dovranno essere tenuti vicini con due piccoli morsetti. Il materiale usato a questo scopo è una resina epossidica a due componenti, i quali devono essere ben mescolati e stesi sulla superficie fratturata, prestando attenzione che l'adesivo penetri coprendo tutta la superficie del giunto.

L'indurimento deve avvenire senza apprezzabile restringimento della resina e non si devono formare tensioni che potrebbero causare deformazioni al pezzo incollato.

È bene tener presente che la resina epossidica non è solubile in alcun solvente perché è termoindurente, anche se taluni solventi organici forti la fanno rigonfiare disgregandola. Può essere eliminata anche con il calore (100 °C in forno), dopo la completa polimerizzazione.

Se i bordi della rottura non coincidono, all'uso della sola resina si può aggiungere una sorta d'armatura con tessuto di seta o di fibra di vetro, usati per dare maggior forza alle giunture e per costituire un supporto che trattenga la resina dove manca il metallo. Ci sono vari tipi di tessuto di seta e di fibra di vetro, più o meno leggera.

Si opera sempre sul lato posteriore, cominciando con lo stendere uno strato sottile di resina sulla superficie; su questo vanno appoggiati i pezzi di tessuto, tagliati in base alla forma della rottura e quindi impregnati con l'aiuto di una spatola o di un pennello, per evitare pieghe e sovrapposizioni. Sul lato anteriore del manufatto, invece, va collocata un'adeguata protezione, per impedire fuoriuscite o colature. Le "toppe" devono sormontare i margini della rottura per circa mezzo centimetro. Il pezzo può essere messo in forno (meglio se a una temperatura di 70 °C per 40 minuti) fino a completa polimerizzazione della resina. Una volta ultimata questa fase, può essere tolta la protezione sul lato anteriore ed eliminate le eventuali sbavature con un bisturi o con l'aiuto di una piccola lima.

#### *Reintegrazione di lacune*

Nel caso in cui il manufatto metallico presenti delle lacune che interessano ridotte porzioni di superficie, si potrà procedere alla loro reintegrazione, utilizzando la sola resina o anche il tessuto.

Se la lacuna è "passante", essendo costituita cioè da veri e propri fori, e lo spessore del metallo è abbastanza consistente, è consigliabile operare sulla superficie a vista costruendo una barriera sul lato interno con plastilina, cera o altro materiale plastico al quale non aderisca la resina. In questo caso la polimerizzazione non deve avvenire a caldo, in quanto si ammorbidirebbe lo strato sottostante di resina. In presenza di spessori ridotti, invece, si opera come nel caso precedente, vale a dire operando dal retro. Si possono applicare più strati di tessuto e resina, secondo lo spessore che deve raggiungere l'integrazione e il grado di resistenza richiesta al giunto. Gli eccessi di resina dovranno risultare all'interno e potranno essere eliminati anche con l'uso di spazzoline d'acciaio rotanti applicate a un flessibile (rotino).

### *Incollaggio e integrazione di manufatti a tutto tondo*

Talvolta si possono trovare lacune da integrare su oggetti modellati a tutto tondo; generalmente si tratta di bronzi prodotti per fusione che possono aver subito danni provocati da fattori accidentali. Nel caso di perdita di materia, dovuta a fenomeni di corrosione che possono interessare anche qualche millimetro di spessore, non si cercherà mai di riproporre l'ipotetica superficie originale.

Si procederà solo nel caso in cui il danno interessi gran parte dello spessore del metallo, creando buchi o mancanze nel modellato, sempre se si tratta di zone limitate dove è possibile fare il collegamento tra le superfici circostanti.

Se la lacuna interessa tutto lo spessore, si può chiudere il foro con plastilina dall'interno e arginare i margini all'esterno con lo stesso materiale.

Lo spessore della frattura deve essere attentamente pulito, soprattutto in presenza di prodotti di corrosione del rame e delle sue leghe. La resina deve essere colata nella lacuna e, una volta avvenuta la polimerizzazione, si cercherà di modellarla, in base al profilo dell'oggetto, con lime, piccole frese e spazzoline metalliche, prestando attenzione ai punti di contatto con la superficie originale.

La resina può essere addizionata con pigmenti sino a ottenere un colore simile a quello della patina dell'oggetto. Nel caso del ferro si può mescolare alla resina polvere di grafite.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il procedimento seguito dal restauratore G. Morigiè uguale a quello esposto, ma specifica che, se è necessario tenere fermi dei frammenti da incollare, è usato un adesivo ciano-acrilato (Bostik 800 o Ganolit) a presa rapida (facilmente eliminabile meccanicamente previo riscaldamento del pezzo) oppure una resina (Eastman 910 a base di alchil-ciano acrilato) che non indurisce né per la perdita di solvente né per reazione chimica causata dall'induritore, ma polimerizza a contatto, applicando una pressione manuale ed è solubile in dimetil-formamide.

I materiali impiegati in questo procedimento sono:

— resine epossidiche, Araldite AW106 con induritore HV 953 U (flessibile) e Araldite AY105 con induritore HY951 (rigida); non sono solubili ma si disgregano in cloruro di metilene, non danno prodotti d'eliminazione durante la polimerizzazione, sono stabili nel tempo e anche in caso di decomposizione non liberano sostanze aggressive; subiscono nell'indurimento ritiri insignificanti e possono essere colorate con paste coloranti.

— tessuto in fibra di vetro di tipo medio (poly-x-99) e leggero.

### **ESPERIENZE**

*Ratto della sabina*, Museo di Capodimonte, Napoli (Giambologna, 1579).

Porta della chiesa dell'abbazia di Montecassino (Mauro di Pantaleone, Costantinopoli, 1066).

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Morigi G. 1973, pp. 286-92.

Cagiano de Azevedo M. 1992, pp. 23-39; PLUNDERLEITH H. J., WERNER A. E. A., *Il restauro e la conservazione degli oggetti d'arte e d'antiquariato*, Milano, 1986.

BURRINI F., DOLCINI L., *Un bronzo del Giambologna del museo di Capodimonte*, in OPD Restauro, Firenze, 1994, pp. 81-86.

RONCHI M. (a cura di), *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza archeologica della Toscana, s.d.



**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Nella maggioranza dei casi, i manufatti lignei sono costituiti da pezzi o elementi assemblati e tenuti insieme mediante incastri, spesso con l'ausilio di adesivi o di cavicchi. Esistono diversi tipi di connessioni a incastro (a tenone e a mortasa, a mezzo legno, a coda di rondine, con cavicchi ecc.) e ciascuno di questi possiede proprie caratteristiche costruttive e specifici comportamenti nei confronti delle sollecitazioni cui è sottoposto. Di conseguenza, ogni incastro è anche caratterizzato da fenomeni di degrado o di dissesto, quale ad esempio la frattura del tenone o dei cavicchi, almeno parzialmente riconducibili alla sua forma e alla tecnica di costruzione.

Inoltre, col passare del tempo, le connessioni si possono allentare a causa delle sollecitazioni cui sono indotte dal ritiro del materiale e dalla deformazione degli elementi costitutivi o dal degrado dell'adesivo che li tiene insieme, e può rendersi necessario ripararle o rinforzarle.

Uno dei modi più ricorrenti per recuperare l'irrigidimento di un incastro allentato è appunto l'inserzione di perni lignei o spinotti, disposti trasversalmente alla linea di giunzione delle parti, per limitare i loro movimenti reciproci. I perni lignei o spinotti sono anche utilizzati per irrigidire le giunzioni di parti fratturate. Essi infatti svolgono una funzione duplice: aumentano la superficie di incollaggio e limitano la possibilità di movimento reciproco delle parti collegate. In relazione al tipo di frattura, gli spinotti possono essere nascosti dentro il pezzo rotto o inseriti in un foro trapanato dall'esterno; in questo secondo caso l'estremità resta visibile.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica si applica a pressoché tutti i manufatti lignei costituiti da parti unite e rese solidali mediante incastri e che presentano fenomeni di allentamento nella tenuta delle giunzioni, di distacco parziale o totale dei pezzi o di altri fenomeni di dissesto. Può trattarsi, così, di porte o finestre, di scaffalature e arredi fissi in genere, di pannelli o rivestimenti, di cassettonati e di altri oggetti di legno.

L'introduzione di perni o cavicchi per irrigidire e rinforzare le connessioni a incastro era una pratica consueta nelle lavorazioni tradizionali della carpenteria lignea e della falegnameria, ed è ancora utilizzato per la riparazione di molti manufatti, anche per la relativa facilità con cui è possibile realizzare l'intervento. Gli incastri per i quali è tecnicamente vantaggioso ricorrere a questo tipo di rinforzo sono l'incastro a tenone e mortasa, nelle sue varianti, e l'incastro "a mezzo e mezzo" o "a mezzo legno". L'inserimento di perni non svolge invece alcun ruolo di effettivo rinforzo negli incastri a coda di rondine o in quelli caratterizzati dall'uso di cavicchi: per questi, si deve ricorrere ad altri sistemi di irrigidimento, quali l'incollaggio, la sostituzione degli elementi di congiunzione, la fasciatura e l'inserimento di reggette chiodate.

La tecnica è altresì diffusa nella sostituzione di perni o cavicchi danneggiati, nell'integrazione mediante tassellatura, per aumentare la superficie di incollaggio, specie quando la sezione di frattura è modesta rispetto alle altre dimensioni del pezzo da riparare o integrare, e assicurare una migliore resistenza alle sollecitazioni della parte integrata (fig. 1).

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Prima di procedere alla riparazione vera e propria mediante integrazione con tassello o semplice re-incollaggio e inserzione di perni, è opportuno procedere ad alcune verifiche preliminari, così da garantire la riuscita dell'intervento di riparazione. Per prima cosa, occorre valutare la necessità di consolidamento delle parti da riconnettere o anche solo dei lembi disconnessi o fratturati, che potrebbero presentare una diminuita resistenza a causa di attacchi biologici (insetti xilofagi, funghi, muffe, ecc.) o di fenomeni di sfibramento a seguito della frattura. Inoltre può essere necessario procedere alla regolarizzazione dei lembi di frattura, per facilitarne la riconnessione, tramite l'aggiunta di una protesi, a causa dell'eccessiva irregolarità del margine di rottura che rende impossibile far combaciare i due pezzi, o perché la frattura è conseguenza di altre forme di degrado, ad esempio attacchi xilofagi, che hanno provocato un indebolimento localizzato del materiale, cui non è possibile o opportuno rimediare consolidando le parti degradate. In questi casi, oltre all'intervento di riconnessione, riadesione o rinforzo, è necessario procedere anche ad un'integrazione del manufatto, generalmente mediante l'aggiunta di un tassello, al fine di rendere possibile la ricongiunzione delle parti da riparare. Talvolta tuttavia, può essere necessario operare integrazioni mediante altre tecniche, ad esempio con materiali in pasta, per risarcire piccole mancanze (v. INT12 - Integrazione di fratture e piccole cavità con materiali in pasta), o ricostruire estese parti ormai venute meno o profondamente degradate. In questi casi l'utilizzo dei perni aumenta la superficie di adesione del prodotto di integrazione, aumentando la solidarietà dell'integrazione con il materiale di cui è costituito il manufatto e migliorandone la resistenza alle sollecitazioni.

In generale, il diametro del perno ligneo deve essere pari a 1/4-1/5 dello spessore del pezzo da aggiustare e la lunghezza pari almeno al quadruplo dello spessore; se è richiesto un ancoraggio di maggiore resistenza, lo spinotto può essere più lungo.

Gli spinotti tengono meglio e durano più a lungo se aderiscono bene, ma non troppo strettamente, al pezzo rotto. Un rinforzo troppo allentato non permette all'adesivo di svolgere pienamente la sua funzione, uno eccessivamente stretto può forzare il legno circostante causando spaccature.

Ogni volta che si usa la colla conviene ricorrere a un'adeguata morsettatura degli elementi da unire. I morsetti vanno collocati in modo che la forza agisca perpendicolarmente alla linea della rottura, per accostare le estremità senza farle uscire dall'allineamento. I rinforzi dovrebbero essere ricavati da legno simile, per caratteristiche meccaniche, a quello del manufatto in cui saranno usati, tagliati nel senso della venatura, per ridurne le deformazioni e le differenze di comportamento meccanico rispetto al materiale entro cui sono inseriti.

I perni da utilizzare nel rinforzo dei manufatti lignei non devono essere soggetti a deformazioni, devono essere lavorati in superficie in modo da aumentare la superficie di incollaggio del perno e permettere il deflusso dell'adesivo quando il perno è collocato nella sua sede.

Quando un oggetto, o una sua parte, è rotto nettamente in due, se è possibile forare i pezzi in cui si è diviso, allora si inseriscono all'interno uno o più perni che collegano i due elementi.

In questo caso, in sintesi, le fasi di intervento sono le seguenti:

1) Intanto, bisogna collocare il pezzo da riparare con l'estremità rotta rivolta verso l'alto. Esso va serrato in una morsa, protetto con tavolette lignee o "cuscinetti" di sughero per evitare di danneggiarlo. Se la rottura è abbastanza netta si può usare una guida di foratura, vale a dire un attrezzo che aiuti a praticare i fori nella direzione voluta, altrimenti si procede a occhio. È consigliabile usare prima una punta piccola per praticare un foro guida in ciascun pezzo, quindi passare a una punta dello stesso diametro dello spinotto per fare il foro definitivo.

2) I fori vanno puliti dalla segatura con l'aspirapolvere oppure capovolgendo i pezzi e battendoli leggermente, in modo che fuoriescano i detriti.

3) Per stabilire la lunghezza dello spinotto da usare se ne inserisce in ciascun foro uno di diametro inferiore e si segnano le profondità di ciascun foro. Lo spinotto destinato all'uso va tagliato a una lunghezza di poco inferiore alla somma delle profondità dei fori, le estremità

vanno smussate con una raspa e la superficie laterale va scanalata per assicurare l'irrorazione e aumentare la superficie di azione della colla.

4) Prima di introdurre lo spinotto occorre spalmarne di colla l'estremità insieme con le superfici interne del foro, quindi lo si picchietta con un mazzuolo in modo da farlo entrare completamente. Prima di incollare l'altra parte, è opportuno controllare che la direzione dello spinotto sia corretta e che le estremità rotte siano allineate; in caso contrario bisogna ridurre la sezione del perno in modo da far combaciare i pezzi.

5) A questo punto si possono spalmare di colla la parte sporgente dello spinotto, il foro del pezzo fratturato e i lembi della frattura, quindi si riuniscono i due pezzi picchiettandoli con un mazzuolo e si eliminano gli eccessi di colla.

6) terminate le operazioni di riconnessione, si procede alla morsettatura. Si applica un serragiunti sufficientemente lungo che abbracci il pezzo rotto da un'estremità all'altra, perpendicolarmente alla rottura. Se questo non può essere disposto nel modo più corretto e i pezzi tendono a deviare dall'allineamento, bisogna ricorrere ad una seconda morsa. Naturalmente, queste vanno ancorate alle parti solide dell'oggetto, previa interposizione di tasselli di legno o "cuscinetti" di sughero che salvaguardino la superficie del manufatto. La regolazione reciproca dei serragiunti dovrebbe consentire il riallineamento degli elementi riconnessi.

Se la rottura è sull'estremità di un angolo o su un punto curvo, è più semplice inserire uno o anche due spinotti dall'esterno. In questo caso, occorre innanzi tutto ricomporre la frattura previa spalmatura di colla su entrambi i bordi, quindi si serrano insieme i pezzi con l'aiuto di due morsetti e due tavolette di legno. Fissata la parte rotta si pratica un foro guida, più piccolo di quello definitivo, perpendicolarmente alla linea di frattura, che la attraversi e interessi parte della lunghezza dell'elemento spezzatosi. Seguendo il foro guida si esegue quello definitivo e, terminata la foratura, si eliminano la segatura e i trucioli.

Anche in questo caso si usano spinotti scanalati che, però, vanno tagliati di una lunghezza leggermente superiore alla profondità del foro; il perno è inserito picchiettandolo con un mazzuolo. A questo punto si tolgono i morsetti, i sostegni e i residui di colla e si procede all'immorsatura vera e propria, che va mantenuta fino a che sia indurita la colla. Le morse vanno disposte in modo che la forza impressa agisca perpendicolarmente alla frattura (fig. 1, fig. 2).

A incollaggio eseguito, si trancia la parte eccedente degli spinotti, per mezzo di uno scalpello affilato e con la smussatura rivolta verso la superficie lignea e si rifinisce la testa del perno mediante carteggiatura e levigatura. Infine si esegue il trattamento di finitura e protezione (verniciatura, ceratura, oliatura, smaltatura...) sulla parte riparata o su tutto il manufatto, se necessario (fig. 3).

Quando si deve rinforzare giunzioni allentate, occorre preliminarmente verificare se siano stati attuati interventi di rinforzo con chiodi o viti e, in caso positivo, questi vanno estratti e rimossi, avendo cura di non provocare ulteriori danni alle fibre del legno. A questo fine può talora essere necessario praticare carotature con il trapano munito di punta cava.

Si procede quindi ad allentare ulteriormente la giunzione e a separarla, se è indispensabile per poter attuare la riparazione, ammorbidendo la colla mediante esposizione del giunto al vapore e rimuovendo eventuali cavicchi lignei ancora presenti.

Se l'incastro è stato solo parzialmente separato, si può iniettare il nuovo adesivo tra i suoi giunti e rimetterlo quindi in posizione, fissandolo, se possibile, con morsetti fino a presa avvenuta del collante (fig. 4).

Dopo l'indurimento della colla, è possibile procedere all'imperniatura, seguendo le procedure sopradescritte.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

In falegnameria e in ebanisteria, ma anche nella carpenteria lignea, l'impiego di spinotti è sempre stato un sistema largamente impiegato nella costruzione di mobili, boiserie, porte e finestre, pannellature e altri manufatti lignei, sino alle complesse strutture dei cassetti nati e dei grandi telai. Gli accorgimenti, le varianti e gli espedienti per migliorare la tenuta delle giunzioni sono impossibili da enumerare, e ogni artigiano li utilizza a modo proprio, sulla base dell'esperienza.

Il suo impiego come tecnica di riparazione tuttavia, benché teso a recuperare gli elementi costitutivi originali dei manufatti danneggiati, può essere difficoltoso e presentare perfino qualche aspetto contraddittorio sul versante della conservazione. Infatti, occorre tenere presente che l'inserzione di spinotti può essere realizzata solo in manufatti il cui materiale sia sufficientemente solido da sopportare perforature. In caso contrario, è necessario risanare la parte che deve ospitare i perni e generalmente questa operazione è praticata mediante la rimozione della frazione ammalorata e la sua sostituzione con un tassello di materiale sano. Talvolta questo sacrificio non è accettabile, in considerazione delle caratteristiche del manufatto, oppure, a causa della geometria complessa del pezzo da ricollegare, il corretto riallineamento può diventare difficile, se non impossibile, pertanto è necessario ricorrere ad altre tecniche di intervento meno invasive.

In alcuni casi, per facilitare lo smontaggio, almeno parziale, degli elementi incastrati e per agevolare le operazioni manutentive, si è fatto uso di perni rimovibili, inseriti in incastri privi di incollaggio

## **ESPERIENZE**

Numerosi sono i manufatti su cui è stato eseguito un rinforzo delle connessioni mediante l'inserzione di perni, e tra i tanti si segnala, come esempio particolarmente significativo quello che ha interessato alcuni arredi della sacrestia della basilica di San Marco, Venezia, ove si è proceduto alla sostituzione dei chiodi con perni di legno rimovibili, per favorire l'eventuale smontaggio dell'apparato.

Tra gli esempi di applicazione di questa tecnica si ricorda:

Specchia (Lecce), riparazione di modanature lignee fratturate al cassettonato seicentesco del salone di palazzo Pisanelli.

Alessano (Lecce), palazzetto Daniele Morosini. Ricomposizione con spinotti dei telai di finestra.

Grande cornice settecentesca del Martirio di S. Agata - Collezione privata.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AMATI F., *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Milano, 1993;

AA.VV., *Rinnovare i mobili*, Milano, 1986;

RODD J., *Restauro e manutenzione dei mobili antichi*, La Spezia, 1976.

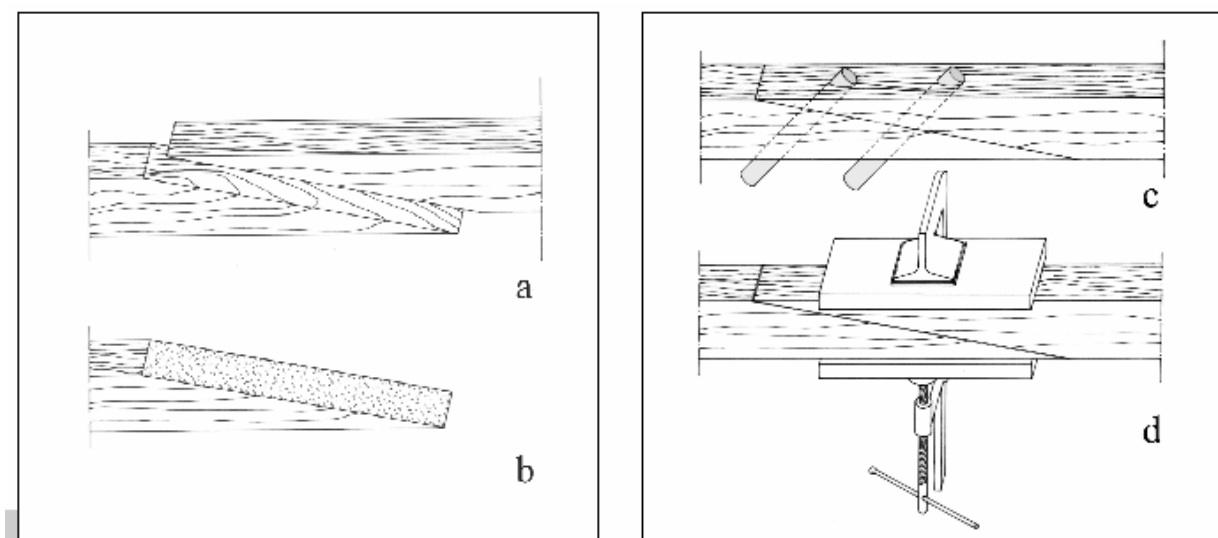


Figure 1 e 2 • Unione di due sezioni lignee: se le due parti sono state in precedenza separate, occorre innanzitutto asportare ogni residuo di eventuali vecchie colle (a) e, prima della stesura del nuovo collante, è opportuno rendere leggermente scabre le superfici da unire (b), con una lima. Dopo aver inserito gli spinotti (c), le parti così unite sono bloccate con dei morsetti a C o con strettoi a cremagliera se le dimensioni dei pezzi lo richiedono (d). (CAF)

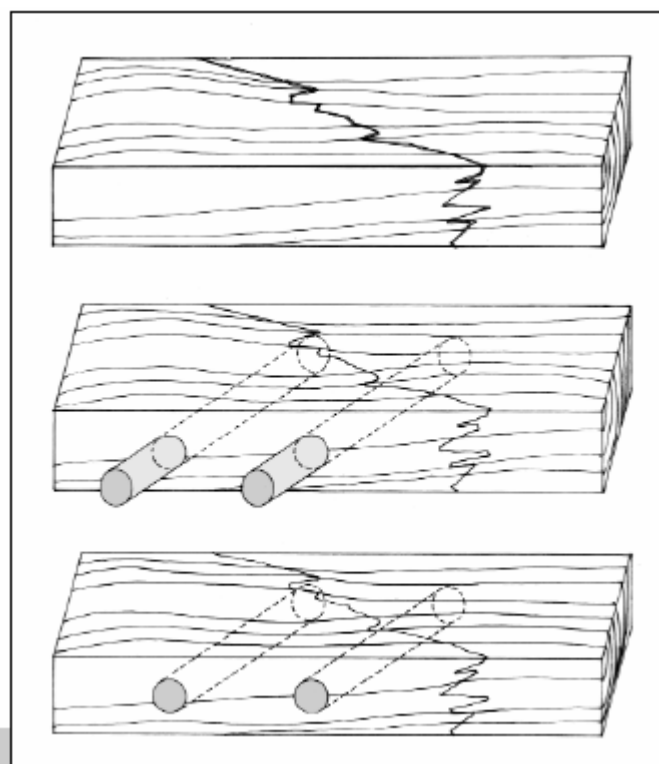


Figura 3 • Frattura frastagliata senza parti mancanti: le parti da riunire sono incollate e avvicinate. In seguito sono inseriti, perpendicolarmente al piano della frattura, degli spinotti di legno per irrobustire la riparazione. A incollaggio avvenuto, si trancia la parte eccedente degli spinotti per mezzo di uno scalpello affilato. (CAF)

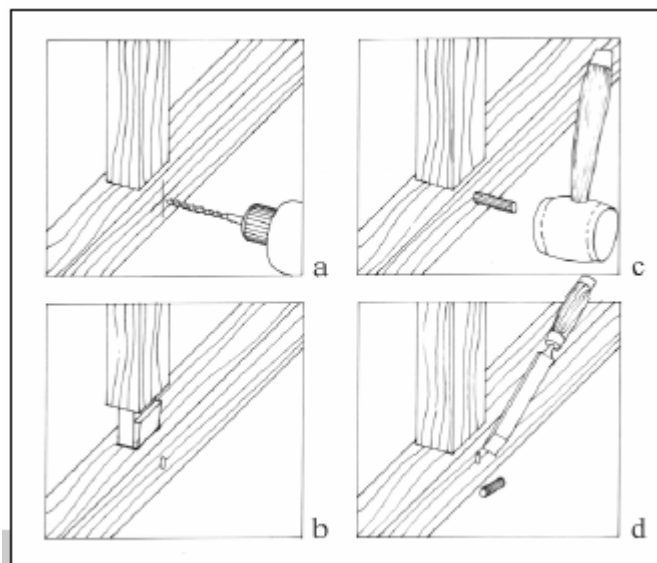


Figura 4 • Sequenza delle operazioni necessarie per realizzare l'intervento:

- a) esecuzione del foro per la spina;
- b) inserimento di un cuneo nel tenone;
- c) fissaggio nell'incastro dello spinotto;
- d) taglio dell'estremità della spina.

(CAF)

## LA PULITURA NEL RESTAURO ARCHITETTONICO

La sezione raccoglie una sessantina di tecniche di pulitura, comprendenti metodi meccanici, fisici e chimici, da quelli più tradizionali che richiedono la mano dell'operatore, come le spazzolature, l'uso di punte, bisturi, impacchi e tamponi, a quelle più o meno complesse, che si avvalgono di apparecchiature talvolta raffinate, come la microsabbatura o la pulitura laser. Anche il campo di applicazione considerato non si limita ai materiali lapidei, sia pure nell'accezione vasta data dalle Raccomandazioni Normal, ma si estende ai metalli, ai legni, ai tessuti, alle ceramiche e al cuoio. L'allargamento del campo di interesse, del resto analogo a quello delle altre sezioni, permette di includere alcune procedure apparentemente estranee ai materiali più diffusi nei manufatti architettonici, ma che invece, a ben guardare, sono spesso presenti nelle esperienze di conservazione, anche se sono considerate dal senso comune come appartenenti ad altre famiglie del restauro. Non è detto, cioè, che l'architetto responsabile dell'intervento su un edificio s'incontri spesso con un problema di puliture di manufatti tessili o di cuoio, e tuttavia carte e stoffe da parati, rivestimenti di pelle o di materiali ceramici s'incontrano meno raramente di quanto si creda e molte volte in situazioni di stretta unione e interdipendenza con i legni e le pietre delle strutture architettoniche. La pulitura è intesa, naturalmente, come operazione che punta a rimuovere i depositi, gli strati e le pellicole dalle superfici dei manufatti ed è chiaro, di conseguenza, che le tecniche riguardanti tale settore hanno in comune due/tre aspetti caratterizzanti: le *superfici* come campo di applicazione, la *rimozione di sostanze estranee* come mezzo dell'azione pulente e la *conservazione* come obiettivo generale e al tempo stesso specifico. Detto in questi termini, il problema delle puliture appare chiaro, perché ben definite sono le regioni applicative, i principi metodologici e gli scopi dell'azione. Ma le cose non stanno in questo modo, perché il degrado subito da un qualsiasi sasso erratico è cosa diversa da quello che intacca la superficie di una pietra scolpita o anche semplicemente lavorata e posta in opera. Se sotto il profilo chimico, fisico o biologico il fenomeno può essere considerato dello stesso genere, dal punto di vista del restauro le cose non stanno allo stesso modo: ciò che è messo a rischio in una pietra lavorata è anche una testimonianza di storia e di cultura. La questione va dunque esaminata più attentamente.

### “SUPERFICIE”

Il significato di *superficie* è a prima vista scontato, ma un qualunque dizionario ci avverte che non è così. In senso ampio, *superficie* è il contorno che separa un corpo dallo spazio circostante, ma già nelle tecnologie meccaniche si parla di *superficie di lavorazione*, di *superficie specifica*, di *superficie di troncatura* e così via, a indicare la necessità di circoscriverne l'uso lessicale rispetto a specifici contenuti tecnici. In matematica, la *superficie* è una figura geometrica che traduce la nozione intuitiva del contorno di un solido in una sorta di lamina priva di spessore, e anche qui ci si avvale di versioni particolari del termine, con i concetti di *superficie di rotazione*, *superficie algebrica*, *superficie trascendente*, *differenziale*, *analitica* ecc. In fisica, l'indagine sui fenomeni della natura dà luogo a chiare distinzioni tra *superficie equipotenziale*, *superficie di livello*, *superficie d'onda*, per non parlare delle varianti linguistiche che si trovano in marina, in aeronautica, nelle scienze della terra, in agraria e in altre regioni disciplinari. È interessante che l'idea di *superficie* ha in ambito chimico una formulazione legata alla concretezza materiale dei corpi, almeno in quella parte della disciplina che studia i comportamenti determinati dallo stato di insaturazione tipico degli atomi (o ioni) presenti sulla superficie dei solidi. A questa speciale accezione è legato lo studio di processi associati alla catalisi eterogenea, alla corrosione, alla elettrochimica degli elettrodi e ad altri fenomeni, appunto, di superficie. A un'idea di “strato sottile” si avvicina, peraltro, l'uso della parola in certe espressioni del linguaggio comune, come “raschiare una superficie”, “coprire con una superficie di smalto”, “incidere o intaccare la superficie” e così via. Ma c'è anche un significato che si colloca nelle regioni dell'estetica, ove la *superficie* è intesa come

apparenza, come exteriorità capace di trasmettere i contenuti figurali degli oggetti. In tal caso la parola si aggettiva con attributi cromatici, di lucentezza, di rugosità, di disegno e altro ancora, in un'attività connotativa che può riguardare tanto le qualità morfologiche naturali, quanto quelle artificiali degli oggetti costruiti dall'uomo. E per l'architettura? La domanda è d'obbligo, almeno perché, per un verso, le "superfici" del costruito sembrano riflettere una complessità formale, materiale e costruttiva tale da renderle disponibili a molti dei significati or ora indicati, e, per un altro, gli operatori del settore raramente si interrogano in modo esplicito su cosa sia "dal loro punto di vista" la *superficie* in architettura, pur sapendo che su di essa esercitano gran parte del loro lavoro. Proprio nel campo del restauro, anzi, la parola è usata generalmente per indicare un generico spazio dell'azione, un oggetto dell'operatività, quel certo qualcosa su cui applicare e sperimentare determinate azioni tecniche; insomma, un luogo fisicamente consistente della fabbrica, al quale è indirizzato un impegno concreto di ricerca o di intervento. Vediamo allora che una prima idea di superficie è in *ciò che si vede*, o più propriamente in ciò che può essere apprezzato e giudicato attraverso la semplice percezione visiva. In tale ambito, la superficie è intesa come delimitazione propria dell'architettura, come "interfaccia" tra la materialità del costruito e lo spazio nel quale ci muoviamo, assumendo il significato di "*facies*", con valore di forma esteriore, aspetto, figura, apparenza. Anche al di sotto di una sostanza estranea che la nasconde, essa è presente, sia pure invecchiata nei colori, con una propria levigatezza consunta o con le impronte delle rugosità, anche minimali, originate dalle lavorazioni. È, insomma, totalmente luce e immagine, puro contorno formale dell'opera: percepibile in quanto generata dai corpi, ma priva di qualsiasi corposità, come le ombre. Ed è questa natura squisitamente percettiva che dovrebbe aiutarci a valutare, tra l'altro, ciò che va "pulito", e con quali risultati, e per quali fini. Perciò, se uno strato di materia "impropria" ricopre e offusca la leggibilità delle forme, la soluzione più comune è di agire con prudenza e abilità per eliminare gradualmente la crosta, magari fino a raggiungere il colore "originario" di una pietra portata a nuovo o la sfumatura ambrata di una pulitura arrestata "al momento giusto". Un obiettivo certamente difficile da cogliere, spesso contestato o difeso, e che trova contraddittorie conferme e smentite teoriche pure nella "istanza estetica" di Brandi, nella teoria della "vera forma" di Bonelli, nell'intangibilità del "valore dell'antico" sostenuta da Riegl. Dobbiamo intanto annotare, però, che a un'idea di superficie come "*facies*" se ne è già aggiunta un'altra intesa come "*strato naturale di accumulo*", generalmente costituito da concrezioni o depositi originati da processi di inquinamento o da azioni chimiche, fisiche o biologiche. La cosa cambia se, in luogo di uno strato naturale – organico o inorganico che sia – il restauratore ha a che fare con una scialbatura o con una successione di coloriture che ricoprono e si coprono a vicenda. Emerge così una nozione di superficie come "*strato di addizione*". Alla comune tentazione di raggiungere e disvelare la *facies* originaria, si oppone il fatto che ogni strato coprente è a sua volta *originario*: è cioè una *superficie altra*, intenzionalmente realizzata per configurare l'opera, tanto quanto le precedenti o le successive. E poco importa, in linea di principio, se la più recente pellicola di tinta sia stata voluta da un disinvolto imbianchino del Seicento o da un abile decoratore di cinquant'anni fa. Rimane il fatto che in questa circostanza – diversamente da quella precedente, nella quale la crosta non è da considerare strettamente di pertinenza all'architettura (questione in ogni modo non così semplice e assodata) – la superficie si mostra con un'impalcatura complessa, grazie alla molteplicità degli strati di cui è composta, ed è inoltre *cosa costruita dall'uomo in solida materia*. Non è raro, poi, che la serie degli strati che concorrono a definire la "superficie" sia estesa agli spessori di intonaco sottostante, coinvolgendo l'intera fascia epidermica – per così dire – della fabbrica. Per averne conferma, basta ricordare il concetto di "superficie di sacrificio", o l'idea di denunciare la tessitura muraria eliminando le "superfici" di intonaco, oppure la liberazione di "superfici" affrescate da scialbature ricoprenti, e ancora la ricostruzione di "superfici" ammalorate e così via. Dobbiamo dedurre che per superficie si deve intendere una corposa pellicola di sostanza costruttiva? C'è tuttavia un altro modo di intendere la *superficie*, che ritroviamo quando i processi di modificazione interessano spessori più o meno rilevanti di materia nelle zone più esterne delle parti edilizie: si può parlare allora di superficie nel senso di "*strato periferico di alterazione*". Le espressioni "superficie alveolizzata", "fessurazioni superficiali", "superfici solfatate" e simili, rinviano appunto a questo particolare significato. Siamo di fronte, cioè, a valutazioni ben diverse da quelle prima descritte, giacché non si tratta evidentemente né dell'incorporeo margine del puro visibile, né di accumuli di materia estranea e neppure della successione di strati protettivi o decorativi intenzionalmente giustapposti, ma di un denso contorno, dotato di profondità, che è tutt'uno con la



materia edilizia, pur essendo alterato. Alcune operazioni di “pulitura”, del resto, fanno espresso riferimento a tale significato, ove si tratti, per esempio, di eliminare una vernice deturpante, una resina o una qualche sostanza aggressiva che siano “penetrate”, appunto, nella “superficie” di una massa permeabile, oppure di sottrarre un prodotto inquinante che si propaghi progressivamente dai margini periferici verso l’interno del substrato edilizio. Non è inconsueto, infine, che al termine *superficie* si dia un significato corrispondente al concetto di “*strato costruttivo*”, così come suggeriscono le forme linguistiche “superficie di rivestimento”, “superficie di finitura”, “superficie a stucco”, “superficie vetrata” e via dicendo. Qui la parola si applica addirittura alle parti costruttive, sia che si tratti di elementi di chiusura e di protezione finale dei volumi edificati, sia che svolgano funzioni di finitura o di ornamento. L’ampliamento dell’uso del vocabolo a corpi tridimensionali è meno raro di quanto non si creda, se si osserva che le parole “paramento”, “tessitura muraria”, “apparecchio”, e simili, sembrano alludere tanto al disegno della combinazione bidimensionale dei concetti, quanto alla loro corporea disposizione stereometrica, inglobando nel concetto di superficie quello del solido murario. Si possono trovare ovviamente altre articolazioni semantiche, ma questo basta per chiarire che se parliamo di *superfici* in architettura, soprattutto in questioni di restauro, non possiamo pensare di riferirci a un concetto unitario sul quale ci si trovi tacitamente d’accordo, né che le filosofie operative che mettiamo in essere nella “pulitura” siano al sicuro da insidie di natura concettuale e metodologica.

## “PULITURA”

Nel suo significato principale la parola rinvia a un percorso operativo piuttosto che a un attributo qualitativo, a un *procedimento* più che a un *risultato*. Diversamente da *pulizia*, che indica la qualità del pulito (si dice *la pulizia di un luogo*, ad es.), *la pulitura* implica un fare, un’azione che si svolge per un certo fine. Inoltre, al concetto di pulitura si associa generalmente l’azione del *sottrarre*, cioè del *togliere* lo sporco, le impurità da un oggetto o da un luogo, pur se in talune specialità sono in uso accezioni particolari, come in meccanica, dove si intende l’operazione del *levigare*. Se il *pulire* è un processo che si realizza mediante un *togliere*, esso implica la presenza di determinate metodiche operative, di tecniche, di strumenti e di materiali; ma comporta anche l’identificazione di un fine al quale l’operazione è rivolta e dal quale è guidata. Perciò la pulitura è evidentemente custode di contenuti metodologici che rispondono a domande sul *cosa*, sul *come* e sul *quanto togliere*, sulla base di un *perché* e a *qual fine*, da cui ha origine l’atto e che permette di valutarne gli effetti. Nel campo del restauro la pulitura conserva prevalentemente il senso del “sottrarre”, ma dobbiamo annotare che in certi casi, purtroppo ancora frequenti, esso si ibrida con l’“aggiungere” e con il “modificare”, soprattutto se il fine è di ottenere una superficie ordinata e chiara nei segni figurati, oltre che consolidata e protetta nella materia. Il pulire si associa, allora, a interventi di ritocco e d’integrazione, e perfino di patinatura, di stuccatura, di doratura ecc., oltre che ad azioni di modificazione chimica o fisica dei materiali. Così, per quanto distinta nel significato, la pulitura non è sempre dissociata, almeno in talune pratiche correnti, dalle fasi preparatorie che la precedono e da quelle di finitura che la seguono.

## COSA, COME E QUANTO TOGLIERE

Cosa si toglie in fase di pulitura? In linea di massima si dice che l’operazione consiste nell’eliminare lo “sporco” che si forma sulle parti edilizie per effetto di lenti processi di sedimentazione o per accumuli più o meno rapidi dovuti a fattori inquinanti. Sappiamo che la costituzione di strati ritenuti generalmente “estranei” presenta uno spettro fenomenico che va dai semplici depositi di polvere alle croste organiche incoerenti o compatte, dal guano dei volatili alle concrezioni calcaree, dalle colonie di muschi e di licheni alle efflorescenze saline, investendo processi di natura fisica, chimica e biologica, organica e inorganica, di origine ambientale o endogena. Sia pure limitatamente ai processi naturali, la problematica della “pulitura” si presenta con molte facce, sulle quali, tra l’altro, il lessico dei restauratori non ha ancora trovato un ordinamento chiaro, nonostante l’impegno del CNR, dell’ICR e di altre istituzioni. Se poi, a causa di un’estensione semantica della “superficie”, v’includiamo anche le pellicole e gli strati artificiali più o meno “spessi”, l’ordine dei

problemi si complica ulteriormente. Ne consegue che il *cosa togliere* non è definibile su un piano esclusivamente tecnico. Per sincerarsene è sufficiente ricordare, fra le tante controversie sulla pulitura, quelle riguardanti il limite di separazione tra crosta e patina o la misteriosa differenza tra gli strati naturali di annerimento e certe antiche pratiche di trattamento artificiale delle superfici. La letteratura sul restauro è ricca di contenzioso proprio sulle filosofie del *cleaning* o del *nettoyage* e, non a caso, il cantiere della “pulitura” propone continue *domande* che chiedono soccorso al pensiero dubbioso, piuttosto che all’illusoria sicurezza della *téchne*. Ancor più complesso si mostra il quadro delle risposte sul *come togliere*, dato che alla varietà dei materiali inquinanti o coprenti si aggiunge quella delle parti costruttive inquinate o coperte, vale a dire delle molte specie di materiali di cui l’architettura è fatta. Il *come* deve tener conto, allora, di questo duplice volto della materia su cui si agisce, quello delle sostanze estranee che inquinano i corpi costruttivi (e le loro forme) e quello delle parti architettoniche con tutti i materiali e i segni che le connotano. Il dominio del *come togliere* mette alla prova l’abilità degli specialisti, ed è campo d’azione per applicazioni, ricerche, innovazioni tecnologiche, o recuperi di metodi storici. Basta un’occhiata al multiforme contenuto di questa sezione dedicata alle *puliture* per farsi un’idea del potente apparato operativo oggi disponibile in questo campo, nell’orizzonte del *come*. Le differenze fra le tecniche non sono determinate soltanto dalla natura delle sostanze da rimuovere, ma anche da ragioni legate alla qualità e alla consistenza dei materiali architettonici, alla posizione e alla distribuzione di depositi e croste, alle interazioni chimiche e fisiche tra materie edilizie e pellicole, alle reazioni dei sostrati costruttivi sotto l’azione pulente, e così via. Il problema della pulitura, inoltre, acquista valenze ben diverse secondo che l’azione riguardi una “preziosa” parete di pochi metri quadrati o, al contrario, le grandi estensioni delle superfici cosiddette “comuni”. È nel primo caso, infatti, che si registra la maggiore concentrazione di impegno tecnico-scientifico degli operatori; mentre nel secondo le metodiche di pulitura tendono a essere più speditive e in taluni casi persino disinvoltamente distruttive, in una concezione che mostra di privilegiare discutibili criteri di “gerarchia” estetica o storica. Viene da chiedersi, per inciso, quali siano il contributo di ricerca e l’impegno dei restauratori al cruciale problema delle *grandi superfici*, per evitare almeno che la sua soluzione sia di fatto delegata al buon senso delle imprese e dei direttori di cantiere. Se il *come togliere* si coniuga strettamente con il *cosa togliere* – per le ragioni prima espresse –, altra domanda inevitabile è quella che riguarda il *quanto togliere*. Stabilire la *quantità* delle rimozioni vuol dire adottare criteri e decisioni che riguardano il *fino a che punto* vanno spinte le puliture. Un problema, questo, ben presente in fase esecutiva, oltre che in ambito metodologico. Ogni rimozione, infatti, ha per oggetto una materia che non sempre è separata o separabile in senso fisico e figurale dai supporti costruttivi. Il passaggio dall’estraneità delle accumulazioni superficiali alla materia architettonica è spesso segnato da strati più o meno sottili di coappartenenza, non facilmente attribuibili né del tutto alle sostanze aggiunte, né soltanto alla materia edilizia. E questo può valere per lo strato di penetrazione delle ife licheniche, per le vernici, le velature e altre materie, anche organiche, che sono a volte presenti sulle superfici metalliche, lignee o lapidee; e vale ancor di più per le cosiddette “patine”, la cui origine e caratterizzazione restano ancora da definire con chiarezza, per quanto si possano ascrivere a una sorta di nobile invecchiamento naturale o artificiale che aggiunge qualità storica ed estetica agli oggetti, pur alterandone i valori cromatici. Resta il fatto che l’opportunità generale della “pulitura”, nel senso proprio di “eliminazione dello sporco”, non può essere negata e non è negata da alcuno, salvo ovviamente i doverosi distinguo che investono proprio il *quanto* e il *fino a dove* spingere l’azione pulente. Tutti sembrano d’accordo, d’altronde, che il “quanto” deve essere stabilito proprio sulla base di un criterio di separazione tra la sostanza estranea e la superficie propria dell’opera, oppure tra strati aggressivi e innocui. Ma esiste sempre tale separazione? Ed è sempre individuabile con chiarezza? Una delle risposte è data dal ricorso ad accertamenti “scientifici” che garantirebbero la capacità di scrutare la materia e di distinguerne la composizione, le differenze, i meccanismi di formazione e così via. Altre volte, le indagini si svestono dei panni aulici della scienza per darsi nella forma della tecnica. Ma allora come mai il richiamo scientifico e tecnico non riesce a eliminare i dissidi e le controversie tra gli stessi analisti, o tra analisti ed esecutori materiali dell’intervento, o tra questi e quelli e la comunità dei restauratori? Perché scienza e tecnica, invocate come garanzia di oggettività, non risolvono i dubbi e le incertezze? Si può obiettare che una componente essenziale del procedimento risiede nella sensibilità e nell’esperienza del restauratore che opera materialmente. Ma si tratta, evidentemente, di un’argomentazione debole, perché tutti gli operatori

vantano sensibilità ed esperienza e, in ogni caso, tali prerogative non sono utili per definire criteri d'intervento generali, non autoreferenziali.

## RAGIONI E SCOPI DELLA PULITURA

Tutti gli interrogativi precedenti concorrono, alla fine, alla formulazione della domanda principale: *perché e a qual fine* la pulitura? Una duplice domanda, nella quale il *perché* allude principalmente alle cause che muovono l'azione, mentre il *fine* ne indica l'obiettivo, il risultato.

Sulle ragioni che sollecitano l'intervento di pulitura, la risposta più semplice sembra suggerita dallo stesso significato intrinseco del termine "pulitura". Si tratta, in altri termini, di liberare le superfici dai sedimenti di materia che non è parte costitutiva dell'opera, ma semplice accumulo di sostanze estranee e per di più aggressive e dannose. L'estraneità, dunque, e la dannosità potrebbero essere le ragioni che giustificano la rimozione; e se le cose stessero effettivamente in questi termini ci sarebbe ben poco da obiettare: non c'è ragione di tollerare la permanenza di materia aggiunta che, oltre a essere prodotta da accidenti naturali che nulla hanno a che fare con l'architettura, è anche apportatrice di alterazioni e danneggiamenti. Si profilerebbe, in tal modo, anche la risposta sul *fine* della pulitura: quello di difendere e di conservare le superfici. Ci sarebbe da discutere, naturalmente, sul significato delle parole "aggressivo", "dannoso" e simili, ma lo spazio concesso a queste note non lo consentono. Sorge il dubbio, tuttavia, che non sia del tutto vero che le puliture siano eseguite *soltanto* in presenza di pericoli accertati, né che i restauratori, fatte le debite eccezioni, siano tutti e sempre concordi su tale posizione. Una ragione frequente che spinge verso la pulitura è, infatti, proprio la volontà di "scoprire" le superfici offuscate dai depositi, per riportarle a un grado di leggibilità piena e all'apprezzamento compiuto delle "forme nascoste". In tal caso l'estraneità dei materiali sedimentati è intesa, prima di tutto, come estraneità figurale, vale a dire come inquinamento estetico dell'opera e la dannosità delle sovrapposizioni gioca un ruolo secondario, se non del tutto inesistente. Così, non è raro che la ricerca estetica tenda a condizionare quella "scientifica", attribuendole un ruolo di supporto giustificativo, usato strumentalmente per un fine predeterminato. Orientamenti di questo genere sono piuttosto diffusi, a cominciare proprio da quei modi di intendere le superfici come *'strati di addizione'*, di cui si diceva, e che inducono a rimuovere coloriture e intonaci ricoprenti altre superfici, magari affrescate, decorate o più "antiche", ma in nessun modo minacciate. Così ci ritroviamo al punto di partenza: a quale dei tanti significati ci possiamo riferire con la parola "superficie"? Giacché è chiaro che il rapporto tra "superficie" e "pulitura" si gioca sull'estrema variabilità degli scopi, dell'oggetto e dell'azione tecnica. In ogni caso, le esperienze pregresse e quelle in corso ci mostrano che nonostante la pluralità apparente degli "scopi" attribuiti alla pulitura – e indicati di volta in volta con "il decoro", "l'omogeneità", "la leggibilità", "la pulizia", "l'ordine", "la conservazione", "l'autenticità storica" e così via – tutte le posizioni sono riducibili sostanzialmente a due: l'azione protettiva e l'effetto formale. La qual cosa, per la verità, non è molto tranquillizzante, se non altro perché "azione protettiva" ed "effetto formale" costituiscono un insieme contraddittorio o quanto meno di incerta omogeneità concettuale. L'"azione protettiva", infatti, reclamerebbe di riposare sulle solide fondamenta della ricerca scientifica e del rigore tecnico, e queste, pur con le inevitabili incertezze e i possibili errori, possono essere controllate dalla comunità degli esperti attraverso le armi della discussione scientifica, con il potere *dimostrativo* dell'esperimento e della sua ripetibilità. L'"effetto formale", invece, appartiene interamente alla sfera dell'esercizio critico e si affida al valore *persuasivo* del giudizio. È dunque appannaggio della cultura del soggetto e si pone come esito di una *affermazione*. E ciò suggerisce alcune osservazioni. Prima osservazione. Un aspetto essenziale della critica risiede nel suo appartenere alle regioni del pensiero, e di riflesso all'orizzonte espressivo della parola. Grazie a questa circostanza, essa può esercitare liberamente il diritto all'autocontraddizione, al ripensamento, alla rettifica, all'approfondimento, alla revoca e in genere a tutte le elaborazioni e le rielaborazioni che sono proprie dell'attività intellettuale. Non può permettersi, invece, di darsi come definitiva e immutabile, pena la sua completa perdita di senso. Appare inammissibile, perciò, che il giudizio estetico possa guidare il lavoro del restauratore sino a solidificarsi per suo tramite in "figure di pietra", in una *irrevocabile* determinazione o alterazione di forme. Seconda osservazione. Poiché la capacità di giudicare è connessa alla libertà del giudicare, ne discende che ciascun operatore, di qualsiasi ordine e grado,

invoca ed esercita il “diritto” alla critica. E non fa differenza se il soggetto operante è un prestigioso esperto d’arte, un progettista in vena critico-creativa, un chimico allettato dalle ricadute artistiche del proprio agire scientifico, oppure un operaio specializzato sospinto ad affermare un senso estetico costruito sulla prolungata esperienza. Un *comune* senso estetico non è invocato ogni giorno, d’altronde, in quel genere di anarchico e inarrestabile *self-restoration* che impegna donne e uomini di ogni ceto sociale, travestendosi magari di “buon gusto”, di “senso del decoro”, di “rispetto della moda” e di chissà quali altre ragioni? Terza osservazione. “Azione protettiva” ed “effetto formale” si realizzano dunque su piani diversi; la prima nella sfera delle attività tecniche e della speculazione scientifica, il secondo in quella della cultura e della sensibilità storico-artistica. L’una si avvale, come si diceva, della forza *dimostrativa* dei propri enunciati e delle conclusioni sperimentali alle quali perviene, l’altro della capacità *persuasiva* dell’opinione e della mobilità dialettica delle proposizioni verbali. Pur riconoscendo che le categorie dell’opinione e del dato sperimentale non siano appannaggio esclusivo di alcuna disciplina, è ben difficile credere che possano sovrapporsi sino a confondersi, o che l’una possa fungere da stampella giustificativa all’altra. Soprattutto, appare contraddittorio attribuire finalità estetiche al procedimento tecnico scientifico, oppure, al contrario, legittimare l’atto creativo e critico sulla base di presupposti e finalità scientifiche. Da queste osservazioni dobbiamo dedurre che l’“azione protettiva” e l’“effetto formale”, intesi come scopo complessivo della pulitura, appaiono insoddisfacenti sul piano della coerenza reciproca e su quello della loro effettiva efficacia e utilità. L’azione di tutela, infatti, tenderebbe a qualificarsi essenzialmente come atto rivelatore di contenuti estetici, muovendo apparentemente da un’istanza di protezione che in realtà maschera una volontà creativa; mentre la ricerca dell’“effetto formale”, fondata sull’audacia ricreativa del talento critico, esporrebbe il soggetto giudicante al rischio del gesto gratuito.

#### **LE SOLUZIONI TECNICHE: ISTRUZIONI PER L’USO**

Queste considerazioni configurano una situazione imbarazzante. Come è possibile conciliare le indicazioni tecniche contenute in questa sezione, e che configurano soluzioni e modi di operare ben definiti, con le incertezze e i dubbi emersi dalle considerazioni precedenti? Ciò vuol dire, in altre parole, che quelle indicazioni sono inutili? La risposta dovrebbe essere semplice. Ciascun procedimento di pulitura descritto nella sezione risponde a una prassi più o meno collaudata e le diverse fasi applicative sono suggerite dall’esperienza di numerosi operatori, dai resoconti e dalla letteratura tecnica in materia di restauro, dai risultati conseguiti nelle tante esperienze pregresse o in atto. Ma quei procedimenti non devono essere assunti come regole rigide, come ricette che attendono semplicemente di essere applicate. Al contrario, vanno considerati come indirizzi operativi possibili all’interno di una strategia dell’intervento che tiene conto degli obiettivi di tutela, delle condizioni materiali delle superfici da pulire, delle interazioni tra puliture e sostanze trattate. In altri termini, ogni tecnica presuppone, prima di essere adottata e applicata, un’attenta considerazione dei problemi di natura teorica e metodologica sin qui delineati. In ciò possono aiutare le indicazioni contenute nel paragrafo *Accorgimenti, varianti, limiti* e in quello delle *Esperienze*, oltre agli approfondimenti possibili dalla lettura dei testi elencati nella sezione dei riferimenti bibliografici. Perciò, per quanto possa apparire paradossale, l’azione pratica dell’intervento deve dipendere dalla chiarezza teorica implicita al metodo, e questa può essere raggiunta a cominciare da una riflessione che riesamini ogni volta il contenuto delle diverse tecniche operative, magari ampliandole, mutandole, perfezionandole sulla base di specifiche e concrete strategie di conservazione. Va sfatata, per concludere, la convinzione che le attività del restauro riposino sul pragmatismo delle soluzioni tecniche: in una disciplina che invochi fondamenti di rigore non sono pensabili soluzioni o risposte pratico-tecniche, se non in ragione di corrispondenti problemi o interrogativi di ordine teorico e scientifico. Al di fuori di questa corrispondenza tra indirizzo teorico e azione sperimentale, ogni pretesa autonomia dell’azione tecnica rischia, come risulta da molte esperienze “pratiche”, di essere irreversibilmente distruttiva, oltre che illusoria e inutile.

**PLT 01****PULITURA CON ACQUA NEBULIZZATA  
MEDIANTE SPRUZZATORE MANUALE****Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

L'impiego associato dell'acqua nebulizzata e dell'azione meccanica di spazzole o pennelli consente di eseguire la pulitura di piccole superfici, specie nei sottosquadri e nelle zone difficilmente raggiungibili con altre tecniche. Il sistema si basa, perciò sui medesimi principi della pulitura con acqua nebulizzata, ma il procedimento è interamente manuale e si avvale di piccoli spruzzatori che permettono di operare localmente (fig. 1).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Questo semplice sistema è utilizzato soprattutto per lavori di finitura, al termine di interventi che hanno richiesto l'adozione di una o più tecniche di pulitura ad azione generalizzata, su ampie superfici. Ma l'uso dello spruzzatore manuale, accompagnato dalla prudente azione meccanica di una spazzola di saggina o di fibre di altro materiale organico, si rivela utile anche per la rimozione di depositi di polvere da motivi ornamentali e sculture situate tanto all'interno, quanto all'esterno degli edifici.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'intervento di semplice nebulizzazione si avvale di comuni spruzzatori manuali, dotati di dispositivo di vaporizzazione, e del supporto di spazzole morbide e pennelli. Con essi si opera su superfici architettoniche, su sottosquadri o apparati scultorei, per ammorbidire eventuali depositi coerenti, e difficilmente eliminabili dai getti dell'impianto di nebulizzazione. L'intervento manuale, peraltro, può essere necessario in alcuni casi, proprio per evitare l'inutile protrarsi dell'azione dei getti d'acqua e le complicazioni che ne derivano (fig. 2). L'eliminazione dei depositi carboniosi preventivamente ammorbiditi dall'acqua va portata a termine con una blanda spazzolatura manuale, evitando azioni energiche, soprattutto nelle zone riparate o di difficile accesso, ove non sia stato possibile accertare la condizione dei substrati lapidei. Come già ricordato, si deve privilegiare l'impiego di spazzole e pennelli con fibre morbide di materiale organico (fig. 3, fig. 4, fig. 5); va escluso invece il ricorso a bruschini con fili metallici o l'uso di raschietti o spatole di metallo, punteruoli, carte o pietre abrasive.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Anche l'aggiunta di detersivi all'acqua è sconsigliata, a meno che non si seguano le precauzioni valide per le tecniche di pulitura con acqua nebulizzata e con prodotti chimici. Non esistono chiare controindicazioni per l'applicazione di questa tecnica, ove si escludano i tempi di esecuzione piuttosto lunghi.

**ESPERIENZE**

Si tratta di una tecnica ampiamente utilizzata in numerosi cantieri di restauro, ma della quale, proprio per la sua semplicità e diffusione, non resta una documentazione specifica.

Milano, galleria Vittorio Emanuele; Pescia (PT), fontana di viale Fiume; Siena, facciata del duomo

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Appolonia L. 1995; Beltrame D. 1995; Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou A., et alii 1994; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Di Salvo M. A. 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Sansonetti A. 1998; Santopadre P. 1998; Vaccari M. G., Conti S. 1996.



Figura 1 • Spruzzatore manuale. (OPD)



Figura 2 • L'intervento di semplice nebulizzazione si avvale di comuni spruzzatori manuali. (OPD)



Figura 3 • Uso combinato di spruzzatore e spugna. (OPD)

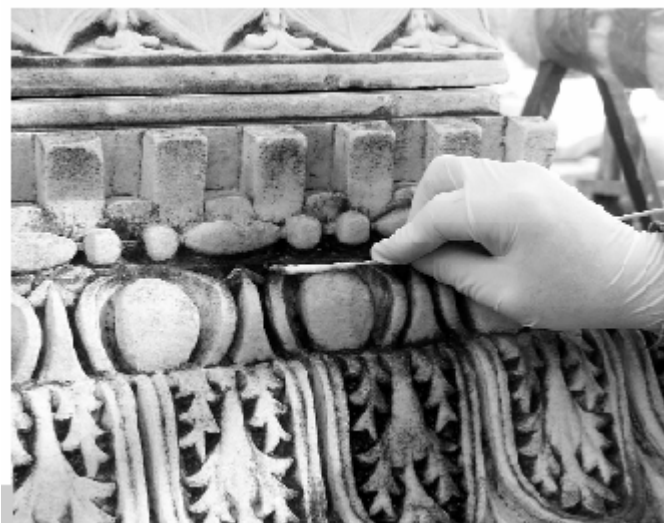


Figura 4 • Dopo lo spruzzo un passaggio con tamponcino inastato su un bastoncino di legno. (OPD)



Figura 5 • Pulitura con uno spazzolino a setole sintetiche, dopo la nebulizzazione. (OPD)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

L'acqua nebulizzata è una tecnica di pulitura sperimentata e introdotta in Inghilterra da K. Hempel, ed è uno dei numerosi sistemi ad azione chimico-fisica che sfruttano essenzialmente la capacità solvente ed emolliente dell'acqua. L'azione esercitata dall'acqua nebulizzata è principalmente di tipo chimico. All'azione chimica si associa un blando effetto meccanico, determinato dalle goccioline e dal successivo ruscigliamento sulla superficie del manufatto. L'azione di rimozione è efficace soprattutto se i sedimenti carboniosi e lo sporco sono per lo più depositati o comunque poco aderenti alle superfici, e se il legante che cementa le croste è solubile in acqua. Diversamente, incrostazioni rinsaldate da sostanze di natura grassa e/o oleosa oppongono forte resistenza allo spruzzo. Il principio funzionale di questa tecnica è piuttosto semplice: l'impiego di una serie di ugelli orientabili, fissi o rotanti, consente di nebulizzare l'acqua e di inviare un aerosol di goccioline finissime sulla superficie da pulire. L'azione solvente è esaltata proprio dalla capacità delle microgocce di penetrare all'interno degli strati di deposito superficiale. L'elevata superficie specifica delle goccioline facilita il processo di solubilizzazione dello sporco, riducendo notevolmente il volume di liquido rispetto a quello necessario ai sistemi di pulitura con acqua ruscigliante o *a pioggia*. È evidente che l'efficacia dell'effetto di pulitura non dipende dalla pressione dello spruzzo indirizzato verso la superficie, bensì dall'area di contatto tra le minute particelle d'acqua e il materiale depositato: in definitiva, proprio dall'azione chimico-fisica esercitata dalle goccioline. Per di più, l'impiego corretto del sistema prevede che lo spruzzo nebulizzato non raggiunga direttamente l'area da pulire, ma sia puntato verso l'alto per essere lasciato poi scorrere sulla superficie, per ricaduta. Può accadere che operatori poco esperti proiettino verso la superficie spruzzi a pressione piuttosto elevata, ottenendo esiti scadenti proprio a causa della forza del getto e della grande dimensione delle gocce. L'aumento della pressione dell'acqua inviata ai nebulizzatori, infatti, produce solamente un inutile effetto meccanico sui depositi carboniosi che, com'è noto, manifestano una certa inerzia fisica nei confronti dell'azione violenta del getto d'acqua.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'azione del sistema di nebulizzazione consente all'acqua di rimuovere depositi incoerenti, croste nere costituite da leganti solubili in acqua e materiali particellari poco legati alle superfici di natura carbonatica. Favorisce inoltre la parziale asportazione dei sali solubili. L'acqua nebulizzata può essere utilizzata per la pulitura di manufatti lapidei di grandi e piccole dimensioni, all'interno e all'esterno degli edifici. È particolarmente indicata per interventi su pietre calcaree compatte e poco porose, come i marmi e la pietra d'Istria. La nebulizzazione può rivelarsi non sufficientemente efficace ai fini del raggiungimento del grado di pulitura desiderato, specialmente nelle zone ricoperte da incrostazioni consistenti o nei sottosquadri. In tali casi, tuttavia, può rappresentare un valido sistema operativo preliminare, da integrare successivamente con metodi di pulitura più specifici e puntuali. Pertanto, qualora le condizioni del substrato lapideo lo consentano, l'acqua nebulizzata può precedere, ma anche seguire e concludere puliture eseguite con altri metodi. Si possono, così, eseguire: operazioni di rigonfiamento parziale dei depositi di alterazione (da eliminare successivamente con idonei agenti chimici); interventi di rimozione dei residui lasciati da impacchi di materiali adsorbenti addizionati ad agenti chimici o biocidi; lavaggi finali di superfici



trattate con soluzioni ad azione solvente e/o complessante; altri eventuali interventi di sostegno ai differenti sistemi pulenti.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La nebulizzazione va utilizzata esclusivamente durante la stagione calda, evitando il tardo autunno, l'inverno e in generale quando i valori minimi della temperatura esterna sono inferiori a 17 °C. Si tratta di una precauzione necessaria per evitare ai materiali lapidei i deleteri effetti del gelo e delle basse velocità di evaporazione dell'acqua. L'azione può essere ben calibrata poiché il metodo si presenta discretamente rapido, ben controllabile, di facile esecuzione. All'effetto pulente, inoltre, si associa un lavaggio generalizzato della superficie. L'efficacia dell'intervento, tuttavia, dipende per larga parte dalla rigorosa programmazione dei tempi di applicazione del getto alle singole aree e dalla determinazione dell'appropriata distanza tra ugello nebulizzatore e superficie. I tempi d'applicazione variano in funzione della consistenza dei depositi, oltre che della natura e delle condizioni di conservazione del substrato lapideo. Su calcari *teneri* l'intervento può richiedere poche ore, mentre su quelli compatti i tempi operativi possono raggiungere le dieci-quindici ore. Se le condizioni della superficie sono particolarmente critiche, l'intervento di pulitura richiede maggiori attenzioni e tempi più lunghi. La durata della nebulizzazione sull'intera superficie lapidea, o su porzioni della stessa, può essere determinata mediante prove preliminari da effettuare in loco e con accertamenti sulla natura chimico-fisica del materiale lapideo, la composizione, la giacitura, la compattezza e lo spessore dei depositi da rimuovere. Il protrarsi dei tempi d'applicazione non dovrebbe provocare la comparsa di sbiancature o la rimozione di eventuali pellicole, patine e/o scialbature dalla pietra. Il livello di pulitura, in ogni caso, è legato a valutazioni che dovrebbero precedere l'inizio dei lavori. Se lo stato di conservazione della superficie e dei substrati lapidei lo consente, si può provvedere a una preliminare rimozione meccanica di eventuali depositi polverulenti con spazzole e pennelli morbidi di setola o di nylon, escludendo utensili che provochino azioni abrasive. Ma l'allontanamento dei depositi poco aderenti va evitato ove la pietra evidenzia fenomeni di decoesione, polverizzazione e/o scagliatura, antepoendo un preconsolidamento. Prima di sottoporre la superficie lapidea a pulitura, potrebbe rivelarsi necessario rimuovere eventuali stuccature o sigillature, eseguite in occasione di precedenti restauri. L'asportazione precauzionale dei materiali estranei e incompatibili con i substrati lapidei permette di evitare la formazione di soluzioni saline che, potrebbero determinare la comparsa di processi di cristallizzazione pericolosi per l'integrità della struttura porosa della pietra. Per lo stesso motivo, e per evitare l'impregnazione degli strati più profondi del materiale, con conseguenti aumenti indesiderati del contenuto di umidità delle murature, è necessario garantire la tenuta del paramento alla penetrazione dell'acqua. La pulitura, pertanto, oltre a essere preceduta dal preconsolidamento dei rigonfiamenti, degli eventuali frammenti di materiale alterato, delle scaglie decoese o sollevate dai substrati, deve attuarsi dopo la stuccatura delle eventuali discontinuità, delle fratture e delle connessioni presenti in superficie. Prima di dare luogo alla nebulizzazione si deve infine provvedere alla protezione di quei manufatti e di quelle aree che, situati immediatamente al di sotto delle porzioni di superficie interessate dall'intervento, potrebbero vedere compromessa la loro integrità dall'azione solvente e meccanica delle acque di lavaggio. Si proteggeranno quindi: affreschi, stucchi, materiali altamente porosi, infissi, vetri, manufatti metallici e, in generale, quelle superfici particolarmente delicate o alterate sulle quali il dilavamento potrebbe causare l'irrimediabile perdita e/o il distacco di materiale. A tale scopo si potranno allestire ripari temporanei in fogli di polietilene o di altro materiale impermeabile, facilmente removibili. Al fine di facilitare lo smaltimento delle acque, è necessario allestire gli opportuni sistemi di scolo e drenaggio attorno alle aree, ai manufatti preventivamente protetti, nonché all'intorno e all'interno del cantiere. Lo smaltimento deve avvenire per mezzo di tubazioni o canali di gronda, in grado di convogliare le acque in cisterne o direttamente nella rete fognaria urbana. L'acqua di nebulizzazione dovrebbe essere sufficientemente dolce, pura e a temperatura ambiente. Può essere utilizzata direttamente a pressione di acquedotto; tuttavia è bene che non superi le 4 atm. La pressione del getto va comunque stabilita sulla base della natura e dello stato di conservazione del materiale lapideo, per evitare la pur minima alterazione meccanica della superficie e la caduta di croste nere legate a scaglie parzialmente decoese del substrato. L'impianto di nebulizzazione va dimensionato in base all'estensione della superficie da trattare, e su paramenti estesi si possono utilizzare più impianti contemporaneamente. Ogni impianto deve essere dotato di un serbatoio atto

a ricevere le acque provenienti direttamente dalla rete idrica o dai trattamenti di depurazione. Per di più il serbatoio dovrebbe essere provvisto di apparecchiatura dosatrice per consentire l'eventuale aggiunta di soluzioni tensioattive. Inoltre, dovrebbe essere munito di interruttore magnetotermico e interruttore a galleggiante, in grado di arrestare la pompa in mancanza di acqua nel serbatoio. Sarà dotato di filtro di aspirazione in linea, necessario per proteggere gli organi della pompa e gli ugelli da intasamenti e usura; pressostato regolabile, per permettere la selezione dei valori di pressione dell'acqua da immettere nella rete di servizio dell'impianto; flussimetro di controllo della quantità d'acqua emessa nell'unità di tempo; programmatore di predisposizione automatica per l'avviamento o l'arresto della pompa, al fine di contenere i tempi d'intervento entro intervalli preventivamente stabiliti; pompa in grado di assicurare agli ugelli un'alimentazione omogenea, costante e alla pressione predeterminata; vaso a espansione, per evitare il lavoro continuo della pompa; un quadro elettrico protetto (fig. 1).

Per favorire una migliore distribuzione degli effetti, si dovrebbero utilizzare ugelli regolabili e orientabili, preferibilmente dotati di testine in acciaio inox con dispersione a *cono vuoto*, in grado di produrre una pioggia nebbiosa di goccioline del diametro compreso tra gli 80 e i 120  $\mu\text{m}$ . La dimensione e la distribuzione delle goccioline possono essere controllate con opportune carte idrosensibili del tipo *Spraying System Co*. Ogni ugello dovrebbe essere dotato di filtro, di valvola per l'arresto del flusso d'acqua, di manometro per la regolazione della pressione del getto e infine di pinza per il posizionamento in sito. Il numero, la dislocazione e la distanza degli ugelli dal manufatto dipendono dall'estensione e dalle caratteristiche della superficie o delle singole aree sottoposte a pulitura. In particolare, la dislocazione degli ugelli va attentamente definita, per consentire all'aerosol di effondere i suoi effetti anche nelle zone più riparate (fig. 2, fig. 3).

La pulitura di superfici estese deve procedere dall'alto verso il basso, per fasce orizzontali, in modo da consentire all'acqua ruscillante di ammorbidire le zone sottostanti (fig. 4).

Si deve evitare che il getto d'acqua nebulizzata sia proiettato direttamente sulla superficie: l'acqua non deve colpire direttamente la fascia interessata, bensì scorrere su di essa, per ricaduta. Deve essere attentamente valutata anche la distanza tra ugello nebulizzatore e superficie, per escludere il pur minimo effetto meccanico da parte della nuvola d'acqua. Inoltre, l'operatore deve essere in grado di correggere facilmente l'angolazione dei nebulizzatori e agevolare così la pulitura dei sottosquadri e delle zone meno accessibili. Su questi ultimi, sulle aree ricoperte da depositi particellari particolarmente resistenti, sugli apparati decorativi comunque caratterizzati da substrati in buono stato di conservazione, l'azione pulente dei getti nebulizzatori può essere accompagnata e/o completata da una blanda pulitura manuale. L'asportazione dei depositi carboniosi e/o polverulenti, preventivamente ammorbiditi dall'azione dell'acqua, può avvenire con l'impiego di spazzole e pennelli morbidi di nylon, di setola naturale o sintetica, di saggina o altre fibre morbide di materiale organico. Non si deve ricorrere a spazzole con fili di rame, di ferro, di ottone o acciaio inossidabile, né a punteruoli, raschietti o spatole di metallo, carte abrasive o pietra pomice. La spazzolatura infine, può essere ulteriormente agevolata dall'azione ammorbidente di spruzzatori manuali. È bene sostituire o integrare il sistema di pulitura ove le incrostazioni opponessero tenace resistenza all'azione del getto nebulizzatore e richiedessero un protrarsi dei tempi d'azione. L'intervento infine, deve essere completato da un ultimo risciacquo. In particolare, una pulitura con acqua di rete dovrebbe concludersi con lavaggi a base di acqua distillata o deionizzata per agevolare la completa rimozione dei sali solubili prodotti dalla dissoluzione dei depositi carboniosi o rimasti in superficie a seguito dell'utilizzo di tensioattivi.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

È consigliabile determinare con precisione i modi e i tempi dell'intervento, per limitare il volume d'acqua alle reali esigenze ed evitare fenomeni di erosione, impregnazioni del materiale e delle murature sottostanti, migrazioni saline, formazione di macchie, processi di limonizzazione di eventuali minerali ferrosi presenti nel litotipo, sviluppo di colonie di biodeteriogeni ecc. Attenzioni analoghe si devono adottare per la pulitura di superfici esposte al dilavamento meteorico e per quelle aree del paramento ove i depositi, assenti o distribuiti in modo disomogeneo, permettono di limitare o escludere l'azione del getto nebulizzante. Un periodico controllo del grado di solubilizzazione raggiunto dai depositi carboniosi o particellari consente di evitare l'inutile protrarsi dell'intervento. Prima di dare inizio alla pulitura è consigliabile determinare in più punti il contenuto d'acqua del paramento lapideo. Altri controlli preliminari dovrebbero riguardare: l'accertamento del

tipo di porosità della pietra e la distribuzione del volume dei pori in funzione del loro diametro; la misura del coefficiente d'assorbimento d'acqua per capillarità e della quantità d'acqua assorbita per immersione totale. Le misure dovrebbero essere determinate su campioni prelevati da ciascuno dei litotipi presenti sulla superficie da pulire. Una verifica preliminare altrettanto importante riguarda la determinazione quali-quantitativa dei sali solubili (Doc. Normal 13/83). Il parametro infatti, si rivela assai utile per una valutazione del grado di pericolosità di croste nere, macchie di diversa natura e origine ecc. Se il materiale lapideo è interessato da un'elevata presenza di sali solubili, l'azione dell'acqua può causare un aumento delle microfratture e della porosità, oltre al distacco di frammenti e scaglie o alla comparsa di fenomeni di polverizzazione superficiale. Anche dopo le prove di pulitura eseguite su aree campione si dovrebbe porre particolare attenzione alla rilevazione qualitativa e quantitativa dei sali solubili (solfati, cloruri e nitrati). Alla corretta determinazione dei tempi d'azione della nebulizzazione possono concorrere la misura della resistenza a usura del materiale incrostante (e della superficie lapidea sottostante), e gli accertamenti sulla reale consistenza degli eventuali strati di indurimento superficiale del materiale. I parametri possono essere determinati in laboratorio e, ove possibile, direttamente in loco mediante prove per attrito radente o altre procedure. Per migliorare l'azione solvente e diminuire la quantità d'acqua necessaria alla pulitura di depositi particolarmente resistenti, si può sostituire l'acqua di rete con quella deionizzata. Si può disporre con continuità di acqua deionizzata con l'installazione in cantiere di un impianto di ricircolo delle acque di lavaggio. L'acidità dell'acqua deionizzata va costantemente controllata mediante pHmetro portatile. L'impiego dell'acqua deionizzata è consigliato anche per l'eventuale nebulizzazione di superfici e manufatti in granito o in pietra di natura silicatica. Analogamente, la durezza delle acque può essere ridotta convogliandole a un impianto deionizzatore le cui colonne dovranno contenere resine scambiatrici in grado di sostituire gli ioni metallici dei sali di Ca e di Mg con altri ioni (ad es. di K) che favoriscono la formazione di sali facilmente solubili in acqua. L'intervento deve essere graduale, attentamente ponderato e al limite interrotto qualora sussista fondato pericolo di solubilizzazione del carbonato di calcio costitutivo della pietra, o allorché si coinvolgano nell'azione porzioni di superficie caratterizzate dalla presenza di litotipi particolarmente porosi, calcari teneri e a grana fine, manufatti altamente deteriorati situati all'aperto e ricoperti di incrostazioni carboniose dendritiche, stuccature facilmente disgregabili. In questi casi potrebbe rivelarsi necessario ricorrere all'impiego di acqua non solo dolce, ma anche ionizzata, in grado di assicurare un'azione di dissoluzione nei confronti del gesso delle incrostazioni ed escludere invece attacchi al carbonato di calcio costitutivo del materiale. Per favorire la selettività dell'azione di solubilizzazione si dovrà aumentare il grado di durezza dell'acqua, incrementando la percentuale di ioni  $\text{HCO}_3$  e Ca. Analogo accorgimento deve adottarsi qualora la nebulizzazione coinvolga intonaci, apparati decorativi o stucchi ove il gesso sia presente in percentuali consistenti, proprio per evitare fenomeni di solubilizzazione e comparsa di superfici erose. Alle acque di lavaggio possono essere addizionati prodotti detergenti, per favorire una diminuzione della *tensione superficiale* dell'acqua e una riduzione dell'angolo di contatto tra le gocce e la pietra. Il tensioattivo, aumenta la *bagnabilità* e il potere emolliente del getto di nebulizzazione, favorendo un ammorbidimento dei depositi carboniosi di particolare spessore e facilitando la dissoluzione di eventuali sostanze grasse e oleose. I detergenti chimici tuttavia, devono essere impiegati esclusivamente in presenza di materiali compatti e in buono stato di conservazione. Il loro uso, al contrario, è sconsigliato per la pulitura di litotipi altamente porosi e deteriorati, ove potrebbero dar luogo ad effetti secondari, accelerare la comparsa di nuovi processi di alterazione e compromettere l'integrità dei substrati (corrosione, formazione di sali solubili...). La scelta del tensioattivo, perciò, va attentamente vagliata. Va evitato l'impiego di prodotti individuati con il solo nome commerciale e dei quali non si conosca la composizione e il dosaggio, le specifiche chimiche e chimico-fisiche, il pH, la natura e la concentrazione del/dei soluti aggiunti all'acqua nebulizzata. Se è necessario, l'assenza di controindicazioni deve essere valutata mediante specifiche prove di laboratorio. In particolare, le percentuali di diluizione del prodotto detergente da immettere nelle acque di lavaggio dovrebbero stabilirsi mediante prove preliminari. Queste prove devono riguardare almeno cinque superfici campionate (in loco) o provini dello stesso litotipo (in laboratorio), ed essere estese a tutti i litotipi presenti, con modi e tempi analoghi a quelli che si adotteranno nel corso dell'intervento. Per ciascuna delle condizioni di diluizione testate si dovrebbero eseguire analisi conduttimetriche delle superfici-campione. I vari test, eseguiti con prodotti a differente percentuale di diluizione, non

dovrebbero interessare la medesima area campione, per evitare un effetto cumulativo delle soluzioni detergenti che renderebbe inattendibile la stima corretta dell'azione individuale di ciascuna condizione considerata. La scelta del prodotto detergente e la definizione delle percentuali di diluizione ideali, infine, devono basarsi sul confronto tra campioni di materiale trattati e campioni non trattati. In generale, i prodotti detergenti miscelati alle acque di lavaggio non devono reagire con i depositi carboniosi presenti sulle superfici; non devono reagire con il carbonato di calcio delle croste nere e del substrato lapideo; non devono lasciare sulla superficie residui igroscopici ma, al contrario, devono essere facilmente eliminabili mediante risciacquo. Sulle superfici trattate con sostanze detergenti, in ultimo, è necessario eseguire ripetuti e abbondanti lavaggi con acqua distillata o deionizzata, così da evitare la permanenza di prodotti di reazione e residui igroscopici. Di conseguenza, va fortemente limitato l'impiego di prodotti tensioattivi su manufatti che, a causa delle precarie condizioni di conservazione, non potrebbero sopportare tali ripetuti risciacqui finali. Eventuali interventi di consolidamento e protezione devono essere eseguiti e portati a termine solamente dopo che dalla superficie lapidea sarà evaporata l'acqua in eccesso. L'acqua nebulizzata, come gli altri sistemi di pulitura a base d'acqua, potrebbe diminuire la durezza dello strato di indurimento superficiale della pietra. A tale scopo, è bene verificare l'esistenza di tale strato e la sua consistenza su campioni prelevati dal manufatto, oppure direttamente in loco mediante impiego dello sclerometro di Martens o di altri strumenti. La misura dovrebbe essere rilevata prima dell'intervento e a lavori ultimati. Per la rimozione d'incrostazioni di notevole spessore, particolarmente resistenti all'azione solubilizzante dell'acqua, è consigliabile ricorrere ad un altro sistema di pulitura, evitando così l'inutile prolungarsi dell'intervento e pericolose impregnazioni della struttura porosa del materiale. In alternativa, a una preliminare nebulizzazione, possono seguire interventi di finitura eseguiti con tecniche quali la microsabbatura di precisione, gli impacchi con argille adsorbenti, gli impacchi ad azione biologica o ad azione solvente e/o complessante ecc. La nebulizzazione, inoltre, deve essere attentamente controllata e al limite interrotta o evitata, qualora le superfici siano costituite da pietre calcaree particolarmente *tenere* o a grana molto fine, oppure sussistano problemi di solubilità del carbonato di calcio costitutivo del litotipo. Al termine dell'intervento queste superfici potrebbero presentarsi irreparabilmente corrose. Problemi analoghi possono insorgere anche su pietre delicate o decoese, situate all'aperto: in tali casi è consigliata una pulitura con impacco biologico. Non si deve assolutamente ricorrere a questo o ad altri sistemi di pulitura ad acqua anche in quei casi in cui l'analisi diffrattometrica, eseguita su campioni di materiale prelevati dal manufatto, abbia accertato la presenza di componenti argillosi a reticolo cristallino espandibile a contatto con l'acqua. Parimenti, l'applicazione della tecnica è sconsigliata in presenza di litotipi molto porosi o quando sussista il pericolo di migrazione di sali solubili, veicolati all'interno della pietra dai processi di evaporazione successivi all'intervento. La nebulizzazione e gli altri sistemi di pulitura ad acqua sono sconsigliati anche quando si abbia ragione di temere la formazione di macchie o di infiltrazioni entro lo spessore di murature sulle cui superfici interne siano presenti pitture murali o decorazioni a stucco. Se per svariate ragioni la nebulizzazione si rivelasse comunque l'unico sistema di pulitura utilizzabile su superfici microfratturate e/o decoese, oppure su materiali porosi o particolarmente sensibili, si dovranno anzitempo prevedere gli indispensabili interventi di preconsolidamento, stuccatura e risarcitura. Inoltre, si dovrà limitare il quantitativo d'acqua in uscita dagli ugelli, onde evitare che lo svolgimento delle operazioni danneggi irreparabilmente la superficie e i substrati lapidei. Il volume d'acqua, peraltro, può essere ulteriormente ridotto adottando il sistema di pulitura ad *acqua atomizzata*.

## ESPERIENZE

La pulitura con acqua nebulizzata è stata ed è tuttora utilizzata in molti cantieri per la rimozione delle alterazioni e dello sporco da superfici architettoniche e da manufatti scultorei, apparati decorativi ecc. L'elenco delle esperienze compiute annovera insigni monumenti e superfici comuni dell'edilizia diffusa. Ci limitiamo alla segnalazione di alcuni interventi significativi – documentati anche dalla letteratura di settore –, avvertendo che in gran parte degli esempi citati l'acqua nebulizzata è stata associata ad altri sistemi di pulitura che hanno preceduto e/o seguito l'impiego di tale tecnica. Ferrara, palazzo dei Diamanti; Firenze, stazione ferroviaria di S. Maria Novella; Milano, arco della Pace; Certosa di Garegnano; Ca' Granda; palazzo Marino; palazzo Giureconsulti; Padova, statue di Prato della Valle; Parma, Battistero (pulitura preliminare), Duomo;

Roma, chiesa di Sant'Ignazio di Loyola; chiesa di S. Susanna; basamento della statua equestre di Marco Aurelio in piazza del Campidoglio; San Carlino alle Quattro Fontane; Susa (Piemonte), arco di Augusto; Trapani, collegio dei Gesuiti; Venezia, chiesa di San Stae; porta della Carta (palazzo Ducale); Scuola di San Rocco; chiesa di S. Maria dei Miracoli; chiesa di S. Maria Formosa; chiesa di S. Maria del Giglio; Vicenza, Basilica Palladiana; Piacenza, facciata del duomo; Venezia, chiesa di San Zaccaria.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Aikema B. e E. Zucchetta (a cura di), *La facciata della chiesa di San Zaccaria a Venezia. Percorsi di storia e conservazione*, Padova, 2010.

Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004.

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Appolonia L. 1995; Beltrame D. 1995; Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou A., et alii 1994; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Di Salvo M. A. 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Sansonetti A. 1998; Santopadre P. 1998; Vaccari M. G., Conti S. 1996.

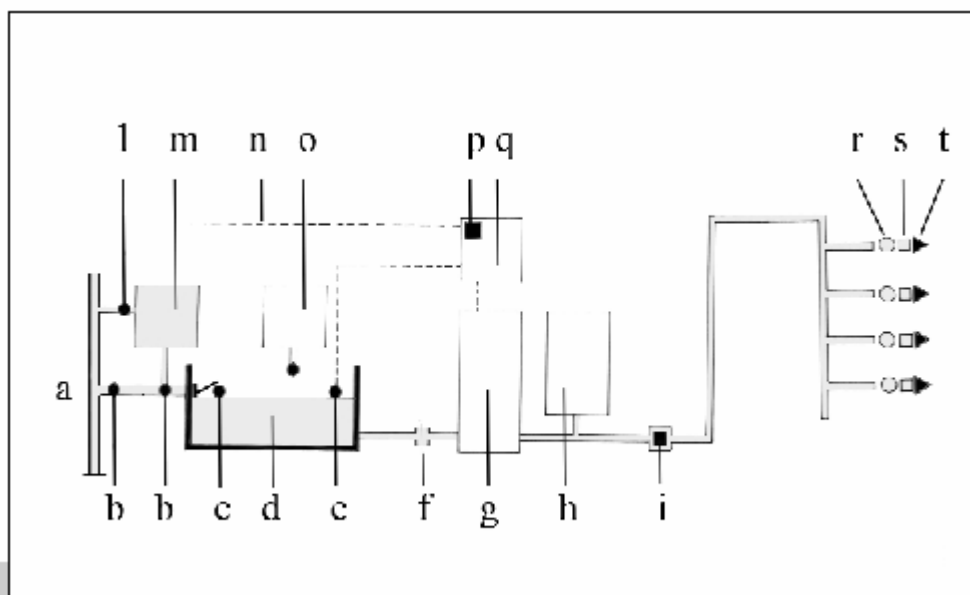


Figura 1 • Schema di un impianto di nebulizzazione: a) rete idrica, b) valvola di chiusura, c) valvola di chiusura a galleggiante, d) serbatoio acqua, e) interruttore a galleggiante, f) filtro di aspirazione in linea, g) pompa, h) vaso di espansione, i) regolatore di pressione, l) valvola di chiusura, m) deionizzatore per l'acqua di rete, n) rete elettrica, o) apparecchiatura dosatrice per sostanze tensioattive, p) programmatore, q) quadro elettrico, r) regolatore di pressione del flusso al singolo ugello, s) valvola di arresto del flusso, t) ugello nebulizzatore. (CAF)



Figura 2 • Impianto di nebulizzazione per la pulitura del cortile della Ca' Granda di Milano (per concessione della restauratrice G. Andreoni).

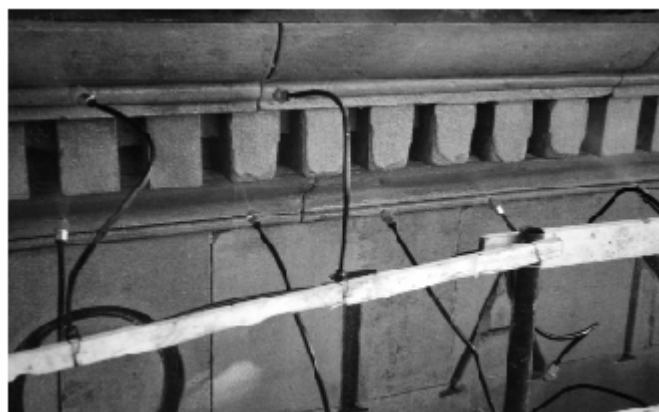


Figura 3 • Particolare dell'impianto illustrato nella fig. 2. Si notino gli ugelli posizionati per localizzare il getto in punti stabiliti (per concessione della restauratrice G. Andreoni).



Figura 4 • Impianto di nebulizzazione. Si noti la disposizione degli ugelli in batteria per coprire omogeneamente l'intera superficie da pulire (per concessione della restauratrice G. Andreoni).

<b>PLT 03</b>	<b>PULITURA CON ACQUA ATOMIZZATA</b>
---------------	--------------------------------------

## Sommario

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Numerose indicazioni riportate nella scheda descrittiva della tecnica di pulitura con acqua nebulizzata possono ritenersi appropriate anche per l'intervento di atomizzazione. Pertanto, ad essa si rinvia per integrare le informazioni e mettere a punto la scelta dei materiali, dei loro requisiti e modi di impiego, le proprietà richieste alle acque di lavaggio, le caratteristiche del sistema di alimentazione continuo dell'acqua di rete e dell'acqua deionizzata, le specifiche tecniche dell'impianto deionizzatore e delle resine scambiatrici (nell'eventualità si ritenga necessario procedere alla deionizzazione delle acque), le caratteristiche e le forme d'uso delle carte idrosensibili utili per il controllo della dimensione e della distribuzione delle gocce d'acqua atomizzata, i requisiti e le percentuali di diluizione dei prodotti detergenti e/o dei biocidi da aggiungere eventualmente alle acque ecc. Anche per quanto concerne i tempi e i modi di allestimento del cantiere, nonché lo smaltimento delle acque reflue, si possono richiamare le indicazioni valide per l'acqua nebulizzata. L'impianto di atomizzazione a camere di miscelazione aria-acqua va connesso ai rispettivi sistemi separati di rifornimento continuo, ossia al compressore d'aria silenziato (di potenza variabile) e alle condotte dell'acqua di rete o dell'acqua deionizzata. Ciascuna camera di miscelazione è dotata di due manometri che permettono di adeguare il getto emesso dagli ugelli alle caratteristiche dell'area sottoposta a pulitura. Il funzionamento di ogni singolo dispositivo di atomizzazione – e quindi l'effettiva produzione di aerosol d'acqua – può essere accertato indirizzando lo spruzzo verso una superficie lucida o una lastrina di vetro: il corretto funzionamento dovrebbe determinare la comparsa di una pellicola liquida o di una massa di goccioline sottilissime. La dimensione delle microgocce va opportunamente stabilita e, se necessario, variata volta per volta agendo sulla pressione dell'aria inviata alle camere di miscelazione; la frammentazione dello spruzzo può essere incrementata aumentando la pressione dell'aria. Per la pulitura delle aree di ridotte dimensioni o dei materiali particolarmente deteriorati è consigliabile regolare la capacità di atomizzazione dello strumento su quantità d'acqua pari ad un ml/sec; su superfici ampie e in assenza di particolari controindicazioni, il volume d'acqua per unità di tempo può essere aumentato. Gli ugelli atomizzatori – opportunamente disposti intorno alle rispettive camere di miscelazione aria-acqua – devono essere posti, regolati e orientati secondo le necessità dell'area da pulire e nel rispetto dei criteri operativi (distanza, inclinazione ecc.) stabiliti nel corso delle prove preliminari. La pressione dell'aria emessa dal singolo ugello deve costantemente mantenersi entro i 2 bar, mentre la pressione del flusso in uscita dal compressore dovrà variare in rapporto alla distanza tra lo stesso e il sistema di atomizzazione. Indicativamente, gli ugelli dovrebbero essere collocati a circa due metri dalla superficie, onde consentire il corretto esplicarsi dell'azione chimico-fisica delle microgocce.

Prima di dare avvio all'intervento di pulitura è necessario provvedere alle operazioni di pre-consolidamento e stuccatura, affinché l'acqua non penetri entro i substrati del materiale decoeso, tra le fessure e le connessioni dei paramenti lapidei, raggiungendo e impregnando le murature sottostanti. Le aree o i rilievi particolarmente deteriorati possono essere temporaneamente protetti con fogli di carta giapponese, tessuto di carta o stagnola, e successivamente trattati con sistemi alternativi (impacchi, microsabbatura, pulitura meccanica di precisione ecc.). All'atomizzazione d'acqua è preferibile sottoporre porzioni limitate di superficie, allo scopo di favorire l'ispezione continua dello stato di conservazione del materiale occultato dagli strati di sporco, ovvero l'eventuale arresto temporaneo della pulitura per operazioni di microstuccatura, fissaggio delle scaglie di materiale sollevato, iniezione puntuale di prodotti preconsolidanti. In cantiere, inoltre, è

opportuno effettuare controlli e verifiche dello stato d'avanzamento dei lavori con cadenza regolare, soprattutto quando l'intervento coinvolge materiali lapidei differenti per natura, stato di conservazione e forme d'alterazione presenti. In alcuni casi, anche la debole azione meccanica determinata dal ruscigliamento sulle aree sottostanti la zona trattata deve essere ridotta o evitata mediante l'allestimento di appropriati ripari e sistemi di scolo delle acque di lavaggio. I depositi particellari ammorbiditi possono essere via via allontanati mediante pennelli e spazzole morbide di nylon, di setola naturale o sintetica, escludendo invece l'impiego di strumenti ad azione abrasiva (spazzole con fili di rame, di ferro, di ottone o acciaio inossidabile). La spazzolatura va eseguita con particolare cura o addirittura evitata qualora i materiali lapidei o le patine che si intendano salvaguardare presentassero fenomeni di decoesione, polverizzazione, sfarinamento ecc. I tempi di applicazione della tecnica – non continui perché necessariamente scanditi da soste per il controllo del livello di pulitura gradualmente raggiunto – variano in relazione al materiale, al grado di sporco o al tipo di rilievo: l'atomizzazione può limitarsi a un'ora, ma può richiedere anche quarantotto e più ore di applicazione. Se l'intervento dovesse prolungarsi oltre i tempi inizialmente previsti, a intervalli regolari è consigliabile controllare il livello di pulitura conseguito, onde evitare l'inutile protrarsi dell'azione solvente dell'acqua.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'efficacia e la compatibilità del sistema di pulitura devono essere accertate mediante analisi e controlli preliminari da eseguire in loco o in laboratorio, secondo i modi e i tempi indicati per la tecnica ad acqua nebulizzata. Considerando che l'adozione della tecnica è consigliata per interventi su superfici particolarmente delicate – sia per la natura intrinseca dei materiali costitutivi che per il loro stato di conservazione – le indagini e le prove preliminari, nonché i controlli finali, dovranno limitarsi a quelli meno invasivi e/o distruttivi. Pertanto, compatibilmente con le caratteristiche peculiari dei litotipi e del manufatto trattato, dovrà privilegiarsi il rilevamento del colore d'insieme, dell'assorbimento d'acqua per capillarità, della morfologia e della conducibilità della superficie (dosaggio dei sali solubili). L'azione solvente delle microgocce può essere migliorata ricorrendo all'impiego di acqua deionizzata. Per disporre con continuità, le acque di lavaggio devono essere dapprima convogliate a un impianto deionizzatore provvisto di resine scambiatrici di ioni a letto misto e solo successivamente inviate all'impianto d'atomizzazione. Il processo di deionizzazione consente di ridurre il volume d'acqua necessario per portare a termine la pulitura, e pertanto può rivelarsi particolarmente efficace qualora s'intervenga su superfici in precario stato di conservazione, ricoperte da depositi coerenti e di notevole spessore. Un ulteriore accorgimento permette di ridurre l'azione di solubilizzazione dell'acqua deionizzata nei confronti dei calcari friabili, molto sensibili all'insistenza dello spruzzo; esso prevede l'impiego di acqua deionizzata riciclata su una resina anionica capace di scambiare ioni HCO<sub>3</sub> (metodo Pouchain). In ogni caso, l'acidità dell'acqua deionizzata deve essere regolarmente controllata mediante pHmetro portatile.

Qualora le incrostazioni da rimuovere si rivelassero piuttosto resistenti, è consigliabile ricorrere all'impiego di tecniche alternative, oppure affiancare all'atomizzazione altri sistemi in grado di consentire puliture mirate e selettive. Ciò al fine di limitare l'azione dell'acqua e prevenire impregnazioni in profondità dei materiali lapidei fessurati e/o porosi, con possibili ripercussioni sulla futura conservazione dei manufatti. Nella pulitura degli stucchi, in particolare, si deve porre la massima attenzione affinché la quantità d'acqua atomizzata non ne impregni il materiale costitutivo e determini un'accelerazione dei processi di corrosione delle eventuali anime metalliche utilizzate in funzione di rinforzo. In generale, nelle situazioni ove si rende necessario prolungare l'intervento, i tempi di atomizzazione devono essere regolarmente scanditi da accertamenti sulle condizioni del materiale trattato e sul livello di pulitura raggiunto. L'impiego degli atomizzatori a ventola può rivelarsi utile per la pulitura di piccoli manufatti situati in ambienti confinati o temporaneamente rimossi dalla loro originaria sistemazione e trasferiti in laboratorio. Gli spruzzatori devono essere collegati a un circuito elettrico con collegamento a terra e a un sistema di rifornimento d'acqua: gli eventuali prolungamenti del cavo conduttore (max. 45 m), dovrebbero essere in gomma pesante, protetti da un salvavita, agganciati per mezzo di connettori impermeabili e usati liberamente srotolati per prevenirne il surriscaldamento. Prima di azionare il singolo atomizzatore a ventola è necessario accertarsi che il dispositivo sia posto nelle condizioni di ruotare liberamente: né il cavo



elettrico, né il tubo di alimentazione dell'acqua e i capi di vestiario degli operatori (sciarpe, cinture...) devono entrare nel raggio d'azione dell'apparecchio, onde evitare danni alle persone, al motore elettrico, all'isolamento. Bisogna inoltre impedire il surriscaldamento dello strumento e procedere con periodiche pulizie dell'atomizzatore, del dosatore, dello sfiato e della connessione con il tubo d'alimentazione, così da evitare il blocco dello strumento, o la formazione di getti intermittenti, non atomizzati. L'atomizzazione d'acqua è una tecnica di pulitura che richiede sovente tempi d'applicazione maggiori di quelli necessari alla nebulizzazione: il suo impiego deve tuttavia privilegiarsi ogni qualvolta l'intervento riguardi manufatti particolarmente sensibili a qualsiasi azione meccanica, oppure ove sia indispensabile limitare la quantità d'acqua (ad es. litotipi molto porosi) o non sia praticabile una pulitura mediante impacchi. L'adozione della tecnica deve essere invece evitata qualora le indicazioni emerse dalle analisi per la caratterizzazione del materiale e delle forme di alterazione scongiurassero il ricorso ai sistemi acquosi.

## ESPERIENZE

Roma, arco di Settimio Severo; colonne del tempio di Saturno; superfici in laterizio dei Mercati di Traiano; stucchi del cortile del palazzo Spada; parziale pulitura della colonna di Marco Aurelio; tempio di Adriano (marmo Proconnesio); arco di Tito (marmo Pentelico); superfici in travertino, marmo e laterizio della chiesa di Sant'Atanasio dei Greci; basamento di marmo di Carrara della statua equestre di Marco Aurelio; facciata in travertino della chiesa di San Girolamo dei Croati; stucchi rinascimentali dell'ingresso Nord dell'anfiteatro Flavio; Venezia, facciata in pietra d'Istria della chiesa di San Zulian; Padova, alcune statue in pietra di Vicenza di Prato della Valle; Piacenza, facciata del duomo; Venezia, chiesa di San Zaccaria.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Aikema B. e E. Zucchetta (a cura di), *La facciata della chiesa di San Zaccaria a Venezia. Percorsi di storia e conservazione*, Padova, 2010.

Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004.

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Beltrame D. 1995; Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou A., et alii, 1994; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Pennini Alessandri M. 1986; Sansonetti A. 1998; Santopadre P. 1998; Vaccari M. G., Conti S. 1996.

<b>PLT 04</b>	<b>SISTEMA DI PULITURA “LIQUABRADE”</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

È un sistema che sfrutta la capacità abrasiva di fini granuli sospesi in acqua e quella solvente ed emolliente, nonché meccanica, di un getto d'acqua a pressione contenuta. L'azione di pulitura è prodotta da una miscela di acqua, aria e inerti, spruzzata in direzione della superficie a basse pressioni. Si tratta di un sistema messo a punto e introdotto sul mercato dal 1988, che combina le caratteristiche e i principi funzionali di più sistemi: dell'idrosabbatura sfrutta la possibilità di associare polveri abrasive a un getto d'acqua e la possibilità di agire con il solo veicolo acquoso; dell'acqua nebulizzata sfrutta la capacità di ridurre la dimensione delle gocce; dell'acqua atomizzata infine, riprende l'accorgimento di associare allo spruzzo d'acqua un getto d'aria, consentendo un'ulteriore riduzione della dimensione delle gocce e l'aumento della capacità solvente del getto. L'azione è principalmente di tipo meccanico, anche se il getto d'acqua produce un apprezzabile effetto solvente. All'azione abrasiva del granulato disperso nel veicolo acquoso e alla pressione del getto, si accompagna l'azione di ruscigliamento delle acque nelle aree sottostanti alla porzione di superficie interessata dall'intervento. Per svariati motivi – non ultimo la necessità di contenere, entro tempi ristretti, le operazioni di pulitura – può accadere che si attribuisca maggior rilievo all'azione meccanica garantita dalla pressione del getto.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il sistema di pulitura, essendo meno aggressivo rispetto alle tradizionali idrosabbature, offre un ampio ventaglio d'opportunità applicative, e consente, se ben controllato, interventi su paramenti lapidei scolpiti e su calcari cosiddetti *teneri*. Trova impiego soprattutto nei cantieri di recupero dell'edilizia comune; tuttavia, il rispetto di alcune condizioni fondamentali, quali la limitazione della pressione del getto, l'impiego di granulati abrasivi di forma, dimensione e durezza attentamente vagliate, possono consigliarne l'impiego anche su superfici di edifici e manufatti monumentali. L'utilizzazione del metodo è indicata per la pulitura di calcari compatti e poco porosi e, in generale, su superfici ove non sussistono controindicazioni all'impiego dei sistemi ad acqua. Incrostazioni carboniose, depositi intimamente legati alla superficie e depositi consistenti di diversa natura e origine, si possono rimuovere da paramenti lapidei estesi, lisci o modanati, ma anche da apparati decorativi, purché in buono stato di conservazione. L'azione abrasiva e solvente del *Liquabrade*, è consigliata anche per la pulitura di superfici in granito, specialmente nei casi in cui l'adozione di metodi più blandi (quali ad es. la pulitura ad acqua deionizzata nebulizzata) non sia sufficiente a garantire la rimozione di depositi d'alterazione molto coerenti.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'impiego di tale sistema deve essere limitato a quelle stagioni dell'anno in cui la temperatura esterna non è inferiore ai 17 °C. Il sistema, a differenza della sabbatura, fondata esclusivamente sull'azione di polveri abrasive “a secco”, permette di limitare considerevolmente la produzione di polveri nocive per gli operatori, per l'ambiente circostante e per coloro che si trovassero a passare o a sostare occasionalmente nei pressi del cantiere. Gli stessi addetti, peraltro, non devono attenersi a tutte quelle precauzioni e misure protettive richieste da un intervento eseguito mediante sabbatura tradizionale, pure se “controllata”. Prima di procedere alla pulitura, è necessario proteggere con opportuni ripari impermeabili eventuali aree o materiali in precario stato di conservazione (litotipi particolarmente porosi, materiali esfoliati o disgregati ecc.), infissi e manufatti metallici, eventuali decorazioni pittoriche. Inoltre, dovrebbe essere predisposto un

adeguato sistema di convogliamento, scolo e smaltimento delle acque, al fine di impedire l'impregnazione delle superfici sottostanti l'area d'intervento. Analogamente a quanto è consigliato per gli altri sistemi di pulitura ad acqua, è opportuno ricorrere all'impiego di spazzole di saggina o di nylon per facilitare la rimozione dei depositi più consistenti, ed evitare inutili insistenze del getto d'acqua e polvere abrasiva. Se necessario, si dovrebbero rimuovere eventuali stuccature o sigillature in cemento o altro materiale che potrebbe rilasciare sali solubili pericolosi per la conservazione dei substrati. Per garantire la tenuta del paramento alla penetrazione dell'acqua, si dovrebbero stuccare e sigillare le eventuali discontinuità, le fratture, i giunti e le connessioni presenti sulla superficie. Le superfici dovrebbero essere pulite iniziando dall'alto e procedendo per stadi successivi verso la parte bassa dell'edificio, al fine di consentire all'acqua ruscellante di ammorbidire via via i depositi aderenti alle zone sottostanti. L'azione abrasiva può essere ulteriormente mitigata se all'intervento vero e proprio si fa precedere un generale ammorbidimento dei depositi aderenti alle superfici; operazione resa possibile dalle stesse apparecchiature del sistema, che consente un lavaggio preliminare a bassa pressione, utilizzando unicamente il getto d'acqua. La pressione di uscita all'altezza dell'ugello può essere contenuta entro 0,6-1,2 atm, e la dimensione delle particelle abrasive può essere compresa tra 0,2 e 0,4  $\mu\text{m}$ . Appositi contenitori e un flussimetro consentono di aggiungere all'acqua percentuali di tensioattivi o prodotti biocidi. Per superfici estese e grandi altezze, i parametri di esercizio possono essere telecomandati dal quadro di controllo, mentre un secondo operatore può eseguire l'intervento direttamente a contatto con il manufatto, manovrando una piccola lancia connessa con i condotti flessibili dell'acqua, dell'aria e della polvere abrasiva. Alcuni significativi vantaggi sembrano favorire l'impiego di tale sistema. Tra gli altri: la possibilità di dosare l'azione solvente e abrasiva del getto; l'impiego di un esiguo numero di addetti e di opere provvisorie; l'assenza di complicazioni ed effetti nocivi per l'ambiente.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Questo metodo impone il rispetto di alcuni parametri che consentono il controllo dell'azione. Devono essere attentamente determinate: la dimensione, la forma e la durezza degli inerti abrasivi, la pressione del getto, la distanza tra il foro di emissione della miscela e la superficie ecc. L'apparecchiatura infatti, è in grado di raggiungere pressioni d'esercizio e di utilizzare abrasivi estremamente pericolosi per la superficie e i substrati lapidei. L'intervento dovrebbe concludersi con un lavaggio finale con sola acqua, in quanto l'operazione agevola la rimozione dell'abrasivo depositato in superficie e negli interstizi, nonché la solubilizzazione e l'allontanamento degli ultimi residui di sporco ormai ammorbiditi. Un abbondante lavaggio finale dovrebbe concludere anche gli interventi che si sono avvalsi dell'impiego di prodotti tensioattivi, diluiti nell'acqua allo scopo di ammorbidire più rapidamente incrostazioni tenaci o per favorire la dissoluzione di eventuali sostanze grasse e/o oleose. Il tensioattivo, tuttavia, non deve produrre effetti secondari o accelerare la comparsa di alterazioni della superficie (corrosione, formazione di sali solubili...). Il prodotto deve riportare chiaramente espresse le specifiche tecniche, mentre l'esatta percentuale di diluizione deve essere prestabilita mediante prove preliminari eseguite su campioni.

Sebbene il sistema consenta di calibrare e graduare l'intervento, tuttavia non è garantito il controllo degli effetti dell'azione sulle alterazioni della superficie. Non è un metodo che può essere liberamente utilizzato per la pulitura di aree pregiate e/o in precario stato di conservazione, a meno che non si ricorra a operatori molto esperti, in grado di calibrare attentamente i parametri d'esercizio e le singole operazioni. Devono comunque considerarsi inopportuni, interventi su materiali porosi o superfici molto deteriorate, nonché operazioni insistenti su depositi particolarmente tenaci, per i quali si richiederebbe un eccessivo volume d'acqua o un aumento della pressione, con conseguenze indesiderabili per la conservazione del materiale lapideo. Pressioni superiori a quelle indicate, associate magari a inerti a spigoli vivi, di durezza e granulometria incontrollate, potrebbero determinare la comparsa di microfratture anche su materiali dallo stato di conservazione apparentemente discreto. Inoltre, potrebbero causare il distacco di scaglie decoese e la caduta del materiale sollevato dai substrati. Azione solvente dell'acqua e potere abrasivo dei granuli potrebbero provocare un irrimediabile assottigliamento, se non la totale scomparsa, di quello strato d'indurimento superficiale che ogni materiale lapideo acquista con il trascorrere del tempo. Analogamente, superfici non particolarmente resistenti alla forza d'impatto del getto e all'azione abrasiva della polvere, potrebbero presentarsi, al termine dell'intervento, diffusamente private di patina. Il sistema non dovrebbe essere utilizzato neppure su

superfici, che per loro intrinseca natura o per particolari condizioni ambientali (orientazione, risalita capillare, elevati tenori di umidità ecc.), non consentono il ricorso a metodi di pulitura contraddistinti da un abbondante uso d'acqua. A tale proposito, si rileva che l'uso eccessivo d'acqua può portare alla solubilizzazione di percentuali anche significative del carbonato di calcio costitutivo delle pietre carbonatiche, ma può anche indurre un'eccessiva mobilitazione e rimozione dei sali solubili. A evaporazione avvenuta, ciò potrebbe dar luogo a evidenti fenomeni di cristallizzazione superficiale, oltre che determinare, su alcuni litotipi, un aumento considerevole della porosità. L'incremento degli spazi intercrystallini può inoltre favorire l'impregnazione dei substrati e il conseguente aumento del contenuto d'umidità interna delle murature, nonché facilitare lo sviluppo di colonie di biodeteriogeni sulla superficie lungamente bagnata. L'uso dell'acqua in volumi incontrollati, deve essere evitato anche su litotipi contraddistinti dalla presenza di minerali facilmente inclini a processi di solubilizzazione, in grado quindi di produrre viraggi o di macchiare irreversibilmente la superficie. Infine, l'uso di sistemi acquosi abbondanti deve escludersi in presenza d'inserti metallici (ad es. su lastre sostenute da graffe o su paramenti rinforzati con perni metallici).

### **ESPERIENZE**

Numerosi interventi su facciate di edifici comuni. In particolare si citano i seguenti: Piacenza, palazzo delle Poste; Milano, zoccolatura e rivestimenti della metropolitana; Cattolica, fontana; Polesine Parmense (PR), chiesa dei SS. Vito e Modesto; Roma, colonnato di San Pietro.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004.

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Appolonia L. 1995; Beltrame D. 1995; Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou A., et alii 1994; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Sansonetti A. 1998; Santopadre P. 1998; Vaccari M. G., Conti S. 1996.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica dello spray sfrutta la capacità solvente dell'acqua per rimuovere incrostazioni carboniose o altri depositi di sporco, aderenti alle superfici. Il sistema si avvale di ugelli abitualmente utilizzati negli impianti di irrigazione o in orticoltura; per questo, la gradualità e la selettività dell'intervento sono fortemente legate alla scelta di tali dispositivi, oggi presenti sul mercato in gran numero e con caratteristiche spesso adatte al trattamento di manufatti lapidei. Accade spesso, però, che l'attenzione degli operatori, anziché soffermarsi sulla scelta degli ugelli appropriati (per diametro dell'orifizio, per modi di erogazione dello spruzzo ecc.), si concentri sulla possibilità di affidare alla pressione del getto la rapidità e la qualità della pulitura. Nella generalità dei casi, infatti, più che all'azione solvente dell'acqua, ci si affida alla capacità di rimozione meccanica dello sporco, assicurata dallo spruzzo diretto e dal ruscellamento sulla superficie sottostante l'area trattata.

Così inteso, lo spray d'acqua non può essere in alcun modo paragonato alla nebulizzazione, il cui principio d'azione si fonda sulla migliorata capacità solvente delle microgocce a elevata superficie specifica, nonché sulla gradualità, selettività e controllabilità del getto deviato rispetto alla perpendicolare ugello-superficie. Del resto, l'azione meccanica generata dalla pressione elevata dello spruzzo provoca solamente il distacco meccanico dei depositi incoerenti e delle incrostazioni, ma non aumenta l'effetto solvente che è garantito dall'azione chimica dell'acqua, ed è indipendente dalla forza con la quale quest'ultima colpisce la superficie.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Lo spray d'acqua è una tecnica di pulitura largamente utilizzata nei cantieri di recupero dell'edilizia, ma trova applicazione anche nel restauro monumentale. Pur garantendo una gradualità certamente non comune agli interventi di idropulitura o idrosabbatura, non deve essere tuttavia confusa con la nebulizzazione propriamente detta. Può essere utilizzato su superfici di natura carbonatica, per rimuovere depositi poco coerenti e croste nere di scarso spessore, contraddistinte dalla presenza di gesso, calcite di riaccumulo e altri materiali solubili in acqua. Il sistema consente pure l'estrazione dei sali solubili presenti all'interno della struttura porosa della pietra, anche se l'operazione è difficilmente controllabile, a meno di non ricorrere con cadenza regolare al rilevamento della conducibilità elettrica sulle aree di volta in volta sottoposte a trattamento.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La corretta esecuzione di un intervento di pulitura con spray d'acqua si basa sulle condizioni operative segnalate nella scheda sulla nebulizzazione (v. PLT02 - Acqua nebulizzata). Al pari degli altri sistemi di pulitura basati sull'impiego dell'acqua, non si dovrebbe ricorrere allo spray durante la stagione fredda e si dovrebbe limitare sia il volume di fluido impiegato sia la pressione degli spruzzi indirizzati verso la superficie (max. 2,5-3 bar). Questi ultimi, poi, non dovrebbero essere lanciati direttamente contro il paramento da pulire, ma dovrebbero raggiungerlo per ricaduta, orientando il getto verso l'alto e non perpendicolarmente alla superficie. All'estremità dei tubi di gomma collegati all'impianto di alimentazione si dovrebbero raccordare degli appositi ugelli di nebulizzazione piuttosto che i dispositivi comunemente adoperati in agricoltura, oppure si dovrebbero privilegiare degli spruzzatori con dispersione a cono vuoto. L'intervento di pulitura deve procedere dall'alto e, per stadi successivi, interessare tutta la facciata, fino alla base dell'edificio, così da sfruttare il ruscellamento e ottenere un primo ammorbidimento dei depositi aderenti alle

superfici sottostanti l'area trattata. Il fronte d'acqua può essere ottenuto fissando gli ugelli su griglie mobili in tubolare di ferro (preferibilmente zincato), o direttamente sui ponteggi di lavoro. Croste nere contenenti elevate percentuali di gesso (tra il 20% e il 30% ca.), e di spessore compreso mediamente tra uno e tre millimetri, possono richiedere applicazioni protratte per dieci o addirittura venti ore. Pertanto, per prevenire inutili sprechi d'acqua e pericolose infiltrazioni all'interno della struttura muraria, è consigliabile evitare il ricorso allo spray d'acqua su superfici ricoperte da incrostazioni particolarmente spesse e dure o contraddistinte dalla presenza di materiali lapidei molto porosi e in precario stato di conservazione (fig. 1).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Gli accorgimenti e le varianti della tecnica possono desumersi ancora una volta dalla nebulizzazione, che, in effetti, esordì nel panorama delle metodiche di pulitura con l'intento di apportare miglioramenti proprio allo spray d'acqua. Rinviando alle indicazioni riportate nella scheda PLT02 - Acqua nebulizzata, ci limitiamo a richiamare la necessità di proteggere dagli spruzzi le superfici più deteriorate, gli infissi e i manufatti metallici. È opportuno inoltre utilizzare acqua deionizzata per la pulitura delle pietre di natura silicatica, anche per limitare i consumi garantendo nello stesso tempo una maggiore azione solvente.

Non si deve sottovalutare, poi, l'accortezza di privilegiare l'impiego di acque dure qualora l'intervento riguardi calcari teneri o litotipi carbonatici a grana fine, e l'utilità di un adeguato sistema di convogliamento, scolo e smaltimento del liquido refluo, onde impedire l'impregnazione delle superfici sottostanti l'area di intervento. Una blanda spazzolatura finale, con brusche di saggina o di nylon, avrà lo scopo di facilitare la rimozione dei depositi più consistenti e di quelli aderenti ai sottosquadri. La tecnica non garantisce gradualità e controllabilità all'intervento di pulitura. L'aumento della pressione dei getti d'acqua, in particolare, produce solamente inutili effetti meccanici sulle incrostazioni che, per contro, oppongono inerzia fisica e si comportano alla stregua di sistemi poco porosi, di difficile solubilizzazione. La rimozione delle alterazioni può dunque avvenire per distacco, anziché per graduale solubilizzazione, e pregiudicare la conservazione di quelle superfici ricoperte da depositi fortemente aderenti, in grado di trascinare nella caduta porzioni di materiale sano o parzialmente sollevato. L'azione dello spray, del resto, non è sufficientemente controllabile nemmeno sui depositi di spessore variabile, distribuiti in maniera disomogenea a causa delle differenti condizioni di esposizione delle superfici. Un eccessivo impiego d'acqua potrebbe inoltre compromettere la futura conservazione dei materiali costitutivi, i quali rischiano di impregnarsi e di deteriorarsi a seguito di migrazioni saline verso gli strati interni. L'uso improprio della tecnica può infine causare altri danni, tra i quali: lo sviluppo di microflora ed attacchi fungini diffusi, l'erosione delle pietre calcaree e l'asportazione dello strato di indurimento superficiale acquisito nel tempo da alcuni litotipi, l'impregnazione dei materiali molto porosi e l'eccessiva mobilitazione e solubilizzazione dei sali presenti all'interno della pietra, con rischi di vero e proprio collasso per la struttura porosa. Un eccesso d'acqua può anche indurre variazioni nello stato di idratazione o addirittura la solubilizzazione di alcuni minerali presenti nella composizione mineralogica delle rocce originarie, e quindi la formazione di macchie irreversibili sulla superficie (ad es. limonizzazione dei solfuri e degli ossidi di ferro). Può, infine, determinare l'impregnazione degli intonaci interni degli edifici, con particolari conseguenze negative qualora le pareti siano affrescate o dipinte con tecniche pittoriche sensibili all'acqua.

### **ESPERIENZE**

Le applicazioni di questa tecnica sono numerose, anche se scarsamente documentate o ricordate nella letteratura tecnica, probabilmente perché non è ritenuta una metodica di alta specializzazione e perché, di fatto, è praticata nella forma del sussidio tecnico, al quale si ricorre per lavori di finitura o per intervenire nelle zone non raggiunte da altre tecniche di pulitura. Certamente è stata impiegata anche per cantieri di restauro importanti, come ad esempio sui marmi della fontana di Trevi, a Roma.

Sant'Angelo di Sala (Ve), affreschi di San Michele Arcangelo; Torino, Porta Palatina; Milano, Palazzo della Rinascente; Verona, Palazzo Giuliari.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Appolonia L. 1995; Beltrame D. 1995; Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou A., et alii 1994; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Di Salvo M. A. 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Sansonetti A. 1998; Santopadre P. 1998; Vaccari M. G., Conti S. 1996.



Figura 1 • Facciata edilizia in corso di pulitura mediante spray d'acqua.

**PLT 06****PULITURA CON SPRAY D'ACQUA E GETTO DI VAPORE****Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Associando lo spray al getto di vapore si riduce la quantità d'acqua normalmente necessaria per portare a termine una generica idropulitura, e allo stesso tempo si attenua la brusca variazione di temperatura prodotta dal vapore sulla superficie delle pietre. In questo sistema di pulitura lo spray d'acqua è utilizzato unicamente per ottenere un generale ammorbidimento dei depositi carboniosi. Il definitivo distacco della crosta dalla superficie lapidea è invece affidato all'azione fisica prodotta dal getto di vapore e, in parte, dalla temperatura. La tecnica permette di ridurre in modo considerevole il volume di liquido richiesto per un intervento eseguito esclusivamente mediante spray d'acqua, e consente di mantenere sotto controllo il calore generato dal getto di vapore. Quest'ultimo, infatti, se usato separatamente e senza il preliminare inumidimento, può determinare pericolosi innalzamenti della temperatura superficiale del materiale lapideo e, di conseguenza, situazioni di dilatazione e contrazione termica differenziale nella struttura cristallina della pietra. Generalmente, lo spray è fornito di un'idropulitrice o di un impianto a ugelli fissi (v. PLT05 - Spray d'acqua), mentre il vapore è prodotto da un boiler e indirizzato sulla superficie per mezzo di una lancia metallica.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica in esame trovò estesa applicazione in Inghilterra fino al secondo dopoguerra, ma negli ultimi decenni è stata gradualmente abbandonata poiché era consuetudine aggiungere della soda caustica all'acqua del boiler. L'agente chimico, fortemente reattivo, anche se utilizzato in quantità ridotte, è difficilmente eliminabile dalla superficie trattata e può arrecare gravi danni anche a distanza di tempo. Lo spray d'acqua associato al vapore può essere convenientemente utilizzato su pietre compatte, su litotipi di natura silicatica e su calcari poco porosi e in buono stato di conservazione. Al contrario, il ricorso all'acqua, come pure al vapore, deve escludersi su superfici in arenaria tenera, friabile o finemente scolpita. L'impiego più frequente della tecnica è riservato a edifici comuni, a superfici lisce ed estese; tuttavia, può essere utilmente adottato anche su facciate irregolari, quando è da evitare che il ricorso a sistemi di pulitura meccanica (ad es. sabbiatura a secco o ad umido) si risolva in azioni difficilmente controllabili e in una rimozione disomogenea dei depositi di sporco. Non è consigliabile invece servirsene per interventi su paramenti di particolare pregio, poiché l'innalzamento della temperatura, pur se ridimensionato dal preliminare impiego dello spray d'acqua, potrebbe favorire l'insorgere di fenomeni di alterazione difficilmente controllabili.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Lo spray d'acqua necessario per il preliminare ammorbidimento dei depositi carboniosi dovrebbe essere erogato sfruttando pressioni di esercizio comprese tra 2,5 e 3 bar; purtroppo, le prestazioni delle idropultrici abitualmente utilizzate nei cantieri di recupero difficilmente consentono l'adozione di pressioni inferiori a 10 bar. In tal caso è doveroso cautelarsi mantenendo la lancia d'erogazione del getto a opportuna distanza dalla superficie, e assicurarsi che il paramento lapideo ricoperto dallo sporco sia in buone condizioni di conservazione, onde prevenire il distacco del materiale parzialmente decoeso dai substrati (fig. 1).

Il generale ammorbidimento dello sporco sedimentato sulle superfici può ottenersi anche ricorrendo a uno spray d'acqua erogato da ugelli fissati a un impianto di tubi collettori montati sui



ponteggi di lavoro. Indicazioni più dettagliate sulle procedure d'impiego dell'idropulitura e sull'adozione dello spray d'acqua si trovano nelle schede descrittive le tecniche omonime (v. PLT01 - Acqua nebulizzata con spruzzatore manuale; PLT02 - Acqua nebulizzata; PLT03 - Acqua atomizzata; PLT04 - "Liquabrade"; PLT05 - Spray d'acqua). L'intervento può essere eseguito anche su ponteggi mobili o su piattaforme sostenute dal braccio telescopico di un automezzo. In questi casi, la tecnica permette di ridurre considerevolmente i tempi e i costi di un normale lavaggio con spray d'acqua. Il ponteggio mobile, peraltro, permette di regolare la distanza tra l'operatore e la superficie, in funzione delle necessità poste dall'area in via di trattamento. La pressione d'impatto del vapore dovrebbe aggirarsi attorno ai  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  e, su una superficie liscia di circa un metro quadrato, l'azione del getto dovrebbe protrarsi per tempi mai superiori ai 6-10 minuti. La lancia d'erogazione del flusso va mantenuta a debita distanza dal paramento lapideo e l'operatore stesso deve attentamente cautelarsi, onde prevenire contatti con il getto ad alta temperatura. L'azione termica e meccanica generata dal vapore, se contenuta entro i parametri indicati, può essere sufficientemente controllata; viceversa, se i valori della pressione e i tempi d'applicazione non sono attentamente ponderati, potrebbero verificarsi distacchi di scaglie lapidee parzialmente decoese o rimozioni anche consistenti del materiale che si trova in precario stato di conservazione sotto le stratificazioni carboniose. Per favorire l'allontanamento dei depositi ammorbiditi e dei residui rimasti in superficie, l'intervento può essere completato da una bruschinata con spazzole di saggina o di nylon, eventualmente associata a un blando lavaggio finale (fig. 1).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Prima dell'intervento, le superfici da trattare vanno sottoposte a test di controllo, allo scopo di accertare la capacità della pietra di sopportare lo sbalzo termico generato dal vapore; le variazioni di temperatura dovrebbero essere in ogni caso contenute entro valori accettabili, proprio grazie all'associazione tra spray d'acqua e vapore. Qualora le ispezioni e gli accertamenti preliminari abbiano segnalato la presenza di fenomeni di alterazione tali da compromettere l'integrità della superficie, l'utilizzo dell'idropulitrice, come pure l'impiego del getto di vapore devono essere preclusi fin dalle prime fasi dell'intervento e sostituiti con metodiche di pulitura appropriate al caso. Per la pulitura di pietre silicatiche in buono stato di conservazione, ma coperte da depositi spessi e coerenti o da macchie grasse od oleose, alcuni autori consigliano un preliminare trattamento con detergenti fosfatici anionici o con una miscela acquosa contenente ridotte percentuali di acido fosforico. Deve essere evitato l'utilizzo del solo vapore poiché la pietra da pulire potrebbe non sopportarne l'elevata temperatura. Prima di ricorrere al sistema di pulitura in oggetto, va inoltre debitamente considerato che il vapore può rimuovere completamente le malte a base di calce; per di più, le pietre che per loro natura sono in grado di trattenere considerevoli quantità di umidità, a intervento ultimato potrebbero presentare superfici coperte da macchie scure e/o da efflorescenze. Anche se opportunamente calibrata, l'azione del getto non deve coinvolgere materiali alterati, nei confronti dei quali calore e pressione potrebbero indurre fenomeni di disgregazione irreversibili.

### **ESPERIENZE**

Mulino settecentesco nei pressi di Rapallo. Pulitura della grande e piccola orditura a vista di solai ricoperti da fuliggine; Villa Rinaldi (Asolo), Pulitura delle travi lignee dai depositi grassi, alla barchessa est; Roma, casa Bertelli, Pulitura di pareti intonacate, interessate da patine biologiche, dopo disinfestazione.

Sant'Angelo di Sala (Ve), affreschi di San Michele Arcangelo; Torino, Porta Palatina; Milano, Palazzo della Rinascente; Verona, Palazzo Giuliari.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Appolonia L. 1995; Beltrame D. 1995; Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou A., et alii 1994; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Sansonetti A. 1998; Santopadre P. 1998; Vaccari M. G., Conti S. 1996.



Figura 1 • Apparecchiatura per la pulitura con spray 1 d'acqua a getto di vapore. (OPD)

**PLT 07****PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI CON  
IDROSABBIATURA****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'idrosabbatura può essere considerata una variante della sabbatura a secco. L'aria compressa utilizzata per espellere la nuvola di abrasivo viene infatti sostituita da un getto d'acqua a pressioni e volumi variabili. Proprio la differente natura del veicolo entro il quale è sospeso il granulato (sabbia silicea, polveri sintetiche ecc.), impone la distinzione tra i due tipi di pulitura: se nella sabbatura a secco la rimozione dello sporco è assicurata dall'effetto meccanico generato dal getto aerabrasivo, nella sabbatura a umido il risultato è garantito dall'azione – ancora meccanica – del getto di granulato, ma anche dalla capacità solvente dell'acqua che favorisce la solubilizzazione dei depositi e l'asportazione dei sali solubili. Analogamente a quanto avviene nel caso della sabbatura a secco, anche questa tecnica necessita d'opportune precauzioni, tanto prima quanto durante la conduzione dell'intervento, proprio per consentire il costante controllo del processo di pulitura e del risultato finale. Tuttavia, la sabbatura umida garantisce un'azione abrasiva molto più contenuta rispetto alla versione a secco, pure se controllata; azione che può essere ulteriormente mitigata se l'intervento è preceduto da un generale ammorbidimento dei depositi. L'apparecchiatura per le idrosabbature, peraltro, permette di agevolare quest'ultima operazione: è infatti possibile escludere anche temporaneamente l'erogazione del granulato e procedere con semplici lavaggi a bassa pressione. La versatilità degli impianti attualmente in commercio assicura inoltre l'impiego di getti d'acqua e abrasivo miscelati nelle concentrazioni desiderate, mentre una piccola caldaia interna consente il riscaldamento dell'acqua, contribuendo all'incremento dell'effetto solvente del flusso inviato alla lancia erogatrice. Le idrosabbatrici sono pure fornite di un serbatoio riservato ai prodotti detergenti che, associati all'acqua e al granulato, possono facilitare la solubilizzazione dei depositi più consistenti e conferire maggiore efficacia all'azione pulente. A differenza di quanto accade nella sabbatura a secco, l'usura delle condutture e degli ugelli è assai più contenuta. Nelle macchine utilizzate nella versione a secco, infatti, il granulato abrasivo è aspirato e immediatamente inviato lungo tutto il tragitto che dal contenitore procede lungo il tubo flessibile della lancia erogatrice e arriva in ultimo all'ugello. Nell'idrosabbatrice, al contrario, l'abrasivo è prima aspirato dalla depressione originata dall'acqua e poi disperso nel flusso, arrivando così alla lancia già miscelato al veicolo acquoso.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'idrosabbatura è utilizzata per la pulitura di quelle superfici che, per ragioni di sicurezza e opportunità, non possono essere trattate con sistemi abrasivi a secco, benché controllati. L'adozione della tecnica, peraltro, è spesso privilegiata rispetto alla versione a secco, proprio per evitare l'abbondante produzione di polveri. La sabbatura "a umido" consente la rimozione meccanica e la simultanea solubilizzazione dei depositi di varia natura e delle incrostazioni carboniose di una certa consistenza, o intimamente legate alle superfici. È adatta soprattutto per interventi su partizioni verticali estese, lisce o modanate, purché in buono stato di conservazione. I sistemi idroabrasivi possono essere utilizzati per la pulitura di pietre calcaree o silicatiche compatte, scarsamente porose e in buono stato di conservazione, e quando non sussistano controindicazioni all'impiego dei sistemi di pulitura ad acqua. Sono adottati su superfici in granito, limitatamente a quei casi in cui l'azione di sistemi più blandi, quali ad esempio l'acqua deionizzata nebulizzata associata a impacchi a base di soluzioni tensioattive, non sia pervenuta alla rimozione

dei depositi intimamente legati alla superficie. L'idrosabbatura può essere impiegata anche per la rimozione dei depositi più duri e coerenti dalle superfici in calcare tenero, ma esclusivamente sulle aree e sulle pietre in buono stato di conservazione. La presenza dell'acqua favorisce l'estrazione e la rimozione dei sali solubili, ma tale opportunità può essere sfruttata appieno solamente su litotipi esenti da ulteriori processi di alterazione. Questa tecnica, infine, è utilizzata anche per la pulitura di strutture in ferro poste in ambienti marini o molto inquinati e in presenza di sali solubili, come cloruri e solfati, che formano sulla superficie profondi punti di corrosione. L'idrosabbatura a pressione è in genere impiegata all'interno di manufatti cavi, ed è invece normalmente scartata per le parti esterne, a causa dell'eccessiva azione abrasiva esercitata sulle patine e sulla superficie metallica. Quando è adottata per le superfici esterne, si applica solamente in aree limitate che presentano problemi specifici e per tempi molto brevi. Trattandosi di un sistema di pulitura meno aggressivo rispetto alla sabbatura a secco, il ventaglio delle opportunità applicative è sicuramente più ampio: se ben controllato, può essere adottato anche per interventi su paramenti lapidei scolpiti. Il ricorso all'idrosabbatura, in definitiva, va sicuramente anteposto all'impiego dei sistemi abrasivi a secco, a patto che nella fase diagnostica preliminare sia effettivamente accertata l'assenza di controindicazioni derivanti dall'uso dell'acqua. La tecnica, infine, oltre a favorire un reale contenimento dell'azione abrasiva, consente di evitare la formazione di polveri particolarmente dannose per gli operatori e l'ambiente circostante. Le maestranze possono perciò limitare le precauzioni e le misure protettive obbligatoriamente richieste negli interventi di sabbatura a secco.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Prima di dare avvio all'intervento d'idrosabbatura è consigliabile effettuare alcune prove e analisi preliminari, per accertare l'efficacia e la compatibilità del sistema di pulitura e definire condizioni operative per limitare scalfitture, abrasioni o impregnazioni del paramento lapideo. Le analisi e i controlli in loco e in laboratorio dovrebbero eseguirsi secondo i modi e i tempi della sabbatura a secco. In particolare, qualsiasi operazione preliminare eseguita direttamente in loco, su una o più aree circoscritte, non dovrebbe causare danni ai paramenti lapidei contigui. A tal fine, è consigliabile predisporre tutti gli accorgimenti precauzionali necessari, onde evitare abrasioni a spigoli e cornici sporgenti, a modanature o a rilievi, oppure dilavamenti, impregnazioni, percolamenti delle acque di lavaggio, cadute di materiale decoeso da conci o lastre lapidee in precario stato di conservazione. Opportunità e limiti del sistema di pulitura possono essere valutati anche in laboratorio, secondo i medesimi criteri della sabbatura a secco. La programmazione dei tempi e dei modi dell'intervento deve innanzitutto consentire il contenimento del consumo d'acqua, al fine di escludere fenomeni di erosione, impregnazioni del materiale e delle murature sottostanti, migrazioni saline, formazione di macchie, processi di limonizzazione degli eventuali minerali ferrosi presenti, sviluppo di colonie di biodeteriogeni. Su ogni singola porzione di superficie, dunque, l'intervento di pulitura va protratto per intervalli anzitempo stabiliti, in considerazione degli esiti delle campionature preliminari, della natura chimico-fisica del materiale lapideo e della composizione, giacitura, compattezza e spessore dei depositi da rimuovere. Il protrarsi dei tempi d'azione del getto idroabrasivo non deve provocare la comparsa di sbiancature o abrasioni, soprattutto su quelle superfici esposte al dilavamento meteorico o su quei paramenti ove i depositi, assenti, poco consistenti o distribuiti in maniera disomogenea, permettono di limitare o escludere l'azione del getto idroabrasivo. Su tali aree, il livello di pulitura prestabilito può essere raggiunto escludendo l'apporto dell'azione abrasiva del granulato, e limitando l'intervento al solo lavaggio mediante getto d'acqua a bassa pressione. A intervalli regolari, poi, è opportuno controllare il grado di solubilizzazione dei depositi carboniosi, per evitare l'inutile protrarsi dell'intervento. Tra i numerosi modelli di macchine idrosabbatrici presenti sul mercato, si devono privilegiare quelli che garantiscono un corretto sfruttamento, sia dell'azione meccanica e solvente del getto d'acqua a pressione, sia dell'azione abrasiva del granulato immesso nel veicolo acquoso alle concentrazioni stabilite di volta in volta sulla base delle prove preliminari (fig. 1).

È consigliabile ricorrere all'impiego d'apparecchiature che, per versatilità e potenza, permettono la pulitura di aree anche circoscritte e assicurano azioni sufficientemente lente, tali da favorire un costante controllo dell'andamento del processo di rimozione dei depositi. Le idrosabbatrici devono essere facilmente trasportabili, componibili e in grado di utilizzare tutti i tipi di abrasivo; oltre a consentire l'impiego dell'acqua frammista ad abrasivo, devono assicurare l'erogazione del solo

getto d'acqua a pressione variabile; devono essere dotate di bruciatore e serbatoio di combustibile annesso per favorire un modesto riscaldamento dell'acqua; devono, infine, disporre di un recipiente munito di dosatore atto a contenere e controllare l'erogazione dei prodotti tensioattivi eventualmente addizionati alle acque di lavaggio. Il getto di granulato e acqua a pressione deve potersi indirizzare in direzione della superficie per mezzo di una "lancia" metallica, collegata mediante condotta flessibile alla macchina, e orientabile manualmente con facilità. All'estremità della "lancia" devono essere fissati degli ugelli intercambiabili, scelti in funzione delle specifiche esigenze di ciascun intervento. Il getto idroabrasivo deve essere alimentato dal granulato discendente per caduta da un apposito contenitore dotato di elettrovibratore elettronico di dosaggio; i granuli, poi, devono essere proiettati contro la superficie, unitamente al flusso d'acqua prelevato dal sistema di alimentazione e portato alla pressione richiesta, per mezzo di una pompa. Attraverso la strumentazione di comando della macchina deve potersi graduare e calibrare, con semplici operazioni manuali, la pressione del getto e la quantità di polvere emessa. A tale scopo, gli interruttori di regolazione della pressione dell'acqua e della quantità di abrasivo devono essere separati e facilmente manovrabili. La regolazione della potenza del flusso, in particolare, deve avvenire mediante un manometro di precisione in grado di consentire variazioni controllate delle pressioni, che però non dovranno mai superare i 5 bar. Devono escludersi valori d'esercizio maggiori, anche nel caso di apparecchiature dotate della potenza necessaria per fornire pressioni superiori a quelle ritenute idonee per la pulitura delle superfici. Parimenti, anche il riscaldamento delle acque di lavaggio deve essere attentamente controllato, poiché le macchine attualmente in commercio sono predisposte per il raggiungimento di temperature assai elevate.

Interventi su superfici estese si possono eseguire ricorrendo all'impiego di più apparecchiature, allestendo una rete di alimentazione continua per l'approvvigionamento dell'acqua e, ove richiesto, un opportuno sistema di raccolta e smaltimento delle acque reflue. Gli ugelli fissati all'estremità della lancia metallica e il diametro del loro orifizio devono essere opportunamente selezionati in base alle caratteristiche del materiale lapideo e alla consistenza delle alterazioni da rimuovere. Per evitare ripetute sostituzioni si consiglia l'utilizzo di ugelli in carburo al tungsteno (widia) o in altro metallo o lega metallica dalla comprovata resistenza all'usura. La polvere abrasiva appropriata va selezionata tenendo conto dei risultati ottenuti nel corso delle prove preliminari e in considerazione della natura e dello stato conservativo della pietra, dell'entità, della consistenza e della distribuzione delle incrostazioni. L'abrasivo deve essere costituito da granulati selezionati e di dimensioni ridotte. Indicazioni sulla natura, la durezza, la forma e l'appropriata granulometria delle particelle, sono riportate nella scheda descrittiva PLT13 - Sabbatura a secco. Qualora si ritenga opportuno immettere sostanze tensioattive nelle acque di lavaggio, è bene evitare il ricorso a prodotti detergenti individuati con il solo nome commerciale, dei quali non siano noti composizione e dosaggio. Le specifiche chimiche e chimico-fisiche dei tensioattivi, così come il pH, la natura e la concentrazione dei soluti aggiunti al veicolo acquoso, devono essere sempre dichiarati. Il prodotto prescelto non deve dare origine a effetti secondari che potrebbero pregiudicare la futura conservazione della superficie (corrosione, formazione di sali solubili, viraggi ecc.). I prodotti detergenti, in particolare, non dovrebbero reagire con i singoli componenti dei depositi e delle incrostazioni, né con il carbonato di calcio costitutivo dei substrati lapidei; non dovrebbero lasciare sulla superficie residui igroscopici, ma essere facilmente allontanabili con un rapido risciacquo. Le corrette percentuali di diluizione del prodotto prescelto possono essere determinate nel corso delle prove preliminari, misurando il valore del pH delle soluzioni ottenute diluendo in acqua concentrazioni variabili del tensioattivo, e rilevando i valori della conducibilità sulle superfici campione trattate. L'intervento d'idrosabbatura va eseguito esclusivamente durante la stagione calda, evitando il tardo autunno, l'inverno e, in generale, quelle condizioni climatiche che fanno registrare temperature esterne inferiori ai 17 °C. I ponteggi e il cantiere di pulitura devono essere opportunamente delimitati con idonee barriere protettive, preferibilmente mediante teli in tessuto sintetico a maglie fitte. Deve essere predisposta anche un'opportuna segnaletica per vietare l'accesso ai non addetti e agli sprovvisti di idoneo equipaggiamento protettivo. Ciascun operatore occupato nelle operazioni di pulitura, infatti, deve necessariamente proteggersi dall'acqua, dalle polveri abrasive disperse nel getto, dal rimbalzo dei granuli e dei materiali d'alterazione disgregati nel corso dell'intervento. In ottemperanza alle norme di sicurezza, l'appropriato equipaggiamento di lavoro dovrebbe prevedere l'adozione di occhiali o maschera con visiera, di mascherina-filtro, elmetto, guanti, tuta (o altro indumento impermeabile), stivali (fig. 2). Prima di dare avvio

all'intervento si deve provvedere alla stuccatura di tutte le connessioni e le fessure presenti in superficie, onde impedire la penetrazione dell'acqua in profondità e un dannoso aumento dell'umidità della struttura muraria. A tale scopo andranno anticipatamente individuati gli ingredienti e le dosi dell'impasto, compatibilmente con le caratteristiche dei litotipi costitutivi della superficie e con i parametri termoigrometrici dell'ambiente. Si deve inoltre provvedere alla protezione di quei materiali, manufatti o porzioni di superficie che non dovranno essere in alcun modo coinvolti nell'azione di pulitura. Andranno pertanto protetti i manufatti metallici, le lastre vitree, eventuali particolari scultorei e tutte quelle superfici sulle quali il dilavamento e l'abrasione potrebbero causare irrimediabili distacchi o cadute di scaglie di materiale. I ripari temporanei possono essere allestiti con fogli di polietilene o altri materiali opportunamente fissati; attorno alle aree protette, inoltre, potrebbe rendersi necessario predisporre appropriati sistemi di raccolta delle acque provenienti dal lavaggio delle superfici contigue.

Affinché l'intervento possa procedere in condizioni sufficientemente controllate, è bene segnalare agli operatori i parametri da rispettare durante la pulitura dell'intera superficie e di ciascuna delle differenti sub-aree delimitate nel corso degli accertamenti e delle prove in loco. Dovranno essere specificati: la natura e la granulometria della polvere abrasiva; la concentrazione del granulato in acqua e la pressione del getto; il tipo di ugello adatto per l'area o per le diverse sub-aree da trattare; la distanza e l'inclinazione del getto rispetto alla superficie; la durata dell'intervento sull'intero paramento lapideo o su ciascuna delle porzioni inizialmente delimitate.

In particolare, gli operatori dovrebbero rispettare i tempi d'azione del getto e osservare quelle condizioni operative in grado di limitare l'invasività dell'intervento (ad es. inclinazione della lancia, distanza ugello-superficie, percentuali di miscelazione acqua-abrasivo). Ove possibile, è consigliabile eseguire un preliminare ammorbidimento delle incrostazioni e dei depositi carboniosi mediante semplice lavaggio, escludendo l'azione pulente del granulato e indirizzando il getto d'acqua a bassa pressione in direzione della superficie. Sui depositi incoerenti, i tempi del lavaggio preliminare possono prolungarsi fino al raggiungimento del livello di pulitura desiderato. Sulle incrostazioni coerenti e di un certo spessore, invece, l'acqua e l'abrasivo devono essere miscelati in conformità alle indicazioni emerse nel corso delle prove preliminari. L'efficacia dell'azione di solubilizzazione dei depositi può essere migliorata ricorrendo a un debole riscaldamento dell'acqua, prestando attenzione al rispetto delle temperature ammissibili ai fini della conservazione dell'integrità della compagine lapidea e dei substrati. Particolare riguardo deve porsi anche nel controllo della pressione del getto idroabrasivo, per evitare indesiderate rimozioni "a placca" dei depositi coerenti, che, al contrario, dovrebbero essere eliminati gradualmente, per abrasione e solubilizzazione. La rimozione delle incrostazioni molto resistenti o la dissoluzione, per emulsione, di eventuali sostanze grasse e oleose, può essere ulteriormente agevolata dall'impiego di prodotti tensioattivi, mescolati alle acque di lavaggio in proporzioni controllate. Il ricorso alle sostanze detergenti o alle soluzioni ad azione solvente e/o complessante, deve limitarsi alla pulitura delle superfici in buono stato di conservazione. In questi casi, all'intervento devono seguire ripetuti ed abbondanti lavaggi con acqua, al fine di evitare la permanenza in superficie di prodotti di reazione o residui igroscopici. In ogni caso, l'intervento di idrosabbatura deve sempre concludersi con un lavaggio finale, mirato ad agevolare la solubilizzazione dei residui di sporco ormai ammorbiditi ma ancora presenti, nonché a favorire l'allontanamento dell'abrasivo depositato in superficie o penetrato negli interstizi e nei macropori del materiale. Eventuali trattamenti protettivi devono essere eseguiti al termine del processo d'evaporazione dell'acqua in esubero (fig. 3).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Prima di procedere con l'intervento di idrosabbatura è consigliabile accertare le caratteristiche porosimetriche dei litotipi costitutivi della superficie. Il rilevamento deve riguardare spessori rappresentativi dei diversi materiali, compresi gli strati superficiali alterati. La misura può essere determinata mediante porosimetria a mercurio (Doc. Normal 4/80). In più punti della superficie dovrebbe essere rilevato pure il contenuto d'acqua del paramento lapideo e della muratura sottostante e, attraverso l'elaborazione dei valori registrati, sarebbe opportuno determinare il profilo igrometrico della muratura. A tal fine, si raccomanda il ricorso al metodo gravimetrico e l'adozione della metodologia di prelievo e di analisi indicata dal Doc. Normal 40/93. Altri accertamenti preliminari all'intervento dovrebbero riguardare la misura del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità (Doc. Normal 11/ 85), la determinazione della quantità

d'acqua assorbita per immersione totale dai campioni di ciascuno dei litotipi sottoposti a pulitura e il rilevamento delle rispettive capacità d'imbibizione (Doc. Normal 7/81). Il riscontro qualitativo/quantitativo dei sali solubili presenti nelle croste nere o nelle eventuali macchie dovrebbe attuarsi prima e dopo ogni prova di pulitura eseguita sulle aree, campione, sottoponendo i prelievi agli accertamenti precisati nel Doc. Normal 13/83. Per la corretta messa a punto delle condizioni operative si può stimare anche la resistenza a usura opposta dalle incrostazioni e dalla superficie lapidea sottostante, nonché la reale consistenza degli eventuali strati di indurimento superficiale dei materiali lapidei naturali. Tali parametri dovrebbero essere accertati prima dell'intervento, dopo ogni singolo trattamento campione e a lavori ultimati. La resistenza a usura può essere rilevata eseguendo prove per attrito radente, o valutando gli effetti prodotti da un getto di sabbia calibrato e proiettato su un'area campione, secondo quanto descritto e precisato per la sabbiatura a secco. L'acquisizione di questi indicatori favorisce la messa a punto di accettabili condizioni d'intervento, in grado di limitare l'impatto del getto idroabrasivo e di escludere – o almeno contenere – la comparsa di scalfitture e abrasioni diffuse o l'involontaria asportazione di materiale originario. Al termine di ciascuna prova preliminare, infine, si dovrebbe rilevare la rugosità media della superficie trattata. Per una corretta valutazione quantitativa del parametro, si consiglia l'impiego del rugosimetro. Le modificazioni indotte dalle prove di pulitura possono essere valutate quantitativamente anche sottoponendo la superficie dei provini abrasivi o le aree campione a misure di assorbimento capillare (Doc. Normal 11/85, Doc. Normal 44/93). I prodotti tensioattivi possono essere utilizzati solo dopo che gli accertamenti in loco e in laboratorio avranno dimostrato l'assenza di particolari controindicazioni. Le percentuali di diluizione del tensioattivo andranno stabilite mediante prove preliminari da effettuare su almeno cinque superfici campione (in loco) o su altrettanti provini dello stesso litotipo (in laboratorio). Le prove dovrebbero interessare tutti i litotipi presenti ed essere eseguite con modi e tempi analoghi a quelli che s'intendono adottare durante l'intervento. I vari test, effettuati con prodotti o soluzioni a differente percentuale di diluizione, non dovrebbero mai interessare la medesima area campione, per evitare effetti cumulativi che invaliderebbero la stima corretta dell'azione individuale di ciascuna delle soluzioni testate. Per ognuna di esse, inoltre, dovrebbero essere noti i valori del pH e la conducibilità elettrica rilevata sulle superfici campione o sui provini trattati. La scelta del prodotto tensioattivo e la determinazione delle idonee percentuali di diluizione si baserà, infine, sul confronto tra aree o campioni di materiale trattati e aree o campioni non trattati. L'impiego dell'acqua deve essere di volta in volta attentamente ponderato o addirittura escluso e sostituito dall'impiego del solo getto abrasivo qualora l'intervento coinvolga litotipi particolarmente porosi, pietre tenere e a grana fine, materiali anche minimamente microfratturati, murature a elevato contenuto di umidità o soggette a fenomeni di infiltrazione che potrebbero danneggiare irreparabilmente gli intonaci interni. La pulitura delle superfici scandite da modanature o da elementi decorativi in rilievo, richiede l'adozione di ugelli con orifizi estremamente ridotti, atti a consentire interventi puntuali e selettivi. Qualora l'impiego del getto idroabrasivo non garantisca il rispetto delle parti decorate, modanate o in rilievo, si dovrà proteggerle anzitempo allestendo opportuni ripari in fogli di polietilene o altro materiale in grado di salvaguardarne l'integrità. L'intervento su aree circoscritte, o difficilmente accessibili, potrà essere agevolato dall'impiego di una comune pistola a spruzzo collegata a un compressore e a un recipiente contenente l'abrasivo. Il granulato dovrà essere mantenuto costantemente sospeso in acqua per mezzo di un agitatore o, in alternativa, aspirato direttamente dalla depressione generata dall'acqua in uscita. Operando in tal modo, non è ovviamente possibile controllare i rapporti di miscelazione acqua-abrasivo, né gli altri parametri che consentono di limitare l'invasività della tecnica. Se le condizioni dei substrati lapidei lo permettono, è preferibile sfruttare le opportunità offerte dalle macchine idrosabbiatrici ed avviare una preliminare azione di debole solubilizzazione, o un'azione leggermente idroabrasiva, ricorrendo poi a sistemi di pulitura più selettivi, in grado di salvaguardare l'integrità del materiale e dei motivi in rilievo. Anche questa tecnica di pulitura, come la sabbiatura a secco, consente di limitare i tempi necessari al completamento dell'intervento e quindi i costi dell'intera operazione: manodopera, consumo di abrasivo, ricambio degli ugelli, energia elettrica per il funzionamento della pompa e approvvigionamento dell'acqua di rete, rappresentano le voci che maggiormente incidono sul costo finale. Questi pregi, tuttavia, si scontrano con limiti d'impiego assai ristretti, derivanti principalmente dalle caratteristiche stesse delle macchine sabbiatrici e idrosabbiatrici, apparecchiature largamente impiegate in diversi settori industriali e progettate per garantire pressioni d'esercizio molto elevate.

Tali limiti sono aggravati da un uso improprio delle macchine da parte di operatori non specializzati che si affidano a esse per intervenire su superfici lapidee che mal sopportano la forza d'impatto di violenti getti idroabrasivi, non commisurati alla natura e allo stato di conservazione dei materiali costruttivi. Ai limiti che accomunano tanto la sabbiatura "a secco" quanto quella "a umido" devono sommarsi ulteriori restrizioni derivanti dall'intrinseca natura dei materiali e delle superfici, o da particolari condizioni ambientali (elevati tenori di umidità, fenomeni di risalita capillare ecc.) che potrebbero sconsigliare il ricorso a puliture basate su un abbondante impiego d'acqua. Il potere abrasivo dei granuli, unitamente all'azione solvente del getto acquoso, potrebbe provocare un irrimediabile assottigliamento, se non la totale scomparsa dello strato d'indurimento superficiale acquisito nel tempo dai materiali lapidei naturali. Analogamente, pietre poco resistenti all'azione meccanica del getto a pressione e al potere abrasivo del granulato potrebbero presentare, al termine dell'intervento, delle superfici diffusamente "spatinate". In certi casi, il volume d'acqua impiegato potrebbe addirittura causare la solubilizzazione di percentuali significative del carbonato di calcio costitutivo delle pietre carbonatiche. Il getto d'acqua ad alta pressione, peraltro, è in grado di esercitare un'azione molto aggressiva nei confronti delle pietre calcaree tenere e dei litotipi caratterizzati da manifestazioni di deterioramento. In generale, gli interventi di idropulitura ad alta pressione, oltre a essere sconsigliati per qualsiasi tipo di supporto, hanno efficacia minore rispetto ad un'idrosabbiatura controllata. L'eccessivo apporto d'acqua potrebbe favorire una sensibile mobilitazione ed un'energica rimozione dei sali solubili presenti all'interno dei materiali molto porosi. A evaporazione avvenuta, tale fenomeno potrebbe manifestarsi attraverso patine di cristallizzazione superficiale e, in alcuni litotipi, con un apprezzabile aumento della porosità. L'incremento della porosità facilita l'impregnazione dei substrati e l'aumento dell'umidità interna delle murature, spesso associata alla comparsa di colonie di biodeteriogeni sulla superficie esterna. I tempi di esecuzione dell'intervento devono essere assai contenuti, soprattutto nel caso si temano infiltrazioni che potrebbero pregiudicare l'integrità e la conservazione di intonaci o pitture murali interne agli edifici. Analoghe precauzioni sono richieste durante la pulitura di litotipi contraddistinti dalla presenza di minerali facilmente inclini a variazioni dello stato d'idratazione o a processi di solubilizzazione che potrebbero causare la comparsa di aloni e macchie irreversibili. L'impiego dell'acqua, poi, dovrebbe essere limitato o addirittura evitato sulle murature rivestite da lastre sostenute per mezzo di graffe e su paramenti rinforzati con perni metallici, oppure dovrebbe essere avviato solamente dopo aver provveduto alla protezione di tutti gli inserti di ferro, rame o bronzo. Nella generalità dei casi, i riscontri effettuati sulle superfici sottoposte a idrosabbiatura, evidenziano un'aggressione all'intima struttura del materiale. Gli effetti del getto idroabrasivo sono invece meno evidenti sui materiali particolarmente duri e resistenti, quali i graniti, i calcari marnosi, il cemento e certi tipi di laterizio. Eseguendo la misura del colore sulla superficie delle pietre idrosabbiate si possono accertare valori della brillantezza sempre superiori a quelli misurati sulle medesime pietre trattate con acqua nebulizzata. L'incremento del parametro è indicativo del livello di abrasione superficiale indotto dall'utilizzo della tecnica. Oltre a rimuovere la patina naturale della pietra, infatti, il getto idroabrasivo provoca una frantumazione dei microcristalli negli spessori esterni, ridotti a polvere molto fine e di colore più chiaro rispetto alla pietra originaria. Anche nelle prove di assorbimento d'acqua per capillarità, le superfici idrosabbiate evidenziano una maggiore idrofilia rispetto alle aree sottoposte a nebulizzazione, confermando l'effettiva asportazione della patina naturale e la comparsa di un reticolo di microfessurazioni su tutta la superficie. In taluni casi, ove si tratti di interventi localizzati e di modeste dimensioni, l'idrosabbiatura può essere eseguita manualmente con pistola a spruzzo. Si tratta di una tecnica che può essere messa a punto direttamente in cantiere, utile per lavori di finitura e per la pulitura di sottosquadri non agevolmente raggiungibili dal getto dell'idrosabbiatrica. L'attrezzatura è costituita principalmente da un contenitore entro cui versare l'acqua e l'abrasivo, da un piccolo compressore e da una pistola a spruzzo del tipo di quelle comunemente impiegate nei lavori di verniciatura. La polvere è aspirata dalla depressione creata dall'acqua, ma può essere eventualmente mantenuta in sospensione ricorrendo a un agitatore meccanico. Ovviamente, gli esiti della pulitura non sono controllabili, a meno che non si definiscano anticipatamente alcuni parametri e criteri operativi essenziali: pressione del flusso, distanza tra orifizio della pistola e paramento lapideo, rapporto di miscelazione acqua-abrasivo. In particolare, è necessario accertarsi che il granulato prescelto sia commisurato alla natura e alle condizioni del materiale da trattare.



## ESPERIENZE

Una pulitura mediante sabbiatura con silice di dimensioni 100-150  $\mu$ , mista ad acqua, è stata eseguita sui rilievi ornamentali in pietra d'Angera della Ca' Granda di Milano, limitatamente alle aree sane e compatte. Una prepulitura di questo tipo, subito seguita da una sabbiatura idropneumatica finemente regolata e calibrata, a base di sabbia di granulometria fine, è attualmente molto in uso in Belgio e in Francia, anche su monumenti di una certa importanza. Un trattamento d'idropulitura, esteso ad ampie superfici, è stato adottato nel restauro del castello di Rapallo (1999).

Roma, colonnato di San Pietro.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004.

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini, G., Peruzzi, R., Toniolo, L., Pasetti, A. 1995; Appolonia L. 1995; Beltrame D. 1995; Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou, A., et alii, 1994; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Sansonetti A. 1998; Santopadre P. 1998; Vaccari M. G., Conti S. 1996.



Figura 1 • Apparecchiatura per idrosabbiature. Gli impianti attualmente in commercio assicurano l'impiego di getti d'acqua e abrasivo miscelati nelle concentrazioni desiderate, mentre una piccola caldaia interna consente il riscaldamento dell'acqua, contribuendo all'incremento dell'effetto solvente del flusso inviato alla lancia erogatrice. Le idrosabbiatrici sono pure fornite di un serbatoio riservato ai prodotti detergenti che, associati all'acqua e al granulato, possono facilitare la solubilizzazione dei depositi più consistenti e conferire maggiore efficacia all'azione pulente. È possibile, inoltre, escludere anche temporaneamente l'erogazione del granulato e procedere con semplici lavaggi a bassa pressione.



Figura 2 • Addetto alle operazioni di idropulitura. Prima di dare avvio all'intervento si deve provvedere alla stuccatura di tutte le connessure e le fessure presenti in superficie, onde impedire la penetrazione dell'acqua in profondità ed un dannoso aumento dell'umidità della struttura muraria.



Figura 3 • L'intervento di idrosabbatura deve sempre concludersi con un lavaggio finale, mirato ad agevolare la solubilizzazione dei residui di sporco ormai ammorbiditi ma ancora presenti, nonché a favorire l'allontanamento dell'abrasivo depositato in superficie o penetrato negli interstizi e nei macro-pori del materiale. Eventuali trattamenti protettivi devono essere eseguiti al termine del processo d'evaporazione dell'acqua in esubero.

<b>PLT 08</b>	<b>PULITURA DEI METALLI MEDIANTE IDROSABBIATURA</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Se nella sabbiatura a secco la rimozione dello sporco è assicurata dall'effetto meccanico generato dal getto aeroabrasivo, nella sabbiatura a umido il risultato è garantito dall'azione, ancora meccanica, del getto di granulato, ma anche dalla capacità solvente dell'acqua che favorisce la solubilizzazione dei depositi e l'asportazione dei sali solubili. Anche questa tecnica, al pari della sabbiatura a secco, richiede opportune precauzioni, prima dell'intervento, proprio per consentire il costante controllo del processo di pulitura e del risultato finale. Tuttavia, la sabbiatura umida garantisce un'azione abrasiva molto più contenuta rispetto alla versione a secco, pure se controllata. Tale azione può essere ulteriormente mitigata se l'intervento è preceduto da un generale ammorbidimento dei depositi.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

È particolarmente consigliabile per la pulitura di strutture di ferro in ambienti marini o molto inquinati e di superfici di ferro in presenza di sali solubili, così come cloruri e solfati, che formano sulla superficie profondi punti di corrosione. L'idrosabbiatura a pressione è utilizzata per l'interno dei manufatti, mentre per l'esterno è normalmente scartata per evitare l'eccessiva azione abrasiva sulla patina naturale, spesso protettiva, e sulla stessa superficie metallica. Se è adottata su superfici esterne, si applica solamente in aree limitate che presentano problemi specifici e per tempi molto brevi.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le idrosabbiatrici devono essere in grado di utilizzare tutti i tipi di abrasivo e permettere l'impiego sia di miscela di acqua e abrasivi sia del solo getto d'acqua a pressione variabile; devono anche essere dotate di un contenitore, controllabile, per l'erogazione di prodotti tensioattivi (detergenti) che sono eventualmente aggiunti alle acque di lavaggio. Prima di iniziare la pulitura con l'idrosabbiatrice bisogna mascherare le superfici limitrofe, delimitando quella da pulire, e chiudere tutte le fessure per evitare pericolose infiltrazioni d'acqua. Esistono in commercio anche delle apparecchiature che permettono la pulitura di aree limitate. In seguito, sull'oggetto da pulire vanno spruzzati ad alta velocità materiali abrasivi in polvere, per mezzo di un getto d'acqua al quale sono miscelati. Il getto idroabrasivo fuoriesce da un ugello intercambiabile, orientabile a mano, collegato alla macchina con un tubo flessibile. L'ugello deve avere un controllo indipendente di aria, acqua e inerte abrasivo. Questo è essenziale, perché consente una veloce rimozione delle incrostazioni e una buona visibilità della superficie di lavoro. Nel trattamento di sabbiatura a umido non si devono usare pressioni superiori ai 60-70 psi. È possibile regolare la potenza del flusso con un manometro di precisione. Per l'impiego corretto di questa tecnica nei diversi casi, influiscono diversi parametri, quali la natura, la granulometria e la forma dell'inerte abrasivo, la concentrazione dell'abrasivo nell'acqua, la pressione del getto, il tipo di ugello, la distanza e l'inclinazione del getto rispetto alla superficie e, infine, la durata dell'intervento. L'acqua, oltre ad essere il veicolo di trasporto dei granuli abrasivi, assolve anche alla funzione di solvente per l'eliminazione dei sali solubili, come i cloruri ed i solfati, presenti sulla superficie del manufatto e che possono formare profondi punti di corrosione. Se si ritiene necessario, è possibile disciogliere nell'acqua sostanze detergenti e procedere a un semplice lavaggio. Mantenendo la pistola in posizione fissa, invece di tenerla in

movimento, dopo breve tempo (circa 15 secondi), il getto d'acqua a pressione agisce non solo decampanando la superficie metallica, ma anche erodendo leggermente la lega.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Questa tecnica deve essere eseguita da operatori specializzati, in quanto esercita un'azione violenta. È consigliabile che l'operatore poco pratico faccia esperienza sotto la guida di una persona che ha acquistato consuetudine col mezzo, in modo da acquisire la capacità di calibrare con sicurezza l'azione sul manufatto e non rovinare le superfici. Dopo l'idrosabbatura è consigliabile l'applicazione di un *primer* idrorepellente. Un problema dell'utilizzo di questa tecnica è la penetrazione d'acqua nelle giunzioni, in elementi cavi e in scatoletti, dai quali deve agevolmente fuoriuscire, per non causare fenomeni di corrosione. Durante l'operazione di pulitura con idrosabbatrice, è necessario usare idonei occhiali.

### **ESPERIENZE**

Largo impiego di questa tecnica si è avuto e si continua ad avere nella pulitura manutentiva di strutture ferroviarie, come ponti, passerelle, tralicci e simili, soprattutto per liberare le superfici da incrostazioni e depositi calcarei o di materie grasse. Altre applicazioni riguardano la pulitura di grossi ingranaggi e di meccanismi mobili (cancelli metallici, passerelle mobili ecc.) intasati da croste di grasso misto a polvere e granulati di vario tipo. Inoltre, l'idropulitura dei metalli è comunemente applicata nel campo del restauro architettonico, come estensione di quella eseguita sui materiali lapidei, laddove le superfici edilizie presentano inserti metallici nei paramenti di pietra.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Bernardini G.P., Casini M.C., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M.R., Trosti Ferroni R., *Il San Giovanni Battista del Ghiberti: studi sullo stato di conservazione della superficie bronzea*, in *OPD Restauro*, Firenze, 1995, pp. 33-55.

Marabelli M., *Conservazione e restauro dei metalli d'arte*, Roma, 1995.

Melucco Vaccaro A., *Il monumento equestre di Marco Aurelio: restauro e riuso*, in Melucco Vaccaro A., Mura Sommella A. (a cura di), *Marco Aurelio, storia di un monumento e del suo restauro*, Cinisello Balsamo (Mi), 1989, pp. 211-252.

Morris K., Krueger J.W. 1979.

Ronchi M. (a cura di), *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza archeologica della Toscana, s.d.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il sistema Jos è un procedimento evoluto di microsabbatura, utilizzato a secco (aria e agenti abrasivi) o in umido (aria, agenti abrasivi e acqua), che sfrutta l'azione di un vortice d'aria elicoidale, a bassissima pressione (0,1-1 bar) e impiega granulati finissimi di varia granulometria (5-300 µm) con durezza 1-4 della scala di Mohs. Con il sistema Jos, l'energia cinetica dell'aria compressa, è trasformata, all'uscita dell'ugello che conclude il tubo di emissione, in energia di rotazione: questo vortice rotativo, che ha al vertice un angolo conico ampio, distribuisce nello spazio i granuli di inerte, utilizzati come agenti abrasivi, e le eventuali goccioline d'acqua contenute nel getto, secondo traiettorie elicoidali, realizzando un contatto con la superficie da pulire secondo direzioni sub-tangenziali e secondo molteplici angoli d'incidenza. La pressione dell'aria compressa, inoltre, diminuisce in proporzione al quadrato della distanza dall'ugello, mentre la rotazione del vortice continua inalterata (7000 rpm) ed è pertanto possibile evitare un'azione abrasiva diretta sulla superficie da pulire.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il sistema Jos è impiegato per pulire superfici interessate da depositi di smog, polveri e particolato atmosferico, da croste nere, incrostazioni calcaree, graffiti e scritte vandaliche, da alghe, muschi e licheni o altre patine biologiche, e può essere utilizzato su qualsiasi tipo di pietra naturale, marmo, travertino, granito, arenarie e cotto, senza provocare erosioni eccessive o danni irreversibili. Grazie alla possibilità che offre di pulire in modo delicato, graduabile e selettivo, questo metodo dà ottimi risultati anche se impiegato su metalli (bronzo, ottone, alluminio, rame), su strutture di legno, su mosaici, pitture murali e dipinti su tela e su tavola.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il sistema Jos può essere impiegato: a) a secco (con getto di sola aria e inerte abrasivo), b) a umido, con una quantità d'acqua che varia in relazione al tipo di ugello adottato (fig. 1).

*a) Metodo Jos a secco:*

Se occorre pulire materiali molto porosi o superfici fortemente deteriorate, è preferibile adottare la pulitura a secco. In relazione allo specifico materiale e al tipo di superficie da trattare, devono essere scelti: l'inerte con la granulometria adatta, la sua durezza, la pressione del flusso d'aria utilizzato e la distanza da cui agire rispetto all'oggetto da pulire. I granulati impiegati con il sistema Jos hanno in genere granulometrie molto piccole (di ordine variabile tra i 5 e i 300 µm) e durezza che varia tra i valori 1 e 4 della scala di Mohs. Gli abrasivi prescelti devono essere neutri, per non produrre, ad esempio sulla pietra, materiali di risulta dannosi al supporto, come i sali solubili. I granulati più frequentemente impiegati, perciò, sono: carbonato di calcio o almandite (Garnet) bianco di Spagna, gusci di noce o noccioli di albicocca o di pesca finemente tritati, polvere di vetro, pula di riso, granoturco macinato, tutti materiali frantumati per ottenere granuli di dimensioni definite ed eventualmente di forma arrotondata. La distanza dal supporto che, in genere, l'operatore deve osservare, è di circa 40-45 cm e la pressione di impatto non deve superare gli 1,5 bar. Con il sistema Jos, la pressione del getto a vortice elicoidale è facilmente regolabile, perciò, a

una distanza di 40-45 cm, regolando la macchina a una pressione di 3 bar, la pressione di pulitura è di 0,5 bar e se, per particolari esigenze, l'operatore si deve avvicinare a circa 20 cm dal supporto, si può regolare la pressione della macchina a 1 bar in modo che l'impatto sulla superficie sia pari a 0,2 bar. Per pulire superfici di marmo, granito, travertino e cotto, si consiglia di impiegare come abrasivo il carbonato di calcio, in grani da 300 µm di diametro, e di regolare la pressione dell'impianto a 2 bar, mantenendo una distanza di circa 35-40 cm dall'oggetto trattato, in modo che l'impatto del flusso d'aria sulla pietra sia pari a circa 0,4-0,5 bar.

*b) Metodo Jos a umido:*

Il sistema Jos a umido non impiega alcun additivo chimico, rispettando così sia l'ambiente sia il materiale su cui opera. Prima di decidere di ricorrere all'uso dell'acqua nel procedimento Jos, è necessario conoscere, soprattutto per la pietra, sia il potere assorbente del materiale che la forma e le dimensioni dei suoi pori aperti (pori più fini favoriscono, infatti, un maggiore assorbimento dell'acqua ed eventuali conseguenti fenomeni di degrado indesiderati). L'azione esercitata dall'acqua è principalmente di tipo chimico, in quanto, ad esempio, essa riesce a sciogliere lentamente il gesso e la calcite secondaria di rideposizione presenti nelle croste nere che s'intende rimuovere con l'intervento di pulitura. In relazione, poi, al tipo di pietra trattata e ai materiali da rimuovere, l'acqua impiegata può essere dolce, dura, deionizzata in modo da ottenere i migliori risultati proprio in quest'azione naturalmente emolliente. Sulla silice solidamente amorfa, è preferibile operare con acqua dolce e pura, in quanto esercita una moderata azione solvente (di idrolisi). Per la pulitura di calcari teneri, con grana molto fina e problemi di solubilità del carbonato di calcio presente, può essere invece utile impiegare acqua lievemente dura, mentre l'acqua deionizzata può essere utilizzata per pulire i graniti e le rocce silicatiche, in quanto assicura una più elevata azione solvente, essendo priva di ioni. Il consumo di acqua varia in relazione al tipo e alle dimensioni degli ugelli che si vogliono adottare: con l'ugello piccolo il consumo è così pari a circa 1 l ogni 2 m<sup>2</sup> di superficie pulita, con l'ugello micro sale a 3 l e con l'ugello standard arriva a circa 6 l. Erogando una quantità così ridotta d'acqua, si evita un'eccessiva erosione delle pietre, soprattutto di quelle calcaree, e si evita contemporaneamente di impregnare d'acqua le pietre porose e le eventuali superfici di muratura, prevenendo migrazioni saline, la crescita di alghe e funghi e molti altri fenomeni di degrado favoriti o innescati dall'anomala presenza di acqua ([fig. 2](#)).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il sistema Jos può impiegare, in sostituzione dell'acqua, anche il vapore saturo umido. Il vapore (a 150 °C) esercita, infatti, una spiccata azione emolliente e solvente, ma, soprattutto nella pulitura di pietre, può provocare anche notevoli distacchi di materiale, a causa dello shock termico che la pietra subisce durante l'esposizione al vapore stesso. Proprio per il fatto che il sistema Jos permetta all'operatore di controllare ogni fase dell'intervento e gli consenta di graduarne intensità e selettività, esso deve essere utilizzato solo da personale altamente specializzato. Per la pulitura di manufatti particolarmente delicati, come sculture, rilievi, soprattutto se dotati di finiture policrome o di dorature, ma anche oggetti d'osso e di avorio, tessuti e ceramiche, si può impiegare, in sostituzione del sistema Jos, il sistema Rotec, a mini vortice rotante. La pulitura può avvenire in questo caso a secco, a nebulizzazione (l'ugello eroga 0,5 l/h di acqua) o a umido (l'ugello eroga da 1 a 3 l/h di acqua). Anche con il sistema Rotec, l'inerte e la pressione del getto sono regolabili. La pressione d'impatto sulla superficie lapidea non supera i 0,2-0,4 bar.

A settembre 2010 è stata brevettata una nuova pistola erogatrice, chiamata Helix ([fig. 3](#)) che, grazie ad un ugello a vortice elicoidale a bassissima pressione (0,1-1,5 bar), garantisce il massimo rispetto delle patine e delle pellicole di manufatti storici. Comparato agli ugelli tradizionali, Helix permette a parità di dimensioni dell'ugello, di ampliare l'area di contatto tangenziale, mantenendo uniforme e calibrata l'azione dell'aggregato per unità di superficie; questo consente di aumentare la distanza dell'operatore dalla superficie trattata, minimizzando l'invasività senza perdere la regolarità e l'omogeneità della pulitura. Helix può essere utilizzato sia a secco che a umido ([fig. 4](#)) e risulta utilizzabile su tutti i supporti lapidei naturali ([fig. 5](#)) e artificiali e trova la sua migliore efficienza nella conservazione delle patine nobili e delle pellicole storiche (scialbi, ossalati, strati pittorici o protettivi). Ottimi risultati si ottengono anche su metalli e legno.

### **ESPERIENZE**

Sovrintendenza archeologica di Roma presso Museo nazionale romano, Roma. Pulitura sarcofago e muro in cortina romana.  
 Scalinata Trinità dei Monti, Roma. Pulitura elementi in travertino.  
 Foro Augusto, Roma. Pulitura parziale del tempio di Marte Ultore in travertino e marmo bianco.  
 Chiesa del SS. Nome di Maria, Roma. Pulitura capitelli, intonaco, travertino.  
 Istituto nazionale svizzero, Roma. Pulitura capitelli, reperti archeologici, facciata in arenaria, portone di legno e pavimento in mosaico, II secolo a.C.  
 Palazzo via del Velabro, Roma. Pulitura travi di legno, soffitti e portoni.  
 Palazzo di Giustizia, Roma. Pulitura leone, elementi in travertino, fontane.  
 Accademia di S. Cecilia, Roma. Pulitura portale in travertino.  
 Banca Popolare di Sondrio, Milano. Pulitura facciata in trachite.  
 Museo nazionale dell'archeologia, Ferrara. Pulitura colonnato del cortile.  
 Chiesa dei Crociferi, Palermo. Pulitura facciata in calcarenite.  
 Chiesa di S. Lucia, Catania. Pulitura facciata in calcarenite.  
 Museo Traiano e Fori Imperiali, Roma, 2005. Pulitura con sistema Jos a secco, impiegando l'abrasivo naturale "Garnet".  
 Duomo, Monza, 2005. Pulitura dei paramenti murari con sistema Jos, utilizzando come inerte il carbonato di calcio (granulometria 80 micron).  
 Basilica di Carignano, Genova, 2010. Pulitura prospetto est (intonaci e pietra di Finale) con sistema Helix, utilizzando come inerte il Garnet.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Carria F. 1994; Carria F. 1999. Alessandrini G., *Patine su materiali lapidei*, in AA.VV., *Le patine, genesi, significato, conservazione*, Kermesquaderni, Atti del Workshop, a cura di Tiano P., Pardini C., Cardini Editore, 2005, Firenze



Figura 1 • Centrale di trattamento e distribuzione allestita su un camion per facilitare il trasferimento dell'apparecchiatura sul luogo dell'intervento. (HRB)



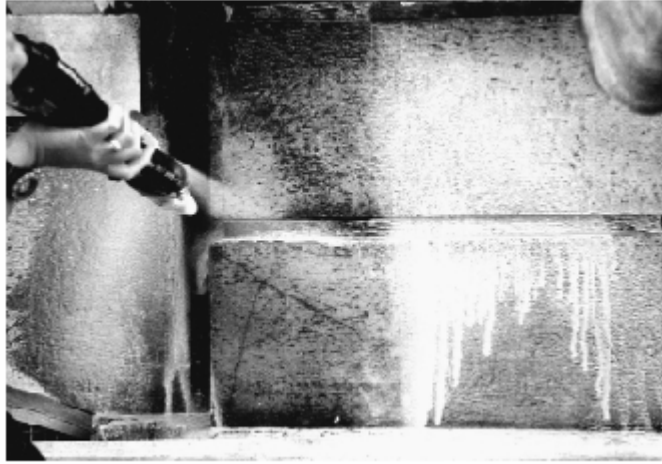


Figura 2 • Pulitura col metodo Jos a umido, in corso di esecuzione.

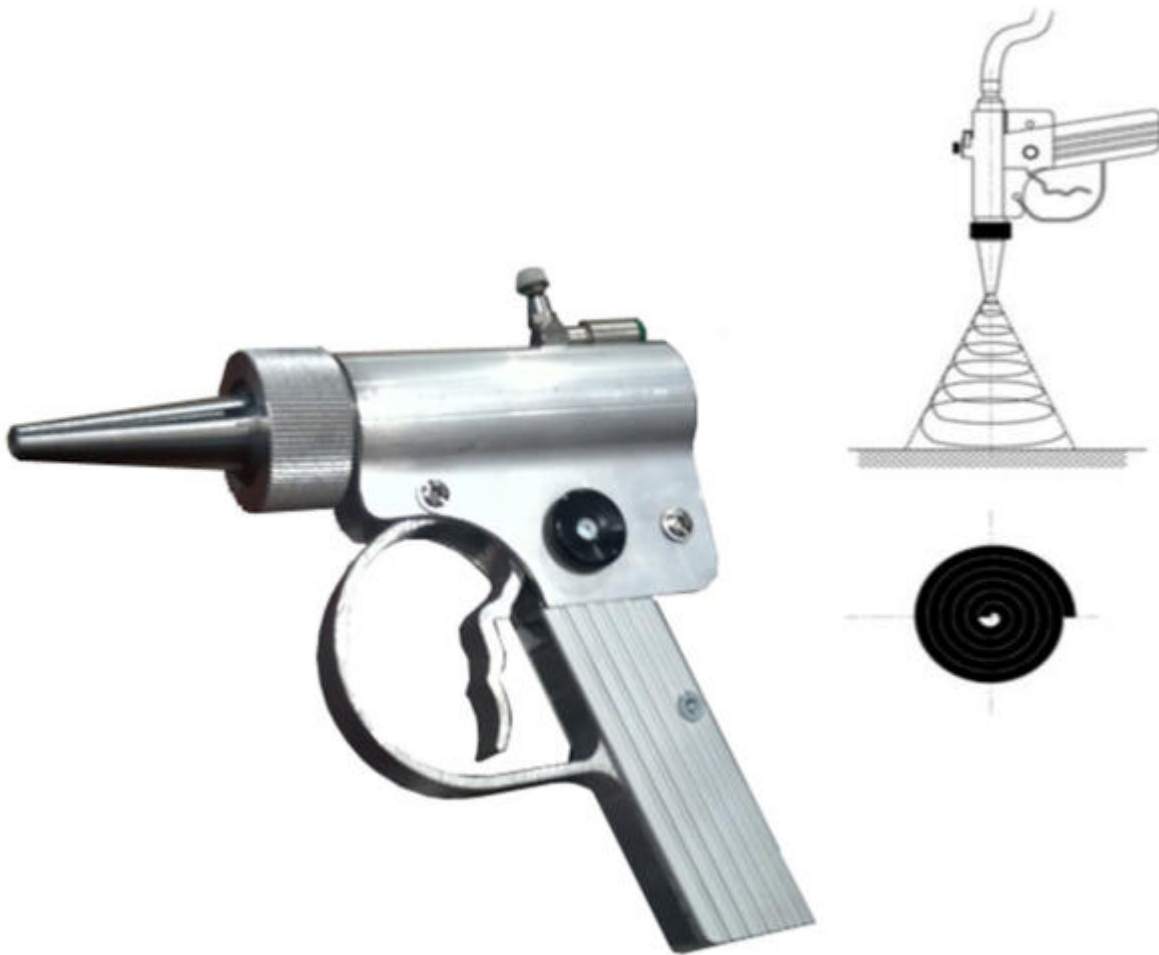


Figura 3 • Helix, nuova pistola con ugello a vortice elicoidale.



Figura 4 • Pulitura cornice finestra in marmo interessata da croste nere (Basilica di Carignano-Genova) con sistema Helix a umido.



Figura 5 • Pulitura pietra di Finale interessata da croste nere, scritte vandaliche e patine biologiche con sistema Helix.

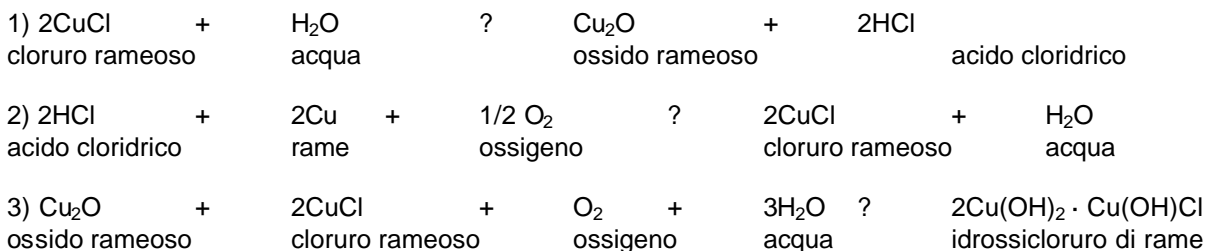
<b>PLT 10</b>	<b>LAVAGGIO IN ACQUA DEMINERALIZZATA O DEIONIZZATA</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il lavaggio in acqua demineralizzata è un vero e proprio trattamento chimico, in quanto innesca sempre delle reazioni chimiche. Appartiene alle metodiche che non alterano l'aspetto della patina. Il lavaggio serve per asportare i sali solubili presenti sul manufatto, ed è usato anche in associazione ad altre operazioni di pulitura.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il lavaggio si applica su vasta scala ai metalli in genere e a numerosi materiali silicei, ma è inadatto sugli oggetti di piombo. L'acqua distillata, infatti, trasforma il piombo in idrossido, rivestendo il metallo di una pellicola insolubile. Sui manufatti bronzei lo scopo principale è quello di eliminare dalla patina i sali che innescano i meccanismi di corrosione ciclica, prima di tutto il cloruro rameoso (CuCl), e tutti gli altri sali solubili o parzialmente solubili presenti negli strati superficiali anche dopo altri tipi di pulitura. La corrosione ciclica provocata dal cloruro rameoso è il principale fenomeno di corrosione attiva dei bronzi. Molti prodotti chimici e naturali possono portare a una corrosione, ma, una volta bloccata la reazione con un semplice lavaggio, si ottiene anche il termine del processo corrosivo. Nella corrosione ciclica imputabile al cloruro rameoso, invece, con il lavaggio in acqua non avviene l'asportazione di tale sale, perché è un composto che ha una limitata solubilità. Gli elementi essenziali affinché si svolga la reazione ciclica, quando è presente il cloruro rameoso sulla matrice metallica, sono l'umidità (che interviene nella reazione 1) e l'ossigeno dell'aria (che interviene nella reazione 2).



La reazione è denominata ciclica perché avviene attraverso i medesimi prodotti dai quali si parte. Sui materiali ferrosi il lavaggio serve a eliminare i prodotti di corrosione solubili in acqua e altamente igroscopici (solfati, cloruri, nitrati di ferro) che possono far proseguire l'ossidazione del metallo. Come già accennato, questa tecnica è frequentemente applicata a corredo di altre tecniche di pulitura, sia come fase preliminare, per eliminare i residui di eventuali materiali estranei dagli oggetti (ad es. terra di fusione e polveri), sia al termine delle operazioni di pulitura, per asportare i sali residui.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI ESECUTIVE**

Il trattamento può essere eseguito con vari metodi, ma si opera in ogni caso con acqua demineralizzata, proveniente da un deionizzatore a resine scambiatrici di ioni a letto misto, e degassata, con particolare riferimento all'ossigeno disciolto. L'eliminazione dell'ossigeno ha lo scopo di evitare l'innescò del processo di corrosione. L'acqua di lavaggio può essere calda o fredda. A questa si può aggiungere un detergente neutro non ionico, che facilita la bagnabilità della superficie. Il trattamento è controllato con la misurazione del pH e della conduttività tramite un conducimetro. Il lavaggio si deve protrarre finché i controlli dell'acqua di risulta non registrano una caduta di conducibilità dell'acqua stessa fino a 2-3 microsiemens, dato che significa che i sali solubili presenti sull'oggetto sono ridotti a una quantità minima accettabile. L'applicazione di questa tecnica necessita di tempi lunghissimi per ottenere un risultato soddisfacente. Il lavaggio può essere eseguito con diverse tecniche:

- *Acqua corrente tramite docce*: questo metodo è particolarmente adatto per oggetti di grandi dimensioni. L'acqua che esce dal deionizzatore può essere direttamente convogliata in tubi di plastica che terminano con delle docce. Ponendo l'oggetto in una vasca, l'operatore può bagnarlo con un getto continuo (meglio se dall'alto), facendo scorrere l'acqua su tutta la sua superficie. L'acqua su cui si misura la conduttività è raccolta in un contenitore posto nel punto più basso dell'oggetto, dopo che è scorsa su tutta la superficie. Durante l'operazione si può facilitare il distacco di eventuale terra di fusione o di altri materiali estranei, presenti nell'interno e nelle cavità dei manufatti, con pennelli di media durezza. La soluzione contenente il detergente può essere data a spruzzo o a "guazzo" tramite pennelli.
- *Spruzzo*: questo sistema può essere applicato su oggetti di qualsiasi dimensione; inoltre, facilita il lavaggio di grandi manufatti. È molto efficace perché, oltre all'azione chimica dell'acqua, è esercitata anche un'azione meccanica, che dipende dalla forza con cui il getto d'acqua nebulizzata arriva sulla superficie, ciò che facilita il distacco dei materiali da eliminare, anche nelle cavità meno raggiungibili. Si utilizza una pistola a spruzzo collegata ad un compressore. Nel serbatoio della pistola va messa la soluzione di acqua e detergente. Il risciacquo finale è effettuato con acqua deionizzata con getto a pressione.
- *Impacchi*: si possono utilizzare per l'estrazione dei sali in ambienti secchi, in cui l'effetto dell'acqua sarebbe altrimenti annullato da un'evaporazione troppo rapida. Gli impacchi, preparati con derivati di cellulosa o polpa di carta, o con spazzole di panno vanno applicati sulla superficie per un tempo determinato dall'operatore, in base al controllo dei risultati. Nel caso di applicazioni prolungate, per evitare l'evaporazione dell'acqua, si possono avvolgere gli impacchi con un foglio di plastica.
- *Immersione*: questo metodo è indicato soprattutto per oggetti di piccole dimensioni. Prima di tutto si esegue lo sgrassaggio di tutta la superficie esterna con acetone, o tricloroetilene o Shellsol A, ripetutamente cosparsi a pennello. Dopo lo sgrassaggio si pratica un lavaggio preliminare con spruzzo d'acqua a pressione mediante una lancia a getto variabile; l'operazione ha lo scopo di asportare tutti quei residui che potrebbero inquinare il bagno a immersione. In seguito, l'oggetto è immerso in un contenitore pieno di acqua deionizzata che sarà cambiata periodicamente e su cui sarà fatto il controllo della conduttività. La vasca può essere in vetroresina con rinforzi metallici; la sua dimensione dipende dall'oggetto. Dopo il primo bagno a immersione si scarica completamente l'acqua e si ripulisce a fondo la vasca. Quindi si riempie nuovamente la vasca fino a coprire interamente l'oggetto da pulire con acqua deionizzata, eventualmente addizionata di detergente non ionico. L'immersione totale si deve limitare al minimo tempo necessario all'eliminazione dei residui solubili. La soluzione va agitata di tanto in tanto. Successivamente, si svuota la vasca, eventualmente accelerando il processo con una pompa aspirante. L'ultimo lavaggio prevede l'aggiunta del detergente e un successivo risciacquo. I bagni in acqua demineralizzata devono essere alternativamente freddi e caldi. Il calore, infatti, favorisce la dilatazione e il sollevamento dei residui elettrolitici, che saranno in seguito eliminati con un bagno in acqua fredda. La temperatura può oscillare tra i 15 e i 60 °C.

Se l'operazione di lavaggio prevede l'estrazione del cloruro da oggetti di bronzo, il trattamento deve essere prolungato, in quanto questo sale è solo parzialmente solubile e difficilmente raggiungibile, perché si trova a contatto con la superficie metallica ed è coperto dall'ossido rameico e dagli altri prodotti di corrosione. Nel trattamento dei bronzi è conveniente usare un forno a

vapore nel quale sono contenuti matracci di pirex all'interno dei quali si pongono, immersi in acqua distillata, gli oggetti da trattare. La temperatura diurna del forno deve aggirarsi intorno ai 98 °C, mentre di notte si deve abbassare. Ad ogni nuovo bagno va misurata la conduttività elettrolitica, che decresce fino a raggiungere il valore minimo accettabile. Nelle ultime fasi del lavaggio è importante testare la presenza di cloro. A tale scopo è opportuno eseguire il test al nitrato d'argento con grande precisione. L'acqua deve appena ricoprire l'oggetto. 10 ml d'acqua vanno travasati in un cilindro stretto e lungo in cui si aggiungono alcune gocce di acido nitrico. Chiuso con un tappo di vetro, il cilindro va capovolto a più riprese per facilitare la miscelazione dei liquidi. A conclusione di quest'operazione, il liquido dovrebbe risultare limpido se privo di cloro. Un altro metodo rapido e preciso per stabilire la concentrazione di cloruro nell'acqua di lavaggio consiste nell'uso di un elettrodo a ione specifico per il rilevamento del cloro. Esso è immerso nell'acqua di lavaggio: la percentuale di cloruro è facilmente leggibile sulla scala millimetrata. Tuttavia questo strumento, prima dell'uso, deve essere calibrato con soluzioni di cloruro di cui si conosca la concentrazione. Dopo il lavaggio, gli oggetti devono essere accuratamente asciugati con getti di aria calda controllati termicamente. Per asciugare qualsiasi oggetto di metallo è sufficiente una temperatura di 105 °C. Negli oggetti bronzei, il metallo non deve raggiungere temperature superiori ai 40 °C, al fine di evitare dilatazioni che metterebbero a rischio le zone più fragili. Il metodo del riscaldamento funziona bene anche per le leghe d'argento e rame che presentano una superficie uniforme e non porosa. Quando, però, la lega è a basso tenore d'argento, la superficie può risultare non omogenea e leggermente porosa e ricoprirsi quindi di ossido di rame durante la sua permanenza nel forno di asciugatura. Benché l'ossido sia facilmente eliminabile con un'energica spazzolatura, richiede un ulteriore intervento sulla superficie del metallo che sarebbe meglio evitare. Un altro metodo per ottenere l'asciugatura è quello di mettere l'oggetto in un forno d'essiccazione per alcune ore a 40-50 °C. Se le dimensioni del manufatto non permettono di collocarlo in un forno, si può costruire una campana con teli di plastica e porre all'interno della stessa una stufa ad aria calda non direzionata sull'oggetto, lasciandola in azione anche 5-10 ore, fino alla completa asciugatura.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Durante i lavaggi a caldo è opportuno che l'operatore indossi dei guanti protettivi. Il tempo di asciugatura può essere accelerato immergendo l'oggetto in un bagno di acetone e poi collocandolo in un essiccatore sottovuoto. Una pompa aspiratrice permette di fare uscire l'aria dall'essiccatore creando il vuoto, che è poi riempito con gel di silice. Il procedimento dà un'efficace pulitura superficiale ma non produce una stabilizzazione definitiva della patina negli strati profondi a contatto con il metallo o nei crateri di corrosione in cui, nel caso del bronzo, sia presente il cloruro rameoso, che è quasi insolubile. A questo trattamento, quindi, segue spesso un'impregnazione sottovuoto con un inibitore di corrosione.

### **ESPERIENZE**

Reperti bronzei di Porticello, Villa San Giovanni (RC), reperto archeologico sottomarino, 26 frammenti di bronzo appartenenti a due o più statue maschili.

Portale di Bronzo, chiesa di Santa Maria Assunta, Pisa (Bonanno Pisano).

*Storie di Giuseppe e di Beniamino, Storie di Adamo ed Eva*, Porta del Paradiso, bassorilievi di bronzo dorato, Battistero, Firenze (Ghiberti).

*Giuditta e Oloferne*, piazza della Signoria, Firenze (Donatello).

Cavalli di San Marco, basilica di San Marco, Venezia. Lavaggio di tutta la superficie del cavallo con Tween 20 al 2% in acqua o altro tensioattivo equivalente.

*Cristo e San Tommaso*, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo, Firenze (Verrocchio). Lavaggio a getto con acqua deionizzata.

Kantharos in argento con *Judicium Orestis*, I secolo a.C., Galleria Corsini, Roma.

Calice d'argento di Gian Galeazzo Visconti, III-IV decennio XV sec, museo della cattedrale, Monza.

Statua della Vittoria, Brescia. Pulitura eseguita con acqua distillata applicata con una spazzola di panno.

*San Giovanni Battista*, chiesa di Orsanmichele, Tabernacolo dell'Arte dei Mercanti, Firenze, (Ghiberti).  
*Capitello bronzeo del pulpito del Duomo*, Prato, *Reliquiario di San Pancrazio*, Pieve di Val di Pesa (Fi).  
 Santuario dei bambini, Tharros (Or).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Acquaro E., Fariselli A.C., Savio G., *Il laboratorio archeologico come punto d'incontro interdisciplinare: l'esperienza della Facoltà di Conservazione dei beni Culturali*, in "Quaderni di scienza della conservazione", Alma Mater Studiorum Università di Bologna (sede di Ravenna), Bologna, 2010, pp. 119-126.
- Agnoletti S., Brini A., Fonmigli E., Giusti A., Lalli C., Miccio M., Salvioli N., *Il restauro della statua bronzea del san Matteo di Lorenzo Ghiberti da Orsanmichele in Firenze*, in "OPD Restauro", Firenze, 2005, pp. 47-70
- Bernardini G.P., Casini M.C., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M. R., Trosti Ferroni R., *Il San Giovanni Battista del Ghiberti: studi sullo stato di conservazione della superficie bronzea*, in "OPD Restauro", Firenze, 1995, pp. 33-55.
- Bernardini G.P., *Metodologie scientifiche di indagine dei manufatti metallici*, in "OPD Restauro", Firenze, 1999, pp. 163-170.
- Burrini F., Nencetti P., 1988, pp. 98-105.
- Burrini F., Nencetti P., *Il restauro delle figure bronzee di Cristo e di San Tommaso*, in Dolcini L. (a cura di), *Il maestro di Leonardo. Il restauro dell'incredulità di San Tommaso di Andrea del Verrocchio*, Cinisello Balsamo (Mi), 1992, pp. 98-105.
- Cagnini A., Galeotti M., Gennai S., Lalli C., Porcinai S., Ranfagni P., Rizzi M., Salvadori B., Trosti R., Valcepina C., *Il restauro del capitello bronzeo del pulpito del Duomo di Prato*, in "OPD Restauro", Firenze, 2008, pp. 197-210.
- Guida G., Marabelli M., Marano A., *Analisi e prove non distruttive per il restauro della "Porta di Bonanno" del Duomo di Pisa*, in OPD Restauro, Firenze, 1991, pp. 63-74.
- Marabelli M., *Conservazione dei bronzi corrosi*, in Urbani G., *Problemi di Conservazione*, Bologna, 1973, pp. 487-499.
- Marabelli M., *Conservazione e restauro dei metalli d'arte*, Roma, 1995.
- Matteini M., Moles A., *Lorenzo Ghiberti Storie di Giuseppe e di Beniamino, storie di Adamo ed Eva*, in Baldini U. (a cura di), *Metodo e scienza operatività e ricerca nel restauro*, Firenze, 1983; pp. 168-178.
- Melucco Vaccaro A., *Il monumento equestre di Marco Aurelio: restauro e riuso*, in Melucco Vaccaro A., Mura Sommella A. (a cura di), *Marco Aurelio, storia di un monumento e del suo restauro*, Cinisello Balsamo (Mi), 1989, pp. 211-252.
- Morris K., Krueger J.W., *The use of wet peeling in the conservation of outdoor bronze sculpture*, in *Studies in conservation*, 24 1979, pp. 40-43.
- Pieri G., Zurlo R., *Reliquiario di San Pancrazio*, in "OPD Restauro", Firenze, 2002, pp. 216-219.
- Ronchi M. (a cura di), *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza archeologica della Toscana, s.d.

# PLT 11 PULITURA MEDIANTE IMMERSIONE IN ACQUA

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La presenza di efflorescenze è dovuta alla migrazione verso la superficie e alla successiva cristallizzazione di sali (cloruri, nitrati, fosfati ecc.) che sono trasportati dall'acqua attraverso i pori e le fessure del materiale ceramico. Quando, a causa di cambiamenti delle condizioni ambientali, il "veicolo" evapora, i sali cristallizzano sulla superficie esterna o al di sotto di essa e l'aumento di volume che ne consegue provoca danni meccanici. L'entità delle efflorescenze dipende dalla quantità di sali solubili presenti e dal tipo di porosità del materiale e/o della struttura cui esso appartiene. Se il manufatto presenta una finitura superficiale (ad es. la maiolica), il luogo privilegiato per la cristallizzazione dei sali solubili è l'interfaccia tra il corpo ceramico e lo smalto: questo è causa di distacchi, sollevamento della pellicola di finitura e caduta di rivestimento. La tecnica a immersione punta a creare il contatto dei sali con una gran quantità d'acqua, rinnovata con frequenza e quindi in grado di scioglierli e di disperderli.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Il procedimento è utile nei casi di efflorescenze superficiali o interne che interessano manufatti ceramici (ma anche lapidei) mobili o smontabili dal supporto, oltre che di dimensioni contenute.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

I sali solubili vengono eliminati mediante immersione in acqua deionizzata contenuta in apposite vasche di vetro, di materia plastica o di acciaio inox (fig. 1).

I bagni vanno ripetuti fino alla scomparsa dei sali dalla soluzione di lavaggio. A fine operazione si procede ad un'asciugatura a temperatura ambiente.

Prima di intervenire bisogna capire il percorso dei sali. Trattamenti superficiali con sostanze idrorepellenti, ad esempio, nelle situazioni in cui l'acqua penetra dall'interno della struttura, sono molto dannosi, perché l'impermeabilizzazione favorisce la concentrazione dei sali in prossimità della superficie, con conseguente aumento delle tensioni provocate dalla loro cristallizzazione e peggioramento delle caratteristiche locali di resistenza al gelo del prodotto; conviene perciò procedere con impacchi di polpa di carta e acqua ossigenata. Questi, in quanto nuova superficie esterna, diventano il luogo di evaporazione dell'acqua.

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Se l'oggetto è costituito da un impasto molto poroso, un eccesso di acqua e della sua permanenza può incrementare il danno. Perciò conviene eseguire l'intervento nelle ore più asciutte affinché essa possa evaporare. Inoltre, quando il rivestimento è scarsamente ancorato al supporto, occorre, prima della desalinazione, procedere alla sua "fermata", vale a dire a un preventivo consolidamento con Paraloid B72 applicato per immersione, a iniezione o a pennello, e poi a una riadesione dello strato esterno al supporto, per mezzo di una spatola calda. È necessario porre molta attenzione nell'impiego di acidi, perché possono interagire col materiale ed essere essi stessi a produrre sali (l'acido cloridrico, ad es., può originare dei cloruri). Perciò occorre prima impregnare l'oggetto con acqua, per evitare che queste sostanze penetrino nei pori del materiale, e dopo lavare ripetutamente la superficie con acqua deionizzata, per allontanarli.

## ESPERIENZE

Pavimento della cappella del Beato Bartolo in Sant'Agostino, San Gimignano (SI).

Fonte battesimale Pieve di San Giusto in Piazanese (Prato), attribuito a Benedetto Buglioli. Data restauro: 1999-2000.

Pavimento in maiolica di manifattura senese-viterbese, secolo XV, chiesa del Castagno, Abbazia San Salvatore (SI). Data restauro: 1997.

Santuario dei bambini di Tharros (OR).

Bassorilievi in bronzo dorato della Porta del Paradiso, Storie di Giuseppe e di Beniamino, Storie di Adamo ed Eva, Battistero, Firenze.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Acquaro E., Fariselli A.C., Savio G., *Il laboratorio archeologico come punto di incontro interdisciplinare: l'esperienza della facoltà di conservazione dei beni culturali*, in *Quaderni di scienza della conservazione*, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, sede di Ravenna, pp. 119-126

Fabbi B., Ravanelli Guidotti C. 1993

Matteini M., Moles A., Lorenzo Ghiberti. *Storie di Giuseppe e di Beniamino, Storie di Adamo ed Eva*, in Baldini U., *Metodo e scienza. operatività e ricerca nel restauro*, Firenze, 1983, pp. 168-185,

Agnini E. 1986

Scotti B. I. 1992

Bandini G. 1995

Pedeli C., Appolonia L. 1998



Figura 1 • Immersione di frammenti ceramici in acqua deionizzata. Sono utilizzate vasche di vetro, di materia plastica o 1 di acciaio inox. (OPD)



**PLT 12****TECNICA DEL “GOMMAGE” PER LA  
PULITURA DELLE SUPERFICI LAPIDEE****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il *gommage* è una tecnica di pulitura messa a punto in Francia, nota anche con l'appellativo “*peeling*” delle facciate per la particolare azione abrasiva prodotta sulle superfici. La tecnica, al pari degli altri sistemi abrasivi, sfrutta l'azione di rimozione meccanica prodotta da polveri vegetali, minerali o sintetiche, le quali, proprio grazie alla ridotta dimensione dei granuli, consentono di portare a termine puliture per strofinamento, anziché per impatto o percussione. La tecnica, in sostanza, intende imitare l'azione della gomma da cancellare (da cui il nome *gommage*). La riduzione dell'azione abrasiva, rispetto a quella generalmente prodotta dagli altri sistemi di sabbatura a secco, è garantita proprio dalla massa ridotta del granulato che, espulso a velocità costante, raggiunge la superficie con una forza d'impatto assai contenuta. La pulitura, pertanto, non avviene per urto, ma per strofinamento, poiché la polvere – dotata di energia cinetica molto debole – tende a rimanere nel getto d'aria; getto che, a contatto con la superficie, si distribuisce a ventaglio (fig. 1). Il sistema si avvale di una speciale cabina ventosa, sostenuta dal braccio mobile e telescopico di un camion a piattaforma. La cabina può assumere dimensioni variabili, secondo l'estensione, la conformazione e la localizzazione della superficie da pulire; inoltre, può essere orientata nella posizione desiderata direttamente dall'operatore a terra. L'intervento di pulitura si svolge all'interno della cabina, mentre a fianco dell'operatore sono sistemati appositi aspiratori in grado di sottrarre dall'abitacolo il pulviscolo prodotto durante le operazioni. Agli aspiratori si affiancano dei filtri ad acqua che favoriscono l'umidificazione del pulviscolo recuperato. La depressione generata dagli aspiratori assicura la perfetta aderenza dell'abitacolo alla facciata, mentre il ricambio d'aria avviene per mezzo di prese aperte nella protezione che delimita i lati della cabina. Se le condizioni del sito ostacolano l'accesso del camion a piattaforma, oppure la superficie da trattare si sviluppa oltre i 42 m di altezza, il *gommage* può essere portato a termine all'interno di una cabina sospesa o, in alternativa, ricorrendo a un'impalcatura ricoperta di tela stagna: in tal caso, l'aspirazione delle polveri avviene tramite una turbina aspirante e filtrante (fig. 2).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il *gommage* consente la rimozione di depositi spessi e coerenti da litotipi di natura carbonatica e silicatica. È consigliabile limitare l'intervento alle pietre compatte e in buono stato di conservazione; tuttavia, con opportuni accorgimenti, è stato utilizzato anche su materiali preventivamente preconsolidati, su pietre tenere e su superfici lapidee policrome. Il sistema si rivela particolarmente indicato per l'assottigliamento e la rimozione dei depositi di spessore non superiore ai 2 mm da superfici estese, anche modanate e/o scandite dalla presenza di apparati decorativi. La pulitura di paramenti scolpiti richiede ovviamente precauzioni particolari e l'impiego di granulati abrasivi appropriati, ed è comunque preferibile evitare l'adozione della tecnica per la pulitura di pitture murali, di superfici finemente scolpite o in precario stato di conservazione. All'azione abrasiva non devono essere sottoposte nemmeno le pietre molto porose o i calcari macrocristallini (marmi) che presentano fenomeni di polverizzazione superficiale o di decoesione intergranulare. Un intervento

di peeling a base di granulati d'origine vegetale è invece ammissibile sulle superfici marmoree strutturalmente ben conservate. Al pari delle altre tecniche di pulitura meccanica, il gommage può rivelarsi una valida alternativa ai sistemi acquosi, soprattutto nel caso in cui questi ultimi non permettano il conseguimento di risultati soddisfacenti o siano da escludersi a causa delle caratteristiche del sito, della necessità di limitare la penetrazione di soluzioni acide in profondità o la comparsa di macchie (fig. 3).

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il gommage è una tecnica di pulitura che, al pari della sabbiatura a secco, esercita sulle superfici un'azione di tipo abrasivo. L'attacco, in questo caso, è notevolmente mitigato dalla ridotta granulometria delle polveri utilizzate, ma le caratteristiche del granulato rappresentano soltanto alcuni dei numerosi parametri che si dovrebbero attentamente determinare prima di procedere con l'intervento. Prima di ricorrere all'utilizzo della tecnica è consigliabile effettuare alcune prove direttamente sulla superficie del manufatto o su dei provini di laboratorio, allo scopo di predeterminare tempi e modi dell'intervento, e di evitare abrasioni e scalfitture. Le campionature permetteranno di indicare all'impresa specializzata le procedure operative più idonee alla corretta gestione dell'intervento. Ulteriori prove andranno eseguite su aree opportunamente delimitate e con criteri e tempi analoghi a quelli che s'intenderanno adottare nel corso dell'intervento; i controlli dovranno effettuarsi in parallelo su aree trattate ed aree non trattate. Osservando la superficie e valutando i risultati ottenuti durante le campionature si potranno specificare la natura e la granulometria dell'abrasivo da utilizzare, il tipo di ugelli adatti per l'area o le diverse aree da pulire, le pressioni del getto d'aria compressa e la concentrazione del granulato, la distanza minima da rispettare tra ugello e superficie, i tempi d'azione sulle aree ricoperte da sedimenti di analoga consistenza e/o sulle aree contraddistinte dalla presenza dello stesso tipo di pietra o dai medesimi caratteri morfologici. È consigliabile adottare opportune misure precauzionali, allo scopo di ridurre i rischi di abrasione degli spigoli sporgenti, delle modanature e dei rilievi, oppure la perdita di materiale decoeso da aree in precario stato di conservazione. Il granulato deve possedere i requisiti specificati per la "Sabbiatura controllata", e deve essere innanzitutto costituito da abrasivi chimicamente neutri, selezionati e di dimensioni assai ridotte. Sulla scelta del granulato influiscono fattori quali l'entità e la consistenza delle incrostazioni da rimuovere, la natura, le caratteristiche fisiche e lo stato di conservazione della superficie. Si possono utilizzare polveri finissime di silicati naturali, silice o sabbie silicee di fiume ben classate e setacciate, ossidi di alluminio (corindone), polveri minerali o sintetiche, noccioli di frutta finemente frantumati o altri tipi di abrasivi vegetali. Devono escludersi i granulati contraddistinti da spigoli vivi, onde evitare la comparsa di scabosità e microfratture sulla superficie dei materiali trattati. L'adozione della tecnica, peraltro, presuppone la scelta di granulometrie molto fini, proprio per favorire la sospensione dei microgranuli nel getto d'aria e assicurare un'azione di strofinamento, invece che d'urto o percussione. Indicativamente, la granulometria delle polveri può variare tra i 10 ed i 40  $\mu\text{m}$ . Anche la durezza, al pari della granulometria, deve essere determinata prima delle prove in loco: l'abrasivo deve avere durezza leggermente superiore a quella del deposito da rimuovere, ma minore di quella dei materiali lapidei da sottoporre a pulitura. Sulla precisazione delle caratteristiche del granulato influiscono pure le pressioni d'esercizio del getto d'aria; pressioni che, tuttavia, possono essere indicate proprio a partire dalla dimensione, dalla forma e dal peso specifico delle particelle prescelte, nonché considerando parametri quali il diametro dell'orifizio dell'ugello, la distanza e l'angolazione ugello-superficie. Orientativamente, la pressione del getto non dovrebbe superare 5 bar. Mantenendo la pressione su tali valori si possono rimuovere depositi coerenti, di spessore variabile tra 1 e 2 mm: l'adozione di pressioni d'esercizio superiori (comunque mai oltre 8 bar) non dovrebbe in alcun caso determinare la rimozione a placche dei depositi, bensì una loro graduale abrasione per strofinamento. Particolare attenzione deve porsi anche nella scelta degli ugelli. Il diametro dell'orifizio di tali dispositivi deve garantire l'espulsione di un getto di sezione ridotta, adeguato alle caratteristiche del materiale lapideo da trattare, alla consistenza dell'alterazione da rimuovere e alle caratteristiche morfologiche della superficie (paramenti lisci, facciate connotate dalla presenza di rilievi, fregi o modanature).

Prima di dare inizio alle operazioni di pulitura è necessario delimitare l'area occupata dal cantiere e dal camion a piattaforma con idonee barriere protettive facilmente removibili, soprattutto se nelle ore serali e notturne si opererà per lo spostamento dell'automezzo dal luogo dell'intervento (fig. 4).

Poiché il gommage può essere eseguito anche in presenza degli abitanti e delle attività insediate, al termine d'ogni giornata di lavoro il braccio telescopico potrà essere ripiegato e mantenuto a distanza di sicurezza dalla facciata dell'edificio. All'avvio dell'intervento bisogna preliminarmente assicurare l'immobilità a terra dell'automezzo; la cabina ventosa sostenuta dal braccio telescopico, invece, può essere spostata, orientata e collocata nella posizione desiderata direttamente dall'operatore a terra. Le operazioni di pulitura devono svolgersi all'interno della cabina, ove, a fianco dell'addetto, andranno posti gli aspiratori in grado di sottrarre dall'abitacolo le polveri prodotte durante la disincrostazione delle superfici. La depressione generata dagli aspiratori deve assicurare anche la perfetta aderenza dell'abitacolo alla facciata. Il ricambio d'aria va agevolato dalla predisposizione di aperture nelle protezioni laterali, mentre il pulviscolo recuperato dagli aspiratori dovrà essere immediatamente umidificato per mezzo di appositi filtri ad acqua. Qualora le condizioni del sito ostacolassero l'accesso del camion, oppure la superficie da trattare si sviluppasse oltre i 42 m di altezza, l'intervento potrà avvenire all'interno di una cabina sospesa o, in alternativa, ricorrendo a un'impalcatura ricoperta di tela stagna, all'interno della quale il risucchio delle polveri dovrà essere assicurato da una turbina aspirante e filtrante (fig. 5). In alternativa alla tela si possono utilizzare tessuti sintetici a maglie fitte, appositamente predisposti per garantire la schermatura delle polveri e consentire un adeguato ricambio d'aria tra interno ed esterno dell'area protetta. Gli operatori impegnati nell'intervento devono proteggersi dal rimbalzo dei granuli e dalla diffusione delle polveri prodotte dall'abrasivo e dalle incrostazioni via via rimosse; devono pertanto munirsi di elmetto, tuta, guanti, occhiali protettivi o maschera con visiera e mascherina-filtro. Le precauzioni devono essere scrupolosamente rispettate soprattutto durante la pulitura di pietre silicatiche o durante l'impiego di abrasivi silicei. All'interno della cabina ventosa l'operatore deve essere in grado di orientare il getto abrasivo senza ostacoli; deve inoltre accertarsi della regolare erogazione del flusso di granulato, prevenendo ostruzioni che potrebbero determinare abrasioni incontrollate sulla superficie.

Elevati tenori di umidità ambientale, infatti, potrebbero causare la formazione di grumi di polvere abrasiva all'interno delle condutture e dell'ugello, impedendo un regolare svolgimento dell'intervento. In ambienti particolarmente umidi è consigliabile deumidificare l'aria in ingresso alle strumentazioni, e sostituire l'ugello non appena dovessero manifestarsi variazioni nelle prestazioni. Calibrando la pressione del getto d'aria, la quantità di granulato e la distanza ugello-superficie, è possibile graduare l'intervento ed evitare la comparsa di scabrosità e abrasioni o l'involontaria caduta di materiale deteriorato. La forza abrasiva del getto può essere variata anche adeguando e modificando la dimensione, la forma e il peso specifico del granulato.

L'utilizzo di polveri in grado di rimuovere incrostazioni piuttosto spesse deve essere limitato allo stretto necessario e immediatamente seguito dall'impiego di polveri appropriate all'eliminazione dei depositi intimamente aderenti alla superficie.

All'azione del getto, inoltre, si dovrebbero sottoporre solamente le aree effettivamente ricoperte da incrostazioni, mentre si dovrebbero escludere quelle esposte al dilavamento meteorico, generalmente connotate dalla presenza di depositi di debole spessore o da materiale polverulento ricristallizzato in superficie. Le operazioni di finitura eseguite in prossimità del materiale lapideo o su aree occultate da depositi poco coerenti, o ancora, su paramenti scanditi da modanature e apparati decorativi scolpiti, dovrebbero avvalersi di getti a pressione minima e di polveri abrasive vegetali, di granulometria fine e prive di spigoli. Anche la durata dell'intervento deve essere attentamente valutata, a partire dalle caratteristiche delle superfici e dei litotipi costitutivi, dal loro stato di conservazione e dalla consistenza dei depositi da rimuovere. I dati esibiti dagli opuscoli divulgativi (10 m lineari al giorno per un edificio di sei piani) non possono considerarsi rappresentativi delle innumerevoli casistiche d'intervento. I tempi di applicazione del gommage devono essere pertanto definiti di volta in volta sulla base degli esiti delle prove preliminari e in stretta relazione con tutti gli altri parametri (caratteristiche del granulato, pressioni d'esercizio, distanza ugello-superficie ecc.), onde prevenire la comparsa di abrasioni e di aree eterogeneamente chiazzate (fig. 6).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per la selezione dei diversi materiali, delle rispettive caratteristiche tecniche e modi d'impiego si rinvia alle indicazioni contenute nella scheda PLT13 - Sabbatura a secco. Come riportato in tale

scheda, l'intervento dovrebbe essere preceduto da quegli accertamenti che permettono di verificare la resistenza a usura dei depositi e della superficie sottostante, nonché la reale consistenza degli eventuali strati di indurimento superficiale della pietra. Prima di dare avvio all'intervento di pulitura è opportuno proteggere con fogli di polietilene o altri ripari temporanei quei particolari architettonici e scultorei, quei materiali e quelle aree di superficie particolarmente delicate o alterate, sui quali il getto potrebbe determinare abrasioni e microfessurazioni diffuse, accumulo di depositi o inglobamenti di polvere. Qualora si accerti forte aderenza tra superficie lapidea ed eventuali residui di antichi trattamenti, pellicole a ossalato ecc., è consigliabile rinunciare al livello di pulitura prestabilito e limitare l'intervento a un parziale alleggerimento degli strati di alterazione, onde impedire l'abrasione del materiale originario o la scomparsa di eventuali pellicole policrome. Parimenti, è sconsigliabile procedere al peeling della superficie qualora gli apparati decorativi o i materiali lapidei siano interessati da fenomeni di polverizzazione superficiale, da esfoliazioni, fessurazioni o altri tipi di alterazione che pregiudicano la consistenza della pietra. In tali situazioni è necessario ricorrere ad un preliminare intervento di preconsolidamento localizzato, nonché adottare un sistema di pulitura più graduale e selettivo (ad es. una microsabbatura o una pulitura meccanica di precisione, degli impacchi ad azione solvente e/o complessante ecc.). Il peeling dei litotipi eterogenei richiede anch'esso particolari attenzioni, dato che la diversa resistenza all'usura dei minerali costitutivi potrebbe risolversi nell'incontrollata erosione e microfratturazione di quelli meno resistenti. In tali casi è consigliabile l'impiego di polveri abrasive d'origine vegetale. Analogo accorgimento dovrebbe essere adottato negli interventi di pulitura delle superfici in calcare tenero o in marmo cristallino. Nel primo caso, infatti, l'uso di un abrasivo inappropriato potrebbe causare la diminuzione della durezza degli strati di indurimento superficiale, un aumento della rugosità e la variazione delle proprietà cromatico-visive originarie. Nel secondo caso, invece, la struttura cristallina dei marmi potrebbe non sopportare lo strofinamento superficiale di certe polveri abrasive, predisponendosi di conseguenza a futuri processi disgregativi. Per le superfici pulite mediante gommage si dovrebbe prevedere un opportuno intervento di protezione, da realizzare mediante formulati protettivi trasparenti e idrorepellenti o ricorrendo a scialbature a base di calce. Il gommage rappresenta senza dubbio un miglioramento rispetto ai tradizionali sistemi di sabbatura. Il principio di funzionamento che sostituisce all'abrasione per impatto e percussione un'azione di strofinamento per mezzo di abrasivi finissimi, costituisce il salto qualitativo di una metodica di pulitura che in Francia sta gradualmente rimpiazzando l'impiego assai diffuso delle tecniche di sabbatura a secco. Tuttavia, benché il principio d'azione offra già garanzia di invasività limitata, è evidente che il rispetto di un unico parametro (la granulometria delle polveri abrasive) non può concorrere da solo alla correttezza dell'intervento. Come già sottolineato, infatti, l'adozione della tecnica dovrebbe essere preceduta dalla corretta determinazione delle altre variabili che influenzano l'esito della pulitura (l'abrasivo appropriato alle caratteristiche e alle differenti situazioni conservative dei materiali; le pressioni di esercizio; le distanze della lancia di erogazione dalla superficie; i tempi d'azione). Al pari delle altre tecniche, dunque, anche il ricorso al gommage deve essere di volta in volta sostenuto dalla messa a punto di parametri d'intervento desunti dagli accertamenti preliminari e dalle campionature effettuate direttamente sulle superfici o su provini dello stesso materiale costitutivo. Il peeling delle facciate, infine, deve essere completato da tutte quelle operazioni di finitura, stuccatura, preconsolidamento e simili, abitualmente eseguite nei cantieri di pulitura. Pertanto, a fianco degli operatori specializzati nella conduzione d'interventi dai ritmi industriali, è necessario assicurare la presenza di restauratori in grado di rifinire il lavoro con operazioni mirate e puntuali, al fine di prevenire il prematuro degrado delle superfici appena trattate.

## **ESPERIENZE**

Parigi, Assemblea Nazionale; Louvre; edifici di Place de la Madeleine e di Place de la Concorde; Gare de Lyon e Saint-Lazare; castello di Versailles; Marsiglia, Rue de la République (2 km lineari di facciata); Teatri di Avignone, Montpellier, Strasburgo; interno delle cattedrali di Senlis, Chantilly, Bayonne. Altri edifici: scuole, sedi municipali, biblioteche, banche, caserme, castelli, edifici religiosi, stazioni ferroviarie, ospedali, musei, teatri, alberghi. In Italia sono state effettuate prove sulle superfici del Colosseo (Roma) e sui paramenti in laterizio del palazzo Pubblico di piazza del Campo a Siena (1995).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Beltrame D. 1995; Biscontini G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Laurenzi Tabasso M. 1989; Lazzarini L. 1981; Matteini M. 1998. Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004.

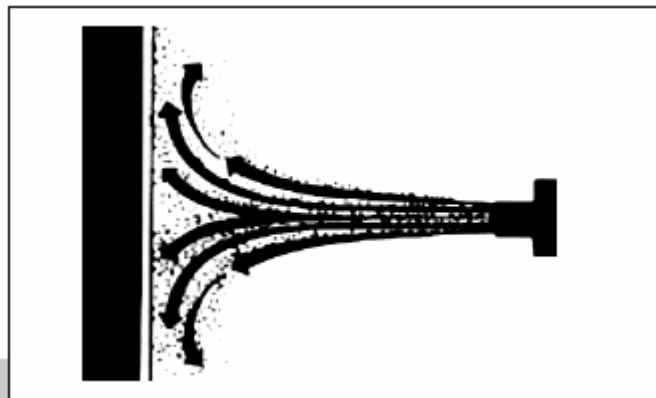


Figura 1 • Distribuzione a ventaglio della miscela pulente 1 aria-particelle.



Figura 2 • Cabina sospesa con impianto di emissione del 2 flusso pulente e di aspirazione e filtraggio delle polveri.



Figura 3 • Effetto pulente su un insieme di modanature con forti variazioni altimetriche e presenza di sottosquadri. (VAC)



Figura 4 • Due cabine di pulitura lavorano contemporaneamente alla pulitura di una cortina edilizia. Si notano le barriere protettive dell'area di manovra degli automezzi e sono visibili le aree ancora da pulire e quelle già trattate. (VAC)



Figura 5 • La tecnica del gommage applicata alla pulitura di un edificio alto e con accentuati rilievi e aggetti. (VAC)



Figura 6 • Azione congiunta di due impianti durante la pulitura di una cupola. (VAC)

## PLT 13 | SABBIATURA A SECCO

### Sommario

PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE

La sabbiatura a secco è una tecnica che compare ben presto nel panorama delle metodiche di pulitura applicate alle facciate edilizie. Già nei primi decenni del Novecento, infatti, il brevetto "Stone Cleaner" trova larga diffusione nei paesi nord europei, mentre a partire dagli anni sessanta è estesamente applicato soprattutto in Francia, e in particolare nei cantieri di pulitura di numerosi edifici pubblici parigini. La sabbiatura a secco o a umido è una tecnica molto diffusa poiché consente di portare a termine rapidamente, e in modo economicamente vantaggioso, interventi su superfici lapidee di grandi dimensioni. Tuttavia, altrettanto frequenti sono i danni causati da puliture eseguite senza le opportune precauzioni e gli indispensabili controlli sul tipo di abrasivo utilizzato, sull'entità e sulle pressioni del getto, sulla distanza tra superficie e lancia di espulsione del granulato. La sabbiatura a secco sfrutta l'azione di rimozione meccanica prodotta da polveri abrasive sospese in un getto d'aria compressa, emesso a pressioni variabili e indirizzato contro la superficie da pulire per mezzo di una lancia metallica. Il granulato rimuove progressivamente i depositi incrostanti, ma succede assai frequentemente che la superficie sottostante si trovi coinvolta in un'azione abrasiva che può assottigliare gli strati di indurimento consolidatisi nel tempo e asportare veri e propri strati di materiale sano. I danni, tuttavia, possono essere limitati se, fin dalle prime fasi dell'intervento, si pone particolare attenzione alla valutazione e al controllo dei numerosi fattori che influenzano l'esito della sabbiatura.

Oltre alla quantità e al tipo di abrasivo, alla pressione del getto, al rapporto aria/abrasivo, assume importanza il rispetto delle distanze tra ugello e superficie, la determinazione dell'angolo di impatto tra flusso abrasivo e superficie, la valutazione dei tempi di applicazione e, non ultimo, il contenimento dell'azione alle sole aree di superficie effettivamente ricoperte da incrostazioni spesse e coerenti. La sabbiatura è una tecnica di pulitura e finitura ampiamente utilizzata in vari settori della produzione industriale e, per tale motivo, sul mercato sono reperibili macchine sabbiatrici dalle prestazioni assai elevate, quali la disincrostazione di elementi ottenuti in fonderia, la sverniciatura di macchinari e autoveicoli, pulizie industriali, opere edili e stradali ecc. Si tratta dunque di apparecchiature in grado di assicurare pressioni d'esercizio molto elevate, assolutamente controindicate per interventi su paramenti lapidei che spesso si trovano in precario stato di conservazione (fig. 1, fig. 2). Nell'ambito dei cantieri di restauro la sabbiatura deve essere eseguita ricorrendo all'impiego di apparecchiature di recente produzione (minisabbiatrici), realizzate per consentire l'esecuzione di lavori a basse pressioni e l'utilizzo di una vasta gamma di abrasivi. Si tratta pur sempre di macchine a funzionamento pneumatico, in grado di emettere flussi continui d'aria compressa e granulato. La miscela aria-abrasivo fuoriesce da un tubo flessibile alla cui estremità è avvitata una lancia o, a scelta, una pistola: sull'una o sull'altra sono fissati degli ugelli intercambiabili, opportunamente scelti in base alle esigenze dell'intervento (fig. 3).

Le apparecchiature, per versatilità e potenza impiegata, devono assicurare operazioni anche su aree circoscritte, nonché effetti abrasivi sufficientemente lenti, tali da consentire il costante controllo del processo di pulitura. La pressione del getto e la quantità di polvere emessa dall'ugello devono potersi graduare e calibrare con semplici operazioni manuali. A tale scopo, gli interruttori di regolazione della pressione del flusso d'aria e della polvere devono essere separati e facilmente manovrabili.



La regolazione della pressione del getto deve avvenire mediante manometro di precisione, per consentire all'operatore le necessarie variazioni al mutare delle condizioni conservative della superficie. La regolarità del flusso di granulato deve essere assicurata da una pompa d'aspirazione dell'abrasivo contenuto in un apposito contenitore dotato di regolatore a spillo o di elettrovibratore elettronico per il dosaggio. Il granulato, incanalato lungo la condotta flessibile, deve infine giungere alla lancia metallica o alla pistola, per poi uscire dall'orifizio dell'ugello. L'aria compressa può essere generata da un compressore collegato o facente parte integrante dell'apparecchiatura. Gli ugelli devono essere opportunamente scelti in base al tipo di materiale lapideo da pulire, alla consistenza delle croste da rimuovere e alle caratteristiche morfologiche della superficie. Il

diametro dell'orifizio deve garantire una sezione del getto abrasivo di pochi mm<sup>2</sup>, ma la sezione deve potersi ridurre qualora l'intervento si alterni tra superfici estese e piane e superfici connotate da rilievi, fregi o modanature. La ripetuta sostituzione degli ugelli può essere evitata ricorrendo all'impiego di dispositivi di carburo al tungsteno (widia) o di altro metallo resistente all'usura.

Il granulato deve essere costituito da polveri chimicamente neutre, selezionate e di dimensioni assai ridotte: generalmente si utilizzano polveri finissime di silicati naturali, polveri minerali o sintetiche, ossidi di alluminio (corindone), silice o sabbie silicee di fiume ben classate e setacciate, granulati sintetici, frammenti minutissimi di noccioli di albicocca o di altri tipi di frutta. La granulometria delle polveri abrasive può variare sulla base delle specifiche esigenze di ciascun intervento tra valori minimi di 10-25 µm e valori massimi compresi tra 40-60 µm. L'appropriata granulometria, pertanto, va scelta sulla base della natura dell'abrasivo e considerando l'influenza del diametro medio sull'energia cinetica dei granuli proiettati contro la superficie. Il valore della massa volumica delle particelle, variabile anch'esso secondo il tipo di abrasivo, influisce notevolmente sulla forza d'impatto, e quindi sulla capacità del getto sabbiante di produrre microfratture più o meno accentuate sulla superficie.

## **CAMPI DI APPLICAZIONE**

La sabbiatura è una tecnica di pulitura sconsigliata dall'Istituto Centrale del Restauro, anche se il suo impiego sembrerebbe giustificato, talvolta, dall'estensione delle superfici da trattare. Pur se attentamente controllata, la tecnica dovrebbe essere adottata con estrema cautela ed esclusivamente per la rimozione di depositi spessi e coerenti, aderenti alla superficie di materiali lapidei di natura carbonatica e silicatica, compatti, in buono stato di conservazione e resistenti all'azione abrasiva. Anche in tali casi, l'intervento dovrebbe limitarsi alle aree effettivamente ricoperte da croste nere dure e resistenti, alla pulitura dei depositi sedimentati nei sottosquadri e nelle zone riparate, alla rimozione delle incrostazioni difficilmente eliminabili con i metodi di pulitura ad acqua. I sistemi ad azione abrasiva, si adottano anche in quelle particolari situazioni ove le caratteristiche del sito o del manufatto non consentono l'impiego diffuso delle tecniche di nebulizzazione, oppure ove sussiste il pericolo di un'eccessiva penetrazione di soluzioni acide nei substrati. A essi si ricorre pure qualora l'uso dell'acqua faccia prevedere una diffusa proliferazione di microflora, migrazioni di sali solubili o la probabile comparsa di macchie (ad es. processi di solubilizzazione o di variazione dello stato di idratazione di alcuni minerali costitutivi delle rocce).

Una sabbiatura controllata si rivela spesso indispensabile anche su murature in laterizio o su rivestimenti lapidei di murature a elevato contenuto di umidità, ove l'adozione dei sistemi ad acqua comporterebbe l'apporto di ulteriore umidità, con rischi per la conservazione degli intonaci e delle pitture murali eventualmente presenti sulle pareti interne dell'involucro murario. La sabbiatura controllata è adottata pure su rivestimenti e manufatti in granito e, in generale, sulle pietre di natura silicatica, nei confronti delle quali i sistemi acquosi difficilmente garantiscono risultati soddisfacenti e gli interventi alternativi si limitano all'impiego di agenti chimici spesso difficilmente controllabili. Questo metodo, inoltre, viene utilizzato con frequenza per la pulitura di manufatti in ferro battuto, a seguito della velocità e dell'economicità di applicazione. Su tali manufatti, però, bisogna procedere con cautela, per non intaccare la superficie originale. L'utilizzo di questa tecnica è sconsigliato su oggetti di ferro battuto caratterizzati da una lavorazione molto ricca ed elaborata. La sabbiatura non deve essere usata sui metalli teneri, come l'oro, l'argento e il piombo, perché ne intaccherebbe la superficie.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'uso della tecnica dovrebbe essere preceduto da alcune prove e analisi in loco o in laboratorio, allo scopo di precisare le condizioni operative ottimali e di evitare la comparsa di abrasioni e scalfitture sulla superficie da pulire. Le prove eseguite su aree campione, con modi e tempi analoghi a quelli che saranno successivamente adottati nel corso dell'intervento, devono consentire la determinazione della natura e della granulometria dell'abrasivo da utilizzare, la valutazione della distanza ugello-superficie, la precisazione dei tempi d'azione del getto abrasivo sui sedimenti carboniosi di varia consistenza. Qualora lo stato di conservazione dell'intera superficie e la natura stessa dei materiali lapidei lo consentano, le prove preliminari possono interessare direttamente la superficie del manufatto; in tal caso, i controlli devono condursi in parallelo su aree campione trattate e aree non trattate. Inoltre, prima di dare corso all'intervento, devono essere note la natura e la granulometria della polvere abrasiva, i valori di concentrazione del granulato all'interno del getto d'aria, l'adeguata pressione del flusso. Va precisato anche il tipo di ugelli adatti per le diverse aree, la distanza dell'ugello e l'inclinazione del getto rispetto alla superficie, i tempi di applicazione su aree contraddistinte da caratteristiche analoghe (per natura dei substrati, per stato di conservazione, per tipo e consistenza dell'alterazione, per caratteri morfologici ecc.). Per rimuovere depositi e incrostazioni e per evitare azioni abrasive incontrollate, si deve ricorrere all'impiego di polveri di granulometria fine, soprattutto nella fase di passaggio dalla rimozione dei depositi più consistenti ai lavori di finitura eseguiti in prossimità della superficie lapidea. A tal fine si ricorda che il valore della massa volumica delle particelle, variabile secondo il tipo di abrasivo utilizzato, influisce notevolmente sulla forza d'impatto e quindi sulla capacità del getto di provocare scabrosità e microfratture sul materiale. Anche la forma delle particelle deve essere attentamente selezionata, trattandosi di una variabile in grado di condizionare notevolmente l'aspetto finale della superficie. Va privilegiato l'uso di polveri vegetali o di abrasivi minerali, purché costituiti da granuli di forma arrotondata che, contrariamente a quelli a spigolo vivo, consentono di limitare eventuali danni a carico della compagine lapidea. L'addetto ai lavori deve trovarsi nelle condizioni di poter orientare manualmente, senza ostacoli, il getto abrasivo uscente dall'ugello. A intervalli regolari, poi, egli deve accertarsi dell'assenza di eventuali impedimenti nella regolare erogazione del flusso. A cadenza regolare deve essere controllato pure il livello d'usura dell'ugello, affinché il consumo del dispositivo non produca un calo di pressione del getto e, di conseguenza, un'azione di pulitura incontrollata.

Il buon funzionamento dell'apparecchiatura va mantenuto costantemente sotto controllo, a evitare che in presenza di elevati tenori di umidità ambientale i granuli di abrasivo possano provocare impacchi e ostruzioni nelle condutture e nell'ugello, con conseguenti effetti negativi sulla regolarità dell'intervento. In ambienti particolarmente umidi si deve preventivamente deumidificare l'aria in ingresso allo strumento; alla sostituzione dell'ugello invece, si deve provvedere non appena siano evidenti eventuali variazioni nelle prestazioni. L'intensità della pulitura va attentamente calibrata, al fine di graduare attentamente ogni fase dell'operazione e impedire la comparsa di scabrosità, abrasioni e microfratture sulla superficie. A tale proposito, si deve agire sulla quantità e sulla pressione del getto d'aria, sulla quantità di abrasivo emesso, sulla distanza ugello-superficie. La velocità del getto e la concentrazione in aria dell'abrasivo devono essere mantenute entro i limiti e i valori fissati durante le prove preliminari, così da evitare variazioni nel livello e nell'entità dell'azione pulente o l'inglobamento dei granuli entro le porosità della superficie. Su aree coperte da depositi meno coerenti o su superfici scandite da modanature, la velocità del getto deve essere variata adeguando e modificando dimensione, forma e peso specifico delle particelle abrasive. Orientativamente, la pressione del getto non dovrebbe mai superare 5 bar; tale forza d'impatto può ritenersi sufficiente per la rimozione di depositi coerenti di spessore variabile tra uno e due millimetri. Eventuali valori superiori (in ogni modo mai oltre 8 bar) non devono in alcun modo determinare rimozioni a placche dei depositi, bensì una graduale abrasione. La pressione del getto deve in ogni caso correlarsi ai valori degli altri parametri (dimensioni e natura dell'abrasivo, diametro dell'orifizio dell'ugello, distanza e angolazione ugello-superficie). I tempi d'azione del getto sulla singola porzione di superficie vanno commisurati a ciascun litotipo, in considerazione della sua durezza, dello stato di conservazione e dell'entità dei depositi da rimuovere. I tempi d'applicazione vanno ridotti proporzionalmente al crescere dei valori di pressione fissati; il rispetto di tali valori, come pure della concentrazione dell'abrasivo, della distanza ugello-superficie e dell'inclinazione del getto, competono all'operatore, che dovrà, pertanto, possedere la competenza e la professionalità necessarie. L'azione del getto non deve prolungarsi per intervalli superiori a

quelli strettamente indispensabili alla rimozione dell'alterazione, e l'abrasivo deve essere immediatamente variato qualora si accerti che zone contigue all'area d'intervento siano coperte da depositi di scarsa consistenza, tali da poter essere eliminati con polveri meno aggressive. La sostituzione della polvere deve avvenire anche se l'operazione riguarda un'area ristretta. Si deve infine rinunciare al prestabilito livello di pulitura se nel corso dell'intervento si riscontrano aree nelle quali esiste forte aderenza tra depositi, eventuali residui di trattamenti antichi, pellicole a ossalato e strati superficiali sottostanti da conservare. L'azione abrasiva, in tali casi, deve limitarsi a un parziale alleggerimento degli strati d'alterazione, evitando operazioni insistenti che potrebbero causare l'asportazione di materiale originario. In conclusione, le fasi di lavoro devono procedere con estrema cautela, così da coinvolgere nell'azione del getto esclusivamente le zone ricoperte da incrostazioni, ed evitare erosioni e smussamenti di finiture, cornici, fregi, modanature, spigoli e volumi sporgenti. Al termine dell'intervento è indispensabile prevedere un opportuno trattamento protettivo con formulati trasparenti e idrorepellenti. Lo strato protettivo dovrà preservare il materiale lapideo da attacchi esterni, inevitabilmente favoriti dall'aumento della superficie specifica della pietra appena sabbiata.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per ottenere precise indicazioni sulla resistenza all'abrasione dei depositi e della superficie lapidea sottostante, si possono sottoporre alcuni campioni a prove di usura per attrito radente o, in alternativa, si può determinare l'usura provocata da un getto calibrato di sabbia su una superficie campione opportunamente delimitata e colpita per durata e con dizioni prestabilite. Se non si dispone di campioni prelevati dal manufatto, la resistenza a usura per attrito radente può essere misurata su campioni dello stesso litotipo preliminarmente sottoposti a invecchiamento artificiale e successivamente premuti contro il disco rotante del tribometro di Amsler (art. 5 del r.d. 2234/39). La registrazione dei valori deve avvenire secondo le procedure descritte all'art. 11 del r.d. 2232/39, esprimendo il risultato come diminuzione dello spessore del provino. La prova d'usura al getto calibrato di sabbia, invece, può essere eseguita direttamente in loco, per un determinato tipo di sabbiatrice, ugello, granulato abrasivo e valore di pressione. Si procede applicando una mascherina di materiale resistente alla sabbiatura e valutando, mediante comparatore di precisione, la differenza di livello esistente tra la superficie sabbiata e quella protetta. In alternativa, anche il rilevamento dell'usura provocata dal getto di sabbia può essere stimato in laboratorio, sottoponendo provini dello stesso litotipo alla prova regolamentata dall'art. 12 del r.d. 2232/39, e misurando, ad analisi ultimata, la diminuzione di peso subita dal campione. La determinazione dell'indice d'usura del materiale permette di valutare anche il grado di uniformità del litotipo e la resistenza differenziale dei vari elementi costituenti una breccia. L'analisi consente pure il controllo della consistenza delle superfici integre e di quelle alterate, nonché accertamenti sul diverso grado di compattezza dei blocchi di pietra estratti da fronti differenti della medesima cava. Infine, permette di apprezzare immediatamente l'aspetto che assumerà la superficie a intervento ultimato. La reale consistenza degli eventuali strati d'indurimento superficiale dei materiali lapidei naturali può essere accertata direttamente in loco, con lo sclerometro di Martens. Durante e al termine dell'intervento, la conservazione e la consistenza dei medesimi strati possono essere valutate con test di permeabilità all'acqua e al vapore e misurando la velocità di evaporazione dell'acqua. I parametri che permettono di evidenziare le modificazioni indotte sulla superficie dovrebbero essere rilevati sia al termine delle prove preliminari eseguite per determinare tempi e modi della pulitura, sia alla conclusione dell'intervento. In particolare, si dovrebbero eseguire misure quantitative della rugosità media, privilegiando l'impiego del rugosimetro. Tale parametro consente di valutare l'entità dell'attacco subito dai minerali costitutivi della pietra, compreso l'aumento degli spazi intercrystallini o delle microfessure lungo i bordi dei granuli. La sabbiatura, infatti, al pari degli altri sistemi di pulitura meccanica, incide profondamente sulla durezza dello strato superficiale della pietra, diminuendone la consistenza e determinando aumenti considerevoli della rugosità, spesso con evidenti variazioni delle proprietà ottico-visive. Un marcato aumento della rugosità deve intendersi come parametro che induce a escludere il ricorso alla sabbiatura a secco. Rugosità, morfologia e aumento della superficie specifica possono essere rilevate pure su campioni di materiale opportunamente prelevato e osservato al microscopio ottico, in campo chiaro e in campo scuro. Infine, anche misure d'assorbimento capillare (Doc. Normal 11/85), rilevate su campioni trattati secondo tempi e modi differenti, consentono una valutazione quantitativa delle modificazioni

indotte dall'intervento. Ponteggi e aree del cantiere di pulitura dovranno essere delimitati con barriere protettive. A tal fine, si possono utilizzare tessuti sintetici a maglie fitte, in grado di schermare la diffusione delle polveri e consentire un adeguato ricambio d'aria tra interno ed esterno della zona protetta. Si dovranno pure proteggere con fogli di polietilene e altri ripari temporanei quei particolari architettonici o scultorei, quei materiali e quelle aree di superficie particolarmente delicate o alterate che non dovranno in alcun modo trovarsi esposte all'azione abrasiva, né alle polveri prodotte durante l'intervento. Per evitare l'inspirazione delle polveri abrasive e dei residui prodotti dalla disgregazione delle incrostazioni, nonché per proteggersi dal rimbalzo dei granuli, ogni operatore deve munirsi di elmetto, di occhiali protettivi o di maschera con visiera, di mascherina-filtro, di guanti e tuta protettiva, in ottemperanza alle norme vigenti in materia di sicurezza e prevenzione degli infortuni sul lavoro. In condizioni di lavoro particolarmente critiche (ad es. consistente produzione di polveri, impiego di abrasivi di natura silicea, pulitura di superfici in pietra silicatica), si devono intensificare le misure protettive, ricorrendo a equipaggiamenti individuali costituiti da elmetto connesso direttamente alla maschera protettiva e alla visiera. I caschi devono essere muniti di tubo di rifornimento dell'aria e di filtro ad alta efficienza incorporato, per consentire la depurazione del flusso in entrata. In cantiere, in alternativa o in combinazione con gli equipaggiamenti individuali, si possono allestire veri e propri impianti di aspirazione.

Non si deve procedere con l'azione abrasiva qualora sulle superfici da pulire siano presenti cornici, modanature, apparati decorativi o materiali fessurati, sollevati o in altro modo degradati. In tali casi è necessario prevedere un intervento di preconsolidamento localizzato e valutare l'opportunità di ricorrere ad altro sistema, più graduale e selettivo (ad es. pulitura meccanica di precisione, microsabbatura, impacco ad azione solvente e/o complessante ecc.). Particolare cautela e attenzione si deve porre anche nell'intervento su materiali eterogenei (brecce costituite da minerali duri e teneri). Questo, per evitare erosioni degli elementi meno resistenti e microfratturazioni diffuse che accelererebbero la comparsa di nuovi processi d'alterazione. Su tali superfici è preferibile utilizzare abrasivi di origine vegetale. Accorgimenti analoghi devono essere adottati per paramenti di marmo saccaroide (marmi di Carrara, marmi greci); i grossi cristalli di calcite costitutivi della struttura del litotipo, infatti, oppongono poca resistenza meccanica all'impatto superficiale dell'abrasivo e risultano perciò facilmente soggetti a disgregazioni. Anche l'intervento su pietre calcaree tenere deve essere attentamente controllato, per evitare che l'insistente percussione del granulato abrasivo possa provocare la diminuzione della durezza dello strato superficiale, stress meccanici, aumenti della rugosità, variazioni dell'aspetto visivo. La sabbatura a secco dovrebbe essere associata a interventi di tipo chimico-selettivo. È noto, infatti, che "l'efficacia dei sistemi fisici nei confronti dei sali solubili, non è particolarmente elevata, e quindi questi devono essere senz'altro completati con dei sistemi che ne garantiscono il miglioramento, sempre in termini di efficacia" (Biscontin, Zendri, et al., 1995). Limiti strettamente legati alla conduzione dell'intervento derivano dall'usura degli ugelli e delle componenti sottoposte al continuo passaggio del granulato, dalla perdita dell'abrasivo utilizzato, dal rumore prodotto dalla sabbatrice, dall'abbondante sviluppo di polveri. Un problema, quest'ultimo, che obbliga l'impresa all'allestimento di adeguati ripari, in grado di assicurare l'isolamento del cantiere di pulitura. L'impiego diffuso della sabbatura è motivato dalla convinzione che si tratti di una tecnica rapida e di facile impiego. Al contrario, l'intervento presenta evidenti complicazioni, non ultima la necessità di adeguare l'azione di pulitura alla varietà dei materiali e ai diversi livelli di sporco sempre presenti entro il perimetro di una singola superficie. Se in numerosi interventi l'esito appare a prima vista apprezzabile, tuttavia, a un'attenta osservazione le superfici sabbate mostrano spesso i segni premonitori di un'imminente accelerazione dei processi di alterazione. È già stato osservato come l'applicazione indiscriminata del getto abrasivo – e quindi senza la necessaria diversificazione dei tempi e dei modi – possa compromettere la qualità del risultato finale e con essa, la conservazione futura della pietra. La scarsa vigilanza sul corretto procedere, infatti, non favorisce il graduale assottigliamento delle incrostazioni ma, al contrario, ne provoca il distacco violento, lasciando a vista superfici a chiazze di tigre o a pelle di leopardo, quando non addirittura completamente sbiancate. È proprio la mancanza di selettività del forte getto abrasivo la causa dell'incontrollata rimozione dei depositi più consistenti e della permanenza in loco delle incrostazioni più aderenti ai sottosquadri. Esiti analoghi si ottengono sui paramenti esposti al dilavamento meteorico, non ricoperti da incrostazioni nerastre omogenee e di grande spessore. Su tali superfici, l'abrasione

indiscriminata provoca l'asportazione di veri e propri strati di materiale sano, la scomparsa di qualsiasi traccia dell'originaria lavorazione della pietra e gli eventuali residui di trattamenti eseguiti in passato.

L'analisi in microscopia ottica della superficie di campioni sottoposti a sabbiatura mette in evidenza come la frequente comparsa di opacizzazioni sia proprio riconducibile all'asportazione di materiale, all'aumento della rugosità e alla presenza diffusa di fratture, a volte anche profonde. Sulle pietre carbonatiche e sui calcari cristallini, tali fratture si producono già con pressioni d'esercizio appena superiori a 3 bar. L'intervento su questi litotipi, pur nel rispetto dei parametri prefissati durante le prove preliminari, è difficilmente controllabile, sia per quanto riguarda il costante mantenimento della distanza ugello-superficie, sia per i tempi operativi, che assai spesso devono limitarsi a pochi secondi.

Verificando la variazione ponderale di un campione sabbiato, si può addirittura riscontrare un aumento di peso, soprattutto se il litotipo prescelto è contraddistinto da porosità elevata. In tali casi, l'incremento è determinato dal ristagno dell'abrasivo entro la struttura porosa della pietra. Per le complicazioni e i limiti suddetti, è preferibile non sottoporre a sabbiatura pietre porose o calcari cristallini (marmi). Su superfici marmoree estese si può ricorrere semmai a una pulitura mediante gommage (v. PLT12 - Tecnica del "gommage"), da eseguire preferibilmente con granulati vegetali. La sabbiatura, inoltre, non deve essere ammessa su paramenti di un certo pregio, finemente lavorati o particolarmente sensibili alle sollecitazioni meccaniche. Non deve essere impiegata nemmeno su materiali che, sebbene compatti e in buono stato di conservazione, potrebbero poi presentarsi irreparabilmente privati della patina e dello strato di indurimento superficiale formati nel tempo. Impiegata su litotipi poco consistenti (calcari teneri), potrebbe provocare aumenti della rugosità e della superficie specifica, associati a una diminuzione della durezza superficiale, a stress meccanici, a variazioni delle proprietà ottico-visive e, in definitiva, ad asportazioni di materia.

Su materiali lapidei contraddistinti dalla presenza di minerali di diversa durezza (brecce, calcari a matrice argillosa e simili), la sabbiatura a secco deve essere applicata con estrema attenzione, per evitare erosioni e microfratturazioni diffuse, se non addirittura asportazione delle componenti meno resistenti. Nei litotipi monomineralici, al contrario, l'azione abrasiva si distribuisce solitamente con maggiore uniformità. In presenza di elevata umidità ambientale è consigliabile dotare l'apparecchiatura di un deumidificatore, per evitare inceppamenti e ostruzione dei canali e dell'ugello di uscita. Come già detto, bisogna fare molta attenzione nell'usare la sabbiatura su pezzi di ferro dolce fucinato, ricchi di minuti elementi decorativi. Per manufatti particolarmente delicati può essere utilizzata, in alternativa, la microsabbiatrice (v. PLT14 - Microsabbatura) e una polvere abrasiva di scarsa durezza (ad es. bicarbonato di sodio).

## **ESPERIENZE**

Duomo di Milano (sabbiatura a secco con sabbia di fiume lavata); certosa di Milano (leggera sabbiatura con ossidi di ferro); stazione centrale di Milano; ponte di Rialto, Venezia; palazzo Grassi, Venezia; Parma, chiostro delle Luigine; Genova, cappella dei suffragi Pantheon del civico cimitero di Staglieno.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA. VV., *La cappella dei Suffragi Pantheon del civico cimitero di Staglieno. Studi e restauri*, 2001-2004, Genova, 2004.

Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004.

Zuffanelli, A., *Il chiostro delle Luigine a Parma*, Bologna, 1990.

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Beltrame D. 1995; Biscontini G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Laurenzi Tabasso M. 1989; Lazzarini L. 1981; Matteini M. 1998.

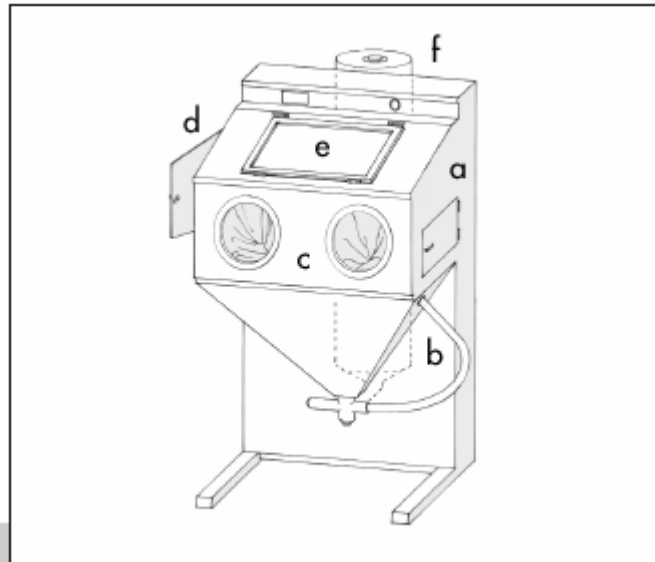


Figura 1 • Impianto di sabbiatura a cabina con funzionamento in pressione composto da: a) cabina dotata di tavola rotante interna o estraibile; b) sabbiatrice in pressione per lanciare l'abrasivo scelto; c) aperture con manicotti per l'operatore; d) sportello per introdurre l'oggetto da sottoporre a sabbiatura; e) sportello vetrato sul piano di lavoro; f) ciclone di separazione scorie. (CAF)

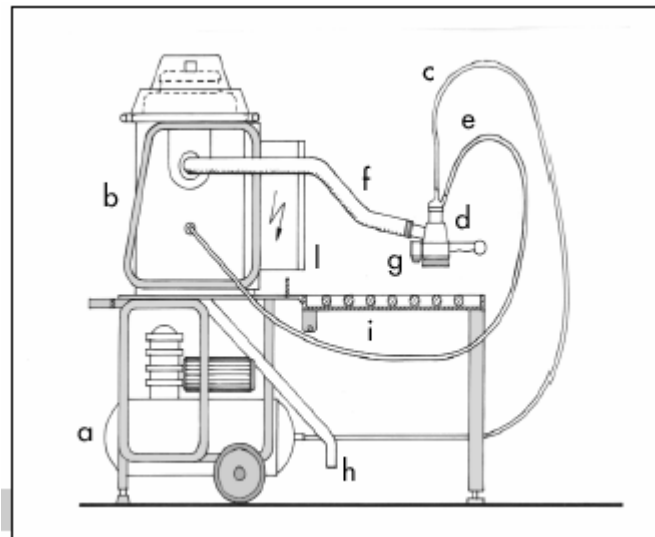


Figura 2 • Sabbiatrice a recupero dotata di una speciale "testa a spazzola" in grado di sabbiare e recuperare l'abrasivo: a) generatore d'aria a due cilindri monofase; b) recipiente aspiratore monofase; c) tubo dell'aria compressa; d) pistola aspirante a doppia camera; e) tubo di sabbiatura; f) tubo per la raccolta delle polveri; g) testa a spazzola; h) evacuazione dell'acqua di condensa; i) griglia d'appoggio basculante costituita da cilindri rotanti; l) pannello elettrico. (CAF)

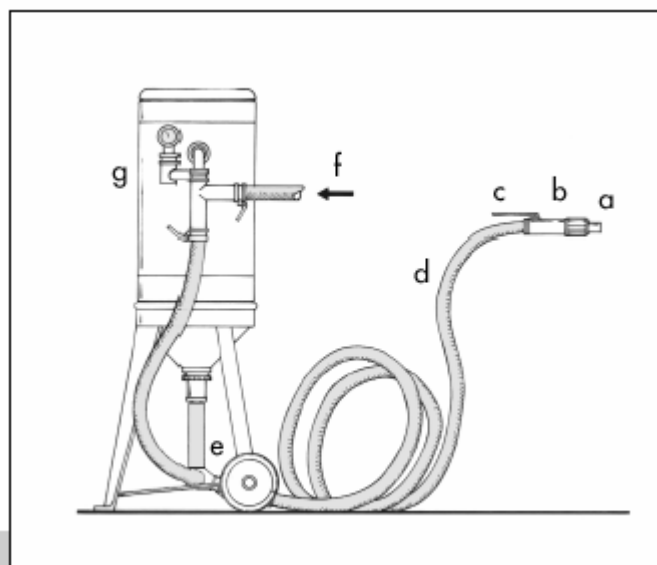


Figura 3 • Sabbiatrici a getto libero: a) ugello; b) elemento di collegamento tubo-ugello; c) comando a distanza pneumatico o elettrico; d) tubo formato da un sottostrato internodi gomma altamente resistente all'abrasione, rinforzato con inserzioni tessili sintetiche ad alta tenacità, e da una copertura esterna, in gomma nera ad impressione tela, resistente agli agenti atmosferici; e) ruote in gomma piena; f) aria compressa; g) contenitore dell'abrasivo. (CAF)

**Sommario**PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE**

Si tratta di una raffinata tecnica di pulitura meccanica, impiegata principalmente per la rimozione puntuale e selettiva di depositi coerenti, croste nere e incrostazioni calcaree anche particolarmente resistenti, ma non troppo spesse. Fu K. Hempel a introdurla in Italia, utilizzando un'apparecchiatura brevettata e costruita in Gran Bretagna, denominata *airbrasive*. La microsabbatura – o pulitura mediante aeroabrasivo – fu sperimentata a Firenze nei primi anni settanta, in occasione del restauro del *Cristo* appartenente al gruppo scultoreo sansoviniano, originariamente collocato sopra l'architrave della porta orientale del battistero. A Venezia, fu utilizzata per la prima volta dallo stesso Hempel per la pulitura delle superfici lapidee della loggia del campanile di San Marco (1972-74) e, successivamente, per la pulitura dei motivi decorativi e delle policromie della porta della Carta di palazzo Ducale (1976-79). La microsabbatura di precisione sfrutta l'azione meccanica prodotta da un sottile getto di polvere abrasiva, costituito da granuli di dimensione, forma e durezza variabili, opportunamente scelti e proiettati a basse pressioni in direzione della superficie da pulire. Il getto di polvere ha una sezione che si aggira intorno a pochi millimetri quadrati, sufficiente tuttavia per produrre una graduale abrasione e asportazione del materiale incrostato. Il granulato abrasivo è aspirato da un apposito contenitore dotato di dosatore e disperso in un flusso di aria compressa proveniente da un compressore. La miscela aria-abrasivo è quindi inviata lungo un tubo flessibile, ed espulsa dall'ugello montato all'estremità di una matita metallica, orientabile manualmente. La matita metallica permette di eseguire il vero e proprio intervento di sabbatura miniaturizzata, attentamente graduato e calibrato dall'operatore, il quale, secondo le esigenze, agisce sulla pressione del getto, sulla quantità, nonché sul tipo di abrasivo uscente dall'ugello. L'apparecchiatura può essere caricata con vari tipi di granulato, secondo l'entità e la consistenza delle incrostazioni da rimuovere, ma soprattutto, in considerazione della natura e dello stato di conservazione della superficie da pulire. Requisiti, quali la limitata durezza e la fine granulometria delle polveri solitamente utilizzate per questo tipo di interventi, influenzano l'incidenza dell'azione meccanica, assicurando abrasioni assai graduali e contenute; la ridotta dimensione del flusso, inoltre, costituisce un ulteriore parametro di controllo dell'incidenza del sistema sulla compagine lapidea. La tecnica aeroabrasiva consente di valutare immediatamente l'aspetto della superficie liberata dalle incrostazioni di natura particellare o calcarea, facilitando il costante controllo dell'intervento, l'omogeneità e il livello di finitura conseguiti. L'ampio utilizzo di questa tecnica è confermato dalla comparsa sul mercato di apparecchiature di fabbricazione italiana, assai meno costose degli strumenti aeroabrasivi inizialmente importati dalla Gran Bretagna. Le microsabbatrici attualmente disponibili funzionano ad aria o ad azoto compresso; sono facilmente trasportabili, componibili e consentono l'impiego di tutti i tipi di granulato disponibili. Per evitare impacchi di polvere abrasiva e ostruzioni alle condutture e all'ugello della micropistola si privilegia l'impiego delle apparecchiature funzionanti ad azoto; in alternativa, si procede a una disidratazione dell'aria, filtrandone e convogliandone il flusso attraverso un essiccatore contenente cloruro di calcio o gel di silice.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La microsabbatura può considerarsi una sabbatura miniaturizzata, da utilizzare per lavori di finitura su superfici lapidee precedentemente pulite con altri sistemi, o per interventi di graduale



assottigliamento dei depositi d'alterazione fissati da eventuali trattamenti di preconsolidamento. Viene quindi utilmente impiegata sia prima sia al termine d'interventi di pulitura eseguiti con altre tecniche. Tuttavia, può essa stessa costituire metodo privilegiato per la rimozione di depositi carboniosi o incrostazioni da superfici che non consentono l'adozione di tecniche e sistemi d'intervento alternativi. Inizialmente, la microsabbatura trovò impiego nella pulitura e nella disincrostazione di reperti archeologici rinvenuti nel sottosuolo. Applicata successivamente ai manufatti architettonici e scultorei, permise di rimuovere sedimentazioni di varia natura con la stessa precisione, gradualità e selettività, attraverso procedimenti operativi controllabili e variabili in funzione delle particolari condizioni d'intervento. Generalmente, lo strumento aeroabrasivo trova impiego nella rimozione di croste nere, incrostazioni calcaree e depositi di diversa origine, anche resistenti ma di spessore non troppo consistente. È utilizzato su manufatti di piccole dimensioni, su elementi decorativi, su sottosquadri o punti difficilmente accessibili di superfici scolpite, oppure dove non è possibile raggiungere il grado di pulitura desiderato con metodi più blandi. Trova applicazione anche nella rimozione di materiali d'alterazione particolarmente resistenti, o aderenti alla pellicola pittorica dei dipinti murali; ciò soprattutto se l'adozione dei consueti sistemi acquosi o l'impiego di soluzioni ad azione debolmente solvente o complessante comportano pericoli di solubilizzazione o viraggio dei pigmenti e delle patine di natura organica, oppure possibili rigonfiamenti e distacchi della pellicola pittorica. La tecnica aeroabrasiva è utilizzata anche per eliminare precedenti stuccature o per ridurre lo spessore; per la rimozione o l'assottigliamento di pellicole e residui alterati, derivanti da sostanze utilizzate in occasione di trattamenti antichi o di precedenti interventi di restauro; per la pulitura di rilievi scultorei e superfici lapidee policrome o ricoperte da scialbature che s'intendono conservare. Con la microsabbatura s'interviene anche su intonaci e apparati decorativi in stucco o in malta a elevato contenuto di gesso. In tali casi, infatti, la rimozione dei depositi più o meno coerenti per mezzo dei consueti sistemi acquosi potrebbe determinare la comparsa di processi di solubilizzazione del materiale costitutivo, o potrebbe provocare la formazione di macchie provenienti dalle esili armature interne alle decorazioni di gesso. Le caratteristiche stesse dell'apparecchiatura e del metodo, invece, non consigliano l'applicazione della microsabbatura a superfici lapidee estese. Affidato a mani esperte, lo strumento aeroabrasivo può essere perfettamente controllabile e utilizzabile su qualsiasi tipo di pietra, anche su litotipi che, a causa del precario stato di conservazione, richiedono un preliminare intervento di preconsolidamento. Tutti gli autori, in effetti, concordano sull'utilità e l'insostituibilità di questa tecnica qualora sia necessario intervenire su materiali puntualmente o diffusamente preconsolidati, sui quali l'intervento di pulitura deve necessariamente procedere per assottigliamento graduale dei depositi parzialmente consolidati assieme al materiale originario, fortemente degradato. Anche nel Documento Normal 20/85 si fa riferimento a questa tecnica per interventi "su superfici di materiale assolutamente compatto o preconsolidato"; tuttavia, se ne estendono le possibilità di impiego anche a quei materiali che, per le peculiari caratteristiche della struttura porosa, i pericoli di migrazione di sali solubili all'interno o per la predisposizione alla formazione di macchie, non permettono il ricorso ai sistemi acquosi.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Ciascun intervento di microsabbatura deve essere eseguito con granulati abrasivi appropriati, selezionati sulla base della natura e della consistenza dei depositi da rimuovere, ma nello stesso tempo, in considerazione della natura e dello stato di conservazione del materiale lapideo da trattare. Parimenti, anche gli ugelli da fissare all'estremità della matita metallica devono essere scelti compatibilmente col tipo di litotipo da sottoporre a pulitura e con la consistenza degli strati di alterazione da rimuovere. Per evitare ripetute sostituzioni è preferibile utilizzare ugelli in carburo al tungsteno (widia) o in altro metallo dalla comprovata resistenza all'usura. Il diametro degli orifici di uscita della polvere abrasiva deve essere compreso tra 0,2 e 1,8 mm e, secondo i casi, la pressione del getto può variare tra 0,3 e 6 bar. Proprio per consentire il costante controllo dell'intervento, la pressione d'esercizio e il dosaggio del granulato devono essere facilmente graduabili per mezzo di semplici operazioni manuali; a tal fine, è consigliabile usare apparecchiature che dispongano di controllo elettronico del flusso aria-abrasivo. L'intensità della pulitura va calibrata con estrema perizia, agendo sul volume e sulla pressione del getto d'aria, sul tipo di granulato e sulla quantità emessa, sulla distanza ugello-superficie e sull'angolo d'impatto formato dal flusso abrasivo con la superficie medesima. Ogni fase dell'operazione, infatti, deve

essere attentamente calibrata, onde evitare la comparsa di abrasioni e microfrazioni sul materiale occultato dallo sporco. La velocità del getto può essere controllata intervenendo anche su parametri quali la dimensione, la forma e il peso specifico delle particelle abrasive (fig. 1).

Gli abrasivi disponibili hanno dimensioni, forma e durezza variabili, largamente differenziate secondo le necessità. Tra i granulati maggiormente in uso si annoverano sfere d'ossido di alluminio (corindone), silicati naturali, quarzite, polveri minerali o sintetiche, microsfele di vetro, polvere di noccioli di albicocca o di altri tipi di frutta. Il diametro delle particelle si aggira solitamente intorno ai 20-60  $\mu\text{m}$ , ma può raggiungere anche i 50-80  $\mu\text{m}$ . Ovviamente, l'oscillazione tra i valori granulometrici è strettamente correlata alla natura stessa della polvere abrasiva. La selezione del diametro appropriato alle esigenze dell'intervento dipende dalla natura, dal tipo e dalle condizioni conservative del materiale da pulire, nonché dallo spessore, dalla natura e dalla differente collocazione dei depositi interessati all'azione di rimozione. Negli interventi conservativi ricorre spesso l'impiego di granulati aventi dimensioni analoghe ai valori menzionati; alcuni autori, tuttavia, consigliano di non superare mai i 30  $\mu\text{m}$  di diametro. Non soltanto la dimensione, ma anche la durezza e la forma delle particelle da utilizzare nell'intervento devono essere determinate in base alla durezza dei minerali costitutivi del litotipo, alla natura e allo spessore delle incrostazioni da rimuovere. La scelta dell'abrasivo, inoltre, è influenzata dalla dimensione dell'orifizio dell'ugello e dalla pressione d'esercizio con cui si intende operare. La dimensione, la forma e il peso specifico delle particelle prescelte, peraltro, condizionano la velocità stessa del getto, mentre le caratteristiche del granulato, unitamente alla pressione, influenzano fortemente l'aspetto e la rugosità finale della superficie. In ogni caso, è indispensabile che la polvere abrasiva di volta in volta appropriata al caso abbia durezza leggermente superiore a quella del deposito da rimuovere, ma minore di quella della pietra da pulire. Il granulato deve essere variato sulla base delle necessità della singola area da trattare e, se necessario, va sostituito più volte anche nel corso della pulitura di un'area ristretta. In particolare, si dovranno alternare polveri più incisive ad altre meno aggressive per natura e granulometria, qualora si accerti che a sottosquadri e ad aree ricoperte da incrostazioni coerenti, si alternano superfici esposte al dilavamento o zone occultate da depositi meno consistenti. Analoghi accorgimenti dovranno essere adottati se all'intervento di microsabbatura sono sottoposti paramenti o manufatti caratterizzati da un alternarsi di aree in buono stato di conservazione e altre seriamente alterate, o se all'azione abrasiva sono interessati gli ultimi depositi situati a immediato contatto con la superficie lapidea. Nelle operazioni di finitura eseguite a immediato contatto con il materiale originario è consigliabile ricorrere a granulati minuti e privi di spigolosità, proiettati a pressioni molto ridotte. Si dovrebbe poi rinunciare al livello di pulitura preventivamente stabilito qualora, nel corso dell'intervento, si accerti l'esistenza di una forte aderenza tra superficie e pellicole di ossalati

o patine di altra natura e origine. In tal caso, l'azione abrasiva dovrebbe limitarsi a un parziale alleggerimento degli strati di deposito più consistenti, escludendo incontrollate asportazioni di materiale originario o il danneggiamento di eventuali pellicole policrome o dorature.

Anche sulle sculture, sugli apparati decorativi e sui rilievi finemente scolpiti si deve procedere con estrema lentezza e cautela, così da operare esclusivamente sulle zone ricoperte dalle incrostazioni, senza mai alterare i volumi, i particolari architettonici e scultorei fine-mente lavorati, le tracce di lavorazione ancora presenti, le eventuali policromie e dorature, le scialbature o i residui di antichi trattamenti celati dallo sporco (fig. 2 fig. 3). Analoghe attenzioni richiede il serrato alternarsi di superfici lisce e aree scolpite. È necessario, anche in questo caso, modificare volta per volta i parametri d'intervento, cioè il tipo e la granulometria dell'abrasivo, la pressione del getto, il tipo di ugello, la distanza ugello-superficie, l'angolo d'impatto ecc. In presenza di materiali lapidei in buono stato di conservazione, ricoperti da depositi spessi e duri, si può operare con un flusso di polvere abrasiva e aria vicino al 70% dei valori massimi; su superfici particolarmente alterate, su materiali altamente decoesi e sgretolati, oppure in presenza di superfici dipinte, il getto di polvere abrasiva deve limitarsi al 20-30% dei valori massimi, mentre il dispositivo di controllo del flusso d'aria deve rimanere fissato su valori prossimi allo zero. Il compito di calibrare l'incidenza dell'azione abrasiva deve essere affidato a operatori esperti, in grado di procedere con estrema cautela e di adottare le opportune precauzioni al variare della morfologia e delle condizioni conservative di ogni porzione di superficie trattata. L'intervento di microsabbatura richiede tempi di lavoro piuttosto lunghi, ma è proprio il procedere lento e accorto che permette di interrompere o

limitare l'azione di pulitura ogniqualvolta si individuano quelle patine o quegli strati da preservare che, assai frequentemente, si nascondono sotto i depositi coerenti, intimamente legati ai substrati.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il tipo di granulato abrasivo e le sue caratteristiche tecniche, la determinazione della distanza e dell'angolo di impatto del flusso abrasivo con la superficie, la pressione del getto e i tempi di lavoro sulla singola area, costituiscono i parametri che influenzano l'incidenza dell'azione abrasiva. Alla loro determinazione si deve pervenire mediante prove di laboratorio da eseguire su campioni dello stesso litotipo della superficie da pulire. Le prove preliminari per la valutazione dell'efficacia e della compatibilità del metodo possono essere effettuate anche in loco, a condizione che non sussistano particolari controindicazioni e il materiale lapideo si presenti in buono stato di conservazione. Sui campioni allestiti in laboratorio, tuttavia, si possono effettuare accertamenti difficilmente verificabili *in situ*. Nella fase di controllo delle procedure d'intervento deve essere innanzi tutto privilegiata la misura di quei parametri che permettono di mettere in risalto le modificazioni indotte sul materiale dall'azione abrasiva. Il rilevamento del valore della rugosità media, ad esempio, può evidenziare l'entità dell'attacco subito dai minerali costitutivi della pietra e quindi l'aumento degli spazi intercrystallini o delle microfessure lungo i bordi dei granuli (fig. 4).

Anche le misure d'assorbimento capillare possono fornire indicazioni sulle modificazioni indotte dall'impatto delle microparticelle abrasive. In alternativa, o parallelamente agli accertamenti indicati, si possono rilevare la rugosità, la morfologia e l'aumento della superficie specifica, osservando al microscopio ottico alcuni campioni prelevati e le rispettive sezioni trasversali. Osservando al SEM le superfici dei campioni già analizzati al microscopio ottico, invece, è possibile condurre ulteriori accertamenti sui parametri segnalati e, in particolare, raffinate verifiche sulla modificazione della topografia superficiale. Particolare cautela deve porsi nella pulitura dei materiali eterogenei (brecce costituite da minerali duri e teneri), onde evitare erosioni degli elementi meno resistenti e microfratturazioni diffuse, che inevitabilmente accelererebbero la comparsa di nuovi processi di alterazione. Allo stesso modo, anche la microsabbatura di paramenti o manufatti di marmo saccaroide (marmi di Carrara, marmi greci ecc.), richiede particolare attenzione, poiché, i grossi cristalli di calcite costitutivi della struttura cristallina del litotipo, oppongono poca resistenza meccanica all'impatto superficiale dell'abrasivo e risultano, perciò, facilmente disgregabili. La microsabbatura deve essere attentamente controllata anche nel caso di puliture eseguite su calcari cosiddetti teneri, ove l'insistente percussione dell'abrasivo potrebbe provocare un'apprezzabile diminuzione della durezza dello strato superficiale. In siffatti ambiti d'intervento deve essere evitata qualsiasi azione in grado di causare stress meccanici alla pietra, oppure aumenti della rugosità superficiale o variazioni delle proprietà ottico-visive originarie. Per evitare tali complicazioni, si deve interrompere l'azione abrasiva appena possibile e prevedere l'adozione di un sistema di pulitura meno invasivo, o rinunciare alla rimozione completa degli strati di alterazione più aderenti alla superficie. Un'attenta selezione del granulato abrasivo deve tenere in considerazione anche le specifiche tecniche dei materiali scelti per i successivi interventi di consolidamento e di protezione. La forma delle particelle proiettate sulla superficie, infatti, produce impronte (tondeggianti o a spigolo vivo) che influenzano l'efficacia dei prodotti ad azione consolidante e/o protettiva. Se le superfici da pulire presentano aree, decorazioni o volumi in rilievo fortemente degradati, caratterizzati da fenomeni di erosione, esfoliazione, scagliatura, sollevamento ecc., è necessario prevedere un intervento di preconsolidamento localizzato che permetta di riportare il materiale in condizioni atte a sostenere l'azione di pulitura. L'intervento di parziale riconsolidamento del materiale alterato determina l'indurimento dei depositi da rimuovere e, di conseguenza, la necessità di utilizzare abrasivi che, pur favorendo la progressiva riduzione degli strati di sporco situati a immediato contatto con la superficie, escludano l'involontaria asportazione di materia originaria. Ove possibile, la graduale rimozione dei depositi preconsolidati può essere condotta parallelamente all'intervento di consolidamento vero e proprio, poiché, imbibizione e penetrazione in profondità della resina consolidante sono agevolate dal progressivo assottigliamento delle incrostazioni. Durante la rimozione degli strati di alterazione, ogni operatore deve adottare le opportune misure cautelative, munendosi di tuta, guanti da lavoro e mascherina protettiva corredata di filtro per l'aria, onde evitare l'inspirazione delle polveri prodotte dal getto aeroabrasivo e dalla disgregazione delle incrostazioni. In cantiere, inoltre, per ciascun operatore impegnato nell'intervento di pulitura deve essere disponibile un aspiratore o, in alternativa, si dovrà

predisporre un impianto di aspirazione che agisca nello spazio di lavoro. L'installazione dell'impianto deve ritenersi indispensabile qualora si intervenga su paramenti o manufatti lapidei situati in ambienti confinati. Se la pulitura è eseguita in condizioni di elevata umidità ambientale, è consigliabile ricorrere ad appropriati deumidificatori dell'aria in ingresso alla strumentazione, per evitare la formazione di grumi e ostruzioni di polvere all'interno delle condutture e nell'ugello. La microsabbatura, al pari delle altre tecniche di pulitura meccanica, può determinare un apprezzabile aumento della rugosità superficiale del materiale lapideo e una variazione delle proprietà ottico-visive. Tra le pietre particolarmente sensibili all'azione abrasiva vi sono i cosiddetti calcari teneri, materiali spesso utilizzati per la realizzazione di modanature, rilievi e apparati decorativi scolpiti. Poiché sulle superfici di tali elementi si interviene sovente proprio con lo strumento aeroabrasivo, si deve interrompere l'azione appena possibile, a evitare incrementi della rugosità e la conseguente predisposizione del materiale a ulteriori degradi. La microsabbatura, inoltre, può incidere sulla durezza dello strato superficiale delle pietre e diminuirne la consistenza. Il suo impiego deve escludersi anche in presenza di superfici friabili, fessurate, sollevate o comunque visibilmente degradate, sulle quali è necessario effettuare un intervento di preconsolidamento, così da conferire al materiale una consistenza sufficiente a garantire lo svolgersi della pulitura. Le resine preconsolidanti rinsaldano assieme il materiale polverulento e decoeso della pietra e i prodotti di alterazione superficiali; ciò determina un indurimento dei depositi e rende assai complessa la loro rimozione. In tali casi, l'intervento non dovrebbe spingersi oltre certi livelli ma, soprattutto, dovrebbe rinunciare a effetti di omogeneità che potrebbero richiedere insistenti azioni abrasive. Altri limiti della tecnica aeroabrasiva risiedono nel carattere fortemente specialistico, nella lentezza d'esecuzione, nella sensibilità dello strumento aeroabrasivo, nell'usura degli ugelli e delle condutture di passaggio della polvere, nella perdita dell'abrasivo utilizzato. Queste complicazioni, unitamente alle caratteristiche tecnologiche della strumentazione, determinano costi finali elevati e non ne rendono accettabile l'applicazione alle superfici estese. Tali limiti, tuttavia, sono ampiamente compensati dalle innumerevoli possibilità applicative e dai risultati che si possono ottenere nel trattamento di superfici deteriorate, nella pulitura di paramenti lapidei e apparati decorativi di pregio, nel rispetto delle patine e di eventuali scialbature o tracce di policromia e doratura.

## ESPERIENZE

Nella maggior parte degli esempi citati la microsabbatura è stata utilizzata in associazione con altre tecniche di pulitura, soprattutto negli interventi eseguiti su facciate o paramenti lapidei di grandi dimensioni: Battesimo di Cristo di A. Sansovino, porta orientale del Battistero di Firenze. Loggia del campanile di San Marco, Venezia. Porta della Carta di palazzo Ducale, Venezia. Vera del pozzo in campo SS. Giovanni e Paolo, Venezia. Monumento funebre del Doge Bartolomeo Gradenigo, basilica di San Marco, Venezia. Lunetta della porta della cappella Corner, chiesa di S. Maria Gloriosa dei Frari, Venezia. Lunetta del portale principale della Scuola grande di San Marco, Venezia. Colonna del Leone di San Marco, Venezia. Telamone e cariatidi, facciata della cattedrale di Cremona, portico della Bertazzola.

S. Marco di Donatello, Firenze, Orsanmichele. Facciata della chiesa di S. Fermo Maggiore, Verona. Facciata di palazzo Bevilacqua, Verona. Facciata del duomo di Prato. Arco di Tito, Roma. Facciata della chiesa di Santa Croce a Lecce. Facciata della chiesa di S. Susanna, Roma. Facciata della chiesa di S. Cristina, Torino. Statue di Prato della Valle, Padova. Portali della chiesa del collegio dei Gesuiti, Trapani.

Chiostrò delle Luigine, Parma.

Cappella dei suffragi Pantheon del civico cimitero di Staglieno, Genova.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV., *La cappella dei Suffragi Pantheon del civico cimitero di Staglieno. Studi e restauri*, 2001-2004, Genova, 2004.

Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004.

Zuffanelli, A., *Il chiostrò delle Luigine a Parma*, Bologna, 1990.

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Biscontini G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Laurenzi Tabasso M. 1989; Lazzarini L. 1981; Matteini M. 1998.

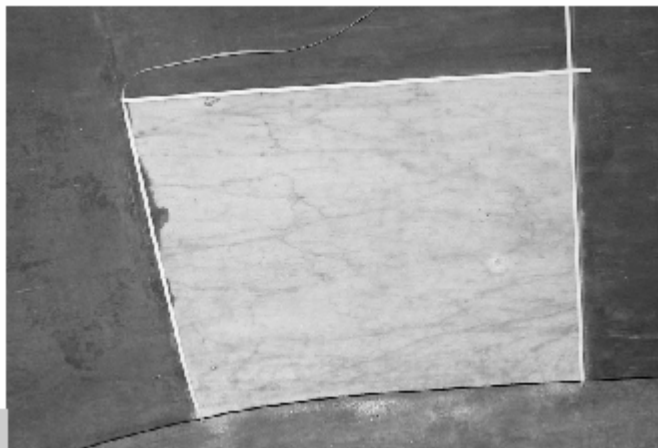


Figura 1 • Saggio di pulitura tramite microsabbatura di precisione su una lastra marmorea.



Figura 2 • Microsabbatura di precisione applicata alla pulitura di balastrini di marmo.



Figura 3 • Operatore al lavoro con strumentazione per microsabbatura di precisione.

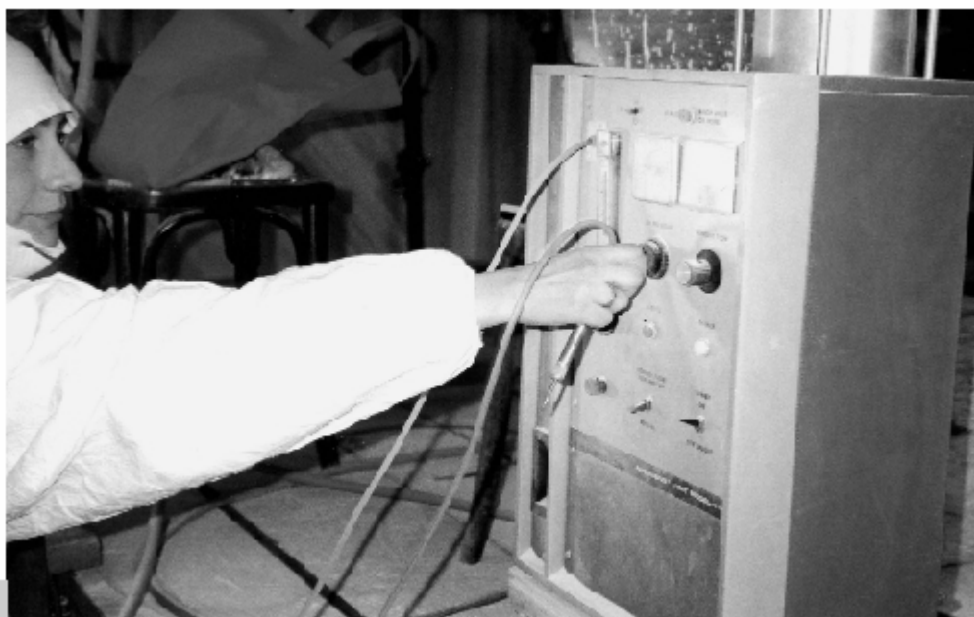


Figura 4 • Apparecchiatura per microsabbatura di precisione. (OPD)

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Con questa tecnica le incrostazioni sono rimosse dall'azione meccanica di un getto aeroabrasivo, formato da sottili granuli convogliati sulla superficie del metallo da una pistola a spruzzo. L'azione martellante della polvere che esce dall'ugello provoca il distacco e l'assottigliamento dello strato superficiale da eliminare. La microsabbatura rappresenta uno dei metodi più efficaci di pulitura a secco: il granulato abrasivo è aspirato dal contenitore e inviato, lungo il tubo flessibile della lancia erogatrice, fino all'ugello. Gli inerti non agiscono tanto come abrasivi bensì, battendo ripetutamente sulla crosta, e diminuendone le proprietà meccaniche fino a farla cadere.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Serve per asportare qualsiasi incrostazione morbida, dura o vetrosa. Può essere impiegata, ad esempio, per rimuovere depositi silicei e sudiciume da bronzi a superficie liscia o per rimuovere la fanghiglia e la ruggine dal bronzo e dal ferro. Si usa questa tecnica per oggetti piccoli e in presenza di decori, a differenza della sabbatura che è impiegata su oggetti di grandi dimensioni e per operazioni più grossolane. Si può utilizzare anche per oggetti fragili, poiché, variando la pressione e la distanza del getto, si eseguono puliture molto raffinate, che in pratica non intaccano il materiale sano. Questo metodo può essere utile in caso di corrosione a "pitting", per pulire in profondità i crateri prodotti dai cloruri che devono essere trattati in seguito con processi di inibizione. L'uso della microsabbatrice è invece improponibile per qualsiasi superficie di un manufatto bronzeo, in quanto non consente il mantenimento della patina.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI ESECUTIVE**

La tecnica si basa sull'uso di una speciale apparecchiatura aeroabrasiva, con la quale è possibile eseguire una sabbatura molto precisa, grazie soprattutto alla sottigliezza del getto, alla finezza e alla qualità dei granuli abrasivi (v. *PLT14 - Microsabbatura di superfici lapidee*). Esistono vari tipi di microsabbatrici, da quelle di uso più semplice a quelle più sofisticate. In linea generale esse sono costituite da una micropistola che, grazie a un compressore d'aria spara abrasivi scelti, di dimensioni molto ridotte (da 4 a 45 µm circa), con un getto di aria che investe una superficie di qualche millimetro quadrato. Il compressore d'aria può essere sostituito da una bombola di gas inerte. La polvere abrasiva è convogliata dal flusso d'aria o gas in un tubo flessibile che termina con un manipolo in cui possono essere inseriti vari tipi di ugelli. Tramite i comandi presenti possono essere regolati sia il flusso dell'aria sia la quantità di polvere emessa nell'unità di tempo. L'intensità dell'azione pulente è regolata quindi dai seguenti parametri:

- tipo di polvere impiegata (granulometria, durezza, forma dei grani);
- valori della pressione dell'aria o degli eventuali gas utilizzati;
- diametro del foro di uscita dell'ugello (variabile da 15 a 75 µm);
- distanza dell'ugello dalla superficie da trattare;
- angolo del cono formato dalla polvere quando esce dall'ugello;
- inclinazione del getto di polvere rispetto alla superficie da trattare.

Al variare di questi fattori si ottengono un'intensità e un raggio d'azione regolabili secondo le particolari necessità. L'uso della microsabbiatrice comporta quindi una fase di prova per saggiare gli effetti su diverse superfici e poter scegliere tra i parametri sopra citati quelli più adatti. Le polveri usate più comunemente sono costituite da ossido d'alluminio o di sfere di vetro. Queste ultime hanno un'azione esclusivamente martellante e non danneggiano il metallo. Altri abrasivi usati con minor frequenza sono i granuli di silice o di carburo di silicio, granulati di tutoli di granturco, gusci di noce in polvere, granuli di bauxite o di ferro, ossido di alluminio e perfino talco. I granulati di tutoli di granturco e i gusci di noce in polvere hanno un'azione abrasiva moderata e graduale, ma non rimuovono le incrostazioni tenaci e i prodotti formati a seguito di fenomeni penetranti di corrosione (pitting); hanno quindi un'azione troppo lenta sugli strati di corrosione di grosso spessore, mentre sono particolarmente adatti per la pulitura di patine sottili e superficialmente "polverulente". L'operazione si esegue con granuli di 0,2-0,5 mm di diametro, alla pressione di 10 atmosfere (pressione misurata in uscita dal compressore), a una distanza di circa 15 cm e con leggera inclinazione del getto. La bauxite è particolarmente indicata nella pulitura degli oggetti da museo. Per strati molto sottili di prodotti di corrosione e su manufatti particolarmente delicati si può usare il bicarbonato di sodio come polvere abrasiva molto leggera. Generalmente la granulometria degli abrasivi varia da 4 a 45 µm. Circa la potenza dell'impianto si può affermare che, in generale, la pressione di esercizio di una microsabbiatrice deve essere regolata in funzione del diametro dell'ugello utilizzato e deve essere compresa tra i 3 e gli 8 bar: ad esempio, se l'ugello ha un diametro di 1-2 mm, la pressione dovrà essere compresa tra i 3 e i 5 kg/cm<sup>2</sup>. Entro questi due limiti il lavoro si esegue senza problemi, mentre al di sotto non si ottiene alcun risultato e al di sopra si può danneggiare rapidamente l'oggetto. Per la scelta dei gas, il più semplice da avere è l'aria compressa, la cui produzione è meno cara e che è sempre disponibile. L'inconveniente maggiore è che contiene ossigeno; il che può provocare reazioni chimiche sullo strato messo a nudo durante il trattamento. Inoltre, si deve prevedere un sistema di essiccamento dell'aria, che è sempre carica di acqua, per evitare fenomeni di corrosione della macchina. In luogo dell'aria compressa si può utilizzare un gas inerte, come l'azoto, che ha il vantaggio di non innescare fenomeni di corrosione dell'apparecchio o dell'oggetto trattato, ma costa più caro e richiede una manutenzione frequente delle bombole che lo contengono.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La microsabbatura è di impiego difficile e delicato per la scelta dell'abrasivo più idoneo alla durezza presunta dell'incrostazione e al supporto, e per la calibratura dei diversi parametri, come la pressione dell'aria, il diametro dell'ugello, la distanza tra ugello e oggetto. L'operatore deve quindi avere fatto esperienza sotto la guida di una persona che abbia già acquistato consuetudine col mezzo. Bisogna in particolare fare molta attenzione nell'usare la microsabbatura su pezzi di ferro dolce fucinato, ricchi di minuti elementi decorativi. Le polveri usate, essendo molto fini, tendono ad assorbire umidità, e perciò, soprattutto usando l'apparecchio all'aperto, può succedere che questo si inceppi per la cattiva scorrevolezza dell'abrasivo. Una soluzione a questo inconveniente è l'uso, come abrasivo, di sfere di vetro unite ad acqua, in modo che dagli ugelli esca un flusso di acqua nebulizzata e di abrasivo (sfere di vetro del diametro di circa 50-100 µm). Durante l'applicazione non si riesce a investire con particolare precisione la zona da pulire, che andrà quindi circoscritta.

È necessario iniziare il trattamento con polveri più morbide e salire gradualmente di durezza. L'uso di polveri molto dure può asportare il metallo sano. Per lavori di precisione eseguiti in laboratorio, si può utilizzare la microsabbiatrice con l'ausilio di un microscopio binoculare (fig. 1, fig. 2).

La microsabbiatrice, così come la sabbiatrice, produce polveri che si depositano sulla superficie del manufatto e che devono essere eliminate preferibilmente con l'aspirapolvere, prima di un qualsiasi successivo trattamento. Tali polveri sono dannose per l'operatore, e inquinano l'ambiente circostante; perciò è necessaria una protezione per gli occhi e l'uso di un aspiratore a maschera per evitare di inalare le polveri. Un limite di questo metodo è la sua scarsa efficacia in termini di tempo: sono necessarie ore per pulire qualche centimetro quadrato. Inoltre, l'uso di questa tecnica ha una notevole incidenza economica sia per l'alto costo iniziale dell'apparecchiatura, sia per il grande consumo di ugelli e in generale per la manutenzione di tutti i componenti. L'abrasione *pneumatica* è un tipo alternativo di sabbatura, eseguita con particelle abrasive di diverso peso (tra



i 10 e i 15 microgrammi) e durezza (ad es. ossido di alluminio, dolomia, perline di vetro). La pressione del getto è compresa tra i 3 e i 6 kg/cm<sup>2</sup>. L'Airbrasive è un apparecchio estremamente versatile, che consente di attuare una serie di modifiche nella procedura di restauro, in funzione del metallo da trattare.

### ESPERIENZE

Piazza Maggiore, Bologna, fontana del Nettuno (Giambologna). New York, Usa, statua della Libertà.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bernardini G. P., Casini M. C., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M. R., Trosti Ferroni R. 1995, pp. 33-55; Bidorini S., Brini A. 1983, Burrini F., Nencetti P. 1988, pp. 98-105; Burrini F., Nencetti P. 1992; Guida G., Marabelli M., Marano A., 1991, pp. 63-74; Marabelli M., Mazzeo R., Morigi G. 1991, pp. 57-62; Marabelli M. 1995; Marabelli M., s.d., pp. 497, 495; Matteini M., Moles A. 1983; Melucco Vaccaro A. 1989; Morris K., Krueger J. W. 1979, pp. 40-43; Ronchi M. (a cura di) s.d.



Figura 1 • Apparecchiatura per la microsabbatura di precisione in laboratorio. (OPD)



Figura 2 • Operatrice durante l'azione di microsabbatura. La pulitura si svolge in condizioni di sicurezza dai rischi provocati dalle polveri abrasive e dai microdetriti. (OPD)

<b>PLT 16</b>	<b>PULITURA CON IMPACCHI DI ARGILLE ADSORBENTI</b>
---------------	--

### Sommario

PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE

Si tratta di un sistema di pulitura che si avvale dell'impiego di speciali argille adsorbenti quali la sepiolite, l'attapulgitite e anche la bentonite. L'attapulgitite e la bentonite derivano il loro nome rispettivamente da Attapulgitus, una città ai confini tra la Georgia e la Florida (USA), e da Fort Benton, nel Montana, nei pressi delle quali si trovano i giacimenti più importanti. La sepiolite, invece, è un minerale di origine secondaria, noto anche col nome di "schiuma di mare". Il fango che si ottiene mescolando l'argilla con l'acqua esercita sulle superfici un'azione di tipo fisico: l'elevata capacità adsorbente delle argille selezionate, infatti, agevola il richiamo verso l'esterno degli ioni dei sali solubili presenti all'interno della struttura porosa dei materiali lapidei; favorisce l'estrazione delle sostanze grasse e/o oleose; prolunga l'azione solvente dell'acqua facilitando così la dissoluzione del gesso e dei leganti di natura organica che cementano depositi e croste nere. L'attapulgitite e la sepiolite sono dei fillosilicati idrati di magnesio, vale a dire dei minerali a struttura lamellare in grado di esercitare una forte azione adsorbente e di impregnarsi di soluzioni acquose, oli o altri liquidi in rapporto al loro peso: un chilogrammo di attapulgitite, ad esempio, può assorbire un chilogrammo e mezzo di acqua senza rigonfiarsi e, di conseguenza, senza variare il volume occupato a secco. Questa marcata capacità di ritenzione è favorita proprio dal concatenamento tridimensionale degli atomi, un legame che sviluppa cristalli allungati rispetto a un asse e che, in presenza di fenomeni di idratazione, non consente alcun spostamento della struttura. La sfaldatura dei cristalli delle argille adsorbenti sviluppa forme allungate, aghiformi, dotate di un'elevata area superficiale e quindi di una grande capacità di assorbimento. Le proprietà adsorbenti, dunque, non risiedono esclusivamente nell'elevata area superficiale del minerale argilloso, ma anche in questi canali dal diametro medio di 0,01  $\mu\text{m}$ , entro i quali si localizzano le molecole dei liquidi polari e gli ioni dei sali solubili. La selettività nel processo di assorbimento delle molecole organiche è, in ordine decrescente, il seguente: acqua, alcoli, acidi, aldeidi, chetoni, olefine, esteri neutri, composti aromatici, cicloparaffine, paraffine. Il potere adsorbente si manifesta pure nei confronti dei prodotti organici secreti dagli agenti biodeteriogeni allignanti sulle superfici lapidee. Va precisato che l'azione di pulitura vera e propria è esercitata dal solvente, mentre il fango duttile e adesivo, garantisce il contatto tra il liquido e la superficie, ed esalta l'azione pulente dilatando i tempi di interazione tra il mezzo solvente e i depositi da rimuovere. La permanenza in sito dell'impacco agevola la dissoluzione del gesso, delle croste nere e dei leganti di natura organica, assorbiti dalle argille in fase liquida o solubilizzata.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

La sepiolite o l'attapulgitite, grazie al loro elevato potere assorbente, sono utilizzate come materiali tixotropici disperdenti e assorbenti. La possibilità di prolungare i tempi di contatto tra la superficie e il solvente o le soluzioni acquose ad azione solvente e/o complessante eventualmente addizionate alla poltiglia; consente interventi su materiali lapidei anneriti da depositi carboniosi e per i quali si ritiene necessario limitare l'uso dell'acqua, e permette di ridurre i tempi della nebulizzazione. Ricorrendo a questo sistema di pulitura, inoltre, è possibile non solo limitare la penetrazione in profondità degli agenti chimici, ma anche evitare l'azione abrasiva prodotta dall'impiego di pennelli o spugne su superfici particolarmente sensibili. Pertanto, la mancanza di qualsiasi tipo di azione aggressiva nei confronti dei substrati autorizza l'impiego degli impacchi di argille anche su superfici

lapidee delicate o su materiali deteriorati. La sepiolite e l'attapulgitite trovano impiego principalmente nella rimozione di croste nere anche coerenti, ma non troppo spesse (circa 1 mm); nell'eliminazione di macchie originate da sostanze di natura organica penetrate in profondità; nella rimozione di strati di sedimentazione generati dal ripetuto avvicendamento di specie batteriche, algali o licheniche e dai loro prodotti metabolici. Le argille sono anche in grado di inibire lo sviluppo e la proliferazione della litomicroflora, poiché, in assenza delle radiazioni luminose, i biodeteriogeni non riescono ad attivare l'indispensabile processo fotosintetico. Gli impacchi a base d'argilla adsorbente sono inoltre impiegati per l'estrazione dei sali solubili. La particolare struttura di queste argille, infatti, facilita la migrazione verso la superficie dell'impacco degli ioni salini, ove questi ultimi cristallizzano mentre l'acqua evapora. Per lo stesso motivo le argille sono consigliate anche nel caso si rendesse necessario associare all'azione di rimozione dei depositi carboniosi, l'estrazione di sostanze grasse, cerose e/o oleose. Con l'aggiunta di un agente complessante appropriato, poi, si possono eliminare o ridurre le macchie di ossidi di rame o di ferro. Questa tecnica può essere utilizzata su materiali lapidei poco porosi o comunque caratterizzati da una certa compattezza superficiale. Tuttavia, con opportune precauzioni, può essere impiegata anche su superfici deteriorate. L'impacco d'argilla può essere applicato su sculture policrome, altobassorilievi, reperti archeologici, pitture murali o intonaci situati tanto all'interno quanto all'esterno degli edifici, su apparati decorativi in stucco o in terracotta. Può essere impiegato anche per ammorbidire e/o rimuovere totalmente o parzialmente strati d'alterazione presenti in spessori consistenti e invecchiati, su paramenti o manufatti più volte sottoposti in passato a trattamenti protettivi o di lucidatura con sostanze grasse e/o oleose.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'attapulgitite e la sepiolite garantiscono risultati apprezzabili se usate in granulometrie comprese tra i 100 e i 200 mesh; a parità di condizioni, tuttavia, la sepiolite tende a perdere acqua per evaporazione più velocemente dell'attapulgitite, screpolandosi rapidamente e staccandosi prima dalla superficie. Il granulato di attapulgitite utilizzato per la pulitura di superfici verticali deve contenere una percentuale d'acqua maggiore del 6% (valore determinato per evaporazione a 105 °C): si privilegiano quei materiali argillosi che hanno subito trattamenti meccanici o termici in grado di incrementare l'area superficiale del minerale del 20% ca. rispetto alla norma. Nella maggior parte dei casi l'intervento non richiede personale altamente specializzato, poiché l'applicazione della poltiglia a pennello o a spatola è particolarmente semplice e veloce; le argille possono essere riutilizzate dopo un abbondante lavaggio con acqua. Se l'applicazione degli impacchi è preceduta da una blanda pulitura con acqua nebulizzata o atomizzata, si può ottenere una prima rimozione dei depositi più incoerenti di polvere o particellato atmosferico e un generale ammorbidimento degli strati carboniosi più consistenti. A tale procedura è consigliabile ricorrere qualora l'intervento interessi superfici estese, ricoperte da incrostazioni particolarmente spesse e compatte, per la rimozione delle quali sarebbe indispensabile ripetere più volte l'impacco. La stessa procedura è frequentemente adottata anche su superfici in precario stato di conservazione, ove necessariamente si impone un uso limitato dell'acqua. Secondo le indicazioni di Hempel, Lazzarini e Laurenzi Tabasso, all'applicazione dell'impacco su sculture e apparati decorativi si dovrebbe anteporre una preliminare rimozione degli eventuali strati di incrostazione, dei depositi grassi e oleosi. Tali sostanze dovrebbero essere rimosse con l'ausilio di tamponi di cotone imbevuti con opportuno solvente organico, mentre la successiva eliminazione delle tracce dei solventi dalla superficie dovrebbe avvenire per mezzo di tamponature di cotone imbevuto di acetone. Per la preparazione dell'impasto è preferibile utilizzare acqua deionizzata o distillata, per aumentare il potere solvente. L'applicazione del fango può essere preceduta anche da una generale irrorazione a spruzzo di acqua distillata sulla superficie e dalla stesura a pennello di una sospensione acquosa di argilla molto fluida. Successivamente, le argille devono essere mescolate all'acqua per formare un fango pastoso, facilmente lavorabile, tale da poter essere spalmato a pennello in spessori variabili da uno a tre centimetri. Per facilitare la permanenza dei fanghi su aree estese e lisce, si possono utilizzare reti di nylon del tipo di quelle adoperate in orticoltura per la coltivazione di ortaggi rampicanti. Durante la pulitura di superfici estese, inoltre, è consigliabile ricorrere a un agitatore meccanico, per mezzo del quale impastare e mantenere sufficientemente fluido il fango, nonché favorire una costante miscelazione fra i diversi componenti. La tixotropia, cioè la plasticità e, quindi, la capacità dell'impacco di aderire alle superfici verticali può essere migliorata aggiungendo

all'acqua e all'argilla percentuali variabili di attapulgitte micronizzata o prodotti colloidali a effetto gelificante. In presenza di depositi particolarmente consistenti, oppure in occasione di interventi eseguiti durante la stagione calda, si possono applicare sulla superficie esterna dell'impacco dei teli di garza e degli strati di cotone imbevuti di acqua demineralizzata. Lo strato di cotone deve poi essere ricoperto da un telo di polietilene eventualmente aperto sul lato superiore per consentire ripetuti inumidimenti dello strato di ovatta. Questo accorgimento permette di mantenere l'argilla umida per tempi più lunghi e, rallentando la velocità di evaporazione, favorire il rammollimento e la solubilizzazione dei depositi (fig. 1, fig. 2).

L'impacco va lasciato in loco per intervalli variabili tra le 48 ore e più giorni, o addirittura settimane, in rapporto al tipo e all'entità dei depositi e alle caratteristiche della superficie da pulire. Si deve evitare la rimozione del fango ancora umido, poiché ciò significherebbe interrompere lo scambio ionico ancora attivo tra argilla e prodotti di alterazione sedimentati in superficie. La rimozione deve avvenire alla comparsa di una crosta superficiale squamosa e incoerente, segnata da marcati fenomeni di *craquelure* provocati dall'evaporazione dell'acqua contenuta nell'impacco. La definitiva conclusione del processo di assorbimento è confermata anche dalla comparsa di un netto distacco tra superficie lapidea e impacco. L'allontanamento della poltiglia essiccata va portato a termine mediante lavaggio, oppure ricorrendo all'utilizzo di spazzole e pennelli di setola o di nylon, morbidi e asciutti. Per facilitare l'eliminazione del materiale incoerente e polverulento più aderente al supporto lapideo, si possono utilizzare panni o spugne soffici e umide, nonché spatole e bastoncini di legno di balsa da strofinare sui residui fangosi, evitando abrasioni della superficie sottostante. La rimozione delle scorie può essere agevolata anche dall'effetto ammorbidente di spruzzi d'acqua emessi da flaconi provvisti di dispositivo di nebulizzazione (spruzzatori manuali). Ove possibile, la rimozione del fango essiccato può essere ulteriormente facilitata dall'impiego di spazzole morbide di nylon rotate meccanicamente a bassa velocità (massimo: 280 giri/min). L'eliminazione dei residui dell'impacco, tuttavia, può risultare ancora più agevole se, prima dell'applicazione della poltiglia, si provvede a stendere una velina di carta o dei sottili fogli di carta giapponese a immediato contatto con la superficie. Tale precauzione, del resto, è da ritenersi indispensabile qualora l'intervento coinvolga superfici porose, pitture murali o intonaci: il filtro, infatti, ostacola la penetrazione in profondità delle particelle solide e, per di più, agevola la rimozione dell'impacco se al di sotto del sottile velo di carta si provvede a indirizzare un leggero soffio di aria compressa. Operando in questo modo, non resta sulla superficie alcun residuo, si evitano i ripetuti lavaggi e si escludono anche le leggere azioni abrasive prodotte dalle spugne. Se i depositi sono particolarmente spessi e consistenti, l'impacco può essere ripetuto a intervalli variabili dalle poche ore a una settimana: il numero degli impacchi necessari deve essere attentamente valutato per evitare spiacevoli inconvenienti quali, ad esempio, eccessiva sbiancatura del materiale. Al termine delle operazioni la superficie va sottoposta ad accurato lavaggio con acqua demineralizzata, nebulizzata sotto leggera pressione, onde favorire la rimozione dei residui dell'impacco, dei sali e dei prodotti di corrosione solubilizzati. Contrariamente a quanto accade per la rimozione delle croste nere si dimostra assai problematica sia la valutazione dell'andamento dell'estrazione dei sali, sia la definizione dei tempi di permanenza in sito del mezzo adsorbente. In numerose esperienze documentate dalla letteratura specialistica si ricorre alla misura della conducibilità specifica di un impacco ripetuto più volte su una stessa area; tra un'applicazione e l'altra si preleva una porzione di impacco che, previo essiccamento e pesatura, viene poi nuovamente diluita in acqua deionizzata a conducibilità specifica nota. La soluzione ottenuta è mantenuta in agitazione per un certo intervallo, favorendo così la dissoluzione dei sali presenti e la determinazione della conducibilità elettrica. Nella gran parte dei casi, i valori di conducibilità diminuiscono rapidamente nelle prime applicazioni dell'impacco, mentre, reiterando la procedura, tendono a stabilizzarsi intorno a un valore costante. Al verificarsi di quest'ultima condizione, l'efficienza dell'estrazione si dimostra ormai troppo contenuta e l'intervento di desalinazione può essere interrotto. Il controllo dei valori di conducibilità è effettuato direttamente in cantiere con elementari attrezzature di rilevamento e di un conduttimetro portatile, dotato di compensazione automatica della temperatura. Se le superfici lapidee, oltre ad essere impregnate di soluzioni saline, sono pure ricoperte da efflorescenze visibili, conviene procedere alla loro rimozione con spazzolini morbidi, onde evitare una rapida solubilizzazione di tali velature cristalline e ulteriori penetrazioni in profondità di soluzioni che complicherebbero l'estrazione (fig. 3).

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Qualora sia necessaria la rimozione di croste dure contenenti materiali poco solubili, si possono aggiungere all'impacco percentuali di prodotto detergente, rendendo così più efficace e rapido il processo di rimozione delle sostanze di natura oleosa o grassa, degli ossidi di ferro ecc. Le procedure di applicazione delle soluzioni o delle sospensioni acquose ad azione solvente e/o complessante, il tempo di contatto e l'asportazione del formulato devono essere attentamente ponderate e scrupolosamente controllate. A tale scopo, si dovrà sempre verificare mediante prove preliminari da eseguire in loco e in laboratorio, la compatibilità tra superficie lapidea e componenti diluiti nell'acqua dell'impacco. La rimozione del fango essiccato, inoltre, deve essere immediatamente seguita da un accurato lavaggio con acqua deionizzata. Tuttavia, è preferibile utilizzare altri tipi di materiali assorbenti qualora si rendesse indispensabile ricorrere all'uso di miscele contenenti più sostanze chimiche, opportunamente dosate per mantenere il pH vicino alla neutralità. Anche negli interventi di desalinazione di manufatti in pietra molto porosa o di pitture murali di un certo pregio si tende a sostituire l'argilla con polpa di carta. Per inibire lo sviluppo della litomicroflora, per rimuovere macchie di sostanze organiche penetrate in profondità o strati di biodeteriogeni, si possono aggiungere all'impacco prodotti biocidi, selezionati in base alla natura della bioalterazione. Oscurando l'area d'interesse, si interrompe il processo fotosintetico, cioè il processo di trasformazione energetica dei vegetali. Il periodo di oscuramento varia con il tipo di microrganismo e della consistenza degli strati di sedimentazione. I limiti all'applicazione del sistema derivano principalmente dalla scarsa efficacia su depositi di spessore consistente, dalla necessità di lasciare in sito gli impacchi per tempi relativamente lunghi, dalla difficoltà di controllare il processo di estrazione, tanto delle sostanze estranee, quanto dei sali solubili. Gli impacchi di argilla adsorbente riescono a solubilizzare e quindi a rimuovere solamente croste nere di debole spessore (un millimetro circa). Per rimuovere depositi spessi e coerenti, assai frequenti sulle superfici lapidee esterne, è necessario ripetere più volte l'applicazione dell'impacco. Pertanto, a fronte di una facile applicazione e di un costo relativamente contenuto, lo scarso rendimento su incrostazioni di un certo spessore e i lunghi tempi di lavorazione ne limitano l'impiego. Il sistema risulta inoltre difficilmente applicabile su vaste superfici anche se non mancano esempi significativi di puliture eseguite con impacchi di argilla su intere facciate. In altri casi, l'elevata capacità adsorbente delle argille può ridurre considerevolmente l'efficacia della pulitura, poiché una rapida sottrazione dell'acqua alla superficie non agevola ma ostacola la rimozione dei depositi e dei prodotti di alterazione. Gli impacchi di argilla non possono essere applicati su materiali lapidei molto porosi o qualora sussista il pericolo di migrazioni di sali solubili all'interno della pietra. Si deve inoltre evitare l'applicazione del fango su materiali soggetti a fenomeni di esfoliazione per piani paralleli o interessati da decoesioni intercrystalline. Un'ulteriore limitazione all'impiego della tecnica deriva dall'opacità del mezzo adsorbente che non consente un controllo immediato dell'efficacia e del livello di pulitura raggiunto nel corso dell'intervento. Solamente gli impacchi a base di carbossimetilcellulosa o di silice micronizzata possiedono il requisito della semitrasparenza, mentre nel caso delle argille adsorbenti gli unici parametri di controllo si riducono alla misura della conducibilità dell'impacco e alla durata dell'applicazione. Infine, va precisato che tanto i lavaggi eseguiti con i tradizionali sistemi di pulitura ad acqua, quanto gli stessi impacchi d'argilla possono richiamare in superficie gli ioni dei sali presenti nei substrati, e pertanto può accadere che al termine delle operazioni il rilevamento dei sali solubili faccia registrare valori maggiori di quelli misurati prima dell'intervento. È perciò indispensabile eseguire alcune prove preliminari, allo scopo di accertare l'efficacia e la compatibilità della tecnica, nonché i tempi d'azione dell'impacco.

## ESPERIENZE

Venezia, pulitura di alcuni settori della porta della Carta, palazzo Ducale. Desalinazione del muro interno alla Salt Tower, Torre di Londra. Pulitura del gruppo marmoreo *Il ratto delle Sabine* del Giambologna, Firenze, loggia dei Lanzi. Loggetta del Sansovino. Lunetta, in pietra d'Istria e marmo, della porta della cappella Corner, chiesa di Santa Maria Gloriosa dei Frari, Venezia. Pulitura del *San Marco* di Donatello, Firenze, Orsanmichele. Pulitura del gruppo scultoreo *Battesimo di Cristo* di A. Sansovino, Firenze, Battistero. Superfici esterne di palazzo Naselli-Crispi, Ferrara. Superficie a tergo dell'affresco staccato *Il trionfo della morte*. Desalinazione del dossale con *Madonna e Santi* di G. Rigino, secolo XIV, pietra di Avesa. Paramenti lapidei del duomo di

Prato. Colonne del tempio di San Lorenzo a Milano. Paramenti in pietra della chiesa di San Michele a Cagliari. Superfici lapidee del palazzo dei Diamanti, Ferrara. Convento di S. Maria della Misericordia a Missaglia, Brianza, nelle zone più fortemente deteriorate per attacco biologico pulitura ad impacco cui sono seguiti accurati lavaggi e spazzolature.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Appolonia L. 1995; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995.

Carretero M.I., Bernabé J.M., Galan E., *Application of sepiolite-cellulose pastes for the removal of salts from building stones*, in "Applied Clay Science", 2006, volume 33, fascicolo 1, pp. 43-51.

Pel L., Sawdy A., Voronina V., *Physical principles and efficiency of salt extraction by poulticing*, in "Journal of Cultural Heritage", 2010, Volume 11, fascicolo 1, pp. 59-67.

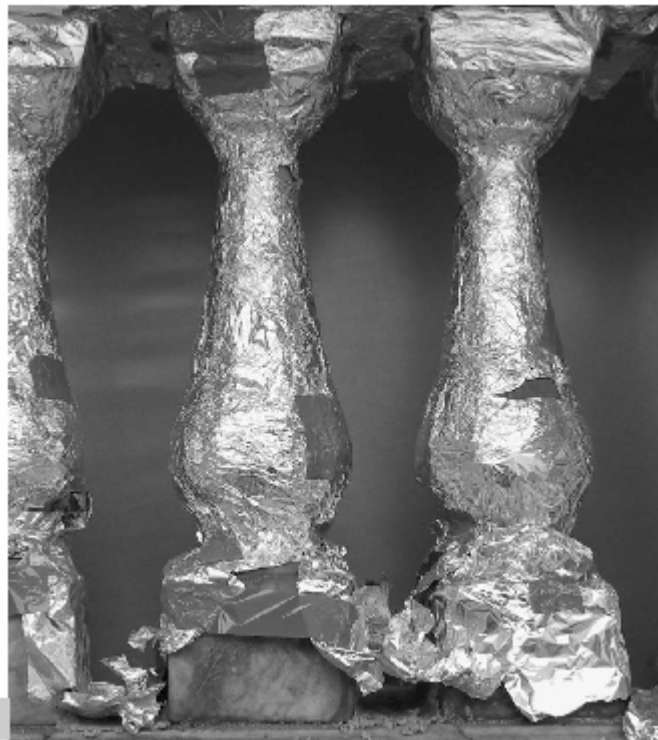


Figura 1 • Pulitura di elemento lapideo da incrostazioni mediante impacco di argille adsorbenti. Si noti l'uso di fogli di alluminio per rallentare l'evaporazione del solvente.



Figura 2 • Pulitura con impacchi di argille adsorbenti. In questo caso il rallentamento dell'evaporazione è assicurato da fogli di polietilene.



Figura 3 • Confronto tra due zone di superficie lapidea interessata da croste nere, prima e dopo la pulitura.  
(NFM)

**PLT 17****PULITURA DEI MATERIALI LAPIDEI CON  
IMPACCO BIOLOGICO****Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

L'impacco biologico o *bio-pack*, è una tecnica di pulitura che K. Hempel mise a punto nel 1978, in occasione dell'intervento conservativo delle superfici in pietra d'Istria e marmo cristallino della porta della Carta al palazzo Ducale di Venezia. L'impacco è costituito essenzialmente da argille adsorbenti (sepiolite, attapulгите), amalgamate con una soluzione acquosa di glicerina e urea. La poltiglia fangosa ottenuta è in grado di rimuovere depositi carboniosi di notevole spessore, difficilmente aggredibili da impacchi basati sull'azione di assorbimento della sepiolite o dell'attapulгите impastate unicamente con acqua. I materiali argillosi inerti e adsorbenti sono generalmente mescolati con 50 g di urea e 20 cc di glicerina per ogni litro d'acqua. L'urea è un composto organico azotato che si presenta sotto forma di sostanza solida bianca, cristallina, inodore, di sapore salino, solubile in acqua. Costituisce il prodotto finale del metabolismo delle sostanze proteiche nei mammiferi, ma può essere prodotta anche industrialmente, per sintesi. La glicerina è un alcol trivalente che si trova combinata negli oli e nei grassi dai quali viene estratta durante il processo di saponificazione. È ottenuta anche come prodotto secondario della fermentazione alcolica, e può essere ricavata per via sintetica. È una sostanza liquida, vischiosa, dolciastra, solubile in acqua in tutte le proporzioni. Le diverse prove di laboratorio, eseguite per accertare l'efficacia e la compatibilità del sistema di pulitura, sembrano confermare che la solubilizzazione del gesso e degli altri leganti delle croste nere sia effettivamente favorita dall'azione biologica di colonie di nitrobatteri sviluppati dalla miscela glicerina-urea. Hempel, in collaborazione con A. Moncrieff, responsabile del laboratorio scientifico del Victoria and Albert Museum di Londra, appurò che il meccanismo di solubilizzazione dei depositi di alterazione non era riconducibile a una semplice azione chimica, bensì a un processo di rimozione più complesso, molto probabilmente favorito dalla presenza simultanea di un'attività batterica. A tutt'oggi, per la verità, non sono ancora sufficientemente noti né il tipo di batterio capace di favorire tale processo di solubilizzazione, né i meccanismi che inducono i medesimi microrganismi a esplicare l'azione solvente nei confronti dei leganti delle incrostazioni. Dagli esiti delle prove eseguite in laboratorio è stato anche dedotto che l'urea stessa, decomponendosi, dà origine ad anidride carbonica e ammoniaca, due prodotti di reazione in grado di reagire chimicamente con i minerali costitutivi dei materiali lapidei. Hempel faceva risalire il processo di solubilizzazione delle croste nere a un endogeno contenuto biologico dell'alterazione, cioè a dei microrganismi già presenti nelle incrostazioni e che verrebbero nutriti dagli ingredienti dell'impacco. Tale interpretazione confermerebbe che l'ossidazione dell'anidride solforosa presente in atmosfera urbana inquinata avverrebbe anche per intervento di solfobatteri che, metabolizzando i composti solforati contenuti nell'aria, li convertirebbero in acido solforico, il principale responsabile della trasformazione della calcite delle pietre carbonatiche in solfato di calcio biidrato (gesso). L'origine biologica delle croste nere, tuttavia, viene ancor oggi ritenuta secondaria. Affinché tale processo accada, infatti, è indispensabile che nell'aria siano presenti concentrazioni molto elevate di anidride solforosa, oltre a un alto numero di batteri solfossidanti che, al contrario, sulle superfici lapidee sono presenti in concentrazioni assai limitate.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**



L'azione solvente esercitata dal *bio-pack* è ancor oggi indicata per la rimozione di depositi carboniosi coerenti e di un certo spessore da pietre compatte, soprattutto qualora s'intendano impiegare tempi di applicazione minori di quelli necessari agli impacchi a base di sola argilla e acqua. L'impacco, inoltre, può sostituire l'impiego dell'acqua nebulizzata o atomizzata, l'adozione degli impacchi a base di materiali adsorbenti veicolanti soluzioni solventi e/o complessanti, l'applicazione di altri sistemi di pulitura anche leggeri, ma rischiosi. In questi ultimi casi, infatti, è consigliabile evitare i tempi protratti della nebulizzazione o l'impiego di agenti chimici che, seppur blandi, potrebbero lasciare sulla superficie residui igroscopici, favorire la formazione di sali facilmente solubili e la diffusione in profondità di soluzioni pericolose. L'incremento dell'azione solubilizzante rende possibili puliture anche complesse, e quindi interventi su superfici particolarmente delicate. È stato utilizzato su superfici policrome ricoperte da depositi coerenti, rimossi i quali, sono per l'appunto comparse tracce di pigmenti e foglia d'oro; su marmi antichi interessati da gravi fenomeni d'alterazione; su litotipi compatti di natura calcarea, occultati da concrezioni di notevole spessore ecc. Tra i numerosi sistemi di pulitura sperimentati, l'impacco biologico viene ritenuto quello in grado di offrire maggiori garanzie negli interventi programmati sulle superfici in marmo Pentelico del Partenone. Osservazioni al microscopio ottico di campioni di calcare cristallino greco, appena estratti e trattati con l'impacco a base di glicerina e urea, non hanno evidenziato alcuna variazione di lucentezza o attacchi alla struttura granulare; anche la solubilità del calcio e quindi la variazione di peso dei campioni trattati è risultata molto più contenuta rispetto ad un normale intervento eseguito con acqua a 20 °C.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

I modi di preparazione del supporto e dell'impacco, le fasi dell'intervento e alcune precauzioni alle quali attenersi, ricalcano le condizioni operative descritte alla tecnica di pulitura con argille adsorbenti alla quale si rinvia. Secondo le indicazioni di Hempel, la poltiglia fangosa deve essere applicata in spessori di almeno due centimetri e lasciata agire per periodi variabili fra i trenta e i quaranta giorni. Per contenere i tempi di applicazione e ottenere risultati soddisfacenti anche nel caso di puliture difficili, è indispensabile programmare con attenzione tutte le fasi dell'intervento e stabilire il periodo dell'anno durante il quale l'azione dell'impacco può svolgersi in modo completo ed efficace. L'adozione di provvedimenti atti a ottimizzare il processo di dissoluzione delle incrostazioni e a limitare i tempi di permanenza in sito del fango consente di escludere la comparsa di eventuali effetti secondari, imputabili principalmente ad attacchi chimici ai minerali della pietra o alla formazione di colonie di biodeteriogeni. Indicativamente, l'intervento non deve aver luogo durante il tardo autunno e l'inverno, mentre è consigliabile operare con una temperatura esterna vicina ai 15 °C. È sufficiente una sola applicazione, e quindi, pur richiedendo lunghi tempi di contatto con la superficie, il sistema può dimostrarsi vantaggioso se confrontato con le ripetute operazioni necessarie per lo stesso tipo di pulitura con impacchi a base di argille amalgamate unicamente con acqua. Durante l'applicazione si possono utilizzare spatole flessibili e pennelli, ma è opportuno premere leggermente il fango sulle superfici scolpite o particolarmente elaborate, per garantire una buona adesione dell'impacco ai rilievi e ai sottosquadri. Nell'applicazione della poltiglia si deve prestare particolare attenzione al tipo di spatole e pennelli utilizzati, onde evitare che attrezzi sovradimensionati possano causare abrasioni, scalfitture e graffiature su superfici dipinte o finemente scolpite. I tempi di stesura del fango devono inoltre mantenersi entro intervalli ragionevolmente brevi, così da escludere precoci essiccamenti della poltiglia appena stesa. Anche la preparazione dell'impasto deve limitarsi alle quantità strettamente necessarie al completamento dell'intervento fissato per la giornata o per le ore di lavoro programmate (fig. 1).

L'impacco va poi ricoperto con fogli di politene sufficientemente sottili, in modo da garantire perfetta aderenza alle ondulazioni del fango. I fogli impermeabili, inoltre, devono essere ben sigillati ai bordi, per prevenire un rapido essiccamento della poltiglia, l'interruzione del processo di solubilizzazione dei depositi e la perdita d'efficacia della mistura (fig. 2). A conclusione del trattamento, i residui di fango e le incrostazioni carboniose ammorbidite, ma ancora aderenti alla superficie, possono essere eliminati ricorrendo all'impiego di spatoline e bastoncini di legno di balsa o materiale plastico tenero e flessibile, a punte smussate e arrotondate, ovvero mediante spazzole e pennelli di setola e/o di nylon, morbidi e asciutti. In alternativa all'uso di tali utensili, si possono impiegare spazzole morbide di nylon rotate meccanicamente a bassa velocità. Lo sporco, le velature fangose, i residui polverulenti rimasti in superficie dopo la rimozione della massa

dell'impacco possono essere allontanati con una spugna o con batuffoli di cotone intrisi d'acqua deionizzata (fig. 3, fig. 4).

Su superfici estese e in buono stato di conservazione ci si può avvalere di un lavaggio generalizzato con acqua demineralizzata, nebulizzata sotto leggera pressione. I residui fangosi aderenti ai sottosquadri e agli interstizi delle superfici scolpite possono essere rimossi con acqua deionizzata, nebulizzata con spruzzatori manuali. All'azione dello spruzzo può unirsi una blanda spazzolatura mediante brusche e pennelli morbidi. Per impedire il protrarsi dell'azione corrosiva dei nitrobatteri sviluppati dall'impacco, ma anche l'eventuale sviluppo di colonie di biodeteriogeni, si rende spesso indispensabile un trattamento finale con idonea sostanza biocida diluita in acqua; a questa operazione di disinfezione deve seguire un ulteriore lavaggio con acqua deionizzata, allo scopo di allontanare eventuali residui igroscopici del prodotto.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La permanenza in sito degli impacchi deve essere garantita da idonei accorgimenti, proprio al fine di evitare l'inopportuna rimozione dei teli impermeabili stesi a protezione della poltiglia fangosa in azione. In particolare, deve essere adeguatamente protetto e recintato lo spazio antistante le superfici situate ad altezza d'uomo. Possono essere programmati anzitempo eventuali controlli periodici dell'efficacia dell'impacco e dello stato di avanzamento del processo di solubilizzazione dei depositi carboniosi. L'intervallo d'azione dell'impacco deve essere tanto maggiore quanto più consistente è lo spessore delle incrostazioni aderenti alla superficie. Il protrarsi dell'azione dell'impacco, tuttavia, non deve mai provocare la comparsa di sbiancature e alterazioni cromatiche, o la rimozione di pellicole, patine e scialbature da salvaguardare. In presenza di incrostazioni molto resistenti è consigliabile ricorrere a un sistema di pulitura sostitutivo. In particolare, sulle aree preconsolidate e/o ricoperte da depositi che l'impacco biologico non è stato in grado di solubilizzare, si può procedere con interventi mirati di microsabbatura. Al pari degli impacchi a base di argille adsorbenti e acqua, il sistema è sconsigliato per interventi su litotipi particolarmente porosi o in precario stato di conservazione, con fenomeni di decoesione, disgregazione intergranulare, esfoliazione ecc. Per utilizzare l'impacco anche su superfici porose, Hempel propose di far precedere all'applicazione del fango l'impregnazione con acqua della superficie, ma è indubbio che tale procedimento può generare ulteriori gravi problemi di conservazione. Infine, non va sottaciuto che le componenti dell'impacco, reagendo tra loro, potrebbero causare un attacco chimico a danno di alcuni minerali costitutivi dei materiali lapidei. Qualora si abbia ragione di temere il verificarsi di tale complicazione, è consigliabile accertare mediante osservazioni al SEM la morfologia superficiale di alcuni campioni dello stesso litotipo preventivamente sottoposti all'azione dell'impacco.

### **ESPERIENZE**

Venezia, Porta della Carta, palazzo Ducale, 1979. Venezia, Lunetta del Portale della Scuola grande di San Marco. Superfici lapidee della fortezza veneziana di Corfù, 1994. Test di pulitura.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Biscontini G., Driussi G. (a cura di) 1995; Laurenzi Tabasso M. 1982; Laurenzi Tabasso M. 1989; Lazzarini L. 1981; Matteini M. 1998.  
Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004



Figura 1 • Prime due fasi di pulitura da croste nere. Nella parte alta, la superficie è protetta da velinatura; nella zona bassa, lo strato di impacco assorbente impregnato di sostanze solventi. (NFM)



Figura 2 • Terza fase: applicazione di fogli di alluminio per impedire la rapida evaporazione delle sostanze solventi. (NFM)



Figura 3 • Pulitura di superficie lapidea da croste nere mediante impacco con sostanze solventi. Sono visibili tre fasi del procedimento: nella parte bassa, la superficie è ancora ricoperta dall'impacco e da una pellicola plastica che ne impedisce l'evaporazione; in alto a sinistra, l'impacco è ormai impregnato di materiale disciolto; in alto a destra, la fase finale e la superficie pulita. (NFM)



Figura 4 • Rimozione dell'impacco, dopo l'effetto del solvente sulle croste nere. (NFM)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Una metodica impiegata per la rimozione di croste calcaree, scialbi e strati solfatati è basata sull'uso delle resine a scambio ionico. Queste hanno l'aspetto di microsferi a granulometria molto piccola, di colore ambrato più o meno scuro, secondo il tipo di resina. Il metodo sfrutta l'azione "pulente" che s'innescia con lo scambio di ioni che avviene tra un solido, detto scambiatore di ioni, e un liquido. Tale processo non comporta nessun cambiamento permanente nella struttura del solido. Il materiale solido che agisce come scambiatore può pertanto essere riutilizzato, dopo opportuna riattivazione. Questo vuol dire ricaricarlo con lo ione che deve scambiare, attraverso il trattamento con una soluzione contenente quello ione. Numerosi materiali di origine naturale agiscono come scambiatori di ioni (silicati, fosfati, cellulosa, proteine, bario solfato, allumina, zeoliti), ma nel campo del restauro per lo scambio tra un solido e un liquido si preferisce utilizzare polimeri, vale a dire resine sintetiche, opportunamente modificati con aggiunta di gruppi funzionali a carattere acido ( $\text{pH} < 7$ ) o basico ( $\text{pH} > 7$ ). Le resine a scambio ionico si distinguono, pertanto, in anioniche e cationiche. Una resina anionica possiede ioni negativi incorporati nella sua struttura e di conseguenza può scambiare ioni positivi. Le resine anioniche sono in grado di scambiare lo ione idrossido, o lo ione cloruro, scambiandolo con altri anioni, come ad esempio il solfato. Una resina cationica presenta, invece, ioni positivi e pertanto può scambiare ioni negativi. Le resine cationiche sono in grado di cedere lo ione idrogeno, o lo ione sodio, scambiandolo con altri cationi, ad esempio quelli del calcio. Le resine a scambio ionico sono commercializzate in forma di granulati sferici molto fini, il cui colore ambrato, più o meno scuro, dipende dal tipo di resina utilizzata.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

In generale, le resine a scambio ionico svolgono due tipi di azioni:

- liberano acidità (ioni  $\text{H}^+$ ) o basicità (ioni  $\text{OH}^-$ ) localmente;
- scindono i sali.

Nel campo del restauro le resine scambiatrici di ioni sono utilizzate perché hanno la proprietà di liberare acidità o basicità solo nella zona di contatto con il supporto cui sono applicate, solitamente a impacco, e il loro impiego riguarda soprattutto le superfici lapidee per:

- l'eliminazione dei solfati (solfato di calcio);
- la rimozione di scialbature a base di calce;
- la rimozione di patine di ossalati (principalmente ossalato di calcio);
- la rimozione della caseina (nella forma di caseinato di calcio).

Il trattamento di desolfatazione mediante resine anioniche (che scambiano ioni idrossido) può essere adottato per pulire elementi e superfici di manufatti lapidei naturali e artificiali (pietra, intonaco, stucchi, affreschi ecc.), perché non intaccano lo ione calcio ma l'anione solfato. Essendo alcaline ( $\text{pH} > 7$ ), queste resine di fatto sono d'impiego più ampio, in quanto, come le basi in generale, sono attive su svariati tipi di materiali organici: sostanze oleose, proteiche, resinose.

Possono dunque contribuire anche alla rimozione di materiali organici, presenti sotto forma di patine sui materiali lapidei. Le resine cationiche (che scambiano lo ione idrogeno) sono invece utilizzate per l'eliminazione di strati carbonatici, perché li solubilizzano scambiando lo ione calcio. Le resine a scambio ionico possono essere utilizzate anche sui manufatti metallici e lignei. Nella pulitura dei metalli sono impiegate per rimuovere croste calcaree o per eliminare carbonati e cloruri di piombo da oggetti costituiti da leghe del rame; mentre, sui manufatti lignei, trovano applicazione nella rimozione di ridipinture da opere policrome.

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Queste sostanze si preparano mescolandole con acqua deionizzata fino a ottenere una pasta abbastanza consistente e possono essere ulteriormente disperse in un supportante che le trattiene e rallenta la loro azione. La densità giusta è quella che consente di mantenere l'impacco nella posizione desiderata senza che coli acqua. Poiché agiscono solamente sulla superficie di contatto con lo strato da eliminare (che dopo un certo tempo si satura senza più reagire), è opportuno rimescolare leggermente con il pennello (naturalmente se lo stato di conservazione della superficie lo consente) o con un *rullino da affresco* lo stesso impacco in modo da far reagire tutta la superficie delle sferette che configurano le resine.

In generale non è possibile dare una dose precisa perché, a seconda della marca e del tipo, i granulati sferici possono variare anche sensibilmente. Le quantità di seguito indicate sono del tutto indicative la quantità ottimale di acqua deve essere trovata mediante prove eseguite in cantiere. La densità "giusta" dipende inoltre dal tipo di supporto su cui andrà applicata (caratteristiche tessiture superficiali, verticalità, orizzontalità, concavità, convessità). Le resine vanno applicate interponendo uno strato di carta giapponese in strati omogenei che possono variare da pochi millimetri a 1 cm di spessore.

#### *Resine a scambio anionico*

La tecnica consiste nella preparazione di paste con una consistenza tale da essere applicate a impacco sulla parte da trattare. Il prodotto va disperso in acqua deionizzata o distillata; in particolari situazioni la miscela può essere utilizzata in combinazione con soluzioni di carbonato d'ammonio all'1%, sempre in acqua deionizzata. L'applicazione può essere fatta mediante pennello o spatola e talvolta, quando la situazione lo richiede o lo permette, anche a spruzzo. Orientativamente si possono indicare rapporti di miscelazione che prevedono una parte di resina e una parte di acqua per impacchi da applicare a spatola; con quantità maggiori di acqua (1,5 parti di acqua su 1 di resina) la resina si può applicare a spruzzo o a pennello. Gli impasti vanno usati in un tempo piuttosto breve dalla miscelazione e se questa contiene anche soluzioni di carbonato d'ammonio, l'impacco va applicato subito dopo la preparazione della miscela. Prima del trattamento, le superfici vanno accuratamente pulite da polveri superficiali e inumidite per favorire il contatto con l'impacco. Eventuali oggetti di rame o coloriture con pigmenti a contenuto rameico presenti sulla superficie andranno accuratamente protetti. L'impacco va applicato in strati che variano da 2 a 5 mm e dovrà rimanere bagnato per tutta la durata dell'applicazione. Quest'ultima è la condizione essenziale perché avvenga lo scambio degli ioni; si consiglia pertanto di proteggere la superficie trattata con pellicola di polietilene. La durata dell'applicazione va determinata, come già anticipato, con prove preliminari su superfici campione. Trascorso il tempo utile all'ottenimento della pulizia desiderata, l'impacco andrà rimosso con blanda spazzolatura e/o aspirazione e successiva spugnatura con acqua. Il trattamento può essere ripetuto più volte. Possono, in alcuni casi, verificarsi degli sbiancamenti dovuti alla formazione di idrossido di calcio, il quale essendo solubile può essere rimosso subito (ancora bagnato e quindi trasparente) con l'aiuto di una spugna e acqua demineralizzata.

#### *Resine a scambio cationico per rimuovere scialbi a calce*

L'applicazione delle resine a scambio cationico avviene in modo del tutto analogo a quello delle resine a scambio anionico e prevede la seguente successione di operazioni.

— Preparare un impasto miscelando una parte di resina con 7-8 parti di acqua demineralizzata, in peso; utilizzando quantità di acqua leggermente maggiori si ottengono impasti più scorrevoli applicabili a pennello.

— Bagnare il supporto con acqua demineralizzata.

- Applicare il composto a spatola.
- Mantenere l'impasto e il supporto bagnati per tutto il tempo di applicazione, e per evitare l'evaporazione dell'acqua proteggere l'impacco con film di polietilene, o anche alluminio. Le resine, infatti, svolgono la loro azione fino a quando l'impasto e il supporto rimangono bagnati.

La quantità d'acqua, la consistenza dell'impacco e la durata dell'applicazione vanno determinate di volta in volta, secondo il manufatto e il problema da risolvere (*fig. 1, fig. 2, fig. 3*).

È un sistema che agisce delicatamente e con gradualità e cessa non appena viene meno il veicolo-acqua dell'impasto o con rimozione dello stesso. Per strati consistenti può essere necessario un intervento preliminare, mediante bisturi, per rimuovere meccanicamente l'incrostazione.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le resine a scambio ionico, sia anioniche sia cationiche, si rigonfiano leggermente in acqua, ma sono insolubili in essa e nella maggioranza dei solventi. Questa proprietà rappresenta un grosso vantaggio ma, per altri aspetti, può costituire un limite. Il vantaggio risiede nel fatto che questo tipo di reattivi agisce solo in superficie e non penetra nei pori del materiale contaminandolo. Allo stesso tempo, però, l'azione di scambio, che corrisponde alla sostituzione di ioni dannosi con ioni innocui, si limita alla sola interfaccia di contatto tra scambiatore e superficie da pulire, e perciò l'azione di pulitura è superficiale. Rispetto agli acidi e alle basi in forma libera, le resine a scambio ionico hanno dunque il vantaggio di localizzare l'azione chimica di ionizzazione e dissociazione, oppure l'azione idrolitica nei confronti di materiali organici macromolecolari. Su un intonaco realizzato con malta di calce o su un materiale lapideo a base carbonatica, le resine cationiche vanno usate con molta attenzione. Esse, infatti, liberano acidità (cioè scambiano lo ione idrogeno) che può intaccare il supporto carbonatico, solubilizzandolo. Il rischio di "scambiare" anche gli ioni calcio del supporto, oltre a quelli del deposito da rimuovere, è molto elevato. Le resine a scambio ionico sono da considerare a tutti gli effetti come reagenti acidi o basici, capaci però di agire in modo più localizzato rispetto ad altri reagenti. Spesso, il fattore discriminante che determina la riuscita o meno di un trattamento è il tempo di applicazione. È il tempo di applicazione, infatti, che permette di ottenere la selettività di azione. Per il trattamento dei manufatti metallici si utilizzano combinazioni di resine anioniche e cationiche. Calcolando le rispettive quantità dei due tipi di resina è possibile bilanciare il pH della miscela facendo sì che prima della reazione sia uguale o molto vicino a 7 e che, durante il trattamento, teoricamente mantenga l'equilibrio e la neutralità. Si parla, in questo caso, di "Resine a scambio ionico a letto misto". Per eliminare le incrostazioni di carbonato di piombo e cloruro di piombo il British Museum Research Lab ha messo a punto una tecnica di pulitura basata sull'uso di resine a scambio ionico che agiscono catalizzando gli ioni del metallo, e in particolare quelli del piombo. L'oggetto da trattare è immerso in un bagno di acqua distillata in cui sono stati sciolti alcuni granuli di resina sintetica; la quantità di acqua distillata è 2 volte, in volume, quella delle sferette di resina e la soluzione è mantenuta a circa 60 °C, da 5 a 7 ore. La resina va rinnovata fino alla totale dissoluzione delle incrostazioni bianche; gli ioni di carbonato di piombo sono assorbiti dalla resina che, cedendo gli ioni di idrogeno, provoca lo sviluppo di anidride carbonica. L'eliminazione di croste carbonatiche con resine a scambio-ionico non è adatta per monete, medaglie, pesi, distintivi e oggetti con motivi decorativi sottili e profondamente incisi. In questo caso, infatti, i granuli resinosi, per difficoltà di contatto, non potrebbero svolgere appieno la loro azione (Plenderleith, 1976, pp. 178-179). Anche gli oggetti in peltro possono essere puliti con resine scambiatrici di ioni. Queste resine non riescono ad agire in modo soddisfacente se non hanno il contatto fisico con la materia da rimuovere, e proprio per questa ragione il metodo non è raccomandato per i manufatti metallici che contengono fessure o buchi colmi di prodotti di corrosione o per oggetti che sono rivestiti di antica gommalacca ancora intatta. In alcuni casi l'efficacia della pulitura può essere aumentata applicando le resine a scambio ionico in sottili strati, invece che per impacco. Ciò è possibile, ad esempio, con semplici spennellature sulla superficie da trattare, previa interposizione di uno strato di carta giapponese.

### **ESPERIENZE**

*Resine a scambio anionico su manufatti lapidei*

Firenze, affreschi di Masaccio e Masolino, cappella Brancacci, 1987. Rimozione delle solfatazioni dagli affreschi.

Firenze, affreschi di Benozzo Gozzoli, Cappella dei Magi, Palazzo Medici Riccardi, 1992. Le resine anioniche sono state sfruttate per la loro alcalinità, sufficiente a facilitare la rimozione di gran parte dei materiali estranei, e al contempo per la loro azione limitata alla superficie che ha permesso di evitare qualsiasi interessamento degli strati pittorici verdi contenenti pigmenti di rame.

Arezzo, ciclo pittorico della Leggenda della vera Croce, 1993-1996. Le resine anioniche hanno permesso di eliminare le solfatazioni diffuse su tutte le superfici.

Prato, pitture murali di Palazzo Datini, 2005-2007. Dopo una serie di prove si è deciso di eseguire un pulitura con una contemporanea azione desolfatante tramite impacchi di resine a scambio ionico, del tipo anionico, applicate tramite uno strato di intervento di carta giapponese con tempi di contatto da 2-10 minuti, seguito da risciacquo con acqua deionizzata.

Firenze, pitture murali strappate della quarta campata del Chiostro Verde nel Complesso di Santa Maria Novella, 2005. Per rimuovere i depositi e i ritocchi alterati sono state utilizzate resine a scambio ionico. Delle resine è stata sfruttata sia la capacità di rigonfiare sostanze organiche, grazie alla loro alcalinità (pH 12), sia l'azione sugli ioni solfato. Sono state utilizzate resine a scambio anionico contenenti gruppi funzionali basici in grado di scambiare lo ione idrossido e quindi sottrarre dall'intonaco l'anione solfato.

#### *Resine a scambio cationico per rimuovere scialbi a calce*

Udine, pitture murali di Palazzo Caselli, 2002-2005. I residui di calce, sotto forma di leggeri imbianchimenti, sono stati rimossi con resine a scambio ionico di tipo cationico. Prima di procedere all'impiego delle resine, la superficie pittorica è stata protetta con carta giapponese e acqua deionizzata per limitare l'azione acida della resina sul sottile strato di calce.

#### *Resine a scambio anionico su manufatti lignei*

Tereglio, croce policroma del XIII secolo conservata nella chiesa di Santa Maria Assunta, 1998. Il trattamento si è dimostrato particolarmente efficace sulle campiture di azzurrite. Le resine sono state applicate interponendo, sulla superficie da trattare, una velinatura inumidita con una soluzione di ammonio carbonato al 4%.

Dipinto su tavola di Dürer danneggiato con acido solforico, 1990. Per la neutralizzazione dell'acido solforico è stata utilizzata una resina anionica caricata, ossia trattata con sodio carbonato, in modo da scambiare ioni di carbonato e non di idrossido.

#### *Resine a scambio ionico sui manufatti metallici*

Roma, restauro del Marco Aurelio, piazza del Campidoglio, 1987-88. Restauro a cura di Fiorentino Paola, ICR.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Appolonia L. 1995; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Botticelli G. 1992; Botticelli G., Botticelli S. 2008; Laurenzi Tabasso M., Jacobitti A. 1986; Matteini M., Moles A., Oeter M., Tosini I. 1995; Paleni A., Curri S. B. 1981; Pizzigoni G., Massa, V., Falcone E. 1995.





Figura 1 • Applicazione di resine a scambio ionico mediante velature sottili protette da carta giapponese. (HRB)



Figura 2 • Rimozione di scialbi pittorici da una pittura murale. (HRB)



Figura 3 • Una pittura murale parzialmente trattata con resine 3 a scambio ionico. (HRB)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

I depositi di particolato atmosferico o di altre sostanze, accumulatisi sulla superficie di un manufatto, possono essere rimossi utilizzando svariati metodi e strumenti, che svolgono un'azione eminentemente meccanica, chimica, fisica o, più frequentemente, combinata (chimico-fisica, chimico-meccanica, ecc.).

La pulitura con tamponi imbevuti di sostanze liquide appartiene alla famiglia delle puliture di tipo chimico-meccanico, in quanto unisce l'azione blandamente abrasiva associata allo strofinamento di tali dispositivi sulla superficie del manufatto a quella emolliente, solvente, emulsionante o complessante della sostanza di cui i tamponi sono imbibiti, allo scopo di asportare i depositi particellari dalla superficie dell'oggetto, purché questi non siano troppo tenaci o aderenti.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Questa tecnica è soprattutto impiegata nella rimozione del particolato atmosferico, di depositi scarsamente coerenti e aderenti al supporto, spesso di natura grassa o cerosa, nella eliminazione di vecchie finiture superficiali e di trattamenti e vernici degradati. La tecnica è diffusamente impiegata per la pulitura di superfici di manufatti lapidei, metallici, lignei, interessate da depositi non particolarmente tenaci e di spessore limitato; è utilizzata anche nel campo del restauro pittorico, seppur con notevoli cautele, perché consente un adeguato controllo e graduazione del risultato via via raggiunto da parte dell'operatore,. Sulle superfici estese o in presenza di depositi di spessore cospicuo o particolarmente aderenti al substrato, questo metodo si presta ad essere impiegato nelle rifiniture di altre tecniche di pulitura (cfr. pulitura a impacco, a spazzola, a bisturi, a pennello, ecc.), per rimuovere residui non asportati dal trattamento precedente, o integrato con esse.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il tampone può essere costituito da un semplice batuffolo di cotone o da una compressa di garza contenente al suo interno materiale assorbente. L'operatore può impiegare il tampone impugnandolo direttamente con le dita oppure avvalendosi di un bastoncino di legno; in tal caso, il batuffolo di cotone è avvolto a una delle estremità dello strumento e intinto nella sostanza detergente. L'impiego di questo strumento facilita la pulitura di superfici verticali o di parti difficilmente raggiungibili, come incavi di zone scolpite, spigoli, rientranze ecc. Esso, inoltre, consente all'operatore di non avere contatti diretti con le sostanze detergenti, che sono spesso tossiche, e assicura una sufficiente precisione, graduabilità e finezza dell'azione, grazie alla piccola dimensione dei tamponi, che sarebbero difficilmente manovrabili direttamente con le dita (fig. 1, fig. 2).

Prima di procedere al trattamento occorre verificare le condizioni conservative della superficie da pulire e, qualora presenti fenomeni di degrado che possono essere peggiorati dall'intervento di

pulitura – ad es. decoesione, polverizzazione, disgregazione, scagliatura, distacchi, rigonfiamenti – si procede al fissaggio mediante velinatura o al preconsolidamento localizzati o diffusi, in base al tipo e all'estensione del fenomeno cui la superficie è soggetta.

Nel caso in cui il manufatto richieda interventi di riparazione, consolidamento strutturale, integrazione, riadesione, è opportuno eseguirli prima di procedere alla pulitura della superficie, in quanto spesso si tratta di operazioni che possono lasciare sulle superfici del manufatto tracce di sostanze che dovranno anch'esse essere rimosse.

È consigliabile attuare la protezione della superficie da sottoporre a pulitura mediante velinatura, specie se si devono trattare superfici caratterizzate da finiture fragili, quali dorature, coloriture, o si interviene su manufatti dipinti.

È sempre utile eseguire preventivamente analisi di laboratorio per determinare la natura dei depositi da rimuovere e della finitura della superficie da pulire, così da scegliere il detergente più efficace, selezionandolo a partire da quelli meno aggressivi per il manufatto e meno tossici per l'operatore e per l'ambiente.

Preliminarmente occorre anche eseguire saggi di prova per stabilire l'efficacia della sostanza scelta per la pulitura, la concentrazione delle eventuali soluzioni da utilizzare nonché per determinare fino a che punto spingere la rimozione dei prodotti di deposito e di alterazione, senza danneggiare il supporto, le sue finiture superficiali e il materiale di cui è costituito, oltre che per avere un campione di riferimento e di controllo durante le successive fasi di lavoro.

La pulitura con tamponi e compresse prevede schematicamente le seguenti fasi operative.

1. Stabilito il prodotto da utilizzare e l'eventuale concentrazione della soluzione detergente, si imbeve il tampone con il detergente, senza condurlo a completa saturazione, e poi si strofina leggermente sulla zona da pulire, con un movimento rotatorio. Nei punti più difficili da raggiungere, oppure interessati da depositi o incrostazioni particolarmente tenaci, può essere necessario insistere nell'azione, scegliendo il tipo di movimento più adatto alla conformazione della parte soggetta a trattamento e lasciando agire il prodotto solo per breve tempo, per evitare danni indesiderati.

2. Se, durante l'operazione, si formano colature e dispersioni incontrollate di materiale detergente misto alle particelle dei depositi rimossi, occorre prontamente asciugarle con un tampone o con una pezzuola, inumiditi con una sostanza in grado di rimuovere il detergente e di non intaccare la superficie, affinché il detergente contenuto nella colatura non agisca anche sul substrato. È opportuno non utilizzare tamponi asciutti direttamente sulla superficie in corso di trattamento, per evitare che le fibre del tessuto si impastino con i prodotti della pulitura e aderiscano alla superficie.

3. Subito dopo il passaggio del tampone, è necessario passare sulla superficie trattata una pezza di tessuto pulito, o un altro tampone, inumidito con acqua deionizzata o con una sostanza dotata di inerzia chimica nei confronti del substrato (in molti casi è usata l'essenza di petrolio), per rimuovere gli eventuali eccessi di sostanza detergente, affinché questi non continuino la loro azione, causando danni al manufatto.

Le sostanze utilizzabili nella pulitura a tampone sono innumerevoli e possono essere utilizzate pure o in miscele bi- o pluri- componenti in percentuali variabili di concentrazione, in base al tipo di composto da rimuovere.

Per depositi scarsamente coerenti e adesi di natura pulverulenta è possibile ricorrere all'uso di tamponi imbevuti di sola acqua deionizzata, che svolge un'azione emolliente e blandamente solvente, eventualmente addizionata con alcol etilico, per aumentarne la velocità di evaporazione, quando la superficie da pulire può essere danneggiata dal contatto prolungato con l'acqua (ad esempio nel caso di superfici lignee, superfici dipinte o di manufatti di materiali lapidei particolarmente porosi). In presenza di depositi "grassi" come nerofumo, derivati della combustione di idrocarburi, è possibile utilizzare una miscela di acqua, alcol e ammoniacale, dal forte potere sgrassante, oppure acqua additivata con modeste proporzioni di tensioattivi che ne abbassano la tensione superficiale, migliorandone la capacità bagnante, anche in presenza di sostanze idrofobe, e, quindi, il suo potere emolliente. Se usati in percentuali maggiori, i tensioattivi conferiscono alla soluzione in cui sono disciolti la capacità di rendere miscibile la frazione grassa del deposito, formando micelle lamellari o sferiche che intrappolano parti idrofobe non idrosolubili, portandole in soluzione. Esistono tuttavia tensioattivi che sono più facilmente solubili in sostanze grasse, detti

lipofili (ad esempio la lecitina); essi permettono la formazione di emulsioni a basso contenuto d'acqua utilizzabili per la pulitura delle superfici particolarmente sensibili al contatto con l'acqua, come ad esempio le dorature a foglia.

I residui di colla di origine animale come la colla forte o la colla di coniglio possono essere facilmente rimossi mediante l'impiego di tamponi imbevuti di acqua calda, eventualmente previo blando riscaldamento della porzione da trattare, se l'aumento di temperatura non causa stress o danni al manufatto, per ammorbidire le frazioni di adesivo che, a questo punto, può essere asportato con l'ausilio di un pennello duro o di una spatola, rifinendo poi l'operazione con tamponi o compresse imbevute del detergente utilizzato e infine con sostanze caratterizzate da inerzia chimica. I residui di gommalacca sono rimovibili con l'applicazione di alcol etilico, che possiede proprietà sgrassanti e solventi. In presenza di sostanze cerose o oleose ormai ossidate o comunque alterate, può essere necessario ricorrere a solventi organici, quali il *white spirit*, una miscela di idrocarburi leggeri a minimo tenore di aromatici, il diluente nitro, costituito da una miscela di esteri, chetoni e glicoli, l'acetone, il toluene, lo xilene o xilolo, il dimetilformamide, la butilamina,... o, meno inquinanti, l'alcol benzilico e il lattato di etile. Il tricloroetano (nomi commerciali Genklene (ICI), metilcloroformio, Solvente 111), assai utilizzato in passato per la sua versatilità, è stato bandito sin dal 1996 dal Protocollo di Montreal, a causa della sua pericolosità per l'ambiente.

La rimozione di incrostazioni calcaree o silicee può essere ottenuta mediante l'utilizzazione di composti chelanti, cioè composti in grado di sequestrare ioni metallici, quali l'EDTA, il carbonato d'ammonio o il carbonato di bario, la trietanoloamina, l'acido citrico, o l'AB57.

Nel corso degli ultimi due decenni i prodotti alternativi ai solventi organici, come i solventi a basso contenuto di composti volatili, i tensioattivi o gli enzimi si sono viepiù diffusi, grazie al loro ridotto impatto sull'ambiente, alla minore tossicità per l'uomo, alla maggiore efficacia e selettività d'azione, nonché al miglioramento dell'applicabilità di queste sostanze, mediante la dispersione in supportanti che, addensando la miscela detergente o gelificando, ne potenziano l'azione e l'efficacia.

I tensioattivi sono stati anche impiegati quali emulsionanti per formare dispersioni acquose di solventi organici, riducendo la volatilità di questi ultimi, nonché la quantità utilizzata per le operazioni di pulitura.

L'uso dei supportanti non è limitato solo alle puliture con tensioattivi, enzimi o composti chelanti, ma si estende anche all'applicazione di solventi organici. L'aumento di viscosità, infatti, riduce la velocità di evaporazione e la capacità di migrare all'interno dei pori dei materiali con cui i solventi organici vengono messi in contatto.

### **Solvent gels**

Proprio in considerazione delle proprietà che gli addensanti conferiscono ai solventi, sono stati messi a punto prodotti, denominati *solvent gels*, che uniscono solventi organici, acqua, addensanti ed emulsionanti o tensioattivi alcalini che neutralizzano l'acidità dell'addensante.

I tempi di azione dei *solvent gels* sono molto brevi, compresi generalmente tra i trenta-quaranta secondi e pochi minuti. La superficie trattata deve essere pulita con una miscela di solventi il cui tipo e reciproca percentuale deve essere di volta in volta studiata in relazione al tipo di sostanza che deve essere rimossa e al substrato, che non deve risultare intaccato, in quanto il gel deve essere disciolto e rimosso dalla superficie sottoposta a trattamento, per evitare che il composto detergente continui la sua azione, senza che però il solvente attacchi la superficie pulita del manufatto. Anche nell'uso di *solvent gels*, occorre rifinire il trattamento con una sostanza ad elevata inerzia chimica.

### **Resin soaps**

Prodotti di nuova generazione sono costituiti anche dai *resin soaps*, tensioattivi anionici a bassa alcalinità in forma di gel, in grado di sciogliere i materiali resinosi.

Si applicano a tampone o a pennello e solo lasciati agire per qualche minuto, per essere poi rimossi con una soluzione acquosa e un tensioattivo, applicata sempre a tampone, ripetutamente fino alla pressoché completa asportazione del sapone. La rifinitura avviene mediante tamponatura con acqua distillata, asciugatura e finale lavaggio con idrocarburi leggeri (essenza di petrolio, benzina o ragia minerale), per asportare eventuali residui lipofili. Poiché i *resin soaps* sono fluorescenti se esposti a radiazione UV, è possibile esporre la superficie del manufatto alla lampada di Wood per verificare l'effettiva asportazione di eventuali tracce di detergente.

Per la rimozione di sostanze di natura proteica gli enzimi costituiscono una valida alternativa ai solventi organici, essi infatti svolgono un'azione altamente selettiva e che tuttavia richiedono il rispetto di parametri chimico-fisici precisi per essere efficaci (cfr. Scheda Pulitura con Enzimi). Anche nel caso degli enzimi, l'utilizzo di supportanti ne facilita l'applicabilità e l'efficacia della loro azione.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Occorre sostituire frequentemente il tampone utilizzato, per evitare di trasportare le sostanze ammorbidite e/o disciolte dall'interazione con i detergenti da un punto a un altro del manufatto, anziché asportarle definitivamente dalla superficie del manufatto. Inoltre, la verifica dello stato del cotone o della compressa utilizzata consente, almeno in parte, di tenere sotto controllo l'azione del detergente, graduandone gli effetti. In ogni caso, si procede generalmente per piccole aree successive, graduando l'intensità dell'azione e l'aggressività dei detergenti utilizzati in funzione del tipo di sostanze da rimuovere. Se, la superficie da pulire è liscia e presenta uno strato uniforme di depositi incoerenti o non tenacemente aderenti, si può lavorare con movimenti ampi che interessano tutta l'area, avendo cura di non soffermarsi troppo su nessun punto, per evitare di danneggiare la finitura superficiale eventualmente presente.

Una variante di questa tecnica è costituita dall'impiego di spugne, in sostituzione dei tamponi o delle compresse di garza o tessuto. In genere tale soluzione è adottata nel caso si debbano rimuovere depositi incoerenti e non aderenti al substrato da superfici estese.

Va osservato che molti prodotti usati per la rimozione per solubilizzazione di sostanze estranee dalla superficie di manufatti da conservare sono a base di solventi organici, pericolosi per l'uomo e per l'ambiente. Le normative vigenti individuano classi distinte di pericolosità delle sostanze, in base alle loro proprietà: esplosivi, comburenti, estremamente infiammabili, facilmente infiammabili, infiammabili, molto tossici, tossici, nocivi, corrosivi, irritanti, sensibilizzanti, cancerogeni, mutageni, tossici per il ciclo riproduttivo, pericolosi per l'ambiente (art. 2 co. 2 del D.Lgs. 52/1997). Le norme prevedono misure per l'imballaggio e l'etichettatura delle sostanze pericolose e l'obbligo di redazione di una scheda di sicurezza contenente le precauzioni e le indicazioni circa le condizioni per la conservazione, la manipolazione, lo smaltimento sicuri di tali sostanze, nonché le operazioni da fare in caso di inalazione, contatto, ingestione o dispersione nell'ambiente.

È dunque opportuno valutare accuratamente, in base alle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze e dei depositi da rimuovere, quando utilizzare metodi di pulitura alternativi, di tipo meccanico o fisico, oppure selezionare prodotti detergenti meno inquinanti come taluni tensioattivi o gli enzimi, al fine di ridurre i rischi per la salute degli operatori e l'immissione nell'ambiente di sostanze inquinanti.

In base al tipo di sostanza impiegata nella pulitura e alla natura dei prodotti rimossi dalle superficie, le compresse e i tamponi utilizzati per rimuovere i depositi potrebbero dover essere raccolti seguendo protocolli precisi e trattati come sostanze o rifiuti pericolosi ed eventualmente sottoposti a trattamenti di recupero di frazioni riciclabili, con riduzione dell'impatto sull'ambiente e sul consumo di risorse.

A questo riguardo è sempre opportuno consultare le schede dei dati di sicurezza dei prodotti utilizzati, oltre che tener conto dei risultati delle analisi eseguite sulle sostanze da rimuovere e sui prodotti risultanti dalla pulitura, che possono contenere componenti pericolose per la salute umana e l'ambiente.

### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Normativa di riferimento riguardante le *sostanze e i rifiuti pericolosi*.

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, concernente *classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*.

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 *Norme in materia ambientale*, e s.m.i.

D.Lgs. 27 marzo 2006, n. 161 concernente la *limitazione delle emissioni di composti organici volatili conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria*.

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 in materia di *tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*.

## ESPERIENZE

La tecnica è ampiamente utilizzata nell'asportazione dei depositi di origine pulverulenta, dei residui di trattamenti di lucidatura di superfici marmoree, lignee e metalliche e nella rimozione delle vecchie vernici dai dipinti a olio. In quanto tale, essa è impiegata in ogni cantiere di restauro architettonico in presenza di materiali lapidei o di dipinti murali, e in ogni intervento di restauro di manufatti scultorei o di vasellame antico o di scavo.

Innumerevoli sono i casi di utilizzo di questa tecnica di pulitura e, a titolo di esempio, si richiamano: Napoli, chiostro di Santa Chiara. Impacchi di carbonato di ammonio ed EDTA. Restauro iniziato nel 1987 e in corso durante il 1993.

Venezia, chiesa di San Zaccaria, cappella di San Tarasio, cornice lignea dei polittici di Antonio Vivarini e Giovanni d'Alemagna, XV secolo, pulitura a tampone con una soluzione di bile bovina allo 0,2% in acqua demineralizzata.

Venezia, chiesa di San Zaccaria, coro ligneo. Pulitura con emulsione grassa alcalina, additivata con Trietanolamina, applicata per 30 minuti e rimossa a tampone con essenza di petrolio.

Firenze, palazzo Medici Riccardi, porte interne. Pulitura con tamponi di ovatta e solvent gels.

Genova, cattedrale di San Lorenzo, tarsie marmoree policrome della facciata.

Napoli, chiesa di San Pietro Martire, statue lignee raffiguranti San Giovanni Evangelista e la Vergine Addolorata. Rimozione delle vernici degradate con miscela di cicloesano (50%), acetone (37,8%), acqua (12,8%) addensato con idrossipropilcellulosa; rimozione del deposito grasso con emulsione grassa additivata con fiele.

\*\*\* Piazzanese (Prato), fonte battesimale della Pieve di San Giusto attribuito a Benedetto Buglioli, 1999-2000.

Milano, terrecotte decorative della cappella Portinari nella basilica di San Eustorgio, 1993-94.

Frontone di Telamone conservato presso il Museo di Orbetello (Grosseto).

Putti dell'*Annunciazione Cavalcanti* di Donatello in Santa Croce, 1435-40, 1994.

11 formelle a rilievo, ambito di Filippo Brunelleschi, secolo XV, 1983.

Ospedale degli Innocenti, loggiato, tondi con putti, rilievi invetriati, attribuiti ad Andrea della Robbia, secolo XV, 1985.

San Gimignano (SI), chiesa di Sant'Agostino, pavimento della cappella del Beato Bartolo.\*\*\*

(MAU) per le parti evidenziate con (\*\*\*)

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Agnini E., *Interventi di restauro su ceramiche e vetri*, in M.T. Balboni Brizza, A. Mottola Molino, A. Zanni, (a cura di). *"Fatti come nuovi". Restauri di oggetti d'arte applicata nel Museo Poldi Pezzoli*. Catalogo della Mostra, Milano 1985-1986, Firenze, 1985.

Amati F., *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Milano 1993.

Bandini G. *Note sul restauro della ceramica e del vetro*, in "I Beni Culturali. Tutela e valorizzazione", a. 3, 1995, n. 3, pp. 29-34.

Burchianti E., Larenza I., Maritato R., Speranza L. *Il restauro di due sculture lignee del Seicento napoletano prossime a Francesco Mollica: il San Giovanni Evangelista e la Vergine Addolorata provenienti dalla chiesa di San Pietro Martire a Napoli*, in "OPD Restauro", a. 2007 n. 19, pp. 253-277.

Cremonesi P., *L'uso dei tensioattivi e chelanti nella pulitura di opere policrome*, Padova, 2001.

Dorge V. (a cura di), *Solvent Gels for the Cleaning of Works of Art. The Residue Question*; Los Angeles, 2004.

Fabbi B., Ravanelli Guidotti C., *Il restauro della ceramica*, Firenze 1993.

Pedeli C., Appolonia L., *Tecniche di pulitura applicate alle ceramiche antiche*, Quaderni di restauro della ceramica, Faenza 1998.

Scotti B. I., *Il restauro della ceramica*, Faenza 1992.



Figura 1 • Pulitura a tamponcino: il tamponone può essere costituito da un semplice batuffolo di cotone o da una compressa di garza contenente al suo interno materiale assorbente. L'operatore può impiegare il tamponone impugnandolo direttamente con le dita oppure avvalendosi di un bastoncino di legno. (OPD)



Figura 2 • Tamponcino avvolto su di un bastoncino di legno. (OPD)





Figura 3 • Alcuni strumenti necessari alle operazioni di restauro, e un vaso con integrazioni di parti mancanti in gesso. Al centro, in un contenitore di ceramica, diversi tamponcini già inastati su bastoncini di legno; sotto, un bruciatore ad alcol; a destra, alcuni pennelli e dei rotoli di carta abrasiva. (OPD)



Figura 4 • Un tamponcino di ovatta imbevuta di solvente è lasciato agire brevemente sulla superficie ceramica. (OPD)

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Il carbonato d'ammonio,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  in soluzione acquosa, è uno dei solventi di più largo impiego nella pulitura delle pitture murali o, in generale, di materiali lapidei di natura calcarea ed è solitamente applicato a impacco, utilizzando come supportante la polpa di cellulosa, la sepiolite (argilla) o la silice micronizzata (silice precipitata: polvere finissima che stemperata nel solvente forma una miscela facilmente applicabile). Il carbonato esercita un'efficace azione desolfatante e consolidante, soprattutto se associato all'idrossido di bario ed è un solvente reattivo, cioè capace di portare in soluzione la sostanza da rimuovere, per effetto di una reazione chimica. La sua azione, infatti, consiste nell'ammorbidire e rigonfiare la sostanza da eliminare, in modo tale da differenziarla e staccarla dal supporto cui è ancorata, limitando così il ricorso a tecniche di asportazione meccanica, generalmente più invasive e rischiose per i manufatti. Il carbonato d'ammonio, inoltre, degrada naturalmente trasformandosi in prodotti di natura gassosa che non sono trattiene dal substrato (ad esempio secondo la sequenza: ammoniaca, anidride carbonica, acqua):

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La pulitura con impacchi di carbonato d'ammonio è idonea per rimuovere soprattutto prodotti proteici, quali caseina, latte, colle animali, tuorlo e chiara d'uovo, impiegati, specialmente nell'Ottocento, come fissativi, come vernici e come leganti nelle pitture murali e in molti trattamenti conservativi. L'elemento può dare buoni risultati anche per rimuovere croste nere (ricche di solfato di calcio) presenti sia su pietre sia su intonaci. Infine, in casi particolari, il carbonato d'ammonio può essere utilizzato per eliminare alcuni tipi di depositi di ossalati di calcio: in questo caso, però, la sostanza inorganica non si deve trovare direttamente a contatto con la superficie, ma sovrapposta a una patina, seppur lieve, di materiale organico che reagisce, appunto, con il carbonato d'ammonio.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

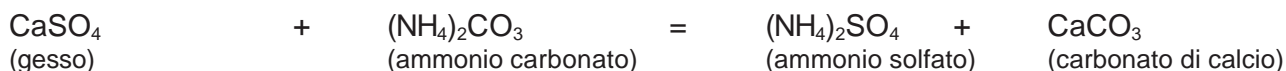
Che si tratti di pitture murali o di generici elementi lapidei, il procedimento di pulitura con il carbonato d'ammonio è lo stesso, anche se cambiano, in funzione della concentrazione dello sporco da rimuovere, le percentuali di soluzione e i tempi di applicazione dell'elemento. Si prepara, in sostanza, una miscela di pasta di cellulosa e di carbonato d'ammonio: la pasta di cellulosa (chiamata anche pasta di legno) è inizialmente imbevuta con acqua distillata, fino a ottenere un impasto idoneo rispetto alla capacità assorbente della superficie da pulire, determinata eseguendo opportuni saggi preliminari; vi si aggiunge poi una quantità di carbonato d'ammonio solido pari circa a 1/3 del peso dell'impasto e si mescola il tutto fino a ottenere una miscela omogenea. Preparata questa miscela, è preferibile lasciarla riposare per almeno un giorno, affinché abbia maggior effetto.

Sulla porzione di superficie da pulire, si stende quindi con un pennello bagnato in acqua deionizzata o in acqua satura di carbonato di ammonio, un foglio di carta giapponese. La carta giapponese, oltre a servire da filtro interposto tra il reagente e il supporto da trattare, evita il contatto diretto tra la pasta di cellulosa e la superficie stessa, contatto che potrebbe causare, sia nella fase di applicazione dell'impacco sia in quella della sua rimozione, danni meccanici al manufatto.

In seguito, si applica l'impacco stendendolo con le mani, partendo dall'alto verso il basso, facendo attenzione a farlo aderire bene alla superficie, senza lasciar vuoti d'aria, poiché in caso contrario, nei punti di mancata aderenza tra impacco e manufatto, si potrebbero notare zone più scure, dovute a una disomogenea pulitura della superficie (fig. 1, fig. 2).

I tempi di applicazione degli impacchi di carbonato di ammonio variano sensibilmente da caso a caso: a volte sono necessari tempi minimi, specialmente nel caso di affreschi in cui vi siano ritocchi originali a secco, leganti organici e colori scuri che, essendo stati stesi per ultimi, possono essere facilmente e involontariamente rimossi con il trattamento se troppo prolungato; a volte sono necessari invece intervalli piuttosto lunghi (anche 24 ore). In quest'ultimo caso, soprattutto per pulire superfici di manufatti esposti all'esterno, l'impacco è protetto da fogli di polietilene impermeabili, per rallentare l'evaporazione della soluzione. In presenza di pigmenti deboli potrà essere necessario sostituire il carbonato d'ammonio con il bicarbonato d'ammonio con l'eventuale riduzione delle concentrazioni e dei tempi di contatto (dai 5 ai 20 minuti). Il supportante utilizzato dovrà essere polpa di cellulosa con fibre corte (0,40  $\mu\text{m}$ ) o carbossimetilcellulosa per evitare che l'impacco agisca troppo in profondità. Per impacchi con tempi di contatto più lunghi si adopererà pasta di cellulosa a macinazione medio grossa (200-1000  $\mu\text{m}$ ). Successivamente l'impacco si toglie facendo leva sulla carta giapponese frapposta e dopo, con un batuffolo di cotone imbevuto in acqua distillata o con uno spruzzatore manuale e spugne, si lava la superficie trattata, eliminando il materiale estraneo rigonfiato e sollevato ancora presente (nerofumo, materie organiche, croste nere). In alcuni casi, il lavaggio deve essere eseguito solo il giorno seguente la rimozione dell'impacco, come accade quando si debbano pulire superfici pittoriche di grande assorbenza dove l'impacco è tenuto *in situ* per tempi minimi. La reale azione del carbonato d'ammonio, infatti, si produce solo dopo la rimozione del supportante poiché la soluzione del reagente è subito assorbita dal muro, per poi lentamente ritornare verso l'esterno, per evaporazione, dove svolge finalmente tutta la sua azione sul materiale trattato. Nel caso si debbano invece evitare eccessivi assorbimenti o l'apposizione di elevati pesi sulla superficie da pulire, al posto della pasta di legno, è preferibile utilizzare la silice micronizzata o la sepiolite che, oltre ad essere più leggera, consentono una minore diffusione della soluzione, essendo molto assorbenti. In questo caso, il supportante, dopo essere stato imbevuto in acqua satura di carbonato d'ammonio, è steso a pennello sulla superficie, previa interposizione del già citato foglio di carta giapponese a grammatura fine. Il tempo di applicazione dell'impacco è calcolato assumendo come termine ultimo il momento in cui il supportante si asciuga completamente. Una volta che il reagente ha completato la sua azione, come già accennato, si rimuove l'impacco e si pulisce la superficie con acqua deionizzata. Su pitture che presentano estesi sollevamenti del film pittorico (causati, ad es., da dirompenti efflorescenze di solfato di calcio), il carbonato di ammonio può essere direttamente applicato sulla superficie, sempre previa interposizione di fogli di carta giapponese, agendo per tamponamento con batuffoli di cotone o con spugne.

Il tamponamento asporta contemporaneamente lo sporco e riadagia in sede il colore sollevatosi; il carbonato d'ammonio, infatti, reagisce dando luogo a solfato di ammonio (solubile) e a carbonato di calcio dotato di effetto consolidante, secondo la seguente reazione:



Quest'ultima operazione evita di realizzare il preconsolidamento del film pittorico, che potrebbe bloccare lo sporco, impedendone la successiva rimozione (fig. 3, fig. 4, fig. 5).

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Soprattutto quando si devono pulire pitture murali, l'applicazione a impacco di carbonato d'ammonio deve essere preferibilmente eseguita su zone di limitata estensione, seguendo i contorni del disegno tracciati sull'intonaco. Tale accorgimento è necessario per evitare che si creino aloni dovuti alla migrazione di alcuni prodotti organici non sufficientemente reagiti.

In questo caso, il foglio di carta giapponese inserito prima dell'impacco successivo deve essere sovrapposto per buona parte sulla zona già trattata, mentre la pasta di cellulosa è stesa entro i bordi segnati dal trattamento precedente: gli aloni che si propagano sulla zona già pulita, sono così assorbiti dalla carta giapponese. Se tale accorgimento non è sufficiente per risolvere il problema, le tracce di aloni possono essere rimosse con l'applicazione di un altro impacco, realizzato con supportanti molto assorbenti, quali la sepiolite o la silice micronizzata. A volte, dopo la pulitura della zona trattata con l'impacco, si possono verificare anche alcuni imbianchimenti, dovuti a motivi diversi: a) insufficiente asportazione del materiale organico estraneo al supporto; b) cristallizzazione in superficie di carbonato di calcio di neoformazione. a) Il materiale organico può rimanere in parte ancora alla superficie trattata se si sbagliano i tempi di applicazione o se non si effettua una loro accurata rimozione meccanica. Una rimozione anticipata non permette, infatti, la completa reazione del carbonato di ammonio con la sostanza da rimuovere, e ciò determina una pulitura disomogenea della superficie, mentre una rimozione tardiva, addirittura con impacco completamente asciutto, porterebbe la sostanza organica rigonfiata ad asciugare, e quindi a indurire, rendendo più difficili le successive operazioni di asportazione meccanica. In questi casi è consigliabile ripetere l'intera operazione più volte fino al conseguimento del risultato atteso. b) Nel caso vi siano sulla superficie croste nere, l'imbianchimento che eventualmente si potrebbe verificare dopo la pulitura, è dovuto alla cristallizzazione in superficie di carbonato di calcio di neoformazione, prodotto per reazione del carbonato di ammonio con il solfato di calcio presente nelle croste stesse (vedi reazione 1). L'inconveniente può essere allora evitato seguendo un accurato lavaggio della superficie con acqua demonizzata, dopo avere rimosso l'impacco; il carbonato di calcio formatosi, è in questi casi ancora privo di coerenza e può perciò essere rimosso con facilità. Al contrario, una volta che il cristallo si è formato, l'operazione diventa assai più complessa.

I limiti che possono influenzare l'utilizzo del carbonato d'ammonio, sono legati a particolari tipi di pigmento eventualmente presenti sulle pitture murali trattate. Nel caso si tratti, ad esempio, di azzurrite o di malachite, il carbonato di ammonio, infatti, reagisce con lo ione rame, alterandone la cromia. L'impacco di carbonato di ammonio, inoltre, richiede che si eviti, anzitutto, di respirare le polveri derivanti dal suo utilizzo, che si utilizzino sempre occhiali e maschere protettive dotate di filtri ammoniacali e che il materiale sia conservato in confezioni ben chiuse e al riparo da umidità, per evitare che perda ogni sua proprietà.

## ESPERIENZE

Cremona, cattedrale, 1995-97, affreschi di Boccaccia Beccaccino e di Altobello Melone. Pulitura con impacchi di carbonato di ammonio per rimuovere il nerofumo.

Firenze, arco trionfale dei Lorena, 1994-95. Pulitura superfici marmoree con impacchi di carbonato d'ammonio e silice micronizzata per togliere le croste nere.

Firenze, monumento a Giovanni delle Bande Nere, piazza S. Lorenzo. Impacchi di carbonato d'ammonio e Arbocel (polpa di carta) per togliere croste nere dal marmo.

Firenze, monumento equestre di Ferdinando Dei Medici. Piazza S. Annunziata. Pulitura del basamento in pietra con impacchi di carbonato di ammonio e Arbocel 1000.

Firenze, *Ercole e Caco* in piazza della Signoria, 1994. Pulitura croste nere con impacchi di polpa di carta impregnata con soluzione di carbonato di ammonio e acqua demonizzata, coperti con film di polietilene.

Varese, statua di San Giovanni Battista, battistero di Varese. Pulitura con impacco di carbonato d'ammonio e sepiolite applicato per mezz'ora e ripetuto da due a quattro volte sulle croste nere.

Castelveccana, affreschi cappella del Pozzo. Asportazione di sali (carbonati) con impacchi di bicarbonato di ammonio ed EDTA.

Vilminore di Scalve, Bergamo, chiesa arcipresbiterale plebana, 1995-1996. Pulitura delle superfici dipinte all'interno della chiesa mediante spugne naturali e solventi specifici (acqua distillata, carbonato di ammonio, sali inorganici in soluzione acquosa).

Sesto Fiorentino, chiesa di San Martino. Pulitura pitture murali con impacchi di carbonato di ammonio e silice micronizzata.

Assisi, Edicola Confraternita San Crispino, 2008, affreschi soffitto nicchia (escluso il tondo con l'Agnello Mistico). Pulitura con impacchi di carbonato d'ammonio in soluzione stura mediante pasta di legno e interposizione di carta giapponese tra l'impacco ed il dipinto, per un tempo di 4 ore.

Comune di Mondragone (Campania), palazzo Tarcagnota, luglio 2009. Pulitura con impacchi di carbonato d'ammonio delle decorazioni in stucco delle stanze del palazzo.

Pietrasanta (Lucca), sculture marmoree in piazza del Duomo e del Teatro, 2003-2004. Rimozione di muschi e licheni, di materie grasse e depositi organici con carbonato d'ammonio in percentuale acquosa (15%) in sospensione con impacchi di pasta di cellulosa.

Cannaregio (Venezia), Palazzo Erizzo, 2008, Pulitura delle polifore e della balaustra lapidea.

Brindisi, Chiesa dell'ex convento dei Cappuccini, 2007. Pulitura con impacchi di carbonato d'ammonio degli apparati decorativi interni.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Alessandrini G., Pasetti A. 1994; Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995; Alonso C. M., Borrelli E. 1995; Appolonia L. 1995; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995; Matteini M., Moles A., Oeter M., Tosini I. 1995; Paleni A., Curri S. B. 1981. Matteini M., Moles A., Ed Nardini, 2007



Figura 1 • Applicazione dell'impacco di polpa di cellulosa sulla superficie di una mensola di marmo.



Figura 2 • Applicazione dell'impacco di polpa di cellulosa su balastrini di marmo.



Figura 3 • Applicazione di carbonato d'ammonio a tampone. Nell'operazione di pulitura sono usati un pennello e una piccola pinza. (OPD)



Figura 4 • Il carbonato d'ammonio è lasciato agire brevemente sulla superficie lapidea. (OPD)



Figura 5 • Dettaglio dell'operazione di pulitura. Tamponcino di cotone imbevuto di carbonato d'ammonio. (OPD)

**PLT 21****PULITURA DEI METALLI CON ACIDO  
ETILENDIAMMINOTETRACETICO (EDTA)****Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

L'acronimo EDTA sta a significare etilendiamminotetracetico ed è un acido. Essendo un acido debole, (una piccola parte delle sue molecole sono ionizzate nell'acqua), la formazione di chelati è ridotta per la presenza di H che resteranno liberi alle terminazioni delle "chele" del gruppo —COO. È per tale motivo che nella messa in opera dei procedimenti di pulitura non è l'acido in se stesso ad essere più frequentemente usato, ma i suoi sali sodici.

Questi sali possono essere mono, di, tri o tetrasodici, secondo che la molecola comporti uno, due, tre o quattro atomi del gruppo (N) che va a sostituire gli (H). I complessi formati sono più o meno stabili e, più lo sono, più è efficiente la pulitura.

L'EDTA, oltre ad essere un agente chelante e complessante, fa parte dei solventi reattivi ed è in grado di agire selettivamente sui composti della patina del bronzo e, nello specifico, complessa gli ioni  $\text{Cu}^+$  e  $\text{Cu}^{2+}$ , oltre gli ioni calcio.

Commercialmente è conosciuto con diversi nomi dipendenti dalle varie ditte produttrici.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

È usato in genere l'EDTA trisodico in soluzione al 5-10% per complessare i carbonati giacenti sulla patina del bronzo, ma è stato dimostrato che tale composto agisce attivamente anche sugli ossidi di rame, ( $\text{CuO}$  e  $\text{Cu}_2\text{O}$ ), per cui in questi casi è meglio evitare procedure a immersione, ma applicare impacchi e tamponi localizzati.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE***Rame e leghe*

Nel caso di incrostazioni calcaree molto spesse, derivanti da bronzi anche archeologici, si può procedere con una soluzione a base di EDTA sale sodico a freddo. "L'efficacia di tale soluzione si rivolge principalmente verso lo ione calcio, permettendo l'asportazione delle incrostazioni calcaree in netto predominio rispetto a quelle dei carbonati di rame.

La preparazione della soluzione, che agisce a freddo ma può essere accelerata scaldando a 45-50 °C (mettere sempre l'oggetto nell'acqua fredda e scaldare il tutto), è la seguente: porre in un becker 100 gr di etilendiamminotetracetico monosodico e portare a 100 cc con acqua addolcita. Soluzione al 10% in peso" (M. Ronchi e M. Miccio 1976, p. 52).

*Argenti e leghe*

Per eliminare gli ossidi dell'argento come argentite o cerargirite, oltre a quelli causati dalla percentuale di rame in genere presente (malachite, azzurite, cuprite ecc.), Marabelli consiglia una soluzione di EDTA sale bisodico di 37,2 g/l, tamponato a pH 10 con carbonato d'ammonio e ammoniaca.

L'applicazione migliore di tale soluzione è quella a impacco o a tampone.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**



Per casi complessi di ossidazione, la pulitura può richiedere più procedimenti in successione: pulitura con “silver dip”, con EDTA bisodico e infine tramite riduzione elettrolitica in acido formico. Eventuali sali di rame ricoprenti la superficie possono essere eliminati riducendo al minimo i tempi di applicazione, usando la seguente soluzione: acido citrico al 5-10%, EDTA bisodico al 5-10% e sali di Rochelle nella medesima percentuale (v. PLT33 - Pulitura con sali di Rochelle). Questi trattamenti dovrebbero essere applicati localmente e resi gradualmente, controllando i tempi di trattamento e procedendo con un lavaggio in acqua deionizzata per allontanare i residui dei reagenti.

### *Ferro e leghe*

Le soluzioni a base di EDTA, sia alcaline sia acide, sono in grado di complessare il metallo combinandosi e sequestrando gli ioni di ferro dissolti nella ruggine, senza corrodere il ferro.

Una di queste soluzioni è composta dal Komplexon III che è un forte complessante usato nelle proporzioni di 37,2 grammi per ogni litro d'acqua a 80 °C. Il pH della soluzione può essere adeguatamente corretto fino a raggiungere un valore uguale a 5,5, grazie all'aggiunta di idrossido di sodio o acido acetico; l'oggetto immerso nella soluzione deve essere spazzolato di tanto in tanto per facilitare l'esportazione degli ossidi.

Se gli strati di ruggine sono recenti è bene usare il Detarex C insieme a soda caustica. Se invece i prodotti di corrosione sono antichi e concrezionati, alla soluzione sopradescritta va aggiunto l'iposolfito di sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). Queste sono le esatte proporzioni: 30 ml di Detarex C, 30 g di soda caustica, 6 g di iposolfito di sodio in 1 l d'acqua.

## **ESPERIENZE**

### *Argenti e leghe*

1) Restauro di un argento archeologico già musealizzato (kantharos in argento con Judicium Orestis, I secolo a.C., Roma, galleria Corsini).

Procedimento di pulitura:

lavaggio con acqua d. + detergente Tween 20 Merck (detergente non ionico);

pulitura con EDTA trisodico al 10% (lavaggi e impacchi);

pulitura a bisturi;

pulitura con polvere leggermente abrasiva + acqua (prevalentemente bicarbonato di sodio);

lavaggi con acqua d., alcol etilico, acetone (asciugatura).

2) Lucca, Argenterie sacre in diocesi, secolo XIII-XV.

Procedimento di pulitura:

lavaggio con benzina avio + tricloroetilene, per immersione;

lavaggio con getto d'acqua d. a 80-90 °C;

trattamento con EDTA trisodico al 10% per complessive 4-18 ore, per immersione;

lavaggi alternati con il trattamento precedente, con getto d'acqua d. a 80-90 °C;

asciugatura.

“In quest'intervento di restauro non è stato volutamente asportato il sottile strato nero di solfuro di argento, uniforme e perfettamente aderente al metallo”.

3) Orvieto, duomo. Reliquiario in argento con dorature e con smalti di Ugolino da Vieri (1337-39).

4) Milano, palazzo reale, sala delle cariatidi; Torino, Palazzo Madama.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Marabelli M. 1995, pp. 67-68.

Pagella E. e Viano C. (a cura di), *Palazzo Madama a Torino. Dal restauro al nuovo museo*, Milano, 2010.

Mecchi A.M. e Sansonetti A., *Le operazioni di pulitura alla luce dei dettami del minimo intervento: prassi già consolidata o obiettivi da perseguire?*, in AA.VV., *Il minimo intervento nel restauro*, Firenze, 2004.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La pulitura mediante pennelli, spazzole e spugne si basa sull'azione meccanica e graffiante o abrasiva di fili, setole e fibre le cui estremità rimuovono la materia presente sulla superficie da pulire. Questi strumenti possono essere utilizzati sia a secco, sia a umido, sotto uno spruzzo d'acqua o comunque di una sostanza liquida. Spazzole più dure, del tipo a fili metallici, permettono di svolgere un'azione più energica e più rapida, ma meno controllabile. L'operatore corre infatti il rischio di arrivare a incidere e graffiare il substrato. Il diverso grado di pulitura dipende, pertanto, oltre che dalle caratteristiche della spazzola o della spugna, dalla forza impressa con la mano dall'operatore, dalla sua perizia e dallo stato di consistenza del supporto e di ciò che si vuole rimuovere.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La pulitura mediante, pennelli, spazzole e spugne è una delle operazioni più diffuse nel campo del restauro e si applica su manufatti realizzati con i materiali più diversi.

La spazzola si utilizza per la pulitura delle superfici lapidee (intonaci, paramenti in pietra e in mattoni, superfici dipinte), dei legni e degli oggetti ceramici, ma non sono rari i casi di applicazione di questa tecnica al bronzo, al ferro e all'ottone e in generale a tutti i manufatti metallici.

Su metalli fragili, al posto delle spazzole, si usa preferibilmente lana d'acciaio che, unita a piccole quantità d'olio, esercita sulla superficie del metallo un'azione molto più leggera.

Le spazzole e le spugne sono utilizzate soprattutto per integrare altri tipi di pulitura, sia meccanica sia chimica, principalmente nei casi in cui siano presenti depositi coerenti. Le incrostazioni e le patine, prima ammorbidite con altri sistemi, possono ad esempio essere eliminate con l'ausilio di una blanda spazzolatura o spugnatura con spugne di mare naturali imbevute di acqua deionizzata o spugne in gomma vulcanizzata (tipo *wishab*).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI ESECUTIVE**

La pulitura mediante pennelli, spazzole e spugne non comporta particolari difficoltà di esecuzione. Prima di procedere a tale operazione è però necessaria una valutazione preliminare dello stato di conservazione della superficie del manufatto. In particolare, occorre evitare che, insieme alle polveri depositate sulle superfici, l'azione meccanica delle spazzole asporti parti non coese della superficie.

Generalmente, durante il loro impiego è necessario evitare azioni troppo energiche e prolungate e, in particolare, nell'uso delle spazzole occorre impedire che le setole, se sono dure, penetrino troppo in profondità nell'incrostazione, arrivando a scalfire la superficie non alterata del manufatto.

Occorrerà sciacquare frequentemente la spugna o la spazzola utilizzata, per evitare di trasportare lo sporco o i depositi rimossi da un punto ad un altro, anziché rimuoverli definitivamente.

In ogni caso, si procederà per piccole aree successive, graduando l'intensità dell'azione in funzione del tipo di sostanze da rimuovere e delle condizioni del substrato. In particolare, se la superficie da pulire è liscia e presenta uno strato uniforme di depositi incoerenti o non tenacemente aderenti, si potrà lavorare con movimenti ampi che investano in modo uniforme tutta l'area da pulire, avendo cura di non soffermarsi su nessun singolo punto (fig. 1).

Nell'utilizzo delle spugne sintetiche, l'azione pulente si sviluppa per strofinamento, esercitando una leggera pressione sulla superficie da pulire. Tutto lo sporco e la polvere vengono legati alla fibra della spugna che, consumandosi progressivamente, si sbriciola. Nel caso di depositi particolarmente aderenti alla superficie questa procedura, che deve essere eseguita

preferibilmente sempre nella medesima direzione, dall'alto verso il basso, andrà ripetuta più volte. Dopo la pulitura, occorrerà spazzolare le superfici trattate per eliminare i residui di materiale spugnoso. Oltre ai normali depositi di polvere, con l'utilizzo delle spugne sintetiche è possibile eliminare anche depositi grassi tipo il nero fumo.

Le spazzole utilizzabili sono di vario genere, come gli spazzolini da denti in nylon duro, particolarmente indicati nel trattamento delle superfici irregolari con depositi coerenti. In generale la scelta della spazzola da utilizzare varia in rapporto al tipo di sostanza da eliminare e al manufatto su cui si interviene.

Le spazzole di setole sono adatte a eliminare strati polverulenti. La loro azione abrasiva poco incisiva, le rende adatte a superfici caratterizzate da lavorazioni superficiali particolarmente delicate.

È comunque consigliabile passare le spazzole su tutta la superficie in modo uniforme, con molta delicatezza, perché tendono a rendere la superficie lucida.

Per la pulitura del ferro si possono inoltre utilizzare spazzole con setole metalliche, che possono però provocare alcuni effetti negativi: graffi, abrasioni, macchie. Questi possono essere evitati usando spazzole con fili d'acciaio molto lunghi e fini e con particolare attenzione dell'operatore durante il trattamento.

Le spazzole di fili di ottone sono adatte per manufatti in ottone e hanno filo molto sottile.

L'azione di queste spazzole è molto leggera, adatta a oggetti che devono presentare una superficie liscia e pulita da prodotti di ossidazione e corrosione.

Se si usano spazzole con fili di ottone, la superficie dei metalli prende una patina giallastra, a seguito del deposito di particelle di ottone provenienti dal progressivo consumarsi dei fili.

L'azione meccanica, quindi, deve essere fatta a umido, abbinandola all'uso di una soluzione detergente. Questo è possibile ponendo al disopra della spazzola un contenitore munito di un piccolo rubinetto per regolare l'uscita a gocce di una soluzione composta da acqua deionizzata e dal 5% di detergente neutro non ionico.

Le spazzole di fibra di vetro sono usate soprattutto in oreficeria per rendere lucide le agemature.

Tra le spugne utilizzate nel campo del restauro si ricordano, in particolare, per la diffusione di utilizzo, le spugne di gomma vulcanizzata (tipo *wishab*) e le spugne di mare naturali. Le spugne tipo *wishab* sono costituite da una massa giallo chiara di consistenza morbida assimilabile per sensazione tattile a quella di una pezzuola di camoscio, supportata da una base rigida. La massa gialla contiene saktis (una specie di linossina), lattice sintetico, olio minerale e prodotti chimici vulcanizzanti e gelificanti legati chimicamente. Non contiene nessuna sostanza dannosa per i materiali ed ha un pH neutro.

Le spugne naturali sono animali pluricellulari marini (fam. poriferi) dalla cui impalcatura scheletrica, costituita da una sostanza organica chiamata "spongina", si ricava un materiale elastico e resistente. Le spugne vengono pescate o raccolte mediante reti e attrezzi speciali. Le spugne così selezionate vengono lavate e depurate per togliere loro le impurità calcaree ed organiche. Vengono poi rifilate con le forbici ed asciugate. Le spugne utilizzate nel restauro sono generalmente a pori medi, con un colore che va dal giallo miele al nocciola.

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nell'utilizzo delle spazzole, gli operatori devono indossare occhiali per proteggere gli occhi da eventuali frammenti e maschere con filtri antipolvere per proteggere l'apparato respiratorio.

Durante l'impiego è necessario evitare le azioni troppo energiche e prolungate per impedire che le setole penetrino troppo in profondità nell'incrostazione, per non scalfire la superficie.

## **ESPERIENZE**

*Pulitura mediante spazzolatura dei materiali lapidei*

Villa Panza, Biuno (VA) 1999. L'intervento di pulitura degli intonaci è consistito in una pulitura meccanica delle superfici mediante bisturi e raschietti e poi con spazzole di nylon e saggina.

Fontana del Nettuno, Conegliano (TV) 2000. Pulitura mediante spazzolatura con spazzolino di nylon a umido di parti trattate prima con impacchi di carbonato di ammonio.

Facciata principale dell'ex Ospedale Santa Maria della Misericordia a Alberga (SV), 2002-2003. Prima della redazione delle mappe degli interventi sono stati eseguiti numerosi campioni di pulitura dei depositi poco coerenti, presenti sulle superfici dipinte, con pennelli, spazzole e spugne.

Ex chiesa di S. Teresa a Taggia (IM) 2006-2008. Gli intonaci interni sono stati puliti con spazzole morbide e prodotti biocidi per rimuovere le abbondanti patine biologiche presenti.

*Pulitura mediante spazzolatura dei metalli*

*Giuditta e Oloferne*, piazza della Signoria, Firenze (Donatello).

*San Giovanni Battista*, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo dell'Arte dei Mercanti, Firenze (Ghiberti).

*Cristo e San Tommaso*, chiesa di Orsanmichele, Tabernacolo, Firenze (Verrocchio).

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Bidorini S., Brini A. 1983; Burrini F., Nencetti P. 1988, pp. 98-105; Carria F. 1994; Carria F. 1999.



Figura 1 • Pulitura manuale mediante spazzolatura. (SAV)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Alcune incrostazioni, particolarmente resistenti o localizzate entro aree di ridotte dimensioni, oppure situate in cavità non raggiungibili da altre metodiche di pulitura meccanica o fisico-chimica, possono essere rimosse inserendo tra il supporto e lo strato incrostante una lama affilata o un utensile appuntito che, agendo a mo' di leva, ne provoca il distacco. Un'altra azione possibile è quella della raschiatura controllata, che permette di rimuovere depositi e pellicole con uno sfregamento che le polverizza.

Questa tecnica, così come tutte le tecniche che prevedono l'utilizzo di piccoli utensili, permette contemporaneamente il controllo visivo e manuale da parte dell'operatore durante il procedere dell'intervento.

La pulitura con utensili appuntiti è, tra gli altri, il metodo di pulitura meccanica più mirato, soprattutto se tale strumento è utilizzato con l'ausilio di un microscopio binoculare e, in alcuni casi, può risultare l'unica soluzione efficace.

In particolare, per gli aghi si è calcolato che la forza di una libbra (0,453 kg) esercitata su una superficie dalla punta di un ago, con un diametro paragonabile a 1/5000 di pollice (2,54 mm), è equivalente alla pressione di alcune tonnellate per pollice quadrato. Secondo questo principio, l'ago diventa un attrezzo meccanico molto potente.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Generalmente il bisturi, gli aghi e gli altri strumenti appuntiti sono impiegati per coadiuvare e rifinire una pulitura condotta con altri metodi. Sono utilizzati generalmente nella rimozione di scialbature a calce da superfici di pietra, intonacate o dipinte ma sono usati anche su manufatti di legno, bronzo, ferro, rame e ottone.

Le dimensioni ridotte di questi utensili permettono la pulitura accurata di zone molto piccole, come modanature, incisioni, scritte, marchi stampati, filettature di viti, fori ecc., e di superfici che non si possono raggiungere con altri strumenti, come sottosquadri, pieghe, scabrosità. Inoltre, possono essere usati per agire in aree limitate.

Il bisturi è adatto a rimuovere strati sottili e aderenti di particolare tenacia adesiva, quali concrezioni o incrostazioni di diversa natura (ad es. strati di stagno residui di vecchie saldature, ma anche pellicole di imbiancatura a calce su superfici lapidee o lignee).

Più in particolare, il bisturi è indicato in tutti quei casi in cui esiste una separazione netta tra lo strato delle incrostazioni e la superficie dell'oggetto.

Con questo utensile sono asportabili le incrostazioni terrose tipiche dei reperti archeologici, le croste calcaree e quelle silicee (nel campo del restauro si definiscono impropriamente silicee le incrostazioni che non sono terrose o calcaree). Per queste ultime, può essere utile ricordare che per la loro rimozione non si possono impiegare metodi chimici di pulitura, facendo uso di soluzioni a base di acidi (ad es. acido solforico, nitrico o cloridrico), perché non ne sarebbero intaccate.

Per quanto riguarda il ferro, il bisturi è impiegato quando sono presenti macchie sopra decorazioni minute, poiché consente di agire localmente all'interno dei limiti delle zone corrose dalla ruggine, senza interferire con quanto rimane delle decorazioni originali.

Occorre però ricordare che in questi casi il bisturi, come del resto gli altri strumenti manuali, è efficace solamente sulla ruggine di formazione recente.

La tecnica può essere impiegata anche per eseguire stratigrafie e campionature, in quanto permette l'asportazione selettiva di strati di materiale. I campioni prelevabili sono in forma di polveri e frammenti degli strati rimossi (fig. 1).

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI ESECUTIVE**

Il bisturi è uno strumento che può essere a lama fissa oppure mobile. Il bisturi a lama mobile è costituito da un manico sul quale possono essere fissate una serie di lame intercambiabili, diversamente sagomate, possibilmente a punte smussate o arrotondate per non graffiare la superficie dell'oggetto su cui s'interviene.

Va adoperato parallelamente alla superficie e non perpendicolarmente, su piccole incrostazioni, lisce e non troppo dure; per strati più duri è meglio cercare sistemi alternativi più veloci e sicuri. Durante l'applicazione è opportuno avvalersi di una lente d'ingrandimento o di un microscopio ottico, secondo che si operi *in situ* o in laboratorio, e in ragione della delicatezza dell'intervento. Inoltre, l'operazione deve essere accompagnata da frequenti spolverature, per avere costantemente una visione chiara delle parti da rimuovere (fig. 2, fig. 3).

Nella rimozione di scialbi dalle superfici dipinte il bisturi può essere utilizzato per assottigliare progressivamente o far "saltare" cautamente gli strati sovrapposti. In generale, per facilitare l'operazione, è possibile far precedere la rimozione meccanica da un leggero inumidimento della superficie, cosa non praticabile se la pittura non resiste all'acqua (ad es. una tempera). Nel caso di pitture sensibili all'acqua, si potranno umettare gli strati sovrapposti con solventi non polari.

Quando la superficie da cui si deve rimuovere la scialbatura non presenta decorazioni dipinte e lo strato sottostante è particolarmente stabile, in altre parole non presenta distacchi o disgregazione, si può tentare di indebolire l'aderenza degli strati sovrapposti battendo delicatamente tutta la superficie con un martello leggero, prima di proseguire l'operazione con il bisturi.

I bastoncini di legno in genere sono costituiti da materiale tenero, ma esistono anche attrezzi di canna che possono essere usati come raschietti sulla superficie dei metalli sottoposti a riduzione con zinco e soda caustica. In questo caso servono a controllare il procedere dell'operazione.

Gli utensili cilindrici appuntiti di metallo vanno usati con la massima attenzione per non graffiare la superficie dell'oggetto. La loro pericolosità aumenta con il variare della durezza del metallo di cui sono costituiti. Spesso sono costruiti e modellati dall'operatore in base alle necessità. Per ottenere dei buoni risultati si deve lavorare sotto il microscopio binoculare ed è necessario che l'oggetto non sia fessurato. L'angolo d'attacco deve essere pressoché perpendicolare alla superficie dell'oggetto, in modo da non far saltare scaglie troppo grandi.

Gli aghi vanno montati su manici di legno o di metallo, su morsetti a perno o su mandrini.

Devono essere corti, rigidi e ne esistono di diverso spessore. Con gli aghi si può rimuovere la ruggine. L'ago va premuto vicino al bordo della superficie tenera per provocarne lo sfaldamento. Perché l'intervento abbia successo, è importante esercitare la pressione in prossimità dei bordi, evitando di accelerare i tempi di esecuzione per non compromettere il risultato dell'operazione. L'ago può essere usato alternativamente, sia con funzione di raschietto sia di levetta.

Si possono sostituire gli aghi duri con aghi ipodermici più flessibili e più fini che attaccano meno violentemente la superficie.

I bulini da cesello possono essere utilizzati per eliminare le concrezioni più fortemente ancorate alla superficie dell'oggetto. Sono attrezzi di uso corrente in oreficeria, ma possono essere usati per eliminare le ossidazioni da manufatti metallici che richiedono una pulitura molto selettiva, in quanto hanno un'azione molto limitata e puntuale. Il loro utilizzo è sconsigliato se l'oggetto è fragile, perché potrebbero fratturarlo.

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Tutti gli strumenti appuntiti per la pulitura meccanica devono essere usati con estrema delicatezza in quanto un impiego errato può procurare danni notevoli.

Nei manufatti metallici di rame o di ottone, data la loro natura particolarmente tenera, occorrerà utilizzare il bisturi e tutti gli altri utensili metallici con particolare attenzione, per non graffiare la superficie degli oggetti.

Per i manufatti di ferro, talvolta può essere necessario un preventivo ammorbidimento della ruggine con bagni prolungati (anche della durata di alcuni giorni) in cherosene, petrolio od olio di paraffina, oppure con impacchi di cotone imbevuto di emolliente.

In alcuni casi l'azione del bisturi è accompagnata da quella di abrasivi in polvere di diversa granulometria. Le miscele abrasive più usate sono le seguenti:

1. 50 parti di ossido di alluminio, 50 parti di rosso inglese, petrolio per fluidificare;
2. ossido di alluminio e petrolio per fluidificare;
3. 50 parti di bianco di Spagna (carbonato di calcio in polvere), 50 parti di rosso inglese, petrolio per fluidificare;
4. 40 parti di bianco di Spagna, 30 parti di carbonato di magnesio, 10 parti di rosso inglese, petrolio per fluidificare.

Questo sistema è valido in quanto combina l'ammorbidimento della ruggine con l'azione abrasiva delle polveri e in quanto permette di agire localmente con ampio controllo della pulitura, purché si usino polveri non eccessivamente dure che potrebbero graffiare il metallo.

Questa tecnica è particolarmente adatta nel caso di superfici bruniti, dorate o altrimenti decorate. Qualora le concrezioni siano particolarmente diffuse, il bisturi, così come gli altri mezzi meccanici, non sono sempre sufficienti, e quindi si ricorre ad altre tecniche.

Nella rimozione degli scialbi dalle superfici dipinte, bisogna fare in modo che le scaglie di calce rimosse non trascino, staccandosi, parti della pellicola pittorica sottostante. In questo caso occorre sospendere l'operazione, far penetrare un fissativo sotto lo strato pittorico e far riaderire la scaglia. Una volta completata la rimozione dello scialbo, può essere necessario procedere a un leggero consolidamento della superficie che, non solo rinforzerà l'adesione della pellicola pittorica, ma eliminerà anche il leggero velo bianco che spesso resta sulla superficie dopo la rimozione della scialbatura.

## ESPERIENZE

Chiostro Verde nel Complesso di *Santa Maria Novella*, Firenze, 2005. Le tracce dello scialbo, presenti nelle pitture murali della volta della quarta campata. riconducibile agli interventi di inizio secolo, sono state ammorbidite con un impacco umido e poi rimosse tramite l'azione meccanica del bisturi e, in alcuni casi, con l'ausilio di penne di fibre di vetro.

*Palazzo Caselli*, Udine, 2002-2005. Rimozione di uno spesso strato di calce a secco con l'impiego di microfresse, bisturi e altri strumenti.

*Palazzo Madama*, Roma, 2000. Rimozione mediante bisturi di scialbature.

*Convento delle Carmelitane*, Presicce (LE). Pulitura con bisturi di pitture murali a calce.

*Reperti bronzei di Porticello*, Villa San Giovanni (RC). Reperto archeologico sottomarino, 26 frammenti di bronzo appartenenti a due o più statue maschili.

*Giuditta e Oloferne*, Firenze, piazza della Signoria (Donatello).

*Portale di bronzo*, Pisa, chiesa di Santa Maria Assunta (Bonanno Pisano).

*Porta del Paradiso*, Firenze, Battistero. Rimozione di incrostazioni dalla superficie bronzea.

*Cristo e San Tommaso*, Firenze, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo (Verrocchio).

*Villa Pagani - Della Torre*, Corbetta (MI). Tinteggiature recenti rimosse meccanicamente con spatole e bisturi.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Angelucci S., Fiorentino Paola, Kosinkova J., Marabelli M. 1978, pp. 147-56; Bidorini S., Brini A. 1983; Biscontini G., Driussi G. (a cura di) 1995; Burrini F., Nencetti P. 1988, pp. 98-105; Marabelli M. 1995; Plenderleith H. J., Werner A. E. A. 1986.





Figura 1 • Pulitura meccanica mediante bisturi.



Figura 2 • Pulitura con bisturi e lente d'ingrandimento. (OPD)



Figura 3 • Pulitura con bisturi e microscopio. (OPD)



Figura 4 • Eliminazione in opera di vecchio stucco. (OPD)



Figura 5 • Pulitura, in laboratorio, di una lastra di marmo. (OPD)

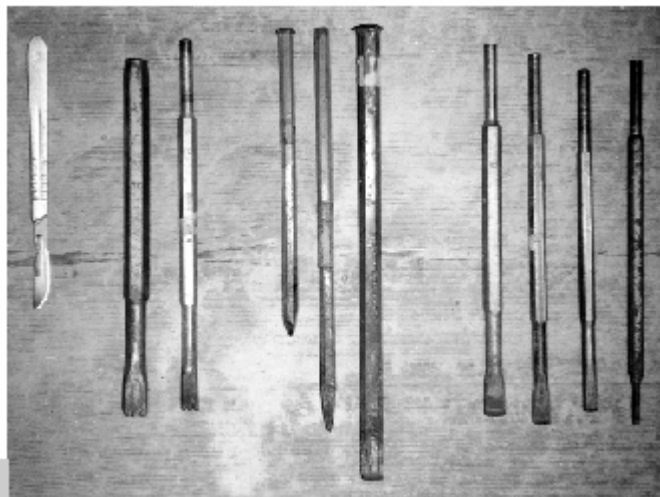


Figura 6 • Tra gli utensili a punta ne sono compresi anche di grandi dimensioni, a lama, a punta, a scalpello e a taglio dentato. (OPD)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Gli strumenti a percussione, martelletti vibratori (o vibranti), micropercussori, martelletti e percussori azionati a mano, sono indicati per la rimozione delle incrostazioni di superficie, in quanto consentono di staccare le croste senza intaccare le sottostanti patine meno porose, aderenti al metallo, costituite da ossidi di rame e stagno, che restano quindi conservate.

In conseguenza della percussione la crosta si sbriciola oppure si stacca dalla patina sottostante senza danneggiarla.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il martelletto vibratore è adeguato per far saltare incrostazioni particolarmente dure (croste calcaree anche di spessori elevati) da superfici di oggetti metallici, purché l'interfaccia di separazione tra croste e metallo sia netta a sufficienza.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il martelletto vibratore è uno strumento costituito da un motorino azionato da un pedale, dal quale dipende la velocità di giri al minuto, e da un cavo flessibile collegato a un manipolo a punte intercambiabili, che esercitano un'azione martellante. La velocità del martellamento, secondo i vari tipi, passa da 2.000 a 14.000 colpi al minuto. Più frequentemente il martelletto è ad aria compressa e il manipolo è attivato da un compressore. In questo caso è la regolazione della pressione che regola la velocità del martellamento.

Le punte collegabili al morsetto del manipolo possono essere di metalli di diversa durezza, più o meno affilate e diversamente sagomate (stondate alle estremità oppure a spigoli vivi).

Le punte originali, fornite di norma con lo strumento, sono in vidia, materiale troppo aggressivo nei confronti del bronzo, le punte vengono incappucciate o prolungate con terminazioni in ottone, rame o ferro dolce e modellate in modo diverso a seconda della forma più adatta alla superficie da trattare.

L'azione dello strumento può essere regolata anche dalla diversa pressione della mano: anche soltanto premendo lo strumento sulla superficie, si ottengono efficaci alternative di movimento.

Questo trattamento è seguito normalmente da una rifinitura, dovuta alla necessità di eliminare quei residui di incrostazioni che a tratti rimangono aderenti al supporto e producono un effetto di superficie discontinua e innaturale. Questa rifinitura è generalmente operata con l'ausilio di spazzolini ruotanti (v. PLT22 - Pulitura mediante spugne o spazzole) (fig. 1, fig. 2).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'uso del martelletto vibratore richiede una buona manualità, perché la sua azione è piuttosto forte. Perciò, bisogna porre molta attenzione sul punto dove si lavora ed è necessario agire con mano leggera. Premendo troppo sull'oggetto, aumenta l'efficacia della battuta, ma può produrre danni alla superficie dell'oggetto.

L'utilizzo di questa tecnica non è consigliabile per la pulitura di parti fragilite degli oggetti.

A volte, la percussione è eseguita con strumenti manuali, per mezzo di un martelletto e di quadrelli o cilindretti di ferro, di varia durezza, non appuntiti. Con questi attrezzi si possono eliminare gli strati di calcare di vario spessore agendo con colpi leggeri e ravvicinati in modo che la crosta si sollevi, fino a staccarsi dalla patina sottostante, senza danneggiarla.

Per la pulitura di pieghe più profonde e parti meno accessibili si esegue una pulitura meccanica con martelletti più delicati, rifinita con specillo piezoelettrico e piccoli aghi in modo da poter accedere ai più piccoli dettagli del modellato.

La forza dei colpi può essere facilmente regolata dall'operatore secondo lo spessore dell'incrostazione da eliminare e del procedere dell'operazione. È una tecnica che richiede molto tempo, pazienza e una buona manualità, dà ottimi risultati ed è molto limitato il rischio di intaccare la patina.

Durante l'operazione di pulitura l'operatore deve proteggersi con appositi occhiali.

## ESPERIENZE

*Fontana del Nettuno*, Bologna, piazza Maggiore (Giambologna).

*Giuditta e Oloferne*, Firenze, piazza della Signoria (Donatello).

*San Giovanni Battista*, Firenze, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo dell'Arte dei Mercanti (Ghiberti).

*Cristo e San Tommaso*, Firenze, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo (Verrocchio).

*Marco Aurelio*, Roma, museo Capitolino.

*San Matteo*, Firenze, chiesa di Orsanmichele, edicola lato ovest (Ghiberti).

Capitello del pulpito del Duomo, Prato, (Donatello e Michelozzo).

Acquamanile medievale, Biblioteca Reale, Torino.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Agnoletti S., Brini A., Formigli E., Giusti A., Lalli C., Miccio M., Salvioli N., *Il restauro della statua bronzea del San Matteo di Lorenzo Ghiberti da Orsanmichele in Firenze*, in "OPD Restauro", 2005, pp. 47-70.

Bernardini G.P., Casini M., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M.R., Trosti Ferroni R., *Il San Giovanni Battista del Ghiberti: studi sullo stato di conservazione della superficie bronzea*, in *OPD Restauro*, Firenze, 1995 pp. 33-55.

Burrini F., Nencetti P. 1988, pp. 98-105;

Burrini F., Nencetti P., *Il restauro delle figure bronzee di Cristo e di San Tommaso*, in Dolcini L. (a cura di), *Il maestro di Leonardo. Il restauro dell'incredulità di San Tommaso di Andrea del Verrocchio*, Cinisello Balsamo (Mi), 1992.

Cagnini A., Galeotti M., Gennai S., Lalli C., Porcinai S., Ranfagni P., Rizzi M., Salvadori B., Trosti R., "OPD Restauro", 2005, pp. 47-70.

Gennai S., Siano S., Valcepina C., *Il restauro di un acquamanile medievale metallico proveniente dalla Biblioteca reale di Torino*, in "OPD Restauro", 2007, pp. 145-160.

Guida G., Marabelli M., Marano A., *Analisi e prove non distruttive per il restauro della "Porta di Bonanno" del Duomo di Pisa*, in *OPD Restauro*, Firenze, 1991 pp. 63-74.

Marabelli M., *Conservazione e restauro dei metalli d'arte*, Roma, 1995.

Marabelli M., Mazzeo R., Morigi G., *Caratterizzazione dei prodotti di alterazione e della vernice nera dei bronzi della fontana del Nettuno*, in "OPD Restauro", 1991, pp. 57-62.

Melucco Vaccaro A., *Il monumento equestre di Marco Aurelio: restauro e riuso*, in Melucco Vaccaro A., Mura Sommella A. (a cura di), *Marco Aurelio, storia di un monumento e del suo restauro*, Cinisello Balsamo (Mi), 1989, pp. 211-252.

Ronchi M. (a cura di), *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza archeologica della Toscana, s.d.

Valcepina C., *Il restauro del capitello bronzeo del pulpito del Duomo di Prato*, in "OPD Restauro", 2008, pp.197-210.



Figura 1 • Eliminazione di incrostazioni da una superficie metallica, mediante martelletto vibratore. (OPD)



Figura 2 • Il martelletto vibratore applicato su dettagli di una scultura di bronzo. (OPD)

**PLT 25****PULITURA PER ABRASIONE TRAMITE PICCOLE FRESE E MOLE****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'uso di strumenti quali le frese e le mole permette l'asportazione per abrasione di incrostazioni dure con un loro progressivo assottigliamento.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Si usano su qualsiasi tipo di metallo e di oggetto, per eliminare incrostazioni di vario genere, specialmente in zone non piane o difficilmente raggiungibili, quali solchi e sottosquadri. Sono particolarmente adatte per pulire cavità da incrostazioni dure. In casi particolari e con speciali cautele, la tecnica può essere impiegata anche su superfici lapidee di elevata durezza e compattezza.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI ESECUTIVE**

Per la pulitura dei manufatti artistici in metallo si utilizzano spesso piccoli strumenti di precisione, azionati da un motore con regime variabile da 2000 a 14.000 giri/minuto. Il motore è collegato, tramite un cavo flessibile, a mole o frese intercambiabili e disponibili con vari profili (fig. 1, fig. 2).

La fresa è un utensile rotante dotato di denti d'acciaio, taglienti e sagomati, in grado di sagomare, realizzare solchi e asportare materiale anche in profondità.

La mola è un attrezzo anch'esso rotante, costituito di materia abrasiva e usato per levigare superfici scabre.

L'uso di questi strumenti è semplice ma richiede attenzione, in quanto si deve evitare di avvicinarsi troppo alla superficie sana dell'oggetto.

Per lavori di fino, si utilizzano generalmente attrezzi elettrici da dentista. In questo campo, esistono numerosi tipi di apparecchi: con motore elettrico, aventi velocità di rotazione dell'ordine di 20.000 giri/minuto. Con alimentazione ad aria compressa si ottengono velocità fino a 250.000 giri/minuto. Il gran numero di accessori che possono essere montati permette un'ampia utilizzazione di tali apparecchi anche nel campo del restauro. Gli accessori sono di tutti i tipi: punte, spazzolini, mole, dischi abrasivi ecc.

L'impiego di queste apparecchiature richiede una consolidata esperienza da parte dell'operatore.

Egli dovrà impugnare correttamente l'attrezzo, saper scegliere, di volta in volta, il tipo di terminale più adatto (fresa, mola, spazzola o altro), aver acquisito la sensibilità necessaria per regolare opportunamente, secondo i materiali su cui lavora, l'inclinazione e la pressione delle punte pulenti, sapersi fermare in tempo per non spingere dannosamente la pulitura oltre i limiti. L'uso di una lente d'ingrandimento o di un microscopio agevola molto il controllo delle operazioni. È buona norma, poi, non insistere per tempi prolungati sulla stessa zona, ma agire per intervalli brevi, eliminando le polveri e controllando spesso lo stato di avanzamento dell'intervento, anche se la rotazione genera un movimento d'aria che produce un effetto spolverante (fig. 3).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'alto numero di giri di tali attrezzi lascia comprendere come essi debbano essere usati con molta prudenza per non danneggiare l'oggetto.

Quando si utilizzano le frese si deve procedere con delicatezza e lentamente per evitare il grippaggio dello strumento nel pezzo, con il rischio di danneggiarlo irrimediabilmente.

Per eliminare le croste spesse, è bene procedere cominciando dalle punte ad azione più energica e adottando via via quelle sempre meno abrasive. Inoltre, per la pulitura di cavità piccole e profonde, può essere controproducente insistere con questo mezzo e più conveniente alternarne l'impiego con quello di altre tecniche, come punte, bisturi, martelletti, vibratorii o microsabbatura (v. PLT14 - Microsabbatura di superfici lapidee; PLT15 - Microsabbatura di manufatti metallici; PLT22 - Pulitura mediante spugne e spazzole; PLT23 - Pulitura meccanica mediante bisturi e utensili appuntiti; PLT24 - Asportazione di incrostazioni tramite martelletti o vibratorii).

## ESPERIENZE

*San Giovanni Battista*, Firenze, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo dell'Arte dei Mercanti (Ghiberti).

*Marco Aurelio*, Roma, museo Capitolino.

*San Matteo*, Firenze, chiesa di Orsanmichele, Tabernacolo dell'Arte del Cambio, (Ghiberti).

*Reliquario di San Pancrazio*. Pieve Val di Pesa (Fi).

Acquamanile medievale, Biblioteca Reale, Torino.

San Matteo, Chiesa di Orsanmichele, Firenze.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Agnolelli S., Brini A., Formigli E., Francolini S., Miccio M., Siano S., *Il San Matteo del Ghiberti: considerazioni preliminari sul restauro e indagini tecnologiche*, in "OPD Restauro" 2003.

Agnolelli S., Brini A., Formigli E., Giusti A., Lalli C., Miccio M., Salvioli N., *Il restauro della statua bronzea del San Matteo di Lorenzo Ghiberti da Orsanmichele in Firenze*, in "OPD Restauro", Firenze, 2005, pp. 47-70.

Bernardini G.P., Casini M.C., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M.R., Trosti Ferroni R., *Il San Giovanni Battista del Ghiberti: studi sullo stato di conservazione della superficie bronzea*, in "OPD Restauro", Firenze, 1995, pp. 33-55.

Gennai S., Siano S., Valcepina C., *Il restauro di un acquamanile medievale metallico proveniente dalla Biblioteca Reale di Torino*, in "OPD Restauro", Firenze, 2007, pp. 145-160.

Marabelli M., *Conservazione e restauro dei metalli d'arte*, Roma, 199.

Melucco Vaccaro A., *Il monumento equestre di Marco Aurelio: restauro e riuso*, in Melucco Vaccaro A., Mura Sommella A. (a cura di), *Marco Aurelio, storia di un monumento e del suo restauro*, Cinisello Balsamo (Mi), 1989, pp. 211-252.

Nepoti M.R., Trosti Ferroni R. 1995, Ronchi M. (a cura di), *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza archeologica della Toscana s.d.

Pieri G., Zurlo R., *Reliquario di San Pancrazio*, Scheda di Restauro, in "OPD Restauro", 2002.



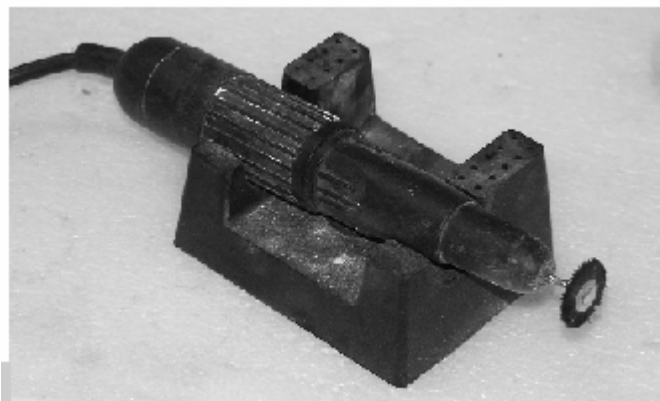


Figura 1 • Dispositivo terminale per la pulitura con piccole mole. L'incrostazione è asportata per abrasione ed è svolta per progressivi assottigliamenti. (OPD)



Figura 2 • Alcune punte di mola.



Figura 3 • Pulitura per abrasione, utilizzando una mola e uno spruzzatore manuale. L'acqua consente sia di moderare l'effetto abrasivo, sia di mantenere pulito il punto su cui si opera, controllando l'azione. (OPD)

**PLT 26****PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il termine laser (*light amplification by stimulated emission of radiation*) si riferisce a una particolare classe di sorgenti di radiazione elettromagnetica che emettono nell'infrarosso, nel visibile o nell'ultravioletto, un fascio di luce monocromatica, coerente e collimata.

In altre parole, l'emissione avviene a una lunghezza d'onda (colore) ben definita, le varie onde che compongono il fascio mantengono relazioni di fase ben definite nello spazio e nel tempo, il fascio prodotto ha un alto grado di parallelismo (bassa divergenza). Tali proprietà hanno favorito una varietà di applicazioni in ambito industriale, medicale e beni culturali.

Dopo oltre 40 anni dall'invenzione del primo laser (1960), esiste oggi un gran numero di dispositivi basati su vari mezzi attivi a stato solido, liquido o gassoso. Si può avere emissione impulsata o continua, con parametri molto differenziati. Nel caso di laser impulsati, oltre alla lunghezza d'onda, sono parametri d'emissione fondamentali: l'energia d'impulso, la durata d'impulso e la frequenza di ripetizione degli impulsi (tab. 1). La potenza è invece il parametro che caratterizza l'emissione in continua. Nel campo della conservazione, i laser in continua sono impiegati in applicazioni diagnostiche, mentre per la pulitura si utilizzano esclusivamente laser impulsati.

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA
Lunghezza d'onda ( $\lambda$ )	micron ( $\mu\text{m}$ ): milionesimo di metro ( $10^{-6}$ m) nanometro (nm): miliardesimo di metro ( $10^{-9}$ m)
Energia d'impulso ( $E$ )	Joule (J) milli-Joule (mJ): millesimo di Joule ( $10^{-3}$ J)
Durata d'impulso ( $t$ )	microsecondo ( $\mu\text{s}$ ): milionesimo di secondo ( $10^{-6}$ s) nanosecondo (ns): miliardesimo di secondo ( $10^{-9}$ s)
Frequenza di ripetizione ( $f$ )	Hertz (Hz): numero di impulsi al secondo ( $1/\text{sec} = \text{sec}^{-1}$ )
Potenza media ( $P_m = E \cdot f$ )	Watt (W)
Potenza di picco ( $P = E/t$ )	mega-Watt (MW): milioni di Watt ( $10^6$ W) kilo-Watt (KW): migliaia di Watt ( $10^3$ W)

Tabella 1 • Parametri di emissione di laser impulsati e relative unità di misura tipicamente utilizzate.

La tecnica di pulitura laser fu introdotta a Venezia da J. Asmus agli inizi degli anni Settanta.

I risultati ottenuti da Asmus e successivamente dai suoi allievi erano incoraggianti, ma il nuovo approccio rimaneva a un livello sperimentale, soprattutto a causa dei forti limiti tecnologici di allora e degli alti costi delle sorgenti laser. Negli anni ottanta la tecnologia migliora sensibilmente, ma i costi continuano ad essere relativamente elevati. Inoltre, la mancanza di studi sistematici mirati a evidenziare vantaggi e limiti dell'approccio laser in una varietà sufficientemente ampia di casi,

accanto a taluni risultati molto discutibili, alimentavano una notevole diffidenza negli ambienti scientifici della conservazione.

Agli inizi degli anni novanta la situazione è cambiata drasticamente, anche grazie al notevole incentivo dato alla ricerca di nuove tecnologie dedicate alla salvaguardia del patrimonio culturale, in ambito nazionale ed europeo. Quale esito di vari progetti di ricerca in Italia, Francia, Grecia, Inghilterra e Germania, sono oggi disponibili sul mercato sistemi laser con specifiche finalità di pulitura. In particolare, diversi sistemi basati su laser Nd:YAG ( $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ) per manufatti lapidei, laser ad eccimeri KrF ( $\lambda = 248 \text{ nm}$ ) o Er:YAG ( $\lambda = 2,94 \mu\text{m}$ ) per dipinti, laser CO<sub>2</sub> TEA ( $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ ) per manufatti metallici (fig. 1). Occorre però sottolineare, che

pur essendo stati superati tutti i limiti tecnologici delle prime macchine, ed essendo stati sviluppati sistemi di propagazione del fascio e manipoli che consentono un facile e sicuro utilizzo dei vari sistemi, permangono sul piano metodologico discussioni sui parametri d'irraggiamento più appropriati alle varie problematiche di conservazione (fig. 2). In pratica il quadro più definito è quello del trattamento di manufatti lapidei mediante sistemi laser Nd:YAG, come testimonia anche il numero crescente di interventi di pulitura su importanti manufatti effettuati negli ultimi anni, soprattutto in Italia e in Francia. Anche il trattamento di superfici metalliche ha recentemente raggiunto un notevole livello di sviluppo.

Gli studi più importanti sono stati svolti a Firenze dall'Istituto di elettronica quantistica del CNR, dall'Opificio delle pietre dure, e dal Centro di restauro della Soprintendenza archeologica per la Toscana. Il risultato di maggior rilievo di questa attività è rappresentato dalla pulitura laser degli elementi di bronzo dorato del fregio della porta del Paradiso di Lorenzo Ghiberti, attualmente in corso.

Viceversa, in presenza di pigmenti, sono stati evidenziati importanti effetti di variazione di colore che rendono ad oggi sconsigliabile l'estensione della tecnica di pulitura laser al trattamento di superfici dipinte. A livello sperimentale comunque, non mancano esempi positivi che lasciano intravedere una soluzione degli effetti invasivi, attraverso la realizzazione di dispositivi laser specifici e la definizione di condizioni d'irraggiamento ottimali. Analogamente, la ricerca procede anche su un'ampia gamma di materiali quali: tessuti, legno, avorio, carta, pergamena e altro.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

In questa sede ci si riferisce esclusivamente alla pulitura laser di manufatti lapidei.

### *Sistemi laser Nd:YAG*

Le differenze principali tra i vari sistemi di pulitura basati su laser Nd:YAG (1064 nm) oggi disponibili sul mercato, riguardano la durata d'impulso e la propagazione del fascio. Esiste una notevole differenza di durata d'impulso tra i due possibili regimi di funzionamento dei laser Nd:YAG, cosiddetti *Short Free Running* o *Short Normal Mode* (SFR o SNM) e *Q-Switching* (QS). Nel primo caso si hanno tipicamente impulsi con durate 50-120  $\mu\text{s}$  ed energie massime di 1 J, mentre nel secondo caso si hanno durate di 5-20 ns ed energie massime comprese tra 200-500 mJ.

Il fascio emesso da un laser SFR, è facilmente accoppiabile in una fibra ottica (diametro tipico = 1 mm) e quindi propagabile su distanze di decine di metri senza sostanziali attenuazioni.

La fibra ottica termina con un manipolo che, mediante una lente, riproduce lo spot d'uscita sulla superficie da pulire, con un certo fattore d'ingrandimento. I diametri operativi variano da 1 a 10 mm. Per laser QS l'accoppiamento in fibra è invece molto problematico a causa delle elevate intensità di picco ( $\text{W}/\text{cm}^2$ ) in gioco, le quali possono facilmente innescare fenomeni di *breakdown* ottico (scarica elettrica) che portano alla

rottura della fibra. In pratica, l'energia d'impulso massima propagabile in condizioni di sicurezza, mediante fibre aventi diametro di 1-1,5 mm, è di 100-200 mJ, meno quindi delle tipiche energie

d'uscita di un laser QS. Per questa ragione la gran parte dei sistemi Nd:YAG QS proposti per il restauro, sono dotati di un braccio articolato tubolare che, attraverso un certo numero di specchi (7 tipicamente), consente di indirizzare sulla superficie da trattare il fascio collimato prodotto dalla cavità laser. In uscita dal braccio articolato è spesso introdotta una lente di focalizzazione allo scopo di ottenere spot di diverse dimensioni, in funzione della distanza dalla superficie irraggiata.

Tra i sistemi laser per la pulitura in commercio, quelli QS sono tipicamente più ingombranti e più costosi rispetto agli SFR, ma continuano a riscuotere l'interesse maggiore a causa della più elevata efficienza di rimozione. In realtà, la disponibilità delle due tecnologie estende la gamma di problematiche di pulitura che possono essere affrontate, poiché il processo di rimozione dipende sensibilmente dalla durata d'impulso. Allo scopo di ottimizzare il risultato del trattamento nei casi specifici, di recente è stato proposto un nuovo laser Nd:YAG QS che genera impulsi di durata aggiustabile da 30 ns a 3  $\mu$ s, di energia massima attorno a 500 mJ, accoppiati in fibra ottica. Questo sistema, che sarà presto commercializzato, è stato sviluppato in Italia e costituisce lo stadio più avanzato della tecnologia laser per la pulitura di materiali lapidei e metallici.

Per completezza conviene qui menzionare anche laser Nd:YAG QS che emettono oltre che alla lunghezza d'onda fondamentale (1064 nm) anche a 532 nm (seconda armonica), 355 nm (terza armonica), 266 nm (quarta armonica), con durate d'impulso tipiche di 5-10 ns, ed energie d'impulso decrescenti al diminuire della lunghezza d'onda. L'impiego di queste sorgenti nel restauro è ancora sperimentale. Tra le applicazioni proposte è di notevole interesse il trattamento di pulitura di dipinti murali, carta e pergamena. Relativamente alla rimozione di croste nere su pietre invece, a nostro parere non sono stati ancora presentati casi in cui l'impiego delle armoniche superiori è realmente giustificato, considerati anche i costi aggiuntivi dei dispositivi di conversione di lunghezza d'onda e la diminuzione delle energie d'uscita.

#### *Principi fisici di base dei sistemi utilizzati per la pulitura dei materiali lapidei*

Quando un fascio di radiazione laser incide sulla superficie di un dato materiale, una parte dell'energia trasportata dal fascio è assorbita e una parte diffusa in tutte le direzioni. Gli effetti indotti nel materiale irraggiato sono strettamente dipendenti dalla frazione di energia assorbita e dalla sua conseguente dissipazione in calore. Il riscaldamento primario del materiale avviene entro uno spessore corrispondente alla lunghezza di penetrazione ottica ( $l_{ott}$ ), la quale rappresenta lo spessore di materiale che produce un'attenuazione del flusso di radiazione di circa un terzo ( $1/e = 1/2, 73$ ). La frazione di energia retrodiffusa

(riflettanza) e  $l_{ott}$  sono parametri fondamentali del processo d'interazione radiazione laser-materiale. Al di sopra di una certa soglia, l'irraggiamento produce rimozione di materiale in tempi caratteristici dell'ordine della durata d'impulso, effetto solitamente indicato come ablazione laser. Il termine ablazione deriva dal gergo medico, poiché i primi studi sistematici di rimozione di materiale a mezzo laser degli inizi degli anni ottanta, erano appunto relativi ad applicazioni di chirurgia oculare. Esistono diversi meccanismi che conducono ad ablazione laser, in funzione delle proprietà dei materiali irraggiati, dei parametri e delle condizioni d'irraggiamento. La conoscenza delle diverse dinamiche ablative che possono essere innescate e la percezione dello specifico regime di rimozione, sono di fondamentale importanza per una corretta applicazione della tecnica di pulitura laser e per sviluppare quella particolare sensibilità che consente di affrontare le diverse tipologie di degrado scegliendo opportunamente i parametri operativi. Nel seguito sono richiamati alcuni elementi della descrizione fisica dei principali canali ablativi, per ulteriori approfondimenti si rimanda all'ampia letteratura scientifica sull'argomento.

Il parametro che rappresenta il livello d'irraggiamento nei processi ablativi è la fluena, definita come il rapporto tra l'energia dell'impulso  $E$  e l'area  $A$  dello spot laser prodotto sulla superficie del manufatto ( $[E/A] = J/cm^2$ ). L'ablazione laser è caratterizzata da una fluena di soglia al di sotto della quale non si ha rimozione di materiale, ma solo un riscaldamento del volume irraggiato. Nel caso di impulsi laser della durata di decine di microsecondi (SFR) la soglia di ablazione corrisponde alla fluena necessaria a innalzare la temperatura superficiale dell'incrostazione al suo valore critico di vaporizzazione. Quando si utilizzano invece impulsi nel dominio dei nanosecondi il contributo meccanico dovuto alla rapidissima espansione e vaporizzazione delle componenti

assorbenti può diventare importante se non predominante. Inoltre le elevate intensità in gioco in condizioni operative ( $P/A = 5-300 \text{ MW/cm}^2$ ) possono indurre ionizzazione e la conseguente formazione di un plasma denso in vicinanza della superficie irraggiata, visivamente percepito come un

flash di luce che si sviluppa su un volume di qualche millimetro cubo. La rapida espansione del plasma che procede a velocità di  $10^3-10^4 \text{ m/s}$  e il suo elevato assorbimento ottico della radiazione laser incidente che scherma la superficie sotto trattamento, trasforma l'interazione in una microesplosione in aria in cui la rimozione di materiale è sostanzialmente legata a effetti meccanici (fig. 3).

Anche in assenza di plasma comunque, il ruolo degli effetti meccanici è molto importante come evidenziato dal confronto delle soglie di ablazione, più basse per impulsi QS ( $\sim 100 \text{ mJ/cm}^2$ ) che per impulsi SFR ( $\sim 1-2 \text{ J/cm}^2$ ). Questo determina nella gran parte dei casi la maggiore efficienza dei sistemi laser QS.

È ormai dimostrato che di solito conviene bagnare l'incrostazione con acqua (o con altri liquidi) durante l'irraggiamento, poiché ciò consente di ottenere risultati di pulitura generalmente migliori con fluenze minori di quelle necessarie nella condizione a secco.

L'efficienza del processo di rimozione aumenta poiché, a prescindere dalla durata d'impulso, la temperatura di vaporizzazione dell'acqua è sensibilmente inferiore a quella dei vari prodotti presenti nell'incrostazione. Nel caso di impulsi QS ha inoltre importanza il ruolo di accoppiamento meccanico svolto dall'acqua, che riempiendo le porosità dell'incrostazione favorisce la propagazione dell'onda di pressione generata dal riscaldamento impulsivo. È bene precisare che i vantaggi forniti dalla bagnatura sussistono nella misura in cui essa non si trasforma in immersione. In altre parole, bisogna evitare un accumulo d'acqua in superficie

la cui rimozione potrebbe comportare una spesa energetica che annulla i vantaggi della bagnatura. Senza entrare in ulteriori dettagli della descrizione fisica dei processi ablativi e del ruolo della bagnatura, è utile riassumere qui le variazioni sui parametri di interesse che quest'ultima comporta. La bagnatura riduce la riflettanza, aumenta la penetrazione ottica, riduce la temperatura massima raggiunta nel volume irraggiato, innalza la soglia d'innescio del plasma, aumenta l'accoppiamento meccanico e favorisce quella componente di rimozione dovuta alla propagazione dell'onda di pressione, solitamente indicata con il termine spallazione.

Il contributo che tutti questi effetti giocano sull'interazione laser-materiale oltre ad aumentare efficienza e omogeneità della pulitura, può annullare o rendere trascurabili fenomeni invasivi di tipo termico e meccanico a carico del substrato.

Tali considerazioni si applicano in particolare modo alla rimozione di croste nere in cui il contributo maggiore all'assorbimento è dovuto alle componenti carboniose, mentre l'assorbimento della matrice gessosa è trascurabile. Consideriamo prima il caso della pulitura con impulsi SFR. Durante l'irraggiamento i centri di assorbimento (principalmente residui di combustione) si surriscaldano propagando calore nelle immediate vicinanze in cui il contenuto d'acqua è rilevante in condizioni di bagnatura. Al di sopra della soglia di ablazione, la rapida vaporizzazione dell'acqua e delle componenti grasse, che ha inizio dopo qualche centinaio di nanosecondi e si sviluppa per decine di microsecondi, produce una rimozione massiva che interessa anche il legante, per il quale la temperatura media raggiunta è ben al di sotto del valore critico di dissociazione, anche se può comportare deidratazione. In questo caso la pressione di rinculo dovuta all'espulsione di materiale è generalmente trascurabile.

Viceversa nel caso di impulsi QS, bisogna tenere conto dell'importante ruolo giocato dalla generazione di un impulso di pressione intenso. Per fluenze molto soprasoglia, esso è dovuto principalmente alla vaporizzazione esplosiva dell'acqua, che si sviluppa in tempi che sono 103-104 volte più corti rispetto al caso precedente. Nel caso invece di fluenze poco superiori alla soglia di ablazione, anche l'espansione termoelastica delle componenti assorbenti può avere un peso rilevante. In entrambi i casi, l'estensione della rimozione di materiale dalle immediate vicinanze dei centri di assorbimento alle zone circostanti, è dovuto all'effetto distruttivo dei picchi di pressione iniziali e degli effetti di propagazione dell'onda acustica attraverso l'incrostazione e il sottile strato d'acqua presente sopra di essa.

Tutto ciò è relativo agli effetti da singolo impulso e rimane valido per basse frequenze di ripetizione ( $f = 1-5$  HZ). Quando si utilizzano frequenze di ripetizione elevate, all'effetto di riscaldamento da singolo impulso si cumula un riscaldamento medio dovuto al fatto che gli impulsi successivi raggiungono la superficie quando questa non è ancora tornata alla temperatura ambiente. Fino a un certo livello di temperatura media, che potremmo considerare di  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , l'effetto cumulativo potrebbe produrre un aumento di efficienza poiché l'acqua di assistenza e tutto il resto, si trovano a una temperatura media alta, quindi la vaporizzazione è raggiunta prima. Oltre la temperatura di vaporizzazione dell'acqua è difficile se non impossibile assicurare la bagnatura del volume irraggiato. Per pietre con assorbimento ottico non trascurabile gli effetti di surriscaldamento dovuti all'alta frequenza di ripetizione potrebbero essere molto dannosi.

La tecnica laser nasce come trattamento di pulitura di croste nere su manufatti lapidei esposti in ambiente urbano. Essa si è rivelata efficace anche nel caso di trattamenti chimici pregressi di pulitura, consolidamento e protezione. Buoni risultati sono stati ad esempio ottenuti su manufatti precedentemente trattati con fluorosilicati. I vantaggi della pulitura laser rispetto alle tecniche convenzionali, sono rappresentati dall'assenza di residui, dalla possibilità di ottenere livelli di pulitura ottimali non altrimenti ottenibili, dal rispetto della tessitura della superficie esposta, dalla iterabilità del trattamento.

Stratigrafie complesse in cui oltre a croste nere sono stati individuati vari livelli di patinatura più o meno antichi, con strati completamente o solo in parte mineralizzati, hanno permesso di evidenziare in maniera lampante il carattere di selettività e precisione del trattamento laser. Di fronte a stratigrafie complesse, bisognerebbe sempre prendere in considerazione la pulitura laser quale primo approccio e non, come solitamente accade, dopo aver verificato l'inadeguatezza delle altre tecniche disponibili.

Un ulteriore peculiare ambito applicativo della pulitura laser è l'alleggerimento delle pellicole a ossalati scure. In questo caso, sfruttando la graduale saturazione naturale della tonalità scura, dall'interno verso l'esterno, si può calibrare l'ablazione in modo riprodurre un determinato risultato estetico. Infatti, com'è noto, non vi sono particolari ragioni conservative per il trattamento delle pellicole a ossalati, teso altresì a restituire leggibilità al modellato per una migliore fruizione del manufatto.

Sistemi laser QS a impulsi corti, quindi molto efficienti, sono adatti alla rimozione di graffiti urbani. L'efficacia e l'efficienza della pulitura dipendono sensibilmente dal colore della vernice sintetica. Così ad esempio, quando si dispone solo dell'armonica fondamentale del Nd:YAG ( $1064\text{ nm}$ ), è facile ottenere ottimi risultati sul nero mentre è molto difficile una pulitura soddisfacente del rosso. Notevoli vantaggi si ottengono dalla disponibilità delle armoniche successive ( $532\text{ nm}$ ,  $355\text{ nm}$ ), anche in vista del trattamento di pietre di vari colori. Non bisogna comunque dare per scontata l'efficacia dell'azione laser su qualunque

tipo di vernice sintetica, occorre invece seguire un approccio sistematico del tipo indicato sopra. Inoltre risultati certamente modesti si ottengono nel caso di pietre porose dove la penetrazione del pigmento oltre che del legante è significativa.

Lo stato dell'arte sul trattamento laser di superfici dipinte o con tracce di cromie che si intende salvaguardare, non permette di considerare la tecnica laser direttamente estendibile a queste situazioni. Esistono studi che evidenziano la tendenza a trasformazioni chimiche di vari pigmenti a livelli di fluensa dell'ordine o anche inferiori a quelli necessari alla rimozione dell'incrostazione. Probabilmente in futuro questi problemi potrebbero essere superati sfruttando regimi ablativi basati su processi fotoacustici, che coinvolgono bassi transienti termici, unitamente all'utilizzo di diverse lunghezze d'onda.

Un altro limite è rappresentato dal degrado biologico. I risultati non sono sempre soddisfacenti soprattutto a causa della penetrazione e ramificazione degli organismi attraverso gli spazi intergranulari. Ulteriori studi sono invece necessari per parametrizzare e valutare la convenienza rispetto ad altri approcci dell'effetto battericida e fungicida, molto pronunciato soprattutto a lunghezze d'onda nell'ultravioletto.

Un breve cenno va fatto al tanto discusso problema dell'"ingiallimento". Negli anni novanta alcuni autori, soprattutto italiani e francesi, hanno portato l'attenzione sul fatto che la rimozione di croste

nera da litotipi chiari (marmi e calcareniti) mediante laser Nd:YAG QS restituiva una superficie con un'apparente velatura gialla. Ancora oggi è difficile dire, senza un'accurata indagine petrografica, quando quest'aspetto rappresenta una proprietà intrinseca della superficie lapidea e quando invece è dovuto alla tecnica di pulitura.

Infatti il confronto con altre tecniche non è immediato, dal momento che anch'esse comportano effetti di colore, oppure non restituiscono il medesimo livello di pulitura. Un confronto valido è invece quello tra laser QS e SFR. È stato verificato che quando il substrato lapideo presenta fenomeni di ingiallimento naturale entrambi i laser, in condizioni ottimali, rispettano tale tonalità, a meno di qualche differenza di luminosità dovuta a differenze nel livello di pulitura e talvolta a dettagli tessiture superficiali dovuti alla più marcata aggressività delle sorgenti QS su queste tipologie. In qualche caso, in cui il substrato non presentava una tonalità gialla è stata riscontrata una notevole differenza tra i risultati finali prodotti dai due diversi regimi operativi. Infatti il laser QS produceva effettivamente una velatura gialla mentre lo SFR rispettava la tonalità chiara del substrato. Dai nostri studi e da quelli di altri autori emerge che un tale effetto, associato all'irraggiamento con laser QS, sia da attribuire a un residuo di particolato submicrometrico di ossidi di ferro, già presenti a livello della superficie prima dell'irraggiamento oppure depositati nella rimozione esplosiva dell'incrostazione in cui essi erano contenuti. Tutto ciò necessita di ulteriori verifiche sperimentali, ma la prova che si tratta di un effetto dovuto a materiale residuo meccanicamente rimovibile, permette di escludere trasformazioni chimiche relativamente profonde della pietra. Questa interpretazione delle differenze fra QS e SFR è anche in accordo con una descrizione più approfondita delle due rispettive dinamiche ablativo.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Operativamente, la pulitura laser può suggerire una qualche similarità con talune tecniche abrasive, ma essa è basata su meccanismi d'azione diversi e ben più complessi che richiedono un approccio sistematico, il quale può talvolta condurre a soluzioni molto poco intuitive.

Perciò, sia nella fase delle valutazioni preliminari sia nell'applicazione della tecnica, occorre considerare una serie di verifiche teoriche e sperimentali.

Il primo passo è costituito dalla definizione del grado di pulitura in termini del particolare livello stratigrafico che si intende raggiungere. Come ben noto, questo passaggio che include, tra le altre diagnostiche, la caratterizzazione petrografica dell'orizzonte di degrado è comune a qualunque approccio di pulitura, o almeno dovrebbe esserlo. È utile però sottolineare come l'alto grado di selettività e la precisione mostrata dalla tecnica laser, abbia aggiunto valore alla caratterizzazione stratigrafica e allo studio della natura dei vari strati. Questo perché in molti casi, scegliendo opportunamente i parametri e le condizioni di irraggiamento, si può arrestare la pulitura a un livello predeterminato, sfruttando un principio di selettività non più basato sulle proprietà chimiche propriamente dette, o di coerenza e permeabilità, ma essenzialmente sulle proprietà di assorbimento e diffusione ottica, conduzione termica e proprietà meccaniche stratigrafiche.

Il secondo passo è quindi rappresentato dall'analisi delle proprietà ottiche degli strati da rimuovere e di quello che si intende salvaguardare tutto o in parte. Un aumento di riflettanza ( $R$ ), e/o di penetrazione ottica tra i primi e il secondo, favorisce un'azione intrinsecamente selettiva, vale a dire che è possibile individuare il valore di fluensa che permette di ritrovare il livello di pulitura desiderato in tutte le zone a stratigrafia simile, poiché il processo di ablazione laser termina automaticamente in corrispondenza del livello di interesse. Se consideriamo ad esempio una stratigrafia semplice di croste nere a diretto contatto con il substrato lapideo, si può verificare che una condizione di discriminazione ottica sussiste in diversa misura in molti casi di interesse, come testimoniano i valori di  $R$  riportati in tabella 2. La presenza di pellicole a ossalati o di uno strato di solfatazione pseudomorfo superficiale potrebbe migliorare notevolmente la situazione per quei litotipi come ad esempio il rosso ammonitico e le arenarie, che esibiscono un margine di discriminazione ottica relativamente stretto.

Come già citato, accanto a questa selettività basata sulle proprietà ottiche, vi possono essere altre condizioni in cui la selettività del processo è dovuta anche alla variazione delle proprietà termiche e meccaniche. Se consideriamo gli effetti da singolo impulso (basse frequenze di ripetizione), solitamente hanno più importanza le proprietà termiche del particolato microscopico assorbente, rispetto a quelle medie relative a un dato strato o al substrato lapideo che vanno comunque considerate, soprattutto per impulsi laser SFR. Nel caso invece di frequenze di ripetizione di decine di Hertz, parametri quali conducibilità, capacità e diffusività termiche medie diventano rilevanti e la possibilità di utilizzare alte frequenze di ripetizione per accelerare il trattamento è strettamente legata a questi parametri.

I valori medi rappresentativi delle proprietà termiche sono facilmente rintracciabili in letteratura, che riporta una notevole mole di dati sperimentali relativi a molti litotipi e materiali organici. In ogni caso, si tratta di grandezze misurabili. Questi dati possono essere sfruttati anche per caratterizzare le singole inclusioni o strati minerali e organici. Per ciò che concerne invece le proprietà meccaniche ci si limita solitamente a considerazioni ed estrapolazioni empiriche.

L'analisi fisica è importante per l'interpretazione dei risultati dell'irraggiamento e consente talvolta di individuare soluzioni specifiche o generalizzabili mediante una scelta appropriata della sorgente laser, delle condizioni e dei parametri d'irraggiamento. È fondamentale comunque che la fase di ottimizzazione della tecnica preveda una serie di test di pulitura sistematici mirati a verificare la possibilità di ottenere il particolare livello di pulitura ottimale, ricavato dalle caratterizzazioni stratigrafiche dell'orizzonte di degrado, ma anche soprattutto per verificare la possibilità di ottenere una pulitura graduale. È ben noto, infatti, che quanto suggerito dallo studio petrografico, certamente già informato a valutazioni storico-artistiche oltre che conservative, può avere un qualche grado di libertà o non considerare in modo appropriato l'importanza di aspetti estetici rilevanti per una corretta fruizione del manufatto, i quali diventano evidenti solo dopo test di pulitura graduale.

LITOTIPO	R (A SECCO) (%)	R (BAGNATO) (%)
calcare cavernoso (Siena)	78	66
rosso ammonitico	24 (m)	16 (m)
marmo di Siena	64	69 (m)
	40	49 (m)
pietra di Vicenza	89	80
pietra di Lecce	77	65
marmo dolomitico	72	45
marmo di Carrara	42	32
pietra serena (Firenze)	35	15
arenaria pliocene (Siena)	42	24
pietra forte (Firenze)	19	11
crosta nera	10-20	8-14

Tabella 2 • Valori di riflettanza a 1064 nm di diversi litotipi. Le misure sono state effettuate su provini di cava con superficie rugosa, a eccezione di quelli indicati con (m), che provengono da manufatti esposti in ambiente urbano. Per confronto è stato anche riportato un tipico dominio di variazione della riflettanza di croste nere.

Questi vanno quindi effettuati selezionando un certo numero di aree adiacenti da trattare a bassa frequenza di ripetizione (1-5 Hz) con fluenze crescenti, preferibilmente senza raggiungere la soglia



d'innescò del plasma, perché in queste condizioni l'azione può diventare troppo aggressiva e in generale non riproducibile.

Per la valutazione scientifica dei risultati di pulitura ottenuti, si utilizza la diagnostica convenzionale con particolare riferimento alla verifica petrografica. Nel caso di interventi su facciate non ci sono generalmente particolari limitazioni sulle analisi praticabili, viceversa, quando s'interviene su opere scultoree, difficilmente si possono effettuare tutti i prelievi necessari a uno studio petrografico completo. In questi casi risultano di grande utilità tecniche non invasive quali ad esempio riflettometria ottica, colorimetria, e rugosimetria, in grado di fornire un valido completamento all'osservazione microscopica e ad occhio nudo.

Una volta selezionato il livello di pulitura, la sorgente, la fluenza e le condizioni di irraggiamento che consentono di ottenerlo, conviene svolgere qualche test per determinare le soglie dei possibili effetti invasivi, dovuti sia all'innalzamento della fluenza sia della frequenza di ripetizione. Infatti, l'aver trovato una "buona fluenza", che possiamo definire soglia di pulitura, abbandonando il concetto di soglia di ablazione strettamente riferito a mezzi omogenei, non implica necessariamente la praticabilità della tecnica laser, poiché ad esempio il processo potrebbe risultare estremamente lento. Si determinano quindi separatamente

la massima fluenza e il massimo valore di intensità media  $I_m$  ( $I_m = Ff$ ) che permettono di riprodurre ancora una pulitura ottimale. Questo dà la possibilità di stimare la produttività massima del processo, relativamente allo specifico problema di pulitura sotto esame. Nel caso in cui durante il trattamento laser l'irraggiamento interessi in modo significativo anche il substrato lapideo, può essere opportuno effettuare parallelamente i

test per la determinazione delle soglie di danno su provini di cava pertinenti. Studi di soglia per gli effetti invasivi di questo tipo hanno un'importante valenza generale. Purtroppo a oggi esistono dati solo per pochi litotipi e ancora meno per le reali situazioni di degrado.

Nel caso della pulitura laser ogni generalizzazione è sempre molto discutibile, ma risulta a oggi quale dato di fatto, che per varie tipologie di degrado di manufatti lapidei laser SFR hanno consentito una rimozione più graduale rispetto a laser QS. Questo a spese dell'efficienza che è più bassa nel primo caso. Il dato non è certamente generalizzabile, ma almeno fino a quando non sarà disponibile un sistema laser capace di produrre impulsi con durata variabile dai nanosecondi ai microsecondi, conviene sempre effettuare prove di selettività e gradualità con entrambe le tecnologie oggi disponibili (QS e SFR), al fine di selezionare quella più appropriata agli scopi dell'intervento.

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per effettuare la parametrizzazione utile alla ottimizzazione del processo di pulitura è necessario disporre di un certo numero di controlli e di accessori sul sistema laser. I controlli indispensabili di un sistema laser da restauro, preferibilmente riportati su display interattivo, sono potenza media  $P_m$  e frequenza di ripetizione  $f$ . Sarebbe anche utile l'indicazione della energia d'impulso ( $E = P_m / f$ ) e, nel caso di spot fisso di area  $A$ , direttamente della fluenza ( $F = E/A$ ). Quasi tutti i sistemi sul mercato dispongono di un controllo di

potenza media indicato in percentuale di potenza media massima, mentre nessuno dispone ancora di un monitor della reale potenza d'uscita. Così è necessario di tanto in tanto verificare l'uscita laser con un misuratore di potenza, per poter riscalare opportunamente il valore nominale fornito dal produttore o quello indicato sul display (fig. 4).

Come si è detto in gran parte dei sistemi QS la propagazione del fascio avviene attraverso un braccio articolato a sette specchi con una lunghezza totale di circa 2 m. Mentre per qualche QS di bassa potenza e per SFR si dispone di propagazione in fibra ottica, la cui lunghezza può raggiungere qualche decina di metri. Nel primo caso il controllo che si può ottenere sulla qualità e la dimensione dello spot è inferiore rispetto al secondo caso. La fibra ottica, infatti, omogeneizza la distribuzione del fascio laser e la dimensione dello spot può essere variata agevolmente e con sicurezza mediante opportuni manipoli ottici che magnificano la distribuzione di uscita della fibra. Il

manipolo deve essere dotato almeno di un interruttore per l'accensione e lo spegnimento della sorgente, nel rispetto delle norme di sicurezza imposte per i laser di potenza. Per i sistemi con braccio articolato è anche utile per la sicurezza, un sensore di prossimità che impedisce il funzionamento del laser al di sopra di una certa distanza dalla superficie.

La bagnatura della superficie si esegue di solito con nebulizzatori di diversa capacità secondo la superficie trattata e la velocità del trattamento. In qualche caso in cui si procede a bassa frequenza di ripetizione e che richiede una cura particolare si può anche utilizzare un pennello imbevuto d'acqua. È auspicabile che in futuro il sistema laser includa un dispositivo di nebulizzazione orientabile che permetta il controllo del flusso d'acqua (fig. 5, fig. 6). La lunghezza d'onda fondamentale del Nd:YAG (1064 nm) è invisibile all'occhio umano.

Ciononostante essa attraversa senza sostanziale attenuazione i tessuti oculari raggiungendo la retina dove già a fluenze relativamente basse può provocare irreparabili danni termici. Per questa ragione, tutte le operazioni in vicinanza di un laser in funzione, vanno compiute indossando speciali occhiali, tipicamente in dotazione al sistema laser. Durante le operazioni di pulitura va anche indossata una maschera di protezione per polveri e vapori.

## ESPERIENZE

Nel seguito sono elencati alcuni interventi di restauro di manufatti lapidei in cui sono stati impiegati sistemi laser Nd:YAG. Nella gran parte dei casi i dettagli tecnici del trattamento laser sono riportati negli atti del congresso Lacona (Lasers in the Conservation of Artworks), giunto alla sua quarta edizione.

Prato, pulpito di Donatello del Duomo.

Parigi, portale della cattedrale di Notre-Dame.

Amiens, portale della cattedrale Mère Dieu.

Vienna, portale della cattedrale di St. Stephen.

Venezia, facciata della chiesa della Maddalena.

Ravenna, mausoleo di Teodorico.

Firenze, facciata di palazzo Rucellai.

Firenze, *Santi Quattro Coronati* di Nanni di Banco.

Pisa, facciata della chiesa di San Frediano.

Siena, facciata del Palazzo Pubblico.

Siena, fonte Gaia di Iacopo della Quercia.

Milano, palazzo reale, sala delle cariatidi.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bracciali S., *Restaurare Leon Battista Alberti. Il caso di Palazzo Rucellai*, Firenze, 2006

Carbonara G. e Palazzo M. (a cura di), *La sala delle cariatidi nel palazzo reale di Milano. Ricerche e restauro*, Roma, 2012

Carria F., *La conservazione delle facciate. Materiali e tecniche per il recupero*, Milano, 2004

AA.VV. 1997, *Laser in the Conservation...*; AA.VV. 2000; Alessandrini G., Sansonetti A., Pasetti A. 1997; Calcagno G. 1997; D'Urbano M. S., Giovannone C., Governale P., Pandolfi A., et alii 1994; Fabiani F., Pini R., Salimbeni R. Siano S. 2000; Giusti A., Biliotti C., Samarelli C. 1996, pp. 120-26; Siano S., Salimbeni R., et alii 1999, pp. 29-39.

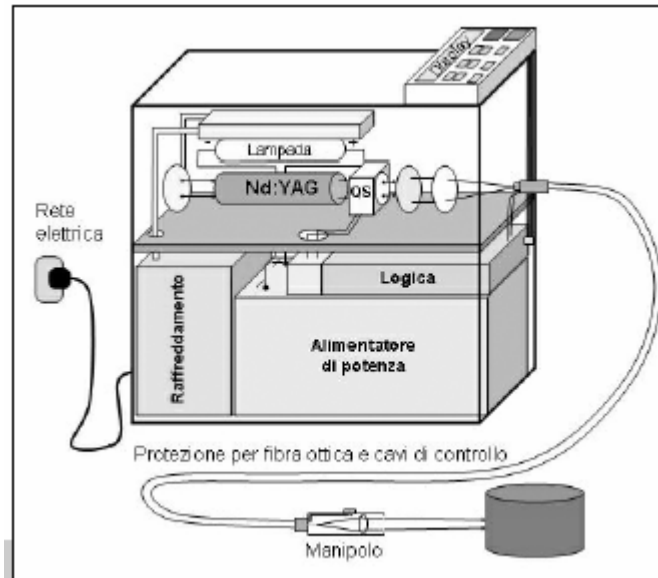


Figura 1 • Rappresentazione schematica degli elementi che compongono un sistema laser Nd:YAG QS. (SIA)

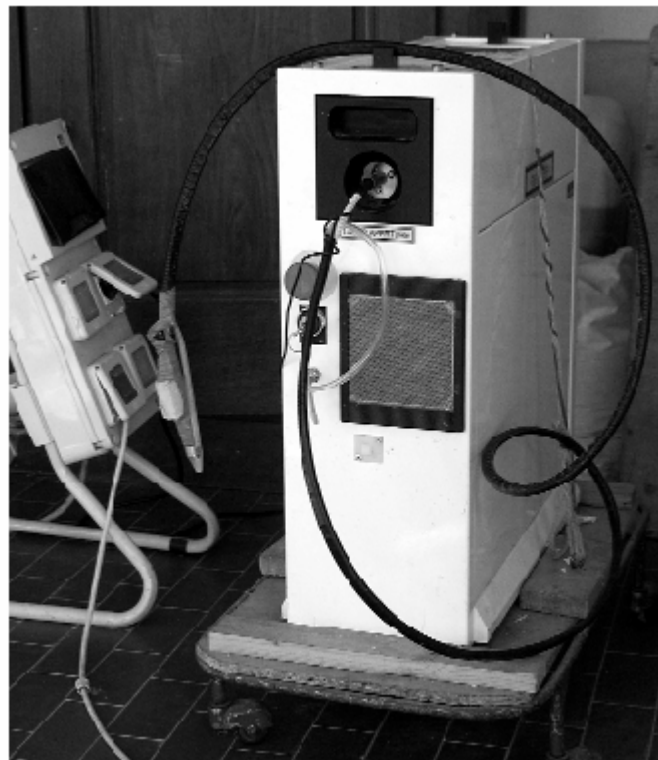


Figura 2 • Apparecchiatura di controllo di un sistema laser di recente concezione. (OPD)

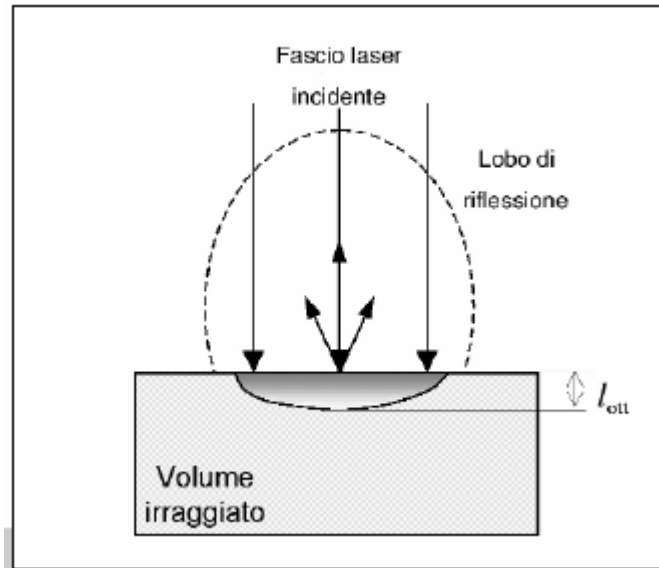


Figura 3 • Rappresentazione schematica della distribuzione energetica nell'interazione laser-materiale. (OPD)

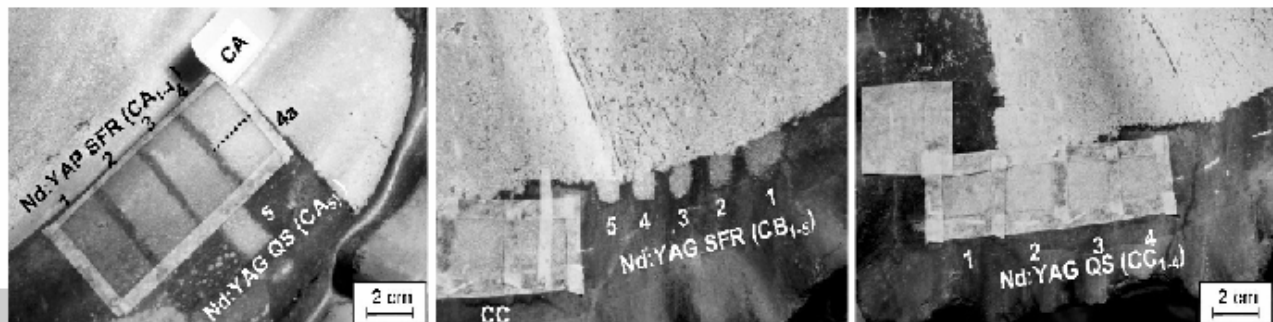


Figura 4 • Confronto fra ablazione con laser SFR con durata d'impulso  $t = 50 \mu\text{s}$ , e laser QS, con durata d'impulso  $t = 11 \text{ ns}$ , sulla complessa stratigrafia (crosta nera, bronzatura, depositi terrosi e pellicole a ossalati) dei *Santi Quattro Coronati* di Nanni di Banco (Orsanmichele, Firenze). Nel caso Nd:YAP ( $\lambda = 1340 \text{ nm}$ ) SFR la fluensa è stata variata da 2,6 a 8  $\text{J}/\text{cm}^2$ , nel caso Nd:YAG SFR 1,9 a 5  $\text{J}/\text{cm}^2$ , nel caso Nd:YAG QS da 0,7 a 2  $\text{J}/\text{cm}^2$ . Le sequenze di spot di pulitura evidenziano l'alta gradualità dei laser SFR in confronto ai QS, i quali sono invece molto più efficienti dei primi. (SIA) v. Tavn.



Figura 5 • La bagnatura della superficie si esegue di solito con nebulizzatori di diversa capacità a seconda della superficie trattata e della velocità del trattamento. (OPD)



Figura 6 • In uscita, viene spesso introdotta una lente di focalizzazione, allo scopo di ottenere spot di diverse dimensioni, in funzione della distanza dalla superficie irraggiata. (SIA)

<b>PLT 27</b>	<b>DESALINAZIONE DEI MATERIALI LAPIDEI</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'eliminazione di sali solubili presenti all'interno della struttura porosa dei materiali lapidei può avvenire per imbibizione, cioè immergendo o sottoponendo a percolazione d'acqua deionizzata un oggetto o delle lastre di pietra. Condizione necessaria per eseguire l'intervento è la rimozione dell'oggetto dalla collocazione originaria.

La tecnica sfrutta il potere solvente dell'acqua e quindi la sua capacità di portare in soluzione gli ioni dei sali solubili presenti in quantità significative all'interno della struttura porosa dei materiali lapidei. Tale solubilizzazione può ottenersi mediante imbibizione, immergendo l'oggetto in una vasca di acqua deionizzata, rinnovata con continuità. Parallelamente, o in alternativa all'imbibizione, si ricorre al percolamento prolungato, sottoponendo le lastre o gli oggetti da recuperare all'azione di un flusso d'acqua continuo. Numerosi interventi di desalinazione sono tuttavia eseguiti ricorrendo all'apposizione d'impacchi di argille adsorbenti o di polpa di carta (v. *PLT16 - Impacchi con argille adsorbenti*) per evitare un'incontrollata penetrazione d'acqua in profondità e l'insorgere di gravi problemi di alterazione, oppure fenomeni di polverizzazione, sgretolamento o rigonfiamento del materiale trattato.

La rimozione dei sali dal reticolo poroso di una pietra presenta maggiori difficoltà e pone problemi differenti rispetto alla consueta rimozione delle efflorescenze saline superficiali o delle subflorescenze limitate agli spessori più esterni del materiale. Infatti, sulle pietre contraddistinte da porosità circoscritta entro valori modesti – o comunque elevata solo negli spessori più esterni proprio a causa dell'azione dei sali medesimi – è sufficiente ricorrere alla ripetuta applicazione di impacchi assorbenti per favorire il processo di solubilizzazione e, contemporaneamente, la rimozione del degrado di superficie.

Qualora invece la porosità della pietra sia elevata anche negli spessori più interni, il ricorso all'impacco può non costituire la soluzione appropriata ai fini dell'eliminazione della gran massa di sali depositati entro la struttura porosa. L'alternativa può essere rappresentata proprio dalla percolazione o dall'imbibizione d'acqua.

Tuttavia, pur trattandosi di un sistema di pulitura "passivo", vale a dire di una metodica che permette di rimuovere i sali utilizzando esclusivamente il potere solvente dell'acqua – evitando quindi interazioni con i componenti minerali della pietra – la desalinazione per imbibizione può causare il repentino "collasso" del litotipo originario. Quest'ultimo, infatti, può trovarsi improvvisamente depauperato di un consistente volume di materiale originariamente costituito dai cristalli salini che, in definitiva, ne caratterizzavano la struttura mineralogico-petrografica. Ulteriori problemi possono insorgere su litotipi connotati dalla presenza di componenti argillose, espandibili a contatto con l'acqua, o gessose, che verrebbero inevitabilmente solubilizzate. Ne consegue che il ricorso a questa tecnica deve essere sostenuto da rigorosi accertamenti preliminari, miranti a caratterizzare la natura e le caratteristiche della pietra e dei sali solubili presenti. In corso d'opera, poi, l'evolversi del processo di estrazione deve essere costantemente controllato mediante misure della conducibilità elettrica delle acque di lavaggio.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'estrazione dei sali solubili mediante imbibizione può essere eseguita su manufatti lapidei (o su parti di essi) che possono essere temporaneamente rimossi dalla collocazione originaria e che presentano una percentuale di sali solubili così rilevante da non consentire un trattamento

mediante impacchi di argille o altri materiali adsorbenti. Questo tipo d'intervento si rende necessario per paramenti od opere scultoree costituite da materiali altamente porosi, i quali, a causa della loro particolare ubicazione ambientale, sono oggetto di estesi fenomeni di cristallizzazione salina, tanto in superficie quanto all'interno del reticolo poroso.

Tale era, ad esempio, la situazione del dossale con Madonna e Santi di Giovanni di Rigino (Verona, cripta della chiesa di S. Maria in Organo, secolo XIV), un paramento finemente scolpito in pietra Gallina, un calcare organogeno del terziario, molto tenero e poroso, estratto nei dintorni della città scaligera. A scopo informativo si precisa che tale materiale presenta un'elevata porosità, tanto in superficie, quanto negli strati più interni; alcuni parametri, quali il coefficiente d'imbibizione (indicativo della quantità di acqua assorbita per imbibizione) e il grado di saturazione (rappresentativo della quantità d'acqua che può saturare

la porosità del materiale), si collocano su valori piuttosto elevati, evidenziando come l'acqua e le soluzioni saline possano circolare liberamente al suo interno. Ne discende che le soluzioni sono in grado di trasportare in profondità e distribuire uniformemente i Sali inquinanti depositati sulla superficie, provocando reiterati effetti dirimpenti, qualora, al variare pur minimo delle condizioni termoigrometriche, i sali medesimi si trovassero nelle condizioni di cristallizzare all'interno del reticolo poroso. I fenomeni si manifestano con più

intensità (sollevamenti e perdita di grosse scaglie di pietra) laddove la coesione del materiale risulti indebolita da fessurazioni preesistenti o da insistenti lavorazioni superficiali.

Esistono altre metodiche di desalinazione, alcune delle quali consentono di intervenire anche in loco ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#)). Ad esempio, nel caso di Palazzo Trivulzo Belgiosioso, a Locate Triulzi (Mi), le operazioni di desalinazione sono state condotte più efficacemente mediante applicazione di impacchi acquosi di polpa di carta, poiché si trattava più che altro di rimuovere efflorescenze superficiali. Sulle murature in mattoni, in parte a vista in parte ricoperte da uno strato di marmorino, di Palazzo Minotto, a Venezia, è stato possibile confrontare i risultati ottenuti da trattamenti di desalinazione mediante impacco acquoso con differenti supportanti, evidenziando la necessità di realizzare spesso una duplice applicazione: il primo trattamento consente infatti di rimuovere le efflorescenze superficiali e richiamare i Sali dall'interno, pur senza assorbirli; il secondo trattamento estrae ulteriormente i Sali e ottimizza l'efficacia della pulitura.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Prima di procedere con il trattamento di imbibizione, l'oggetto da sottoporre a desalinazione deve essere spolverato con estrema cautela. Qualora si tratti di una lastra scolpita, la rimozione del materiale incoerente e delle efflorescenze dovrebbe riguardare tanto la superficie modellata quanto il tergo e i bordi della lastra. È quindi necessario assicurarsi della solidità del manufatto, e predisporre gli eventuali accorgimenti indispensabili a garantire l'incolumità dell'opera rimossa dai vincoli del supporto originario ed esposta, nell'acqua, a nuove manipolazioni e sollecitazioni.

Nel caso del dossale di Giovanni di Rigino, la presenza di fenditure nelle lastre scolpite obbligò i tecnici dell'Opificio delle pietre dure a effettuare una preliminare operazione di rinforzo mediante inserimento di barre di acciaio inox a sezione rettangolare, sigillate con resina epossidica a lenta polimerizzazione. L'imbibizione fu eseguita sistemando le lastre in posizione orizzontale entro una fascia perimetrale di lamiera di acciaio inox appositamente realizzata, avente le dimensioni interne uguali a quelle del perimetro esterno del paramento scolpito e altezza analoga a quella dello spessore delle lastre; la superficie scolpita fu rivolta verso l'alto, mentre i bordi esterni delle lastre furono sigillati alle pareti della "vasca" così ottenuta mediante gomma sintetica rinforzata con mastice poliestere reversibile. Anche i lati di contatto tra le diverse lastre e le fenditure più larghe furono sigillati, per impedire una percolazione troppo rapida delle acque di lavaggio. Il manufatto fu quindi collocato sopra un telo di cotone impermeabilizzato con lattice di gomma e sigillato alla fascia perimetrale in acciaio. Il telo impermeabilizzato era pure munito di fori che consentivano di convogliare le acque in tubi di gomma collegati a un recipiente di raccolta; al bisogno, i tubi potevano essere raccordati a una pompa per creare momentanee condizioni di depressione. La "vasca" avente per lati le lamiere di acciaio inox e per fondo le lastre lapidee fu infine sorretta da un telaio in tubolari metallici.

L'intervento vero e proprio fu condotto attraverso una percolazione continua d'acqua distillata, veicolata anche mediante la pompa da vuoto; il modellato rimaneva, così, costantemente coperto da non più di tre centimetri d'acqua, a evitare che volumi maggiori provocassero una migrazione di sali, per diffusione, verso la superficie scolpita. L'acqua impiegò circa una settimana per fuoriuscire dal lato inferiore delle lastre scolpite. A intervalli regolari s'interveniva per qualche minuto con la pompa, così da creare condizioni di depressione che agevolassero la fuoriuscita dell'acqua dal materiale lapideo.

La pompa fu utilizzata con moderazione, poiché se l'acqua fosse stata forzata con continuità, il percolamento attraverso il blocco avrebbe privilegiato alcune falde preferenziali, oppure gli spessori più porosi, senza coinvolgere tutto il volume e quindi senza disciogliere completamente i sali contenuti.

Il continuo rilevamento della conducibilità delle acque di lavaggio – misurata in funzione del volume d'acqua percolato attraverso la pietra –, permise di interrompere l'operazione nel momento in cui i valori si stabilizzarono entro intervalli accettabili e comunque costanti (dopo cinquanta giorni).

In particolare, a un processo iniziale piuttosto lento e discontinuo, seguì un'azione di estrazione energica, determinatasi dopo che attraverso la pietra percolarono all'incirca 60-70 litri d'acqua. L'efficacia del processo decrebbe poi gradualmente e con una certa regolarità fino ai valori minimi registrati dopo l'erogazione di circa 150 litri.

Le lastre furono infine liberate dalla struttura di acciaio e lasciate asciugare per naturale evaporazione in ambiente ventilato. Per impedire la migrazione dei residui salini in direzione del lato scolpito fu stesa sopra il modellato una pellicola trasparente impermeabile del tipo di quella utilizzata per la protezione dei cibi, forzando così la migrazione residua e la lenta evaporazione dell'acqua esclusivamente verso la superficie grezza del paramento. Accertamenti eseguiti mediante carotaggi sul tergo delle lastre confermarono l'effettiva riduzione del contenuto di sali solubili, in accordo con i rilevamenti condotti sulle ultime acque di lavaggio.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per i dispositivi operativi e di controllo approntati, il trattamento di desalinazione descritto si discosta da una normale imbibizione d'acqua. Tuttavia, la semplice immersione totale o parziale di manufatti o lastre lapidee in acqua è un'operazione che deve essere evitata, poiché agevola solamente la migrazione dei sali solubili dall'esterno verso l'interno del materiale, favorendo la comparsa di fenomeni indesiderabili, tali da rendere l'operazione di estrazione lunga e soprattutto incompleta.

Oltre alla tecnica dell'immersione – che permette l'allontanamento delle soluzioni saline per semplice diffusione – esistono altre metodiche di desalinazione, quali, ad esempio, il ricorso a un campo elettrico in soluzione, oppure la ripetuta applicazione di impacchi sulla superficie del manufatto. La scelta dell'uno o dell'altro sistema dipende ovviamente dalle caratteristiche del litotipo e dalla gravità dell'alterazione. Nel caso del dossale, ad esempio, un primo tentativo di desalinazione fu eseguito ricoprendo la superficie del manufatto con carta assorbente impregnata d'acqua deionizzata e prestando particolare attenzione alla perfetta aderenza della carta imbibita al modellato. In un secondo momento, sulla carta si cosparsero della polvere anidra di attapulgite, per consentire il progressivo assorbimento delle soluzioni. Il procedimento fu quindi ripetuto più volte e costantemente controllato per accertare la progressiva riduzione della percentuale salina. Al termine del processo di estrazione, il dossale fu esposto all'aria per circa due mesi e furono eseguiti gli accertamenti sull'effettivo grado di desalinazione ottenuto. Ma proprio a causa delle particolari caratteristiche della pietra, le lastre si ricoprirono nuovamente di efflorescenze, segnalando l'inefficacia del trattamento. Sebbene i riscontri analitici eseguiti sugli impacchi facessero ritenere accettabile la riduzione della percentuale di sali, in realtà il trattamento aveva interessato solamente gli spessori più esterni della pietra.

Un intervento sperimentale di desalinazione per imbibizione, controllato in tempo reale e con continuità, è stato eseguito anche su una muratura in mattoni (dello spessore di 45 cm) interna alla Fondazione Querini Stampalia di Venezia. L'esperimento aveva il preciso scopo di seguire la cinetica del processo d'estrazione e di controllare le variazioni indotte sul comportamento strutturale della muratura. Nello stesso tempo, esso mirava a definire una metodologia di controllo



rapida e non distruttiva, da applicare nel corso degli interventi di desalinazione. Per portare a termine il processo di estrazione fu utilizzata acqua di rete.

Il dispositivo di lavaggio era costituito fondamentalmente da un tubo collettore posto lungo il muro in corrispondenza dei fori di imbibizione, collegato a una vasca di alimentazione con regolazione di troppo pieno. La condotta fu poi collegata mediante tubicini ai fori di lavaggio praticati sulla parete (del diametro di 2 cm), a un'altezza di 2,50 m dal pavimento e ad un'interasse di circa 15 cm. I fori furono eseguiti con un'inclinazione verso il basso e per una profondità di circa 30 cm all'interno della muratura; all'installazione del tubicino di rifornimento dell'acqua seguiva la sigillatura esterna dei fori con malta espansiva. Tale sistema di alimentazione doveva garantire un'alimentazione continua, evitando nel frattempo il verificarsi di pressioni eccessive. Alla base della muratura fu infine collocata una gronda per la raccolta delle acque di lavaggio.

I parametri accertati nel corso dell'intervento riguardavano: la temperatura e l'umidità relativa dell'ambiente; la quantità dei sali solubili presenti all'interno della muratura (misure di conducibilità elettrica); le caratteristiche della massa muraria in relazione alle sollecitazioni effettuate mediante onde elastiche; le variazioni del livello di falda in prossimità della parete trattata; il valore della sollecitazione unitaria sulla muratura e il modulo elastico verticale.

Il sistema di registrazione dei dati era costituito da sensori collocati a due profondità differenti (5 cm e 20-25 cm), collegati a un'apparecchiatura di acquisizione programmata e attiva per tutta la durata del processo di estrazione.

Ogni sei ore l'apparecchiatura registrava automaticamente parametri quali, la conducibilità elettrica, l'umidità relativa, la temperatura e il livello di falda. Il dosaggio e la natura dei Sali solubili presenti erano accertati anche mediante analisi di laboratorio, eseguite su campioni prelevati dalla muratura e nelle acque di lavaggio.

Trattandosi di un intervento sperimentale, le indagini avevano lo scopo di stimare l'efficacia del sistema di desalinazione adottato, anche in rapporto al tempo impiegato e agli esiti ottenuti.

I dati acquisiti nel corso della campagna di accertamenti dovevano peraltro consentire valutazioni sull'eventuale decadimento della massa muraria, nonché l'ottimizzazione del metodo di controllo messo a punto per seguire il processo di estrazione.

Al termine dell'intervento eseguito sul dossale di Giovanni di Rigino, la pietra aveva riacquisito una certa consistenza, ma la porosità superficiale risultava più aperta, proprio a causa dell'azione blandamente dissolutrice dell'acqua. Ne consegue che, a prescindere dai limiti già indicati, l'intervento di desalinazione pone problemi di natura strettamente conservativa:

è infatti necessario collocare il manufatto desalinato in un ambiente idoneo e controllato, perché sia possibile mantenere costanti i livelli di umidità e temperatura.

Inoltre, l'intervento eseguito in questo specifico caso non può essere indiscriminatamente praticato su tutti i manufatti che presentano elevati tenori di sali solubili: su alcuni litotipi porosi, infatti, l'eliminazione dei sali per lenta imbibizione potrebbe portare a una vera e propria "esasperazione della porosità", vale a dire a un aumento incontrollato dei vuoti originariamente occupati dai cristalli solubili, con possibili effetti disgreganti sulla stessa struttura porosa. Il processo di dissoluzione determinerebbe la comparsa immediata di fenomeni di polverizzazione superficiale, di esfoliazione e caduta di scaglie ecc.

Chiaramente, qualora simili fenomeni di alterazione siano già presenti, l'immersione o la percolazione d'acqua devono essere assolutamente evitate.

## **ESPERIENZE**

Gli interventi per l'eliminazione o l'attenuazione dei sali dalle superfici sono piuttosto diffusi e oggi si può affermare che ogni restauro, che riguardi edifici più o meno importanti, non possa evitare trattamenti di tale natura, vista anche la frequenza delle murature interessate da efflorescenze saline. A puro titolo indicativo, si ricordano le applicazioni seguenti.

Venezia, dossale di Giovanni di Rigino, Fondazione Querini Stampalia.

Venezia, Palazzo Minotto

Rapallo, torre Civica. Paramento murario della cella campanaria.

Genova, palazzo Ferretto.

Genova, palazzo San Giorgio.

Milano, Locate Triulzi, Palazzo Trivulzio Belgioioso  
Asolo, villa Rinaldi.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Fascina V. 1991; Vantandoli L. 1991.

TIANO P., MATTEINI M., CIANCHETTI R., ZENO L., SCHONHAUT G., *Prove di rimozione di Sali solubili a mezzo di impacchi estrattivi da materiali porosi* in "Atti del Convegno IGIC – Lo stato dell'Arte 6", 2008



Figura 1 • Caricamento dello spruzzatore con miscela di polpa di cellulosa e acqua deionizzata.

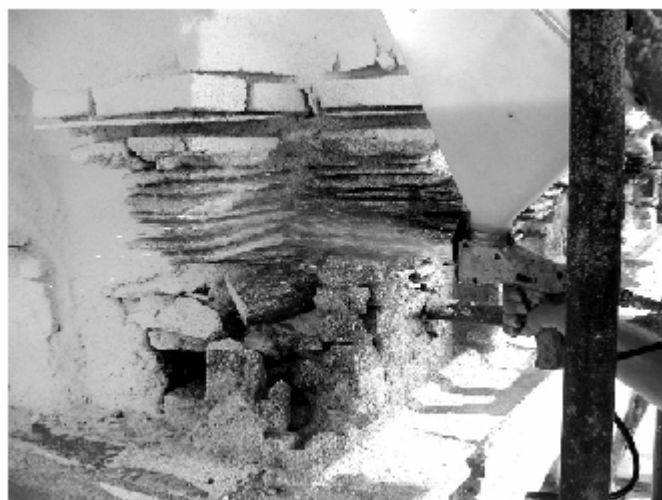


Figura 2 • Applicazione a spruzzo della miscela.



Figura 3 • La superficie ricoperta dall'impasto desalinizzante.



Figura 4 • Eliminazione dell'impasto con una spatola.



Figura 5 • Eliminazione della cellulosa mediante spazzola di saggina.

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Sfruttando il principio chimico-fisico dell'elettrolisi, il sistema consente la rimozione selettiva dell'alterazione da elementi lapidei di dimensioni ridotte e facilmente trasportabili in un laboratorio di restauro.

Il principio di funzionamento sul quale si basa la rimozione elettrolitica dei sali inquinanti dalla superficie e dagli spessori più interni di un materiale lapideo è il medesimo che sottende il complesso di fenomeni che prende il nome di elettrolisi. Com'è ben noto, si tratta di fenomeni provocati dal passaggio della corrente elettrica in una soluzione elettrolita o in un elettrolita allo stato fuso. Gli elettroliti sono dei composti chimici che in soluzione o allo stato fuso si dissociano parzialmente o completamente in ioni positivi e negativi. La dissociazione (lisi) avviene all'interno di celle elettrolitiche, vale a dire in recipienti contenenti l'elettrolita e due conduttori metallici (o elettrodi) immersi nell'elettrolita medesimo.

L'elettrodo collegato al polo positivo del generatore di corrente è detto anodo, mentre quello collegato al polo negativo, catodo. Il campo elettrico generato dagli elettrodi determina la migrazione verso il catodo degli ioni positivi (cationi) presenti nell'elettrolita, mentre gli ioni con carica negativa (o anioni) migrano verso l'anodo. Una volta a contatto con il catodo, i cationi acquistano elettroni, cioè si riducono, formando altre specie chimiche (ad es., un gas, oppure un metallo che si deposita sull'elettrodo); gli anioni, al contrario, in prossimità dell'anodo si ossidano, cioè cedono elettroni formando anch'essi nuove

specie chimiche. L'anodo può tuttavia ossidarsi esso stesso e passare in soluzione come catione. I processi elettrolitici trovano estesa applicazione in campo industriale e sono utilizzati in metallurgia per l'estrazione di particolari metalli (Al, Mg, Zn, Na, Ca) o per raffinare metalli impuri (ad es., Cu), per ricoprire oggetti metallici con altri metalli (Au, Ag, Ni, Cr), a scopo protettivo o ornamentale (galvanostegia), per la produzione di sostanze chimiche (Cl, ipocloriti, idrossido di Na) ecc.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Al Convegno su deterioramento e conservazione della pietra, svoltosi a Venezia nel 1979, Badan, Cavaletti e Marchesini presentarono le procedure seguite nel corso di un bagno elettrolitico che aveva lo scopo di eliminare i sali di rame da statue e apparati decorativi in marmo temporaneamente rimossi dalla loro originaria collocazione. In particolare, il trattamento era stato riservato ad alcuni motivi decorativi e sculture del fastigio centrale della basilica di San Marco di Venezia, macchiati da colature provenienti dalle gronde di deflusso delle acque piovane e dagli inserti bronzei delle statue.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

In occasione dell'intervento sui marmi sommitali della Basilica Marciana, il bagno elettrolitico fu preceduto da un accurato lavaggio con acqua, con lo scopo di favorire la rimozione dei solfati e degli altri sali solubili presenti nei depositi superficiali dei manufatti. Le incrostazioni più consistenti furono rimosse mediante impacchi a base di sepiolite e attapulгите e, ove necessario, si ricorse pure all'uso del bisturi. Per la rimozione dei sali di ferro depositati in spessori di una certa consistenza o penetrati in profondità fu necessario ricorrere all'impiego d'impacchi contenenti

soluzioni di fluoruro di calcio e potassio al 10%, immediatamente seguiti dall'allontanamento dei residui mediante accurato e prolungato lavaggio con acqua distillata.

I sali di rame (carbonati basici di Cu), invece, furono trasformati in sali complessi solubili e allontanati continuamente per elettrolisi immergendo i manufatti lapidei in vasche di lamiera d'acciaio inossidabile appositamente allestite in loco, rivestite di fogli di polietilene e contenenti una soluzione acquosa di ammonio carbonato al 5%. All'interno della vasca furono collocati un anodo di platino e, con funzioni di catodo, una rete di acciaio inox sopra di cui andavano a depositarsi gli ioni dei sali di rame disciolti. La soluzione al 5% di carbonato ammonico consentiva la trasformazione del rame nel suo complesso più solubile, che veniva quindi prontamente sottratto alla soluzione mediante elettrolisi, evitando così ogni sorta di intervento aggiuntivo e facili aggressioni alla matrice carbonatica della pietra.

Secondo i casi, lo svolgersi del processo elettrolitico – condotto a bassa intensità di corrente – poteva richiedere intervalli variabili tra i pochi giorni e una settimana circa. Sulla durata dell'intervento incidono fattori quali le dimensioni di ogni singola scultura, l'entità e la profondità di penetrazione dell'alterazione, la densità di corrente, a così via. L'estrazione fu costantemente mantenuta sotto controllo mediante misure di conducibilità elettrica della soluzione, determinazioni della quantità di ossigeno sviluppata dall'anodo e rilevamenti della differenza di potenziale agli elettrodi.

Ogni scultura fu poi sottoposta ad accurato lavaggio con acqua distillata, per favorire l'eliminazione delle tracce di carbonato di ammonio rimaste sulla pietra. Infine, ciascun elemento fu asciugato con un flusso d'aria calda, sottoposto a intervento protettivo e a ritocchi.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il metodo è ovviamente applicabile a quei manufatti che possono essere temporaneamente rimossi dalla loro ubicazione originaria. Inoltre, il materiale lapideo, costitutivo di tali elementi, deve essere compatto e in discreto stato di conservazione.

L'intervento va affidato a personale specializzato, in grado di mantenere costantemente sotto controllo i diversi parametri che influenzano il processo elettrolitico di rimozione dell'alterazione.

### **ESPERIENZE**

Venezia, statue ed elementi decorativi di marmo del fastigio centrale della basilica di San Marco.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Heinrich P. 1995; Pain S. 1991; Plenderleith H. J., Werner A. E. A. 1986.  
(BEL)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Generalmente, i metalli non sono presenti in natura allo stato puro ma vi si trovano sotto forma di ossidi, di sali e di composti di altra natura ed è quindi necessario estrarli dai minerali in cui sono contenuti per poterli utilizzare. I metalli allo stato puro, in massima parte, reagiscono con l'ossigeno presente nell'aria, formando appunto ossidi, e sono inoltre attaccabili dagli acidi inorganici, con conseguente formazione di sali. Poiché molte di queste sostanze sono presenti nell'atmosfera (o nel terreno, nel caso si tratti di oggetti sepolti), i manufatti metallici subiscono sovente processi di ossidazione e di corrosione che provocano la formazione di prodotti di alterazione sulle loro superfici, spesso ad esse tenacemente aderenti. A causa dell'inquinamento, poi, le concentrazioni di tali sostanze sono aumentate, soprattutto nell'arco dell'ultimo secolo, contribuendo ad accelerare i fenomeni di degrado dei metalli.

Per la rimozione o la passivazione questi dei prodotti di degrado è possibile ricorrere a diversi metodi di natura chimica, fisica o meccanica.

La tecnica qui descritta sfrutta i fenomeni che accompagnano il passaggio di corrente elettrica in sistemi elettrochimici. Tali sistemi sono costituiti da due elettrodi, in genere di metallo, detti conduttori di prima specie, tra i quali è interposto un elettrolita, in soluzione o allo stato fuso, detto conduttore di seconda specie.

La rimozione dei composti alterativi dalla superficie del manufatto avviene attraverso una loro trasformazione chimica: il metallo costituente l'elettrodo negativo, immerso nel bagno elettrolitico, si ossida e si trasforma in ione, passando nell'elettrolita (vedi oltre). Sulla superficie dell'elettrodo negativo rimangono invece cariche negative che, a causa della differenza di potenziale, migrano, per contatto o attraverso un circuito esterno, al polo positivo cui è collegato il manufatto da trattare. Qui esse provocano una reazione di riduzione, cioè una sottrazione di ossigeno dai composti di alterazione del metallo che incrostano l'oggetto, in genere ossidi o sali, e, successivamente, una loro "decomposizione" che ne provoca il distacco dalla superficie o ne facilita la successiva asportazione per via meccanica.

Un elettrolita è una sostanza che, se disciolta in acqua, ha la proprietà di scindersi in ioni; se tale scissione interessa la totalità della sostanza si parlerà di elettroliti forti, mentre se la scissione avviene solo in parte si parlerà di elettroliti deboli. Il bagno elettrolitico, necessario affinché il fenomeno possa compiersi, è ottenuto con soluzioni alcaline, acide o saline.

Il trasporto di corrente avviene grazie al flusso di elettroni da un elettrodo all'altro e alla migrazione degli ioni attraverso l'elettrolita. Perché si formi il flusso di elettroni è necessario che tra i due elettrodi esista una differenza di potenziale che può essere ottenuta fornendo energia elettrica al sistema elettrochimico (si parla allora di elettrolisi) oppure semplicemente collegando tra loro i due poli, come nel caso in esame ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

La riduzione dei prodotti di ossidazione avviene sia per cessione di elettroni da parte del polo negativo del sistema elettrochimico, sia a seguito dello sviluppo di sostanze riducenti, variabili in relazione all'elettrolita e agli elettrodi utilizzati, che contribuiscono alla rimozione dei prodotti di alterazione dal manufatto trattato. Ad esempio, se si sceglie come elettrodo lo zinco, che si ossida molto facilmente ed è, quindi, un buon riducente, e si usa come elettrolita una soluzione di idrossido di sodio (o soda caustica), si ha uno sviluppo di idrogeno nascente che agisce come efficace riducente sui prodotti di alterazione che incrostano il manufatto.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

La riduzione elettrochimica può essere utilizzata come tecnica di pulitura su elementi di rame, di bronzo (e altre leghe del rame), di argento, di ferro, di piombo e di stagno (e leghe dello stagno). Gli oggetti da sottoporre a questo tipo di trattamento debbono in ogni caso essere rimovibili dalla loro sede e di dimensioni ridotte, considerato che esso è generalmente condotto in laboratorio.

Questa tecnica può essere altresì vantaggiosamente impiegata per ammorbidire lo strato di alterazione presente sulla superficie dell'oggetto trattato, che sarà poi più agevolmente rimosso mediante spazzolatura o con altri sistemi di pulitura ad azione meccanica (v. PLT15 - Microsabbatura di manufatti metallici, PLT24 - Asportazione di incrostazioni tramite martelletti o vibratori, PLT25 - Pulitura per abrasione tramite piccole frese e mole, PLT23 - Pulitura meccanica mediante bisturi e utensili appuntiti).

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La scelta dell'elettrodo negativo – cioè del metallo da utilizzare quale fornitore di ioni e di elettroni – (in quanto l'elettrodo positivo è sempre costituito dall'oggetto metallico sottoposto a trattamento) e della soluzione elettrolitica più idonea dipende dal metallo di cui è costituito il manufatto da trattare. Lo zinco è in ogni caso tra i metalli più utilizzati, unito a una soluzione di idrossido di sodio. Esso è in genere impiegato sotto forma di granuli o di polvere costituita di clasti spigolosi o, anche, in forma di lana metallica, la quale viene avvolta intorno all'oggetto da sottoporre al trattamento. L'esecuzione del trattamento procede schematicamente secondo le seguenti fasi:

1. Se il manufatto è interamente coperto di prodotti di corrosione, occorre liberarne almeno una parte fino a scoprire il metallo sano, con tecniche di pulitura di tipo meccanico, in modo che sia reso possibile il flusso elettronico attraverso il collegamento tra anodo e catodo. Se tuttavia, oltre all'incrostazione di minerali metallici, l'oggetto presenta depositi di altra natura, ad esempio di calce o gesso, è necessario eliminarli preliminarmente, con un trattamento in una soluzione di esametafosfato di sodio, prima di sottoporlo alla riduzione elettrochimica.
2. L'oggetto viene quindi posto in un recipiente di vetro Pirex o in un contenitore termico smaltato, nel quale sono introdotti anche l'elettrodo negativo e la soluzione elettrolitica. Nel caso in cui si utilizzi come elettrolita la soda caustica, essa deve essere sciolta in acqua, generalmente a una concentrazione del 10% circa. Nel caso si debbano trattare oggetti molto corrosi tale concentrazione è tuttavia aumentata fino al 20%. Nel caso si debbano trattare oggetti particolarmente delicati, invece, lo zinco granulare è sostituito con polvere dello stesso metallo, immersa in una soluzione di soda caustica al 10%.
3. Il recipiente, in cui è contenuta la soluzione elettrolitica e in cui è immerso il manufatto da trattare, viene poi riscaldato fino a raggiungere la temperatura di ebollizione della soluzione elettrolitica e mantenuto a tale temperatura per il tempo necessario all'esplicarsi della reazione. Il calore, infatti, favorisce la reazione chimica di ossidoriduzione grazie alla quale i composti di alterazione si trasformano in altre sostanze, staccandosi dalla superficie dell'oggetto sottoposto al trattamento, e consente di ottenere risultati in tempi brevi. L'operazione deve essere svolta in un ambiente a tenuta per isolare i vapori irritanti che si sprigionano dalla soluzione in ebollizione. Il livello della soluzione è mantenuto costante con l'aggiunta di acqua distillata.
4. L'obiettivo del trattamento non è tanto l'asportazione dello strato di alterazione quanto piuttosto quello di ammorbidire l'incrostazione che sarà poi eliminata spazzolando l'oggetto sotto acqua corrente deionizzata.
5. A trattamento avvenuto, l'oggetto deve essere accuratamente lavato, per eliminare la maggior quantità possibile dei residui dei prodotti di corrosione. In particolare, i cloruri sono assai pericolosi, in quanto possono riattivare i meccanismi corrosivi.

6. Qualora i residui dei prodotti della corrosione siano ancora parzialmente aderenti al substrato, il manufatto deve essere spazzolato sotto un getto di acqua corrente per rimuoverli completamente. Se l'uso di spazzole d'acciaio o di vetro non è sufficiente per eliminare completamente le incrostazioni residue, è necessario adoperare un ago o un bisturi (v. PLT23 - Pulitura meccanica mediante bisturi e utensili appuntiti) che svolge un'azione più energica e più precisa. L'intervento è completato da un lavaggio supplementare per l'eliminazione delle sostanze asportate con tecniche meccaniche.

7. A conclusione del trattamento, la soluzione di soda caustica viene eliminata in quanto non può più essere utilizzata, mentre lo zinco, reso inattivo dalla formazione di uno strato di ossicloruro e di carbonato, può essere recuperato per un uso successivo, prima lavandolo in acqua additivata con acido cloridrico e, successivamente, in acqua distillata, per poi essiccarlo.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Gli accorgimenti e le cautele che occorre rispettare nell'esecuzione della pulitura per riduzione elettrochimica variano in relazione alle condizioni di conservazione del manufatto, alla consistenza e alla tenacità delle incrostazioni da rimuovere, alla disposizione del catodo rispetto all'anodo, al metallo scelto come elettrodo "di sacrificio" e, infine, al tipo di elettrolita utilizzato. Ad esempio, l'impiego di un elettrodo costituito da lana metallica, disposta intorno all'oggetto da pulire se da un lato favorisce il contatto elettrico con quest'ultimo, dall'altro impedisce di seguire il progredire dell'operazione e di verificare il grado di pulitura raggiunto.

La soda caustica, in ogni caso, è uno degli elettroliti più diffusi e più attivi ma è sconsigliato l'uso di soluzioni con concentrazione superiore al 20%, perché potrebbero danneggiare in modo irreversibile il manufatto; pertanto, per la rimozione di prodotti di corrosione particolarmente tenaci, è opportuno ricorrere all'impiego di elettroliti alternativi, riportati nello schema allegato. Inoltre la soda caustica, quando è impiegata come elettrolita in combinazione con un elettrodo di zinco, per sviluppare idrogeno, che agisce come ulteriore riducente, esaurisce la sua azione in un brevissimo tempo (circa un'ora) e la soluzione elettrolitica deve pertanto essere frequentemente rinnovata.

Onde evitare che su manufatti realizzati con rame o con sue leghe nel corso del trattamento l'incrostazione residua essere possa essere ricoperta da uno strato sottile di rame, impedendo che la riduzione dei prodotti di ossidazione ancora aderenti al metallo, è buona pratica agitare il bagno elettrolitico durante il trattamento. Nel caso di trattamenti eseguiti solo su alcune porzioni di un manufatto, ad esempio per portare in luce un'iscrizione o per pulire tarsie metalliche, alcuni autori (cfr. Plenderleith, Werner, 1962) suggeriscono una variante della tecnica che consiste nell'applicare ripetutamente alla parte da pulire una pasta a base di polvere di zinco e acido solforico, a una concentrazione del 90%, aiutandosi con una spatola di un materiale non attaccabile dall'acido solforico. La pasta può essere amalgamata anche *in situ*, applicando alla superficie dell'oggetto poche gocce di acido e una piccola quantità di polvere di zinco, adoperando per la miscelazione e la stesura una cannula di vetro o uno spazzolino di setole di vetro.

Uno dei vantaggi principali della riduzione elettrochimica è in ogni caso costituito dal fatto che essa non richiede un'attrezzatura complessa e può esaurirsi con interventi localizzati.

Il metodo soffre tuttavia di una serie di limitazioni, proprie di questo tipo di riduzione, in quanto la superficie del metallo disincrostato può essere intaccata dalla soluzione elettrolitica stessa, con conseguenti danni indesiderati. Inoltre, nel caso di riduzione con sviluppo di idrogeno, quest'ultimo può penetrare nel reticolo atomico del metallo, ad esempio del ferro, provocandone un inaspettato infragilimento.

Per una migliore comprensione dei contenuti tecnici della scheda, si riporta di seguito una tabella, rielaborata sulla base del testo di Peter Heinrich, *Metallrestaurierung* (1998), in cui sono evidenziati i diversi tipi di elettroliti e di elettrodi impiegati, in relazione al metallo da trattare e agli scopi perseguiti.



CAMPO DI APPLICAZIONE	FORNITORE DI ELETTRONI	MEDIUM	OBIETTIVO
<b>RIDUZIONE DEL RAME E DELLE SUE LEGHE</b>			
reperti provenienti da terreni ricchi di sali o dal mare	corrente	soluzione di idrossido di sodio o di carbonato di sodio, bicarbonato di sodio	allontanamento dei cloruri; la patina viene più o meno fortemente attaccata fino al metallo nudo
come sopra	Zn	NaOH	come sopra
come sopra	Al, Sn	agar-agar, umidità	come sopra
reperti provenienti da ambiente marino	tiosolfati	soluzione di idrossido di sodio	come sopra

CAMPO DI APPLICAZIONE	FORNITORE DI ELETTRONI	MEDIUM	OBIETTIVO
<b>RIDUZIONE DEL FERRO</b>			
reperti provenienti dal sottosuolo o dal mare	ione solfito	soluzione di idrossido di sodio	ottima eliminazione dei cloruri dagli strati di corrosione
come sopra	corrente	soluzione di idrossido di sodio	come sopra
piccoli oggetti poco corrosi	Zn, Sn	soluzione di idrossido di sodio	ottima eliminazione dei cloruri, parziale rimozione dei prodotti di corrosione mediante bolle di gas
oggetti in buono stato di conservazione	corrente	soluzione di idrossido di sodio	riduzione elettrolitica
<b>RIDUZIONE DEL PIOMBO</b>			
oggetti fortemente corrosi	corrente	soluzione di idrossido di sodio o di carbonato di sodio, di acido solforico	eliminazione dei prodotti di corrosione mediante sviluppo di idrogeno. Formazione di uno strato passivo di ossido di piombo mediante inversione della direzione della corrente
oggetti corrosi da acidi organici	corrente	come sopra, soluzioni alcaline o a base di tartrati	consolidante quando si usi una bassa densità di corrente
<b>RIDUZIONE DEL PIOMBO</b>			

RIDUZIONE DELLO STAGNO E DELLE SUE LEGHE			
monete	corrente o Zn, A, Mg	soluzione di idrossido di sodio	eliminazione dei prodotti di corrosione mediante sviluppo di idrogeno e per la presenza della soluzione di soda caustica
leghe con piombo o un po' di rame	corrente	come sopra, soluzioni alcaline o a base di tartrati	riduzione parzialmente consolidante
RIDUZIONE DELL'ARGENTO			
oggetti fortemente o completamente corrosi	corrente parzialmente raddrizzata	soluzione di idrossido di sodio	riduzione consolidante
oggetti con un nucleo metallico	corrente continua	soluzione di idrossido di sodio oppure acido formico	
reperti marini	tiosolfati	soluzione di idrossido di sodio	riduzione parzialmente consolidante, i depositi neri argentiferi vanno spazzolati
strati di corrosione superficiali e non spessi	Zn, Al, Fe	acido formico (caldo), acido acetico, citrico o acido tartarico	riduzione consolidante del cloruro d'argento soluzione dei prodotti di corrosione del rame
argento fragile con corrosione intercrystallina	Zn	HCl	riduzione consolidante della struttura del metallo
argento patinato	Al	soluzione di carbonato di sodio, cloruro di sodio	riduzione consolidante dello strato di patina
argento patinato	corrente continua	bicarbonato di sodio	riduzione ad una leggera polvere metallica rimovibile

## ESPERIENZE

Numerosi manufatti di provenienza archeologica sono stati sottoposti al trattamento elettrochimico per la rimozione dei prodotti di alterazione superficiali nei laboratori di molti musei, tra i quali si ricorda la statua bronzea raffigurante *Perseo*, B. Cellini, Firenze: riduzione elettrochimica localizzata dei prodotti di corrosione con elettrodo costituito da un foglio di alluminio, avvolto intorno alla parte da trattare con interposto un impacco di cellulosa e acqua deionizzata. Per ulteriori esempi si può consultare il sito internet del Ministero della cultura francese e la sua sezione dedicata ai laboratori scientifici.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Ashurst J., Ashurst N., Wallis G., Toner D., *Practical Building Conservation, English Heritage Technical Handbook, Metals*, tomo quarto, Aldershot, 1988.
- Bianchi G., *Elettrolisi*, in *Enciclopedia della Chimica*, tomo quarto, Firenze, 1975, pp. 658-660.
- Bianchi G., *Elettrochimica*, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Milano, 1980, pp. 210 - 212.
- Conway B.E., Bock Ris J. O'M., *Elettrochimica*, in *Enciclopedia della Chimica*, tomo quarto, Firenze, 1975, pp. 610-614.
- Conway B.E., Bock Ris J. O'M., *Elettroliti*, in *Enciclopedia della Chimica*, tomo quarto, Firenze, 1975, pp. 660-664.

- Heinrich P., *Die Metallrestaurierung. Beiträge zur Analyse, Konzeption und Technologie*, Monaco, 1998.
- Mussini T., *Elettroforesi*, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Milano, 1980.
- Mussini T., *Elettrolisi*, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Milano, 1980.
- Pain S., *La déchloruration des alliages cuivreux par électrolyse à faible polarisation dans sesquicarbonato de sodium*, in "Studies in Conservation", 1991.
- Plenderleigh H. J., Werner A. E. A., *The conservation of antiquities and works of art*, Londra, 1962.
- Rapi G., *Elettroforesi*, in *Enciclopedia della Chimica*, tomo quarto, Firenze, 1975, pp. 644-658.
- Trasatti S., *Fenomeni elettrocinetici*, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Milano, 1980, p. 218-220.

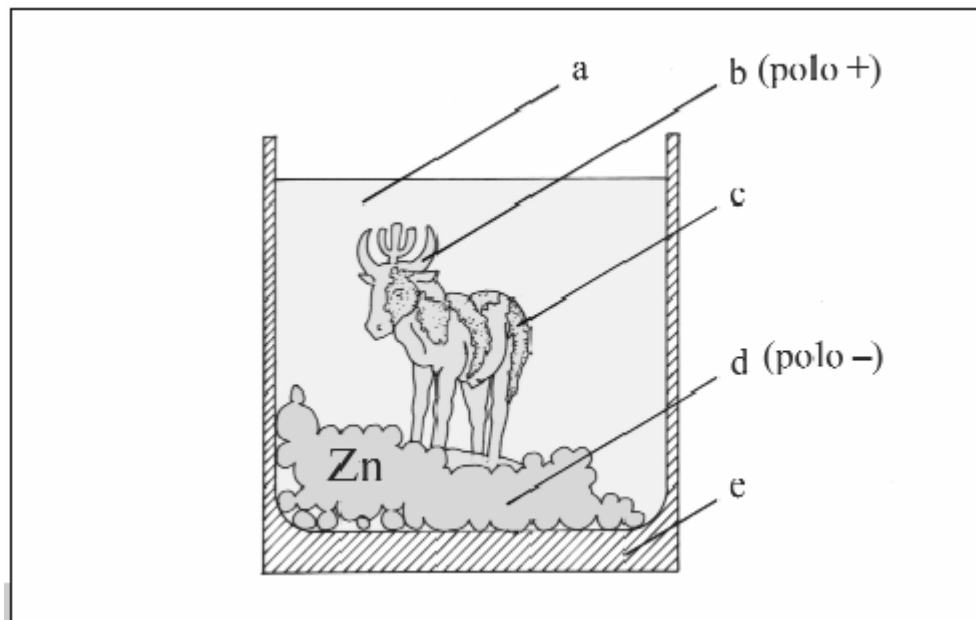


Figura 1 • La reazione elettrochimica avviene per contatto: lo zinco costituisce il polo negativo che nel corso della reazione si ossida, l'oggetto da cui rimuovere le incrostazioni di ossido svolge il ruolo del polo positivo che, invece, si riduce: a) elettrolita; b) polo positivo; c) materiali di ossidazione; d) polo negativo; e) recipiente di vetro pirex o contenitore termico smaltato. (CAF)

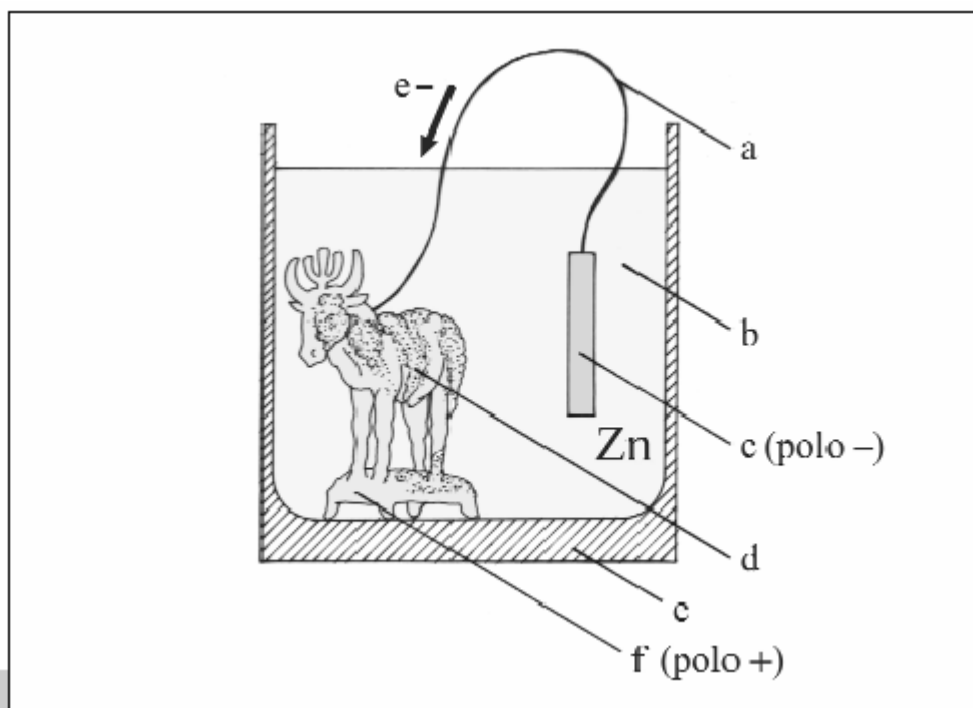


Figura 2 • Gli elettroni passano per il filo che collega i due poli, positivo e negativo: l'elemento di zinco nel corso della reazione si ossida, mentre l'oggetto da disincrostare subisce un processo di riduzione: a) filo conduttore; b) elettrolita; c) polo negativo; d) materiali di ossidazione; e) recipiente di vetro pirex o contenitore termico smaltato; f) polo positivo. (CAF)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Il termine chelante indica l'attitudine di una sostanza le cui molecole possiedono due gruppi capaci di legarsi a uno stesso atomo per mezzo di valenze secondarie o primarie, formando composti solubili stabili. Complessante, invece, è parola che indica la capacità di provocare la formazione di un composto complesso. La tiourea è una sostanza organica, cristallina, incolore, che forma sali con acidi forti, complessi con molti ioni metallici e composti di inclusione con idrocarburi alifatici e cicloparaffine.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Grazie all'azione complessante, tale sostanza agisce sugli ioni Ag e si impiega generalmente in soluzioni dal 5 al 15% per rimuovere i prodotti di corrosione dell'argento, in oggetti patinati o in quelli costituiti da leghe di argento e rame.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Dopo accurato sgrassaggio, sono possibili trattamenti per immersione, di oggetti mobili e di dimensioni contenute, interessati da corrosione. Oppure, l'intervento può attuarsi mediante impacchi di polpa di cellulosa imbevuta di soluzione. In questo caso, occorre proteggere gli impacchi con fogli di polietilene o altro velo impermeabile che impedisca la rapida evaporazione e assicurarsi che la soluzione rimanga attiva per 10-15 ore e più.

Nel caso di argenti archeologici non interessati da cloruri, si usa una soluzione di acqua distillata con il 15% di tiourea applicata con un pennello di vetro; questa è particolarmente indicata nel caso di oggetti di fusione dove vi siano decorazioni a niello.

**ACCORGIMENTI E VARIANTI**

Una variante utilizzata è quella di usare la tiourea abbinata all'acido formico, è adatta a rimuovere sia i solfuri sia i cloruri d'argento e si può applicare a impacco, o a immersione.

**ESPERIENZE**

Pulitura di un tesoro d'argento trovato nel 1961 presso Basilea risalente al IV secolo.

Rimozione di prodotti di corrosione in una ciotola d'argento del XVIII secolo.

Venezia, chiesa di San Polo.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Marabelli M. 1995.

**PLT 31****PULITURA DEI METALLI CON SOLUZIONE  
ALCOLICA DI AMMONIACA****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

“Tale metodo, messo a punto presso la Soprintendenza alle antichità d’Etruria, reparto Bronzi nel 1970, da cui il nome, si basa sull’incipiente solubilizzazione del cloruro rameoso in ambiente alcolico a mezzo ammoniaca, e la successiva riprecipitazione in loco dello ione rame come idrato rameico” (M. Ronchi e M. Miccio 1976, p. 63). Il composto è nato dall’esigenza di trovare una soluzione che permetta di ottenere una solubilizzazione dei cloruri in maniera più veloce.

La soluzione base è così concepita:  $\text{NH}_4\text{OH}$  al 10% in volume, alcol metilico al 90% in volume.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è applicabile essenzialmente a oggetti metallici (bronzo e leghe del rame) di dimensioni contenute, tali da essere immersi in vasche predisposte per il trattamento.

I metalli più comunemente impiegati in tale metodica sono, perciò, quelli archeologici.

Ma il procedimento si presta anche alla pulitura di parti smontabili che appartengono a manufatti accessori degli edifici antichi, come maniglie, cardini, pomelli, parti di cornici e fregi, e così via.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il composto analizzato nei suoi componenti è definibile come segue:  $\text{NH}_3$  al 3,2%;  $\text{H}_2\text{O}$  al 6,8%, alcol metilico al 90%.

Il procedimento di base consiste nell’immergere l’oggetto da trattare in una soluzione alcolica con ammoniaca al 10%. Quando il pezzo è immerso nella soluzione, “l’alcool, come veicolo intermedio a bassa viscosità, trasporta la molecola di  $\text{NH}_4\text{OH}$  in prossimità del cloruro rameoso. Il contatto tra tale sale e la soluzione provoca la formazione di un complesso cloro ammino rameoso, facilmente solubile” (op. cit., p. 206). In questo modo si ha la possibilità di interagire sulla soluzione del cloruro rameoso. Il bagno può durare da pochi minuti ad alcune ore, e questa scelta dipenderà dallo stato dell’oggetto.

Dopo si passerà direttamente a un secondo bagno composto da 10 cc di  $\text{H}_2\text{O}_2$  a 24 vol. e 90 cc di alcol metilico. L’immersione in tale soluzione porta all’ossidazione del Cu da monovalente a bivalente, creando così le condizioni per la precipitazione del Cu sotto forma di  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ . Dopo tale precipitazione a contatto con l’anidride carbonica, si ha il passaggio dell’idrossido a carbonato di rame ( $\text{CuCO}_3$ ).

“Si preparano le soluzioni sotto riportate sempre con rapporti in volume, possibilmente al momento dell’uso:

— *Soluzione complessante*: 10% di idrato d’ammonio al 32% in  $\text{NH}_3$  – 90% di alcol metilico puro.

— *Soluzione precipitante*: 90% alcol metilico puro – 10% di  $\text{H}_2\text{O}$  a 24 volumi” (op. cit., p. 207).

Il pezzo va immerso nel bagno, agitolandolo saltuariamente, per un periodo stabilito dai seguenti parametri: tipo di attacco, definizione dello strato di  $\text{CuCl}$ , qualità dei prodotti di corrosione. È consigliabile, in ogni caso, lasciare l’oggetto in bagno per almeno un’ora, sotto sorveglianza. Se durante l’immersione si dovesse verificare una notevole evaporazione dell’ammoniaca, se ne deve aggiungere, evitando che finisca completamente.

“Il pezzo, una volta eseguito il primo trattamento, verrà posto, senza lavaggi intermedi, nel secondo bagno, preparato volta per volta e lasciatici per circa un giorno, meglio se sottovuoto” (op. cit., p. 209).

Dopo questo trattamento, l'oggetto va posto in essiccatore per due ore circa a 50 °C.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

“Da un punto di vista estetico il colore del pezzo estratto dalla soluzione è sicuramente diverso da quando il pezzo vi è stato immerso, ma, terminata l'evaporazione della soluzione, non si notano differenze particolari sugli oggetti sottoposti al trattamento” (M. Miccio, M. Ronchi, 1974). La soluzione proposta è evidentemente volatile, quindi è in grado di essere asportata senza grossi problemi, nel caso si eccedesse nella quantità.

### **ESPERIENZE**

Il laboratorio di restauro della Soprintendenza archeologica della Toscana ha applicato tale metodo sin dalla fine del 1969, arrivando a trattare circa un migliaio di pezzi archeologici, con una percentuale di insuccessi talmente sporadica che può considerarsi ampiamente positivo.

Venezia, chiesa di San Polo.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1988, *Il restauro...*; AA.VV. 1991, *La tecnologia...*; Diana S., Fiorentino P., Marabelli M., Santini

M. 1981, pp. 233-40; Fiorentino P., Marabelli M., Matteini M., Moles A. 1982, pp. 145-53; Leoni M. 1984;

Marabelli M., Napolitano G. 1991, pp. 51-58; Marabelli M. 1995; Matteini M., Moles A. 1983, pp. 181-84;

Mello E. 1984, pp. 95-107; Plenderleith H. J., Werner A. E. A. 1986.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Gli ultrasuoni sono vibrazioni con una frequenza superiore alla massima percepibile dall'orecchio umano, che è dell'ordine di grandezza di 20.000 Hz. Nell'urto contro un ostacolo, gli ultrasuoni si riflettono come i suoni; se le dimensioni dell'ostacolo sono dell'ordine di grandezza della lunghezza d'onda, si hanno fenomeni di diffrazione. Gli ultrasuoni possono essere generati con dispositivi di varia natura: a diapason, a sirena, a fischio, elettrodinamici, elettromagnetici, a magnetostrizione, piezoelettrici.

Per la pulitura dei manufatti il mezzo di trasmissione degli ultrasuoni è l'acqua distillata.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Gli ultrasuoni si utilizzano per l'eliminazione di incrostazioni da superfici metalliche, ma anche da oggetti ceramici e di vetro. Sono particolarmente indicati nei casi in cui esista una separazione netta tra lo strato delle incrostazioni e la superficie dell'oggetto.

In particolare, i vetri soggetti a corrosione sono spesso opacizzati da croste di alterazione sulla faccia esterna e di patine sulla faccia interna, che, snaturando la quantità di luce entrante dalla finestra stessa, non permettono la corretta lettura dell'oggetto artistico.

La tecnica si applica, perciò, negli interventi di restauro di vetri e vetrate in cui sia necessario rimuovere croste di carbonati, solfati, fosfati e strati eterogenei di sporcizia; ma trova impiego anche in manufatti ceramici con superficie vetrificata, come piastrelle maiolicate, patere e formelle in ceramica, vasellame ecc., e nella pulitura di oggetti metallici. La tecnica richiede che il manufatto sia spostabile per essere trattato in laboratorio e che le sue dimensioni siano compatibili con quelle delle vasche, dove si svolge il trattamento.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La pulitura dovrà essere eseguita sempre da personale esperto e qualificato.

Si immerge il manufatto in un cestino che a sua volta è tenuto in sospensione all'interno di un recipiente, il quale contiene una soluzione al 10% di acqua e ammoniacale. Il recipiente di solito misura cm 12 x 14 x 28, ma se ne possono usare di dimensioni maggiori.

All'interno del recipiente sono presenti degli induttori di ultrasuoni che, producendo delle scariche all'interno della soluzione, trasmettono una serie di vibrazioni che permettono il distacco delle croste di alterazione dal supporto. Gli induttori di ultrasuoni sono messi sul fondo del recipiente e ai lati dello stesso.

L'operazione ha una durata di circa tre minuti e, in ogni modo, non è consigliabile prolungare il bagno ultrasonico per più di sei minuti se non si vuole danneggiare la superficie trattata.

La pulitura a ultrasuoni si può fare in due modi, di seguito descritti.

*A immersione.* Con questa tecnica si può ottenere una rapida pulitura delle superfici interessate da depositi terrosi o da prodotti di corrosione particolarmente aderenti, ed eliminare le tracce di vecchi restauri, consolidanti e protettivi che si trovano sull'oggetto.

Si utilizza una vasca piena di acqua distillata (eventualmente emulsionata con un detergente o un bagno chimico) nella quale arrivano i terminali di un generatore di ultrasuoni.

Si può immergere direttamente l'oggetto da pulire nella vasca, oppure si colloca il manufatto in una vaschetta anch'essa riempita d'acqua e si attiva il generatore di ultrasuoni. Le irradiazioni devono protrarsi per periodi brevi, inferiori ai 30 secondi.



L'effetto non è particolarmente appariscente, ma può servire per aiutare la successiva azione di un altro utensile da utilizzarsi a secco, ad esempio un bisturi (fig. 1).

*Con specillo.* Questo strumento serve per intervenire in zone ristrette caratterizzate da piccole cavità, porosità, cricche, fessure ecc., ed è indicato per la pulitura di parti brunate o decorate. È uno strumento di facile impiego, ma che richiede un minimo di esperienza.

È composto da un generatore di ultrasuoni che invia vibrazioni a una punta molto fine, alla quale perviene anche un flusso di acqua deionizzata. L'acqua è vaporizzata dalla vibrazione.

Sulle incrostazioni da eliminare si ottiene un'azione dovuta alle vibrazioni a ultrasuoni e contemporaneamente all'effetto di cavitazione dell'acqua. Quest'azione combinata provoca il distacco di piccole scaglie del materiale da asportare (ad esempio ruggine e altre incrostazioni anche molto dure), fino alla sua completa eliminazione.

Per eseguire la pulitura si deve porre la punta dello strumento sull'incrostazione da asportare, possibilmente non di taglio e senza insistere sullo stesso punto. Le punte sono intercambiabili e di varie forme; vanno scelte in base al tipo di superficie su cui si opera e al tipo di incrostazioni da rimuovere. Si può inoltre agire su altri parametri quali, ad esempio, l'intensità delle vibrazioni e il volume di acqua.

Nella pulitura di oggetti metallici, questo strumento non deve essere usato sulle superfici già pulite, per non correre il rischio di consumare il metallo sano. Per evitare questo inconveniente bisogna proteggere le zone intorno a quelle su cui si compie la pulitura.

Tra gli strumenti a ultrasuoni più utilizzati nel campo del restauro se ne indicano alcuni.

Il *Cavitron* è un'attrezzatura normalmente utilizzata dai dentisti per l'eliminazione del tartaro.

Dà luogo a una buona qualità di pulitura, ma soprattutto consente di operare con grande precisione. Non permette un impiego prolungato e deve essere usato con l'acqua, per evitare l'eccessivo riscaldamento del manipolo e il conseguente danneggiamento del complesso congegno che genera gli ultrasuoni. Talvolta l'acqua non può essere usata perché può innescare un processo di attivazione delle ossidazioni.

Il *Suprasson Piezon P2* è analogo al precedente. Può essere usato per lungo tempo, anche a secco, senza danneggiarsi. Ha una resa superiore al *Cavitron* (fig. 2, fig. 3, fig. 4).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Questo tipo di pulitura, dato l'impatto generato dalle vibrazioni, deve essere limitato ai casi in cui l'oggetto non si presenta fragile e soggetto a facile rottura.

La punta dello specillo a ultrasuoni non va usata per abradere il materiale, ma bisogna attendere l'asportazione dello stesso per vibrazione.

Si deve evitare tale pulitura su reperti che non presentino un supporto metallico integro.

Le tessere vitree sulle quali sia presente un trattamento a grisaglia in fase anche parziale di distacco, o sulle quali siano presenti pellicole pittoriche, non devono assolutamente essere pulite con questa tecnica, in quanto le vibrazioni prodotte dagli ultrasuoni possono causare il distacco di grisaglia e pellicole, danneggiando il manufatto irrimediabilmente.

### **ESPERIENZE**

Firenze, Piazza della Signoria, *Giuditta e Oloferne* (Donatello);

Firenze, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo, *Cristo e San Tommaso* (Verrocchio).

Liegi, vetrate della chiesa di Saint-Martin, 1981.

Firenze, chiesa di Orsanmichele, *San Matteo* (Ghiberti).

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Agnoletti S., Brini A., Formigli E., Francolini S., Miccio M., Siano S., *Il "San Matteo" del Ghiberti: considerazioni preliminari sul restauro e indagini tecnologiche*, in "OPD Restauro", Firenze, 2003 pp. 84-92.

Bernardini G.P., Casini M. C., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M. R., Trosti Ferroni R., *Il San Giovanni Battista del Ghiberti: studi sullo stato di conservazione della superficie bronzea*, in *OPD Restauro*, Firenze, 1995, pp. 33-55.

Burrini F., Nencetti P., *Il restauro delle figure bronzee di Cristo e di San Tommaso*, in Dolcini L. (a cura di), *Il maestro di Leonardo. Il restauro dell'incredulità di San Tommaso di Andrea del Verrocchio*, Cinisello Balsamo (Mi), 1992, pp. 98-105;

Ferroni R. 1995; Plenderleith H.J., Werner A.E.A., 1986; Burrini F., Nencetti P. 1988; Ronchi M. (a cura di), *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza archeologica della Toscana, s.d.

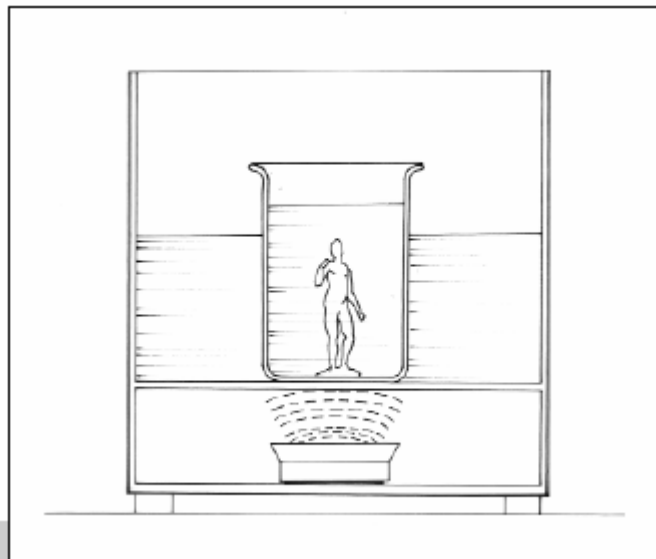


Figura 1 • Schema della procedura d'immersione di un pezzo da pulire con ultrasuoni in acqua deionizzata. (CAF)



Figura 2 • Lo specillo è composto da un generatore di ultrasuoni che invia vibrazioni a una punta molto fine, alla quale perviene anche un flusso di acqua deionizzata. L'acqua è vaporizzata dalla vibrazione. (OPD)



Figura 3 • Operatore che applica una pulitura con ultrasuoni utilizzando lo specchio. (OPD)



Figura 4 • Alcune punte del generatore a ultrasuoni. (OPD)

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Il sale di Rochelle è chimicamente definibile come tartrato di sodio e potassio ( $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ); il tartrato è il sale dell'acido tartarico  $[-\text{OOC}-(\text{CHOH})_2-\text{COO}-]$ , al quale sono aggiunti degli ioni Na e K. Può essere impiegato solo in soluzione da 5-10% o in un ambiente basico (50 g di NaOH-150 g di tartrato per 1 l d'acqua), quindi possiamo avere soluzioni a base di sali di Rochelle alcalini e non. Questi reagenti complessano gli ioni  $\text{Cu}^+$  e  $\text{Cu}^-$  e sono particolarmente impiegati per la dissoluzione degli ossidi di rame.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Sono possibili due diverse soluzioni con questa tecnica: i sali di Rochelle alcalini e quelli non alcalini. I primi si utilizzano prevalentemente per eliminare le macchie, le colature e le incrostazioni dovute ai sali di rame che deturpano i bronzi. I secondi, per eliminare i prodotti di corrosione sui bronzi.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA A FASI OPERATIVE***Sali di Rochelle alcalini*

In genere sono applicati a impacco o a immersione per tempi brevi. La soluzione base di NaOH e sali di Rochelle può variare secondo i seguenti casi:

- 15% di sali di Rochelle, 1,5% di idrato di sodio e 83,5% di acqua distillata.
- 180 g di sali di Rochelle, 60 g di idrato di sodio in un litro d'acqua distillata.

Per i bronzi dorati, l'Opificio delle pietre dure insieme a Moles e Matteini hanno formulato la seguente soluzione: 32,3 g di sali di Rochelle, 7 g di sodio idrato, 3,2 g di silice micronizzata, 57,5 g di acqua deionizzata.

L'impacco ottenuto con questa soluzione non dà alcuna reazione in presenza di ossidi nella patina, né dissolve il rame della lega se non per una trascurabilissima percentuale.

*Sali di Rochelle non alcalini*

I sali di Rochelle non alcalini in soluzione al 30% in acqua deionizzata si possono applicare a impacco o a immersione. Il sistema a impacco è fatto mescolando alla soluzione una polvere inerte come supportante fino a ottenere la consistenza voluta. Normalmente si usa la silice micronizzata (Aerosil 200 V). La "pappina" così ottenuta è applicata localmente sulle zone da trattare. Deve essere controllata spesso l'azione del prodotto nel tempo di durata dell'impacco che, generalmente, è lasciato da un minimo di 10 minuti a un massimo di 30.

Per bloccare l'azione dell'impacco bisogna sciacquare abbondantemente con acqua deionizzata fino alla completa eliminazione della soluzione attiva.

Il sistema per immersione è impiegato generalmente per i bronzi dorati dove non c'è il problema del mantenimento della patina, come è stato fatto per le formelle del Ghiberti.

Visto che spesso la doratura non poggia più sul metallo, ma sui suoi prodotti di ossidazione, i sali di Rochelle sono adatti per l'azione di pulitura, dato che non agiscono sugli ossidi di rame e garantiscono il mantenimento della doratura e l'eliminazione di tutti quei Sali responsabili dei processi corrosivi.

La durata del bagno varia secondo le condizioni dell'oggetto e il grado di pulitura che si vuole ottenere. Per favorire il distacco delle sostanze superficiali può essere utile agitare la soluzione o strusciare l'oggetto con un pennello morbido.

Raggiunto il grado di pulitura desiderato è necessario sciacquare molto accuratamente con acqua deionizzata e asciugare il pezzo con getti di aria calda o in forno di essiccazione (fig. 1, fig. 2).

### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Se siamo in presenza di monete o iscrizioni di bronzo con incrostazioni di varia natura che impediscono la visione del conio o delle incisioni, previo accertamento della consistenza del nucleo metallico, si può adottare la seguente procedura comprendente due trattamenti:

- a) si predispone una soluzione composta da 90 g di sali di Rochelle e 30 di NaOH in un litro d'acqua;
- b) si prepara, quindi, una soluzione con acido solforico al 10% e si immerge alternativamente l'oggetto nelle due soluzioni, risciacquandolo in acqua distillata tra un bagno e l'altro, molto accuratamente, soprattutto al termine dell'intervento. I sali di Rochelle alcalini insieme all'idrato di sodio scioglieranno i carbonati, mentre la soluzione di  $H_2SO_4$  attaccherà gli ossidi.

Per eliminare le forti incrostazioni giacenti sui bronzi in generale, si può usare un'altra metodica di pulitura, anche questa piuttosto aggressiva e costituita da tre soluzioni diverse, proposte da H. J. Plenderleith (1976, pp. 167-68):

- “1. Tartrato sodico potassico: sciogliere 50 g di soda caustica in scaglie in un litro d'acqua e unire 150 g di tartrato sodico potassico alla soluzione.
  2. Glicerina alcalina: sciogliere 150 g di soda caustica in scaglie in un litro d'acqua fredda e aggiungere 40 ml di glicerina.
  3. Acido solforico diluito: aggiungere lentamente 100 g di acido solforico concentrato a un litro d'acqua fredda, contenuta in un matraccio di Pyrex e rimescolare.
- L'oggetto è immerso nelle soluzioni 1 e 2 entro contenitori di vetro o di porcellana, a freddo o sotto l'azione di vapori (che accelerano l'operazione), sino a quando l'incrostazione si ammorbidisce ed è possibile eliminarla con una spazzola. Il tartrato sodico potassico, reagendo con l'incrostazione, si colora di blu. Durante la prima fase del trattamento, l'ossido di rame diventa bruno-rossastro e aderisce ancora saldamente al metallo. Normalmente è associato al cloruro di rame.
- Può accadere che l'incrostazione incorpori del rame metallico, che impedisce ai solventi di attaccarla a fondo. In questi casi è necessario intervenire meccanicamente. L'oggetto va poi immerso nella soluzione 3, entro un contenitore di vetro o di porcellana. Viene spazzolato a intervalli e ispezionato al microscopio, fino alla totale scomparsa della cuprite e della morchia di polvere di rame. A conclusione dell'intero trattamento, l'oggetto viene esaminato al microscopio”.

### ESPERIENZE

#### *Per manufatti in rame e sue leghe*

— Restauro delle formelle del Ghiberti. Dopo una serie di test sperimentali di pulitura tra soluzioni a base di EDTA trisodico, resine a scambio ionico e sali di Rochelle, sono stati scelti questi ultimi con la seguente formulazione: 40% di sali di Rochelle in acqua circolante per circa due ore. Il metodo doveva eliminare materiali di deposito e corrosione.

— Restauro del sepolcro di Baldassarre Cossa (bronzo e bronzo dorato): 1986. Impacchi per 15 minuti della grandezza di circa 10 x 15 cm a base di sali di Rochelle alcalini, disciolti in acqua deionizzata e amalgamati a silice micronizzata avente funzione di supporto.

La soluzione era composta da: 33 g di sali di Rochelle, 1 g di sodio idrossido, portati a volume di 100 cc con acqua distillata. Gli impacchi sono stati rimossi con un pennello morbido e acqua deionizzata, evitando di bagnare con i residui la superficie circostante già pulita.

— Restauro dei bronzi della cappella Espiatoria di Monza (bronzi dorati). Sono stati usati impacchi localizzati di cotone idrofilo imbibito di una soluzione acquosa al 40% di sali di Rochelle e sono

stati lasciati agire sulla superficie per 20 minuti. La soluzione era mantenuta a un pH 7 per evitare di attaccare la lega.

— Milano, porta della chiesa dei SS Barnaba e Paolo; Firenze, porta del Battistero detta “del Paradiso”

*Per argenti e leghe*

— Restauro della statua di S. Emidio (Ascoli Piceno, Museo diocesano, 1487), 1989. Trattamento per tre ore con soluzione di sali di Rochelle 35% Bicarbonato di sodio 5% per immersione.

— Turribolo quattrocentesco in rame dorato – chiesa parrocchiale di Chiusdino (SI), 1986. La superficie interessata dall’ossidazione di rame è stata trattata con impacchi localizzati di sali di Rochelle al 30% in acqua distillata fino a completa solubilizzazione dei cloruri.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1988, *Il restauro...*; AA.VV. 1991, *La tecnologia...*; Diana S., Fiorentino P., Marabelli M., Santini.

M. 1981, pp. 233-40; Fiorentino P., Marabelli M., Matteini M., Moles A. 1982, pp. 145-53; Leoni M. 1984.

Marabelli M., Napolitano G. 1991, pp. 51-58; Marabelli M. 1995; Matteini M., Moles A. 1983, pp. 181-84.

Mello E. 1984, pp. 95-107; Plenderleith H. J., Werner A. E. A. 1986.

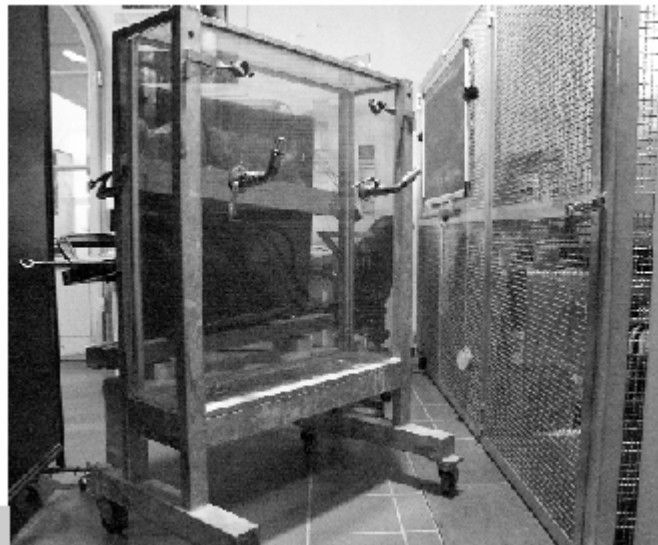


Figura 1 • Vasca per il sistema di pulitura a immersione. Vista frontale. (OPD)



Figura 2 • Il sistema per immersione è impiegato generalmente per i bronzi dorati dove non c'è il problema del mantenimento della patina, come è stato fatto per le formelle del Ghiberti. (OPD)

**Sommario**PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE**

La pulitura a fiamma è utilizzata per preparare le superfici di manufatti metallici ai successivi trattamenti di protezione. La tecnica consiste nel sottoporre la superficie metallica che deve essere trattata a una fonte di calore elevato: la differenza di comportamento al calore tra il metallo e i suoi prodotti di corrosione, o tra esso e le pellicole di vernice vecchia, fa sì che i materiali estranei si stacchino dalla superficie del manufatto a causa della differente dilatazione termica subita dal metallo e dalle sostanze suddette, nonché della rapida vaporizzazione dell'umidità eventualmente presente sotto gli strati da asportare. In alcune circostanze, nel caso di pulitura da vernici o pellicole combustibili, le alte temperature indotte dalla fiamma ne causano l'eliminazione per combustione.

La tecnica è utilizzata sui manufatti lignei per la sverniciatura, ricorrendo però alla somministrazione di sola aria calda, a temperature decisamente inferiori rispetto a quelle utilizzate nella pulitura dei manufatti metallici, onde evitare la combustione del legno. L'aria calda emessa da una pistola termica riscalda gli strati di vernice, rammollendoli e provocandone il sollevamento dalla superficie legnosa, facilitando così la loro rimozione per via meccanica.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è utilizzata per pulire metalli o legni ricoperti da incrostazioni o pellicole di varia natura: strati di vernice o di colore, residui di scialbature, croste organiche o inorganiche, concrezioni o formazioni derivanti da fenomeni corrosivi o di ossidazione. Si tratta di un metodo di pulitura ad azione piuttosto violenta e non perfettamente controllabile, impiegabile in laboratorio e *in situ*. Il suo uso comporta rischi per tutte quelle parti che sono instabili a temperature elevate e a variazioni termiche repentine.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Generalmente, nel caso della pulitura dei metalli, lo strumento con cui si realizza l'intervento è costituito da una lancia termica, collegata solo al contenitore del combustibile, se il comburente è l'aria, o anche a un contenitore d'ossigeno, ove questo sia necessario per ottenere la combustione e produrre la fiamma. I combustibili più comuni sono l'acetilene o il gas propano.

Un operatore impugna lo strumento e fa scorrere la fiamma prodotta dalla combustione sulla superficie dell'oggetto da pulire, a una velocità e a una distanza che variano in dipendenza delle condizioni di conservazione del metallo e della facilità con cui i prodotti di corrosione o i residui di vecchie verniciature si distaccano dalla superficie del manufatto sottoposto a trattamento. È possibile anche graduare l'intensità della fiamma agendo sull'alimentazione del combustibile. Usualmente l'angolo di incidenza della fiamma sulla superficie è mantenuto a circa 45 gradi.

Gli apparecchi impiegati possono avere forme differenti, secondo il tipo di oggetto da trattare; ad esempio per le superfici piane si impiegano strumenti dotati di una serie di piccole fiamme disposte "a pennello", mentre per gli angoli o altre zone difficilmente accessibili si adopera un gruppo circolare di fiamme.

Subito dopo il passaggio della fiamma, l'oggetto deve essere sottoposto a spazzolatura in modo da eliminare tutte le scorie non completamente staccate. Infine, una volta pulito, il manufatto metallico va sottoposto a un trattamento protettivo che lo preservi da processi corrosivi, ai quali è particolarmente esposto proprio a causa di questo tipo di pulitura. Una prima protezione consiste



nell'applicazione di un fondo costituito da prodotti antiossidanti a base di ossido salino di piombo (minio) o d'altri composti.

Quando si devono trattare manufatti lignei si fa uso invece di pistole termiche che producono aria calda, la quale provoca evidenti deformazioni, sotto forma di bolle, negli strati di vernice, favorendone il distacco dal supporto e agevolandone la rimozione mediante l'ausilio di spatole ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#)). Si procede quindi a rimuovere gli eventuali residui mediante raschietti, spazzole o carta vetrata e a rifinire la superficie mediante levigatura con carta vetrata fine, sempre nel senso della venatura del legno, completando con un'accurata spazzolatura per rimuovere la polvere prodotta con la carteggiatura.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Se si sottopone a questo metodo di pulitura un manufatto metallico, è buona norma applicare il fondo al più presto possibile, quando la temperatura superficiale dell'oggetto è ancora superiore a quella dell'ambiente. Con la stesura a caldo della mano di fondo, si favorisce una migliore adesione del film protettivo alla superficie del metallo; infatti, il prodotto aderisce alle minime irregolarità e porosità presenti sulla superficie metallica e con il raffreddamento, ed il conseguente ritiro del metallo, rimane più saldamente ancorato al substrato. Inoltre il metallo pulito a fiamma è più facilmente soggetto a corrosione ed è quindi opportuno che non intercorra un tempo troppo lungo tra la pulitura e la protezione.

La somministrazione improvvisa di calore forte può causare stress termici a oggetti fragili come quelli in ghisa, o anche a ferri battuti particolarmente degradati; elementi a sezione sottile possono anch'essi subire danni se sottoposti a un trattamento di questo tipo.

Occorre pertanto osservare la massima attenzione nell'applicazione di tale tecnica a manufatti di interesse storico-artistico; in particolare non è opportuno soffermarsi con la fiamma sulle incrostazioni resistenti, onde evitare che il metallo di cui è costituito l'oggetto si riscaldi troppo, inducendo danni indesiderati.

### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 in materia di *tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro e successive modifiche e integrazioni*.

### **ESPERIENZE**

Numerosi manufatti metallici di tipo edilizio, come cancellate e inferriate, hanno ricevuto questo tipo di pulitura prima di essere sottoposti a trattamenti protettivi mediante pitturazione.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Ashurst J., Ashurst N., Wallis G., Toner D., *Practical Building Conservation: English Heritage Technical Handbook: Volume 4 Metals*. Aldershot, Hants 1988.



Figura 1 • Pistola termica in azione per la sverniciatura di un'anta di porta. Si notano le vesciche di rigonfiamento provocate dal calore.



Figura 2 • L'azione della spatola permette il distacco degli strati di vernice da rimuovere.



Figura 3 • L'eliminazione degli strati di vernice è radicale.



Figura 4 • Dopo la rimozione della vernice si può procedere con una leggera carteggiatura per rimuovere i frammenti residui.



Figura 5 • Confronto tra due porzioni di superficie, prima e dopo la carteggiatura.

**PLT 35****PULITURA DISINFESTANTE CON SALI QUATERNARI****Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

I materiali ceramici sono porosi e la loro capacità di trattenere l'acqua favorisce l'instaurarsi della microflora. Se la superficie è smaltata può accadere che colonie di alghe siano presenti in zone di eventuale distacco tra biscotto e smalto. Il trattamento deve poter eliminare le colonie infestanti senza interferire chimicamente o meccanicamente con la superficie e il materiale del manufatto.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è adatta al trattamento di manufatti ceramici, smaltati o meno, interessati da patine biologiche costituite da funghi e alghe che invadono parti più o meno estese della superficie, penetrando a volte negli interstizi di eventuali fratture e zone di decoesione, o nelle bolle di distacco degli smalti.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

I prodotti chimici che si utilizzano devono avere determinate caratteristiche:

- a) elevata efficacia contro i biodeteriogeni;
- b) assenza d'interferenza con i materiali costitutivi: il prodotto deve perciò essere chimicamente neutro, incolore e non dare luogo a reazioni collaterali.

Occorre applicare soluzioni biocide a base di sali quaternari d'ammonio; queste hanno il vantaggio di essere incolori, avere alta stabilità e svolgere al contempo una blanda azione detergente.

Si procede a impacchi quando si vuole incrementare il tempo di contatto delle soluzioni biocide: il materiale base inerte di solito è la carbossimetilcellulosa o la polpa di carta, cui viene aggiunta la soluzione biocida; il tutto poi viene ricoperto con fogli di polietilene.

L'applicazione dura solitamente 24 ore e può essere ripetuta più volte; le superfici poi devono essere lavate con acqua distillata.

I composti dell'ammonio quaternario, però, sono incompatibili con i detersivi anionici (saponi) e hanno un'attività limitata in presenza di certi sali (nitrati).

"Nei casi più ostinati, poi, i composti di solfato di copritetranina, i complessi di solfato di rame-idrazina, i sali sodici dell'acido dimetilditicarbomomico e del mercaptobenzotriazolo (tutti utilizzati in soluzione acquosa e nella concentrazione dell'1-3% circa), possono sortire esiti favorevoli anche se, all'uopo, vengono tassativamente richiesti accurati lavaggi al termine del trattamento in esame" (G. Bandini, 1995).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'interferenza con i materiali sottoposti a trattamento è da tenere in attenta considerazione.

L'ammoniaca, ad esempio, utilizzata in passato, è stata causa di incrementi di concentrazione dei sali solubili, di ingiallimento delle superfici e di formazione di croste superficiali.

Se la colonia di alghe si è sviluppata all'interno delle bolle del rivestimento vetroso occorre procedere con impacchi di una miscela denominata BS44: quando la bolla viene compressa insieme all'eccesso di liquido consolidante viene espulsa la colonia.

I mezzi meccanici e gli strumenti manuali (ad esempio il bisturi) non portano a risultati soddisfacenti in quanto non essendo mai la colonizzazione delle alghe solo superficiale si rischierebbe di danneggiare il substrato.

## **ESPERIENZE**

Napoli, chiostro maiolicato di Santa Chiara.

Genova, maioliche di rivestimento a palazzo Giustiniani.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Agnini E. 1986; Bandini G. 1995; Fabbri B., Ravanelli Guidotti C. 1993; Pedeli C., Appolonia L. 1998; Scotti B. I. 1992.

<b>PLT 36</b>	<b>PULITURA DEI METALLI MEDIANTE SGRASSAGGIO</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Come indica il loro nome, gli sgrassanti servono appunto a solubilizzare i prodotti grassi.

Lo sgrassaggio dei metalli, prima dei trattamenti, è molto importante poiché l'azione dei numerosi bagni che devono agire sulla superficie è rallentata o impedita dalla presenza dei film grassi. Per lo sgrassaggio si possono utilizzare sostanze diverse e operare secondo tecniche differenti. Si può tentare di stabilire una classificazione dei meccanismi e distinguere tra:

1. azione dissolvente;
2. azione saponificante ed emulsionante;
3. azione meccanica.

1) I solventi devono presentare le seguenti qualità: poter dissolvere le più diverse sostanze grasse depositate sulla superficie, essere stabili, facilitare la distillazione, non attaccare le parti già trattate, essere ininfiammabili, essere atossici. Alcuni prodotti possiedono tutte queste qualità. Si possono citare due gruppi di prodotti che possiedono un grande numero di queste qualità: uno comprendente l'alcol, il benzene e la benzina, e un altro che raggruppa i derivati del cloro. I primi sono pericolosi poiché infiammabili e tossici ma sono stabili e meno costosi dei secondi, che sono ininfiammabili, ma tossici e instabili con il passare del tempo, in quanto subiscono fenomeni di decomposizione che si traducono nella formazione di acido cloridrico che attacca i metalli.

2) L'azione saponificante ed emulsionante si ottiene per azione di prodotti alcalini. Si possono dividere le sostanze grasse in due classi: quelle che sono saponificanti e quelle che non lo sono. Le prime traggono origine dall'unione di acidi grassi e alcol, queste sono i sali eteri. Il prodotto alcalino va a liberare l'alcol e si unisce con l'acido grasso per produrre un sapone solubile. Sembra che i prodotti alcalini non abbiano alcun effetto sulle sostanze non saponificanti e che si debba fare ricorso a un dissolvente; si constata nel mentre che gli oli passati in soluzione in forma di minuscole gocce rimangono in sospensione (emulsione).

3) L'azione meccanica si ottiene con lo sgrassaggio elettrolitico. Questa tecnica è molto efficace e nello stesso tempo rapida, ma va utilizzata su oggetti in perfetto stato di conservazione e con un buon corpo metallico. Dopo lo sgrassaggio elettrolitico l'oggetto blocca i catodi per elettrolizzare una soluzione di prodotti alcalini (generalmente la soda caustica); gli anodi sono costituiti sia dalla vaschetta sia dalle placche in latta nichelata. L'azione prodotta è doppia: prima avviene l'emulsificazione e la saponificazione delle sostanze grasse, poi un'azione meccanica prodotta dalle bolle d'idrogeno che si liberano sulla superficie da pulire e che aiutano a diluire le sostanze grasse.

Il processo si svolge in un tempo molto breve (da 40 a 60 sec) con un'intensità di 10 A per dm<sup>2</sup>.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Si utilizza per l'eliminazione di accumuli e pellicole grasse, come oli, paraffine, vernici e sostanze untuose in genere, da oggetti metallici che devono essere nettati e predisposti a trattamenti che richiedono un contatto efficace con la superficie metallica.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il procedimento più semplice consiste nell'immergere l'oggetto dentro il solvente, agitando la soluzione e, al bisogno, spazzolando la superficie. Si possono anche impiegare gli ultrasuoni per

attivare la dissoluzione. Dopo l'impiego il solvente non è più puro: esso si è trasformato in una soluzione contenente le sostanze grasse. Dopo aver tolto il pezzo dal bagno esso è intriso di questa soluzione che evapora e lascia sulla superficie un film di sostanze grasse. Questo film è tanto più spesso quanto il bagno è maggiormente sporco. Occorre quindi purificare frequentemente il bagno o sostituirlo regolarmente.

In caso di solventi, è sempre utile come operazione preliminare sottoporre il pezzo a un lavaggio in acqua deionizzata per portare in soluzione i sali solubili presenti sulla superficie del metallo e per eliminare i residui di eventuali materiali estranei, lo sporco e altre impurità.

Si può aiutare questa operazione con delicate spazzolature con pennelli di setole.

Per eliminare strati di vernice, anche se inglobati negli ossidi, bisognerà procedere al trattamento del pezzo tramite solventi (acetone, alcol, prodotti svernicianti).

Lo sgrassaggio può essere eseguito tamponando la superficie con cotone idrofilo o tela di cotone imbevuti di solvente oppure per immersione. Queste operazioni vanno eseguite con cautela in presenza di decorazioni. Altri solventi usati a questo scopo sono la trielina e l'acqua ragia, usata sia per immersione del pezzo seguita da una leggera spazzolatura con spazzolino di setola morbida, sia per mezzo di tamponi di cotone imbevuti di solvente. Per eliminare strati protettivi di paraffine e altre sostanze grasse si può usare l'etere di petrolio e, per la cera, il cloroformio. Per la rimozione di oli e grassi si possono usare l'acetone e il cherosene; per le vernici sostanze svernicianti, e per togliere lo sporco superficiale si può immergere l'oggetto in acqua calda alla quale deve essere aggiunto un detergente neutro.

Per l'eliminazione di trattamenti precedenti e vecchi protettivi si può immergere il pezzo per due ore in una soluzione al 10% di idrato di sodio (NaOH) in acqua deionizzata a 45 °C ed eseguire un successivo lavaggio in acqua deionizzata contenente il 2% di idrazina idrato che è un forte riducente. L'asciugatura si può effettuare con aria compressa e lampada IR oppure con un bagno in acetone di un'ora. L'ultimo sgrassaggio può essere realizzato con cloruro di metilene e cloroformio in proporzione 1:1. Un altro bagno sgrassante per immersione consiste in una soluzione di soda caustica al 10% in acqua a 60 °C. Si possono usare anche altri solventi quali la benzina, il petrolio, la nafta, l'etilene, il tetracloro ecc.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Ci sono alcune riserve sull'efficacia di questi sistemi, soprattutto perché impongono l'uso di reattivi forti quali l'idrato di sodio e l'idrazina (probabilmente usata come stabilizzante di corrosione di cui però non conosciamo l'azione). I dubbi sono rivolti soprattutto a possibili variazioni di colore del metallo trattato con tali sostanze.

Alcuni particolari detergenti svolgono un'azione comparabile a quella degli sgrassanti, perché si fissano sulle molecole di grasso, le distaccano e le rendono inattive.

### **ESPERIENZE**

Firenze, *Cristo e San Tommaso*, chiesa di Orsanmichele, tabernacolo (Verrocchio).

Firenze, Battistero, *Storie di Giuseppe e di Beniamino*, *Storie di Adamo ed Eva*, porta del Paradiso (Ghiberti).

Val di Pesa (Fi), Pieve, *Reliquario di San Pancrazio*

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Bernardini G.P., Casini M.C., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M.R., Trosti Ferroni R., *Il San Giovanni Battista del Ghiberti: studi sullo stato di conservazione della superficie bronzea*, in "OPD Restauro", Firenze, 1995, pp. 33-55.

Burrini F., Nencetti P. 1988, pp. 98-105.

Burrini F., Nencetti P., *Il restauro delle figure bronzee di Cristo e di San Tommaso*, in Dolcini L. (a cura di), *Il maestro di Leonardo. Il restauro dell'incredulità di San Tommaso di Andrea del Verrocchio*, Cinisello Balsamo (Mi), 1992, pp. 98-105;

Pieri G., Zurlo R., Scheda di Restauro, *Reliquario di san Pancrazio*, in "OPD Restauro", Firenze, 2002, pp. 216-219.

Ronchi M. (a cura di), *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza archeologica della Toscana, s.d.

**PLT 37****RIMOZIONE DI VERNICI O SMALTI CON  
SVERNICIATORI CHIMICI****Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Talvolta è necessario rimuovere dalla superficie dei manufatti, in special modo di quelli lignei o metallici, le finiture protettive superficiali, costituite da pellicole continue, opache o trasparenti, ottenute mediante la stesura di miscele di resine, oli – naturali o di sintesi – pigmenti e cariche, allo scopo di rinnovarle, soprattutto quando il loro degrado è tale da non consentire di realizzarne solo una ripresa.

Uno dei metodi più diffusi di sverniciatura si avvale di sostanze chimiche che, stese sulla superficie verniciata, ammorbidiscono lo strato di pittura, facilitandone la rimozione.

I prodotti svernicianti più diffusi si presentano sotto forma di gel, anche se ne esistono di tipi liquidi, in pasta o in polvere, che devono essere idratati prima dell'impiego; sono per lo più costituiti da miscele solventi addizionate con ritardanti dell'evaporazione, per facilitarne l'uso e migliorarne le prestazioni. Altre sostanze impiegate sono la soda caustica e l'acido ossalico, entrambi molto aggressivi e perciò generalmente sconsigliati.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I prodotti svernicianti attualmente commercializzati sono di tipo universale, vale a dire impiegabili per qualsiasi tipo di vernice su qualsiasi supporto. Si prestano perciò alla sverniciatura di legni, metalli, materiali lapidei, laterizi. La scelta del sistema di rimozione delle vernici da un manufatto dipende quindi, soprattutto, dalle condizioni di conservazione di quest'ultimo e dalla tenacità degli strati di pittura che si vuole eliminare. Data la loro aggressività e scarsa controllabilità, se ne sconsiglia l'uso su manufatti delicati o che presentano finiture o decorazioni che possono essere danneggiate dal contatto con gli sverniciatori.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Prima di procedere con l'operazione di sverniciatura, occorre verificare lo stato conservativo del manufatto e mettere in sicurezza le parti eventualmente degradate che potrebbero essere danneggiate nel corso dell'intervento. Prima di applicare lo sverniciatore su un manufatto ligneo, è necessario proteggere le parti da non sottoporre a trattamento e rimuovere eventuali elementi metallici quali, ad esempio, serrature, cerniere, borchie, onde evitare che i solventi contenuti nel prodotto, con il contatto, possano intaccare il metallo, producendo sostanze che potrebbero macchiare il legno e danneggiare il metallo stesso. Qualora anche gli elementi metallici rimossi siano rivestiti di strati da rimuovere, si provvederà a trattarli separatamente.

E' sempre opportuno eseguire tasselli di prova con diversi prodotti, a partire dal meno aggressivo, per scegliere il decapante più adatto e verificarne i tempi di applicazione.

Le fasi esecutive della sverniciatura con prodotti chimici possono essere riassunte come segue. La sequenza operativa può variare leggermente in ragione del tipo di prodotto utilizzato e del materiale da pulire.

*Sverniciatore liquido o in gel*



1) Si stende il prodotto, con pennelli, spazzole o spatole, in uno strato sottile (qualche millimetro per i solventi in gel) e uniforme, lasciandolo agire per il tempo necessario ad ammorbidire la vernice, tempo variabile tra pochi minuti e qualche ora, in dipendenza della temperatura ambientale, dello spessore degli strati di pittura presenti, del tipo di vernice da rimuovere, del degrado che caratterizza la finitura.

2) Quando la pittura inizia a sollevarsi e ad ammorbidirsi, si provvede a rimuoverla con l'ausilio di spatole, raschietti, lana d'acciaio, spazzole, fino a portare alla vista la superficie del materiale. Se si opera su superfici delicate o degradate, occorre prestare attenzione a non danneggiarle durante l'asportazione meccanica dei residui di pittura. Per rimuovere la vernice da punti difficili da raggiungere, quali, ad esempio, intagli o fessurazioni, si ricorre all'uso di spazzolini, bastoncini di legno, punteruoli.

3) Se lo sverniciatore non ha intaccato gli eventuali film di finitura sottostanti, occorre procedere alla stesura di un nuovo strato e ripetere l'operazione.

4) Alcuni prodotti richiedono che dopo il loro uso sia eseguito un lavaggio con acqua o con solvente, allo scopo di rimuovere i residui dello sverniciatore stesso e delle pitture ancora parzialmente aderenti. Nella sverniciatura di manufatti lignei, è opportuno evitare prodotti che implicano un risciacquo finale, in quanto l'acqua fa rigonfiare la fibra del legno e potrebbe agire sulle colle, sciogliendole e compromettendo l'integrità dell'oggetto.

5) Completata l'eliminazione delle pellicole di vernice, si spazzola e si carteggia accuratamente la superficie onde asportare ogni residuo di pittura, rimuovendo infine la polvere formata. Per i manufatti di ferro, si provvede alla spazzolatura delle parti intaccate dalla ruggine, allo scopo di eliminarne ogni traccia e preparare la superficie del metallo a ricevere la nuova finitura, migliorando l'adesione di quest'ultima e, quindi, la sua durata.

La spazzolatura e la carteggiatura saranno evitate nei casi in cui lo sverniciatore porti alla luce strati di finitura che si ritiene di conservare. In questi casi, la sverniciatura potrà essere integrata dalla rimozione dei residui con il bisturi o altro strumento di precisione, onde evitare danni alla finitura portata alla luce.

#### *Sverniciatore in pasta*

Le procedure esecutive nel caso in cui si utilizzi un prodotto sverniciante in pasta, sono assai simili a quelle adottate per l'uso di sverniciatori in gel, ma prevedono in più che, dopo la stesura del prodotto sull'oggetto da trattare, quest'ultimo sia avvolto in fogli di polietilene per ritardare l'evaporazione del solvente. L'uso dello sverniciatore in pasta richiede applicazioni prolungate per realizzare il suo effetto, ma è efficace contemporaneamente anche su più strati di pittura.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

È sempre preferibile procedere alla rimozione delle pitture strato per strato, allo scopo di controllare meglio l'azione dello sverniciatore ed evitare che quest'ultimo possa causare danni al substrato. La rimozione di tutti gli strati di pittura in una sola fase, infatti, richiederebbe una permanenza prolungata del prodotto sverniciante sulla superficie da pulire, con la possibilità che questa sia intaccata dai solventi in esso contenuti.

L'effettiva necessità della sostituzione della finitura deve, in ogni caso, essere valutata attentamente, configurandosi come un'operazione distruttiva rispetto all'aggiunta di uno strato ulteriore di protettivo.

Infine occorre ricordare che gli sverniciatori chimici possono irritare i polmoni e la pelle, oltre che essere inquinanti per l'ambiente; pertanto è opportuno valutare se non sia possibile procedere alla sverniciatura utilizzando tecniche di tipo fisico (v. PLT34 Pulitura a fiamma o ad aria calda) o di tipo meccanico con carta vetrata, spazzole metalliche, raschietti, levigatrici... se l'utilizzo dello sverniciatore non può essere evitato, occorre operare in ambienti ventilati e muniti di protezioni personali, quali guanti di gomma, occhiali, mascherine o maschere antigas.

Le normative in materia di trasporto, manipolazione, deposito, recupero e smaltimento delle sostanze pericolose si applicano anche agli sverniciatori (v. PLT19 Pulitura di superfici con tamponi e compresse imbevuti di prodotti detergenti).

**ESPERIENZE**

Tra i numerosissimi interventi di sverniciatura realizzati su manufatti, in particolare lignei o metallici, si ricorda, a titolo di esempio:

Abbiategrasso, villa Sanchioli, (MI): sverniciatura dei serramenti.

Genova, palazzo Ferretto: sverniciatura dei blocchi di ardesia scolpita agli stipiti di porte e finestre.

Venezia, palazzo Santini: sverniciatura della grande porta lignea d'ingresso.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV., *Rinnovare i mobili*, Milano, 1986;

Carraro E., *I colori del Settecento. Il restauro di Villa Sanchioli ad Abbiategrasso*, in "Recuperare l'Edilizia", 2001, n. 21, pp. 31-37.

**PLT 38****PULITURA DEI MATERIALI LAPIDEI CON METODI ENZIMATICI****Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

L'impiego degli enzimi nella pulitura delle superfici lapidee è ancora assai limitato, principalmente a causa delle particolari precauzioni richieste e per le difficoltà connesse al loro utilizzo in cantiere. Si tratta in ogni modo di un'interessante alternativa ai metodi di pulitura chimica, poiché consente di rimuovere selettivamente i prodotti di alterazione senza coinvolgere quelle stratificazioni sovrapposte che s'intendono conservare.

Gli enzimi sono proteine semplici o complesse prodotte da tutte le cellule viventi, e ciascuno di essi presiede a specifiche reazioni biochimiche. In quanto sostanze catalizzatrici, sono in grado di accelerare o ritardare alcune reazioni chimiche e di restare inalterati al termine del processo. Gli enzimi si contraddistinguono proprio per la loro capacità di interagire solamente con una sostanza o con determinati gruppi di sostanze, e non soltanto nell'ambito dell'organismo che li ha prodotti, ma anche al di fuori di esso. La specificità catalitica degli enzimi è così elevata che le reazioni, oltre ad essere molto veloci, non danno origine a sottoprodotti collaterali. Costituiscono, dunque, un'interessante alternativa ai tradizionali prodotti chimici, i quali, oltre a comportare trattamenti spesso molto energici, si contraddistinguono per la loro aggressività e scarsa selettività.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I catalizzatori biologici di natura proteica accelerano lo svolgimento delle reazioni metaboliche e pertanto, nell'ambito specifico della pulitura dei materiali lapidei, possono rivelarsi particolarmente utili per l'idrolisi degli strati organici presenti sulle superfici. Gli enzimi, in particolare, riescono a decomporre le grosse molecole proteiche o lipidiche di leganti, fissativi, protettivi o altre sostanze utilizzate nei secoli passati per far risaltare i colori dei dipinti murali o delle superfici marmoree. Sono stati utilizzati anche per rimuovere e inibire la crescita di alcune specie licheniche. Alcuni composti proteolitici, infatti, catalizzando le reazioni di decomposizione delle proteine, sono in grado di disaggregare e di facilitare l'eliminazione delle colonie licheniche attecchite sui paramenti lapidei.

A differenza delle soluzioni solventi e/o complessanti che stabiliscono complesse reazioni con il substrato, gli enzimi possono accelerare determinate reazioni chimiche senza alterare l'equilibrio termodinamico delle superfici e senza coinvolgere nei processi di trasformazione altre sostanze, o altri strati che devono essere salvaguardati. Si pensi ad esempio ai numerosi pigmenti applicati a secco e alla necessità di preservarli da una rimozione delle sostanze metaboliche secrete da microrganismi attecchiti proprio su substrati assai favorevoli al loro sviluppo.

Ponendo attenzione alle condizioni operative e ai modi d'impiego, si possono intraprendere azioni di pulitura altamente selettive, in grado di preservare i diversi microstrati sovrapposti, come le patine o le integrazioni che s'intendono conservare.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La scelta dell'enzima specifico presuppone una campagna preliminare di indagini, indispensabili per caratterizzare chimicamente le sostanze presenti sulla superficie del manufatto, e per distinguere ciò che si vuole rimuovere dai materiali costitutivi dell'opera stessa, che devono invece essere preservati.

Ciascun enzima esige inoltre precisi parametri chimico-fisici per svolgere appieno l'attività catalitica: il loro impiego necessita pertanto di un intervallo di temperatura e di pH ben definito. Qualora questi parametri siano inferiori a certi valori, la velocità nel portare a termine il processo catalitico diminuisce considerevolmente, mentre al di sopra dei medesimi, l'enzima viene ad essere rapidamente inattivato. Si tratta, infatti, di sostanze proteiche termolabili (se le soluzioni sono riscaldate a 60-70 °C, gli enzimi sono resi inattivi) influenzate dalla presenza di elementi attivatori o inibitori che possono bloccare completamente e definitivamente l'azione catalitica. Tali inibitori possono essere rinvenuti tra gli stessi ioni metallici costitutivi dei pigmenti inorganici spesso presenti nelle pitture murali (Fe, Pb, Cu ecc.).

L'enzima in soluzione è applicato a tampone, a impacco o a pennello, ma sempre in condizioni di temperatura e pH stabili. Anche durante il trattamento, la soluzione deve essere conservata alla temperatura ideale per l'enzima prescelto, onde conservarne inalterata l'efficacia.

Al termine dell'intervallo ritenuto sufficiente per lo svolgersi completo dell'attività catalitica, la superficie va lavata con acqua distillata a pH controllato, eventualmente additivata di soluzioni enzimatiche via via più blande, quali ad esempio la saliva artificiale. La rimozione della soluzione e dei depositi può essere accompagnata, se possibile, da una blanda spazzolatura.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Risulta evidente che l'intervento richiede una rigorosa impostazione metodologica e la corretta selezione delle appropriate metodiche analitiche, indispensabili per un'attenta e precisa caratterizzazione dell'alterazione, degli strati da salvaguardare e del substrato. Devono essere poi individuati gli enzimi specifici e precisate le condizioni operative ottimali (intervallo di temperatura, pH), nonché accertati gli eventuali inibitori dell'attività catalitica.

L'adozione di una pulitura mediante enzimi specifici e selettivi richiede una rigorosa campagna di indagini preliminari, oltre che appropriate strutture di supporto scientifico e applicativo.

Devono essere, infatti, individuati e caratterizzati con grande precisione i materiali da rimuovere e quelli da salvaguardare, oltre agli eventuali elementi inibitori dell'enzima prescelto.

Per quest'ultimo, poi, devono essere specificate con esattezza le condizioni operative ottimali e compatibili con le caratteristiche dei materiali costitutivi del supporto (temperatura, pH, procedure applicative). Tale metodica d'intervento quindi, oltre a esigere un'impostazione scientifica di alto livello, va affidata a personale altamente specializzato.

Gli enzimi proteolitici possono rivelarsi difficilmente utilizzabili in cantiere, soprattutto su vaste aree, a causa delle particolari precauzioni richieste per la conservazione del prodotto (4 °C), pena la sua deteriorabilità, ma anche per le complicazioni derivanti dal mantenimento di una temperatura costante durante l'intervento (25 °C), condizione necessaria per consentire all'enzima di esplicare la massima attività.

Nonostante le difficoltà operative, sarebbe auspicabile il proseguimento della sperimentazione, soprattutto nell'ambito dei sistemi di controllo del biodeterioramento, dato che gli enzimi non presentano quei problemi tossicologici comuni invece agli altri biocidi.

### **ESPERIENZE**

Per la rimozione della flora lichenica dalla chiesa di S. Croce a Lecce, furono condotte prove di pulitura mediante enzimi proteolitici (tripsina, in tampone borato a pH 8,2, in concentrazioni di 200 mg/l). La rimozione delle colonie licheniche si rivelò totale; ciononostante "... la metodologia non era applicabile su vaste superfici viste le particolari attenzioni richieste dai prodotti enzimatici".

Sugli affreschi di Spinello Aretino nel Camposanto Monumentale di Pisa l'impiego localizzato di proteasi ha permesso di rimuovere tracce di un precedente intervento a colla animale.

Sul marmo della Basilica di Nettuno e sui conci in travertino e peperino di Villa Traiana, a Roma, l'azione sinergica di lipasi e proteasi con glucose oxidasi si è rivelata efficace nella rimozione di croste e patine.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Rossi P. 2000; Cremonesi P. 1999; Sartori P. 1996, Ranalli G., Bonadduce I., Colombini M.P., Banardini E., Abbruscato P., Valentini T., Diamanti A., Carbone M., Bauer E.M., Palleschi G. (2012).

- Alfano G., Lustrato G., Belli C., Zanardini E., Cappitelli F., Mello E., Sorlini C., Ranalli G., *The bioremoval of nitrate and sulfate alterations on artistic stonework: The case-study of Matera Cathedral after six years from the treatment*, in "International Biodeterioration & Biodegradation", 2011, volume 65, fascicolo 7, pp. 1004-1011.
- Butazzoni N., Casoli A., Cremonesi P., Rossi P. 2000.
- Cremonesi P. 1999.
- Lustrato G., Alfano G., Andreotti A., Colombini M.P., Ranalli G., *Fast biocleaning of mediaeval frescoes using viable bacterial cells*, in "International Biodeterioration & Biodegradation", 2012, volume 69, pp. 51-61.
- Sartori P., 1996.
- Valentini F., Diamanti A., Carbone M., Bauer E.M., Palleschi G., *New cleaning strategies based on carbon nanomaterials applied to the deteriorated marble surfaces: A comparative study with enzyme based treatments*, in "Applied Surface Science", 2012, volume 258, fascicolo 16, pp. 5965-5980.

**PLT 39****PULITURA DEI VETRI CON ACQUA DISTILLATA,  
DEMINERALIZZATA O DEIONIZZATA****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

I prodotti di alterazione più ricchi di solfati sono solubilizzati dalla molecola d'acqua, dipolare, la quale stabilisce dei legami idrogeno con altre molecole, trasformandole in ioni solubili che sono asportati. In questo modo si rimuove il solfato di calcio, mentre il carbonato di calcio, solubile solo in parte, può essere eventualmente eliminato con altri prodotti.

La pulitura ad acqua è considerata spesso, inoltre, il primo passo per portare alla luce con evidenza lo stato di conservazione della superficie in esame e per valutare gli eventuali procedimenti di nuova pulitura e restauro da mettere in atto.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I vetri, soggetti a corrosione, sono opacizzati da una serie di croste di alterazione, sulla faccia esterna, che, snaturando la quantità di luce entrante dalla finestra stessa, non permettono la corretta lettura dell'oggetto artistico. Sulla faccia interna peraltro, fumi e polveri creano un impasto untuoso che oscura la naturale trasparenza della vetrata.

La tecnica si applica negli interventi di pulitura di vetri e vetrate in cui sia necessario rimuovere croste di carbonati, solfati, fosfati e strati eterogenei di sporcizia.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per questo tipo di intervento è preferibile l'uso di acqua distillata o deionizzata, in quanto questi prodotti non contengono agenti corrosivi che potrebbero attivare sulla superficie vitrea delle azioni di degrado indesiderabili e dannose per la conservazione.

È necessario fare una distinzione tra il metodo di pulitura da seguire sulla faccia interna della vetrata e il metodo da applicare sulla faccia esterna, in quanto la prima presenta un genere di "sporco" diverso rispetto alla seconda (strati scuri e untuosi, composti da un impasto di polveri e nero fumo, all'interno, prodotti di alterazione tipo "crosta", all'esterno), e su di essa è presente la grisaglia, detta anche *bistratura* (ombreggiatura nero-bruno-rossiccia che compone i principali tratti del disegno delle vetrate antiche), che va conservata.

La faccia esterna va pulita con ripetuti lavaggi in acqua distillata/deionizzata, in diverse fasi e in acqua corrente, eventualmente con l'ausilio di una piccola spugna per la rimozione dei depositi.

Se sulla superficie interna non si riscontrano particolari condizioni di degrado della grisaglia, o se su di essa non è presente la grisaglia stessa, si può immergere il pannello in acqua tiepida per 24-48 ore e procedere quindi alla rimozione dello sporco.

La faccia interna deve essere lavata con più cura e procedendo con la massima cautela. Si applicano compresse di cotone (o simili) imbevute in acqua distillata/deionizzata per ammorbidire lo strato untuoso; quando tale strato inizia a cedere e prima che il vetro si asciughi, si applica un'altra sostanza pulente per completare la rimozione dello sporco. Al termine dell'operazione si sciacqua il manufatto nuovamente con acqua distillata/deionizzata per rimuovere i residui della sostanza chimica adoperata nella pulitura.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Particolare attenzione è necessaria qualora sulla superficie esterna siano presenti tessere vitree sulle parti decorate, come, ad esempio, il rosa incarnato. In questo caso la pulitura della superficie esterna delle tessere dovrà essere eseguita con molta cura come nel caso della superficie interna. L'impiego di acqua "dura" è sconsigliato, al fine di non innescare processi di corrosione che potrebbero danneggiare in futuro la superficie del manufatto.

Getti a pressione o puliture a vapore sono da evitare.

La pulitura tramite immersione o saturazione della superficie non deve mai essere usata su vetri in fase di decomposizione o su superfici vitree dipinte che presentano fenomeni di distacco della pellicola pittorica.

È eventualmente possibile, nel caso di incrostazioni particolarmente tenaci, aggiungere all'acqua altre sostanze, come per esempio l'ammoniaca (in piccole percentuali), in modo da ottenere un migliore e più efficace effetto solvente.

È in ogni caso necessario evidenziare che ogni tipo di pulitura, per quanto delicata, produce sulla superficie un inevitabile, anche se lieve, danno, in quanto, oltre ai prodotti di alterazione, è asportata anche una parte, sia pur minima, del materiale sul quale incide il trattamento.

### **ESPERIENZE**

Canterbury, vetrate della cattedrale, 1975;

Liegi, vetrate della chiesa di Saint-Martin, 1981;

Arezzo, basilica di S. Francesco, Occhio del Marcillat, 1989.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1991, *Vetrate...*; Agnini E. 1986; Becattini A. 1989; Brivio E. 1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994;

Pirina C. (a cura di) 1986; Pizzi A. 1991.

**PLT 40****PULITURA DEL VETRO CON IDROSSIDO DI IDRAZINA E IDROSSILAMMONIO CLORURO****Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Le macchie nere o rossastre che si manifestano sulla superficie dei vetri sono principalmente dovute alla formazione di ossidi non solubili di ferro e manganese (che provocano nel vetro una colorazione di forte intensità) e all'annerimento di parti della superficie, causata dall'alterazione di eventuali resti organici. Nel primo caso, o si formano idrossidi di ferro, sotto forma di concrezioni molto dure nero-rosso-giallastre, lucenti, o si formano ossidi-idrossidi di manganese, di forma dendritica-arborescente di colore nero.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è utilizzata per eliminare dalla superficie di elementi vitrei ad alto contenuto di ferro e manganese quei prodotti di alterazione che si presentano alla vista come croste dendritiche di colore scuro.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La pulitura è effettuata, nella maggior parte dei casi, con l'associazione di due prodotti: l'idrossido di idrazina (ad azione riducente) e l'idrossilammonio cloruro (a comportamento ossidoriducente), che, associati per una concentrazione complessiva del 5% e diluiti in soluzione acquosa, formano un composto chimicamente neutro (valore del pH intorno a 7), incolore, inodore e trasparente.

L'idrossilammonio cloruro può essere sostituito dall'idrossilammonio cloridrato, dall'idrossilammina cloruro e dall'idrossilammina cloridrato.

L'applicazione del prodotto si esegue a pennello, con impacchi di cotone idrofilo applicato direttamente sulle parti da trattare, o per immersione.

La durata di ogni applicazione varia dai 15-20 minuti ai 30 minuti nel caso in cui le macchie nere si trovino associate a incrostazioni di natura silicica, fosfatica o calcitica.

Sono sconsigliati periodi di applicazione maggiori di 30 minuti al fine di evitare il danneggiamento del materiale da restaurare.

Al trattamento deve di norma seguire un abbondante lavaggio del manufatto con acqua deionizzata o con alcol.

Questo tipo di pulitura ha dimostrato essere affidabile e stabile nel tempo (non si sono verificate alterazioni dovute all'applicazione delle sostanze pulenti e altri fenomeni di corrosione data la caratteristica di "neutralità" dei prodotti applicati).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Sono stati testati in laboratorio altri tipi di soluzione pulente: uno a base d'idrazina idrossido con idrossilammina cloridrato in soluzione acquosa, applicata per immersione; uno a base d'idrazina idrossido con idrossilamina cloruro in soluzione acquosa, applicata con tamponi di cotone; uno a base d'idrazina idrossido più idrossilammonio cloruro in soluzione acquosa, applicata a pennello.

Le diverse combinazioni delle due sostanze, così come le singole sostanze, si sono rivelate idonee alla rimozione dei prodotti di alterazione e delle macchie, quindi si ritiene possano essere prese in considerazione come alternativa all'uso del formulato di base, già descritto.

**ESPERIENZE**

Altenberg, vetri medievali (1380) della cattedrale, 1981;



Prove di pulitura effettuate presso i laboratori di restauro della Soprintendenza archeologica di Roma, su reperti ceramici, vitrei e ossei, 1988.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1991, *Vetrate...*; Agnini E. 1986; Becattini A. 1989; Brivio E. 1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994;

Pirina C. (a cura di) 1986; Pizzi A. 1991.  
(ROM)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'EDTA (acido etilendiammoniotetracetico), sostanzialmente un sale sodico, diluito al 3% e miscelato con bicarbonato di ammonio al 3%, in acqua distillata, agisce selettivamente sciogliendo i composti inorganici poco solubili come solfati e carbonati di ferro e rame, molto spesso presenti sui vetri sotto forma di croste. L'aggiunta di bicarbonato di ammonio è utile in quanto la soluzione di acido etilen-diammonio-tetra-acetico è ricondotta a pH neutro (le soluzioni a pH acido o basico sono dannose per i vetri).

L'acido etilendiammoniotetracetico agisce come agente sequestrante di ioni e può essere usato nei casi più difficili di pulitura di superfici vitree con stratificazioni dure e poco porose o affette da microcrateri.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Inquinamento e umidità provocano inevitabilmente fenomeni di alterazione superficiale dei manufatti vitrei direttamente esposti agli agenti esterni, come accade per le vetrate antiche non protette da controvetrate esterne di protezione.

I vetri soggetti a corrosione sono quindi opacizzati da una serie di croste che alterando la luce che li attraversa non permettono la corretta lettura dei colori e dei motivi decorativi.

Queste croste devono quindi, in sede di restauro, essere asportate.

La pulitura con EDTA si applica a manufatti alterati da croste di carbonati o solfati. In questo senso si sono cercati dei prodotti chimici che, sciogliendo completamente o parzialmente le croste di solfati e carbonati presenti sul vetro, ne permettessero l'asportazione senza pregiudizio per il supporto vitreo ancora sano.

Nel caso di vetrate antiche la pulitura si effettua solo sulla faccia esterna in quanto la faccia interna, dipinta, potrebbe danneggiarsi a contatto con queste sostanze aggressive.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La pulitura con EDTA è realizzata mediante impacchi con compresse di cotone imbevute di prodotto e lasciate sulla superficie il tempo necessario a che il composto svolga l'azione disincrostante. Nel caso in cui le croste di alterazione si dimostrino persistenti e di difficile rimozione, si può ripetere l'applicazione a tampone più volte. "Dopo circa due ore, l'EDTA si satura; la soluzione si deve rinnovare anche perché il suo pH si evolve e tende a diventare basico. L'azione dell'EDTA tende a esaurirsi dopo la terza applicazione, perché i prodotti di corrosione residui sono silicati insolubili e perché i carbonati rimasti sono ancora troppo legati alla zona perturbata del vetro.

Adoperando le soluzioni bisogna sempre considerare con attenzione tanto le concentrazioni quanto i tempi di applicazione (fattori, entrambi, che non possono essere predeterminati, ma che vanno valutati caso per caso), perché i mezzi chimici sono aggressivi e non si deve correre il rischio di danneggiare il vetro sano" (Corallini/Bertuzzi, 1994).

Dopo l'intervento si esegue un lavaggio della superficie con acqua distillata a pH controllato, al fine di asportare ogni residuo, pur piccolo, delle soluzioni adoperate per la pulitura.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

A volte, anche il lato esterno delle tessere vitree è dipinto a grisaglia o con il “rosa incarnato”, una pittura rossiccia adoperata per rafforzare i toni dei panneggi e degli incarnati, appunto. In questi casi è opportuno operare con la dovuta cautela nel trattamento dei depositi di alterazione onde evitare l’asportazione della decorazione.

L’acido etilen-diammonio-tetra-acetico, se viene lasciato agire per troppo tempo, è dannoso per i vetri, quasi come l’acido fluoridrico. Se ne sconsiglia quindi l’uso nella tecnica per immersione, anche in soluzioni diluite.

I depositi di alterazione si possono considerare in parte delle patine che non sempre è bene asportare completamente. Spesso si è riscontrato che la completa asportazione degli strati alterati incoraggia e, a volte, accelera la nuova fase della corrosione. Inoltre, gli strati più compatti sono difficilmente asportabili senza alterare la parte sottostante di vetro sano, e vanno quindi lasciati intatti, anche perché potrebbero svolgere una funzione “protettiva” naturale della superficie vitrea.

È possibile variare le percentuali di diluizione dei due componenti la soluzione, secondo i casi e i risultati che si perseguono.

In alcuni casi, come nella vetrata di S. Giovanni e Paolo a Venezia, si sono usati i due composti chimici separatamente, alternando impacchi di EDTA a impacchi di bicarbonato d’ammonio diluito al 30-40% (Nonfarmale, 1982).

### **ESPERIENZE**

Chartres, vetrate della cattedrale, 1974-1977;

Bologna, vetrata di S. Giovanni in Monte, 1983;

Vetrata di Giovanni Bonino della Galleria nazionale dell’Umbria, 1987;

Arezzo, basilica di S. Francesco, Occhio del Marcillat, 1989;

Venezia, vetrata di S. Giovanni e Paolo, 1991.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1991, *Vetrate...*; Agnini E. 1986; Becattini A. 1989; Brivio E. 1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994;

Pirina C. (a cura di) 1986; Pizzi A. 1991.

**Sommario**PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORMATIVA DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE**

Le macchie nere o rossastre che si manifestano sulla superficie dei vetri sono principalmente dovute alla formazione di ossidi non solubili di ferro e manganese (che provocano nel vetro una colorazione di forte intensità) e all'annerimento di parti della superficie, causato dall'alterazione di eventuali resti organici. Nel primo caso, o si formano idrossidi di ferro sotto forma di concrezioni molto dure (nero-rosso-giallastre) e lucenti, o si formano ossidi-idrossidi di manganese, di forma dendritica-arborescente e di colore nero.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è utilizzata per eliminare dalla superficie di elementi vitrei ad alto contenuto di ferro e manganese quei prodotti di alterazione che si presentano alla vista come croste dendritiche di colore scuro. Si applica a manufatti vitrei (oltre a ceramiche e ossa), anche di origine archeologica, che presentino un'alterazione superficiale sotto forma di "macchia nera", tipica, appunto, dei vetri ad alto tasso di ferro e manganese.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La pulitura è eseguita, nella maggior parte dei casi, con l'associazione di due prodotti: l'idrossido di idrazina (ad azione riducente) e l'idrossilammonio cloruro (a comportamento ossidoriducente), che, associati per concentrazione complessiva del 5% e diluiti in soluzione acquosa, formano un composto chimicamente neutro (valore del pH intorno a 7), incolore, inodore e trasparente.

L'idrossilammonio cloruro può essere sostituito dall'idrossilammonio cloridrato, dall'idrossilammina cloruro e dall'idrossilammina cloridrato.

L'applicazione del prodotto avviene tramite pennellatura, o con impacchi di cotone idrofilo applicati direttamente sulle parti da trattare, oppure per immersione.

La durata dell'applicazione in media si aggira intorno ai 15-20 minuti, che possono diventare 30 nel caso in cui le macchie nere si trovino associate a incrostazioni di natura silicica, fosfatica o calcitica.

Sono sconsigliati periodi di applicazione superiori ai 30 minuti, al fine di evitare il danneggiamento del materiale da restaurare.

Al trattamento deve di norma seguire un abbondante lavaggio del manufatto con acqua deionizzata o con alcol.

Questo tipo di pulitura ha dimostrato di essere affidabile e stabile nel tempo. In particolare, non si sono verificate alterazioni dovute alle sostanze pulenti, né altri fenomeni di corrosione, dato il carattere neutro dei prodotti applicati.

**ACCORGIMENTI E VARIANTI**

Sono stati testati e provati in laboratorio principalmente tre tipi di soluzione. Uno a base di idrazina idrossido più idrossilamina cloridrato in soluzione acquosa, applicata per immersione; uno a base di idrazina idrossido con idrossilamina cloruro in soluzione acquosa, applicata con tamponi di cotone; un altro a base di idrazina idrossido più idrossilammonio cloruro in soluzione acquosa, applicata a pennello.

Le diverse combinazioni delle due sostanze, così come i singoli componenti, si sono rivelati molto adatti alla rimozione dei prodotti di alterazione e delle macchie, quindi si ritiene possano essere presi in considerazione come alternativa all'uso del formulato di base, già descritto.

### **ESPERIENZE**

Liegi, vetrate della chiesa di Saint-Martin, 1981;  
Chartres, vetrate della cattedrale, 1974-1977;  
Venezia, vetrata di S. Giovanni e Paolo, 1991;  
Altenberg, vetri medievali (1380) della cattedrale, 1981.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1991, *Vetrate...*; Agnini E. 1986; Becattini A. 1989; Brivio E. 1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994;  
Pirina C. (a cura di) 1986; Pizzi A. 1991.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

I gel rigidi di agar agar sono usati come sistema di pulitura ad acqua, con la potenzialità di confinare agli strati superficiali del substrato la soluzione acquosa, che viene rilasciata in modo controllato.

L'agar agar proviene dall'oriente e si diffonde in Europa a partire dal 1859, principalmente per usi alimentari (E 406) e per la ricerca biologica. Esistono varie specie, con caratteristiche diverse in base ai luoghi di origine, ma la qualità migliore si ricava dalle pareti cellulari delle alghe rosse della famiglia delle Rodoficee, specie *Gelidium* e *Gracilaria*. L'agar agar è un polisaccaride costituito prevalentemente da due sostanze, l'agaropectina e in percentuale maggiore l'agarosio, che possiede le proprietà gelificanti in grado di formare gel termoreversibili. Il fenomeno dell'isteresi, cioè l'intervallo di temperatura tra il punto di "fusione" che può variare tra gli 80 °C e i 93 °C in base alle diverse specie, e la gelificazione tra i 30 °C e i 40 °C, fa sì che il gel rimanga rigido a temperatura ambiente. L'agarosio presenta una struttura di molecole a doppia elica che con il calore si distribuiscono a "gomitolo casuale" formando un gel fluido. La trasformazione è reversibile: con la diminuzione della temperatura le molecole si ordinano nuovamente e si uniscono ai terminali delle catene vicine, attraverso legami a idrogeno, formando gel rigidi. Questi trattengono l'acqua al loro interno in due modalità, una parte legata al polisaccaride e un'altra percentuale in forma libera, che tende ad essere naturalmente espulsa (sineresi).

L'agar non è solubile in acqua fredda. Si prepara facilmente sciogliendo nell'acqua demineralizzata una determinata quantità di polvere, con una proporzione che può variare dallo 0,5 al 5%. Dopo alcuni minuti di ebollizione a bagnomaria o direttamente nel microonde, girando ripetutamente la miscela per evitare la formazione di depositi sul fondo, la soluzione raggiunge il punto di "fusione" e in seguito al raffreddamento si forma il gel. Una seconda cottura permette di ottenere una sostanza con migliori proprietà di omogeneità e trasparenza.

Il pH della soluzione all'1,5 % è circa 7, con un margine di variabilità più o meno di mezza unità.

L'agar ha uno specifico potere di azione, superiore ai metodi tradizionali ad impacco, dimostrato dalla capacità di attrarre e rimuovere lo sporco solubilizzato, che rimane inglobato nello strato di gel a contatto con la superficie trattata. Si può usare fluido, stendendo con un pennello il gel ancora caldo direttamente sulle superfici, oppure in fogli preformati dopo la gelificazione, o destrutturato ridotto a consistenza neve con un semplice frullatore, applicando l'impasto con una spatola ([fig.1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#)).

Nell'intervallo di posa che può variare dai pochi minuti necessari alla gelificazione, o prolungarsi fino alla completa essiccazione, si possono individuare tempi di azione messi a punto direttamente sulle superfici, rimuovendo in tempi prestabiliti parti di gel sulle aree campione, fino all'ottenimento del risultato ottimale. La pellicola che si forma con l'evaporazione diventa una membrana sottile che tende a staccarsi dal supporto ([fig. 4](#)). Dopo i 30/60 minuti generalmente necessari, mantiene ancora un'elasticità tale da renderne facile la rimozione, meglio se accompagnando il distacco sezionandola in pezzetti, per ridurre al minimo la forza di aderenza al substrato. La trasparenza del materiale aiuta ad avere un controllo preciso dell'intervento e permette la verifica delle sostanze rimosse, osservando nella pellicola staccata, che insieme allo sporco trattenuto non ci siano tracce di materiale o distacchi di colore ([fig. 5](#), [fig. 6](#))

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il metodo di pulitura dei materiali lapidei con i gel di agar agar deriva da precedenti esperienze su altri supporti, ed ha ormai conseguito una validità certa, supportata da studi e verifiche, oltre che da numerose esperienze applicative. Si è a conoscenza dell'uso dei gel di agar agar nel 1965 da parte di Johann Letz sui gessi dell'Università di Heidelberg, esperienza che però non ha avuto una diffusione in Italia. La riscoperta avvenuta in questi ultimi anni deriva dagli studi dello statunitense Richard Wolbers sui metodi di pulitura acquosi con l'uso di sostanze addensanti, i gel rigidi a base di Agarosio e Agar, diffusi dal Cesmar 7, applicabili su superfici piane. Nell'affrontare la scelta della procedura di un intervento, è importante che il restauratore si ponga come interprete delle necessità inerenti alla materia da trattare, trasferendo la conoscenza che deriva dal proprio ruolo di "osservatore", dall'opportunità dell'esperienza pratica allo studio di metodologie sempre meno invasive, in collegamento con Enti scientifici di ricerca.

Da qui la messa a punto, da parte dei restauratori della società Aconerre, di nuove modalità di applicazione dei gel rigidi di agar, con l'elaborazione di un sistema di pulitura in grado di aderire ai volumi tridimensionali delle sculture in gesso. L'affinità di comportamento con il gesso, la capacità di assorbire e rilasciare l'acqua, rendono i gel di agar particolarmente adatti per questo materiale così difficile da trattare per le sue caratteristiche di colore, porosità intrinseca e solubilità.

I depositi di sporco da rimuovere, disciolti dal metodo acquoso, migrano verso la superficie attratti da un insieme di forze fisiche e con l'azione di sollevamento della pellicola di gel, si asportano senza dover ulteriormente agire sulla superficie con una azione meccanica ([fig. 7](#), [fig. 8](#), [fig. 9](#)) Il metodo si è rivelato adeguato in generale per la pulitura dei materiali lapidei, senza limitare ad essi il campo di applicazione, ma estendendolo anche ad altri supporti legati ai beni architettonici, con interventi su soffitti lignei, affreschi e pitture murali ([fig. 10](#)).

I gel di agar consentono di eseguire puliture su superfici estese, o in piccole aree delimitate, nei sottosquadri e nelle zone difficilmente raggiungibili, sui piani verticali, in presenza di modanature e di apparati decorativi.

Capaci di rimuovere lo sporco penetrato, sono particolarmente indicati per agire sui depositi di polvere aderenti alle superfici che non vengono intaccati con una semplice spolveratura. L'azione delicata, ma efficace di eliminazione dell'accumulo di polvere e sporco ambientale, indica i gel di agar come un metodo controllabile e con tempi brevi di esecuzione, idoneo per tutti quegli interventi di conservazione programmata, che prevedano trattamenti di manutenzione periodica dei manufatti.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La scelta del metodo, in un corretto intervento di conservazione e restauro di beni culturali, è un'operazione critica che va sempre fatta sulla base delle condizioni conservative, del tipo di substrato e della natura delle sostanze da rimuovere. Il percorso obbligato deve essere la possibilità di decidere il livello di pulitura da raggiungere, potersi fermare per salvaguardare i segni di lavorazione, selezionare le zone dove ripetere le operazioni, non dover in alcun modo intervenire rischiando di creare abrasioni o superfici scabre, o lasciando residui delle sostanze utilizzate.

L'uso del gel di agar permette di graduare l'intervento e la trasparenza del materiale ci fornisce un controllo puntuale della superficie su cui si sta operando, amplificata da un effetto "saturazione" che mette in evidenza particolari non riconoscibili ad occhio nudo. L'agar consente la rimozione di depositi spessi e coerenti e può rivelarsi una valida alternativa ai più noti sistemi acquosi, soprattutto nel caso in cui ci sia la necessità di limitare la penetrazione dell'acqua, l'aumentata viscosità ne riduce infatti la diffusione negli strati sottostanti. La densità della soluzione è una variabile da definire ogni volta, come i tempi ottimali di contatto e le temperature di applicazione che devono essere definiti in base agli esiti delle prove preliminari e in stretta relazione con tutti gli altri parametri. Esiste un rapporto tra la viscosità della soluzione e la sua temperatura; il gel rimane fluido più a lungo e può essere steso a temperature più basse, quando la concentrazione è minore. La capacità di estrarre sali solubili dal substrato aumenta in proporzione alla concentrazione del gel, prove di laboratorio su tasselli di pulitura hanno rilevato un valore massimo di concentrazione di sali estratti dalla pietra, nell'agar applicato fluido in soluzione al 4%, rispetto alle densità inferiori. Anche il tempo di posa influisce sul risultato, prolungando il meccanismo di trasferimento nel gel dello sporco disgregato. Tempi di contatto più lunghi permettono una maggiore solubilizzazione, e un incremento dell'effetto di pulitura, ma comportano una maggiore penetrazione di acqua

all'interno della materia. Non esiste una regola univoca per stabilire le condizioni operative, ma occorre valutare ogni singolo caso effettuando delle prove preliminari che aiutino a superare l'incertezza di una scelta empirica. I diversi metodi di applicazione offrono l'opportunità di un uso specifico, in relazione a ciascuna problematica o esigenza particolare. L'agar steso fluido offre le migliori potenzialità di pulitura, con una perfetta adesione al substrato, un rilascio di acqua controllabile e una grande capacità di estrazione dello sporco.

A differenza di altri gel che aderiscono alle superfici e richiedono un lavaggio successivo alla rimozione, l'agar ha uno scarso potere adesivo e non lascia residui. Per la pulitura di manufatti che presentino fenomeni di polverizzazione superficiale, decoesione o distacco, dove anche una minima adesione può essere rischiosa, si può adottare il metodo di umidificazione con i gel rigidi di agar preformati, che garantiscono una ridotta adesione al substrato, una perfetta planarità della superficie, un limitato rilascio di acqua e un'estrema facilità di rimozione. Anche l'applicazione del gel destrutturato, può essere utile nei casi di superfici sensibili. Si stende compatto senza lasciare vuoti d'aria, evitando punti di mancata aderenza tra impacco e manufatto, che potrebbero provocare una pulitura disomogenea della superficie. Quando la sola acqua risulta insufficiente, si può potenziare e differenziare l'azione senza interferire con le proprietà del gel ad esempio modificando il pH, aggiungendo tensioattivi che agiscono sui materiali idrofobi, lipofili; immettendo chelanti in grado di "sciogliere" Sali altrimenti insolubili, come le macchie di corrosione del ferro sulla pietra. A freddo possono essere aggiunti anche solventi. I test di pulitura permettono di mettere a punto i tempi di contatto e le concentrazioni degli additivi necessari, che potenziati dall'azione del gel, risultano sufficientemente attivi a diluizioni non superiore all'1 %.

Una sperimentazione ha testato l'uso dei gel di agar come mezzo d'interazione tra una superficie artistica e la radiazione laser. Questa innovativa metodologia di pulitura combinata, ha utilizzato la radiazione laser fornita da una sorgente costituita da Nd: YAG a lunghezze d'onda (1064 e 532 nm) e durate d'impulso diverse, passanti attraverso un gel di agar preparato in differenti concentrazioni. Sono emersi potenziali vantaggi, come una maggiore saturazione del colore della superficie diventata più assorbente nei confronti della radiazione, il contenimento della temperatura durante il processo di ablazione e l'azione di complessi fenomeni di tipo fotomeccanico, che incrementano l'efficacia della pulitura e controllano la cosiddetta "spallazione".

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Anche se a volte possono esserci particolarità nel substrato da richiedere trattamenti particolari, la rimozione della pellicola è di norma estremamente facile. Occorre solo fare attenzione a non lasciare rimanenze di gel nelle zone periferiche. Con semplici accorgimenti, come creare dei limiti alla stesura con un nastro adesivo di carta, si evita che lo spessore irregolare del gel lo faccia essiccare maggiormente sui bordi, rendendolo più sottile e trasparente (fig. 11).

Si ottiene così anche un confine preciso alla zona trattata, utile per identificarne immediatamente i margini, anche se il procedimento migliore prevede che si tagli la membrana al centro, accompagnandola senza tensione verso i bordi esterni. Può succedere che un primo passaggio funzioni come fattore disgregante, ma non sia sufficiente a rimuovere lo sporco, nel caso è possibile procedere con ulteriori applicazioni. Si possono effettuare interventi di pulitura ripetibili su larga scala, ma su materiali particolarmente porosi come stucchi o gessi, è necessario aspettare la completa evaporazione dell'umidità immessa, prima di procedere con una ulteriore applicazione. A differenza del gesso, i materiali lapidei poco porosi come il marmo, possono richiedere una leggera azione meccanica successiva al distacco della pellicola di gel. L'eliminazione dei depositi ammorbiditi dall'acqua e resi incoerenti dall'impacco, può essere effettuata con una debole asportazione manuale in relazione alla superficie, con pennelli, tamponi o spazzolini morbidi (fig. 12).

La preparazione del gel deve limitarsi alle quantità necessarie al completamento del lavoro programmato nella giornata, per evitare l'eventuale sviluppo di colonie di biodeteriogeni presenti nell'ambiente, che potrebbero contaminare l'agar. Nel caso si volessero preparare quantitativi eccedenti l'immediato utilizzo, semplici accorgimenti ne permettono la conservazione, come mantenere sottovuoto il gel avanzato, o coprendone completamente la superficie nel contenitore con dell'acqua demineralizzata. A sviluppare un potenziale attacco biologico non è infatti l'agar, che viene sterilizzato con la cottura in fase di preparazione ed è usato in biologia per solidificare i terreni di coltura proprio perché non può essere digerito dai batteri.



Esistono numerose qualità di agar, reperibili nell'ambito dei prodotti chimici e in quello alimentare. Indici di selezione per la scelta si devono considerare l'efficacia per la pulitura, l'assenza di residui, la facilità di rimozione ed anche il costo, dovendo lavorare su opere di grandi dimensioni. L'esperienze descritte fanno riferimento al prodotto denominato Agarart, che ha permesso di mantenere caratteristiche di omogeneità, utili per un confronto tra i diversi interventi.

La pulitura con i gel di agar agar è un metodo poco invasivo, non tossico, che non richiede nessuna precauzione per gli operatori, oltre che ecologicamente compatibile essendo una sostanza alimentare.

## ESPERIENZE

Studi sul confronto tra diverse sostanze gelificanti, compreso l'agar agar, sono stati effettuati dalle Università di Parma, Venezia e Torino.

Le potenzialità individuate nei gel di agar, sviluppate in vari studi condotti con il Consiglio Nazionale delle Ricerche - ICVBC di Milano, il Politecnico di Milano e di Torino, la Soprintendenza della Valle d'Aosta sono finalizzate ad approfondire la conoscenza del materiale, le proprietà chimico-fisiche, il suo comportamento, la relazione con l'acqua e l'eventuale rilascio di residui, con indagini scientifiche di laboratorio, anche per il trattamento dei metalli.

Milano, Galleria d'Arte Moderna, numerose sculture in marmo di vari autori dell'800; i modelli in gesso delle sculture di Giuseppe Grandi tra i quali il "Monumento alle 5 giornate di Milano" e le Maquette per le decorazioni di Palazzo Turati.

Milano, Parete absidale Chiesa di S. Eugenio, Affresco di Glauco Baruzzi (1921-2009).

Pisa, Murale "Tuttomondo" (1982) di Keith Haring.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Anzani M., Berzioli M., Cagna M., Campani E., Casoli A., Cremonesi P., Fratelli M., Rabbolini A., Riggardi D., *Gel rigidi di agar per il trattamento di pulitura di manufatti in gesso*, Quaderno n. 6 del CESMAR 7, Il Prato, Padova 2008.

Anzani M., Borgioli L., Brunetto A., Rabbolini A., Sansonetti A., Striova J., *Sperimentazione di pulitura laser con intermediazione di gel di agar* in "Applicazioni Laser nel Restauro", Atti del convegno Aplar 3, Bari 2010, Il Prato, Padova 2011.

Anzani M., Borgioli L., Rabbolini A., Toniutti A., *S. Eugenio a Milano, 120 mq. di pulitura ad agar agar* in Lo Stato dell'Arte 9, Congresso Nazionale IGIIIC Cosenza, Nardini Editore, Firenze 2011.

Anzani M., Rabbolini A., *Il restauro del materiale lapideo con i gel di agar agar: il gesso "La bella Pallanza" e il marmo "Busto di donna" di Paolo Troubetzkoy*, in Lo Stato dell'Arte 7, Congresso Nazionale IGIIIC Napoli, Nardini Editore, Firenze 2009

Bavastrelli S., di Trapani A., Gambino Rende R., (CS) *Chiesa di San Michele Arcangelo. Il soffitto in legno dipinto di Cristoforo Santanna. Nuove applicazioni di gel rigidi di agar agar* in "Lo Stato dell'Arte 9", Congresso Nazionale IGIIIC Cosenza, Nardini Editore, Firenze 2011.

Bollettino C.T.S., *Agarart 27*, luglio 2009.

Campani E., Casoli A., Cremonesi P., Sacconi I., Signorini E., *L'uso di agarosio e agar per la preparazione di "gel rigidi"*, Quaderno n. 4 del CESMAR 7, Il Prato, Padova 2006.

Perusini T., Zendri E., Melchiorre di Crescenzo M., Iseppi D., *La pulitura di sculture in gesso del novecento mediante applicazione di gel*, in Lo Stato dell'Arte 7, Congresso Nazionale IGIIIC Napoli, Nardini Editore, Firenze 2009.

Rava A., Shank W., Colombini P., Chiantore O., Picollo M., Palleschi V. et alii, *Keith Haring a Pisa. Pulitura e protezione di un dipinto acrilico esposto in ambiente esterno*, Scienza e Beni Culturali XXVIII, 2012.

Salerno C.S., *Osservazioni sulla tecnica di esecuzione delle copie in gesso e intervento di restauro e ripulitura*, in Archeologia Classica vol. XLVI, 1994, pp. 491-505.

Sansonetti A., Casati M., Striova J., Canevali C., Anzani M., Rabbolini A., *A Cleaning Method Based on the Use of Agar Gels: New Tests and Perspectives* Atti del 12<sup>th</sup> International Congress on the Deterioration and Conservation of Stone Columbia University, New York City, Ottobre 2012

Striova J., Anzani M., Borgioli L., Brunetto A., Rabbolini A., Roati G., Sansonetti A., *A novel approach: laser cleaning intermediated by agar gel* LACONA IX: 9<sup>th</sup> Conference on Lasers in the Conservation of Artworks, Londra 7-10 settembre 2011.



Fig. 1 Stesura del gel di agar fluido.



Fig. 2 Utilizzo di gel preformato.



Fig. 3 Applicazione del gel destrutturato.



Fig. 4 Il gel lasciato a sechezza sul marmo.



Fig. 5 La trasparenza del gel.



Fig. 6 La pellicola di agar rimossa dalla superficie di un gesso.



Figg. 7, 8, 9 Milano GAM “Monumento alle 5 giornate”, di Giuseppe Grandi” modello in gesso “Il dolore”, 1894 Pulitura con il gel di agar, asportazione della pellicola.

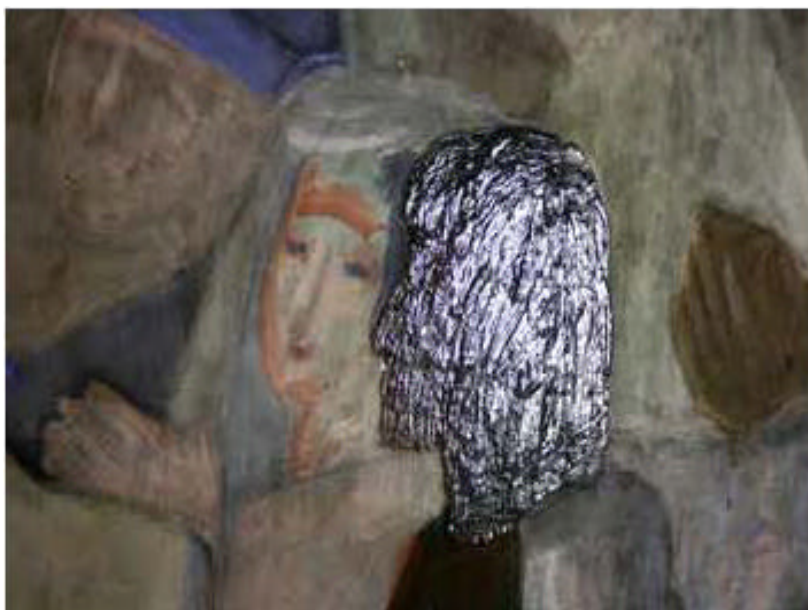


Fig. 10 Applicazione del gel su una pittura murale, selezionando le campiture di colore.



Fig. 11 Bassorilievo in gesso La nuova zona trattata con il gel di agar è delimitata con nastro adesivo di carta.



Fig. 12 GAM, Milano, Pompeo Marchesi, busto di Salvatore Fogliani 1850, marmo. L'agar permette di selezionare le zone di pulitura proteggendo le aree circostanti.

(Foto di Marilena Anzani, Aconerre snc. Milano)

Il termine consolidamento è uno dei più ricorrenti, ma forse anche uno dei più ambigui e problematici, tra quelli che costantemente compaiono nelle pubblicazioni scientifiche e disciplinari sul restauro, nelle relazioni di progetto e in ogni espressione che, direttamente o indirettamente, ha a che fare con le intenzioni e le azioni tecniche restauro della disciplina.

Esso ha avuto e può avere, per un restauratore, per un architetto o per chiunque operi sugli edifici o sui manufatti del passato affidati alle nostre cure, molti significati e diverse accezioni.

Il settore in cui il termine consolidamento sembra aver raggiunto una maggiore e riconosciuta definizione di campo, se non di significato, è certo quello del trattamento dei materiali lapidei e delle superfici architettoniche e di manufatti artistici in genere.

Soprattutto i chimici che si occupano di “beni culturali” ritengono che consolidare significhi sostanzialmente operare, pur con materiali, procedure e strumenti variabili nel tempo e nello spazio, al fine di *“migliorare le caratteristiche di coesione e di adesione tra i costituenti di un materiale lapideo”*<sup>1</sup>. Per loro, in altre parole, *“il consolidamento si rende necessario quando la pietra ha perso la sua coesione sia superficialmente che in profondità e il degrado è in uno stadio così avanzato che la stessa sopravvivenza fisica del manufatto è in pericolo. Le caratteristiche da ricercare mediante il consolidamento [pertanto] devono riferirsi alle proprietà della pietra sana, ossia l’obiettivo da raggiungere con un consolidante è quello di ristabilire le condizioni della pietra prima del degrado. Inutile, infatti, ricercare delle resistenze meccaniche superiori a quelle della pietra naturale non alterata. In definitiva, il consolidamento deve servire a eliminare le brusche differenze fisico-meccaniche esistenti tra la parte esterna alterata della pietra e gli strati più interni ben conservati, ristabilendo una continuità nel profilo del materiale”*. Ciò anche in fase preventiva, ossia per evitare che successivi interventi, ad esempio di pulitura, possano provocare una perdita indesiderata di materiale. In questi casi, tuttavia, si parla più propriamente di preconsolidamento, ossia di un’operazione in linea di massima simile al consolidamento ma che in effetti richiede specifiche procedure e particolari accorgimenti tecnici affinché possa essere attuata senza pregiudicare le fasi successive di eventuale pulitura e di vero e proprio consolidamento definitivo.

Estendendo queste prime osservazioni a materiali anche diversi dalla sola pietra citata, possiamo legittimamente affermare che consolidare significhi, in primo luogo, conferire “saldezza” e “continuità” alla materia degradata, ancorandola a quella ancora sana. È quanto avviene quando si trattano non solo manufatti di marmo o di arenaria, ma anche i legni, utilizzando preparati organici o inorganici, tradizionali o innovativi, stesi a pennello, iniettati a pressione o fatti penetrare all’interno del corpo da risanare mediante imbibizione, dopo averli immersi in bagni di specifiche sostanze adatte allo scopo o con gli altri metodi descritti nelle schede di questa sezione dell’opera. Ricorrendo all’impiego di simili tecniche si cerca, in estrema sintesi, di prolungare l’esistenza di un manufatto e di rinforzarlo, aumentando le sue caratteristiche di resistenza meccanica e proteggendolo dalle future aggressioni di agenti deterioranti. Per molti studiosi, in realtà, è difficile separare nettamente queste diverse azioni ed è anzi preferibile parlare, il più delle volte e in senso complessivo di “trattamento” della pietra, piuttosto che di consolidamento o di protezione come di momenti e fasi separate tra loro nettamente distinte e separate.

L’obiettivo generale così delineato, peraltro, sembra non riguardare il consolidamento della materia in senso stretto, ma tende piuttosto a coinvolgere altre e diverse operazioni tecniche tese, ad esempio, a restituire la stabilità perduta a un elemento costruttivo. Per questo lo si sostiene e si tende ad aumentarne la rigidità, talvolta integrandone le eventuali mancanze o sostituendone parti degradate e irrecuperabili, ricorrendo alla posa in opera di apposite protesi, come avviene, ad esempio, alle travi ammalorate di un solaio ligneo. Anche operazioni di questo tipo, d’altra parte, sono generalmente definiti quali interventi di consolidamento anche se, a ben vedere, il termine è certo riferibile più all’elemento costruttivo (la trave) che alla materia (il legno) di cui è costituito, così che il consolidamento riguarderebbe, in effetti, l’intera struttura (il solaio) di cui è parte. In questo modo, tuttavia, si chiama in causa l’idea di un “consolidamento strutturale” che, almeno a partire dalle ancora fondamentali riflessioni di Gustavo Giovannoni<sup>2</sup>, è da sempre oggetto di un intenso dibattito e di approfondimenti che coinvolgono discipline quali la scienza o la tecnica delle



costruzioni e presuppongono metodi di calcolo e di verifica che, solo nel progetto, trovano la loro sede opportuna di espressione e applicazione. Per queste ragioni non se ne tratta sistematicamente in questa opera. Il tema del consolidamento strutturale, d'altra parte, ha sempre rappresentato un delicato e conflittuale terreno di confronto per i restauratori e i tecnici delle costruzioni. Per rendersene conto, è sufficiente tornare alle parole stesse con le quali Giovannoni descrive questa azione, ponendola come prima fra le cinque categorie che, nella sua visione, costituiscono l'ossatura teorica e operativa della nuova teoria del "restauro scientifico" da lui stessa proposta.

Per lui, infatti: *"I restauri di consolidamento, cioè di rinforzo statico e di difesa dagli agenti esterni, sono provvedimenti tecnici affini ai lavori di manutenzione e di riparazione, e rappresentano lo stadio più umile dei restauri, che non accende la fantasia, ma che appunto per questo è più utile e dovrebbe essere oggetto delle massime cure"*<sup>3</sup>.

Sappiamo però che il consolidamento, da stadio umile seppur importante, del restauro si è sempre più imposto come uno dei suoi nodi centrali, fino a dare vita, in alcuni casi, ad autonome e auto finalizzate visioni culturali e teoriche, superando decisamente il ben delineato recinto in cui sembrò relegarlo Gustavo Giovannoni.

Da allora, attraverso una progressiva estensione del suo significato, il termine "consolidamento" ha finito per indicare un vasto insieme di interventi volti non solo a rinsaldare la materia ma, ancor più, a rinforzare le unioni esistenti tra diversi elementi costruttivi, o tra le parti di un manufatto, architettonico e no, affinché il sistema da essi formato continui a reggersi con stabilità, o eventualmente sorregga anche altri elementi o sistemi di elementi.

Per queste ragioni, si discute spesso sulla necessità o opportunità di inserire nei manufatti antichi instabili nuovi elementi, uguali o diversi, per materiali, forme e lavorazioni rispetto a quelli già esistenti, ponendoli in opera con tecniche e procedure tradizionali o innovative, delineando, in tal modo, nuovi orizzonti del consolidamento e ancor più radicali motivi di confronto tra diverse impostazioni culturali, tecniche e teoriche in un settore già profondamente segnato da talvolta irriducibili contrapposizioni.

Si tratta, bene inteso, di orizzonti del tutto legittimi, almeno entro le singole prospettive da cui si guarda al problema, ma di fatto essi espandono i significati e gli usi del termine consolidamento in tale misura da rischiare di creare seri problemi di comprensione e ricorrenti equivoci tra studiosi, tecnici e operatori del settore.

In estrema sintesi, possiamo infine notare come, per la letteratura scientifica e tecnica oltre che per la prassi operativa, un intervento di consolidamento può essere attuato per ridare coesione e resistenza a un manufatto, agendo sulla sua materia, oppure sulle sue connessioni interne ed esterne. Consolidare può significare conferire continuità a un oggetto per rinforzarlo, proteggerlo e renderlo ancora capace di svolgere il proprio ruolo, resistendo con efficacia alle sollecitazioni cui è soggetto. Anche il tentativo di dare stabilità, equilibrio e resistenza a singoli elementi, o a intere porzioni di manufatti o strutture, sembra dunque rientrare tra i compiti fondamentali del consolidamento.

D'altra parte, un manufatto cui è stata restituita continuità materiale e fisica, subisce spesso anche un'integrazione (o una "re-integrazione") della propria forma e immagine, così che l'intervento di consolidamento sembra inevitabilmente sconfinare in altri e diversi territori, sollevando ulteriori questioni teoriche e ideali.

Proprio per la complessità dei numerosi significati e delle conseguenti operazioni tecniche riconducibili al consolidamento, questa sezione dell'opera comprende schede che descrivono tecniche di consolidamento che agiscono propriamente e direttamente sulla materia degradata, altre che interessano in senso più ampio singoli elementi costruttivi o interi manufatti. Tra queste, alcune comprendono eventualmente anche operazioni di rinforzo che, tuttavia, non configurano mai un intervento strutturale globale e sistematico. Un simile intervento, infatti, potrebbe condurre a trasformare radicalmente gli edifici esistenti, per adattarli a una logica strutturale totalmente nuova e diversa da quella che ne ha governato la costruzione e la vita trascorsa, e ciò, oltre a richiedere calcoli e verifiche che travalicano obiettivi e possibilità di questa opera, delinea un esito assai discutibile per un intervento definito di restauro.

Nonostante questa limitazione, i problemi affrontati nelle schede comprese in questa sezione resta assai vasta, complessa e, per certi versi, densa di contraddizioni e di aspetti ancora insondati. Sono difficoltà rese ancora più ardue dalla circostanza per cui si può "dovere o volere consolidare"

i manufatti più disparati, dai reperti archeologici (vasi, sculture, bronzi, monili ecc.) a singoli elementi architettonici (colonne, gradini, davanzali, stipiti, cimase, capitelli ecc.), da edifici o parti di costruzioni (muri, solai, archi, volte, tetti, fondazioni ecc.), da manufatti artistici (statue, bassorilievi, pale d'altare, fontane ecc.) a gioielli, arredi fissi e mobili, affreschi, stucchi, mosaici, oltre a carte da parati e rivestimenti in tessuto, arazzi o tarsie marmoree.

Sono state da sempre consolidate, ad esempio, intere strutture architettoniche, quando ancora non esistevano metodi di calcolo strutturale e si poteva fare riferimento solo alla sapienza accumulata e sperimentata in secoli e secoli di "arte del costruire" (S. Di Pasquale), retta dai magisteri delle antiche corporazioni e governata sostanzialmente dalla geometria più ancora che dalla matematica. Da quella antica e perdurante cultura e consapevolezza nacque, ad esempio, il sistema di archi acuti, sovrapposti e rovesciati, inseriti tra i piloni che sorreggono la crociera della cattedrale di Wells, per contrastare il precoce dissesto della guglia che la sovrasta, dopo la ardita erezione. È forse uno dei più straordinari interventi di rinforzo strutturale che si conoscano, sia per l'epoca in cui fu realizzato (il pieno Medioevo) sia per il notevole impatto architettonico che ancora stupisce e inganna il visitatore che non ne conosca le reali ragioni d'essere. Alcuni secoli dopo, Raffaello Stern e Giuseppe Valadier realizzarono, attingendo ancora a quella stessa secolare sapienza, i consolidamenti delle due parti terminali dell'anello esterno del Colosseo a Roma, assai instabili e a rischio di crollo, con esiti tra loro così formalmente e costruttivamente diversi ma accomunati da un medesimo comportamento statico fondamentale, fondato sul principio dello sperone murario che, con la propria massa (peso) contrasta le componenti orizzontali delle spinte oblique delle antiche arcate sovrapposte non più reciprocamente sostenute.

Altri e diversi spunti di riflessione possono poi derivare dall'esame degli infiniti consolidamenti della materia antica degradata eseguiti, nel passato meno recente, su elementi costruttivi lapidei, su stucchi o affreschi, utilizzando, ad esempio, il latte di calce.

È un metodo diffuso ancora oggi, soprattutto nel nord Europa, ma aspramente criticato in Italia per la sua presunta scarsa efficacia, a dimostrazione di come lo stesso confronto scientifico sui materiali e le procedure di consolidamento (ma analoghe considerazioni valgono per le puliture o per le protezioni) registri e denunci spesso dubbi e incertezze più che definitive e provate acquisizioni<sup>4</sup>. Anche per queste ragioni si possono comprendere i grandi entusiasmi e le repentine abiure che segnano spesso la sorte di un nuovo prodotto o di una nuova procedura di consolidamento messi a punto dai ricercatori o dagli operatori del settore. Destini simili hanno conosciuto, tra gli altri, il famoso "trattamento Sanpaolesi", dal nome del grande restauratore fiorentino che lo ha inventato e applicato per la prima volta negli anni quaranta del Novecento intervenendo sulle parti lapidee della sacrestia vecchia di San Lorenzo a Firenze, diffusamente sperimentato su altri monumenti toscani negli anni Sessanta e Settanta e poi definitivamente abbandonato nel decennio successivo, perché considerato dannoso e responsabile del degrado di molti capolavori<sup>5</sup>. La verità, tuttavia, non è mai stata definitivamente accertata ed anzi alcune recenti ricerche hanno rivisto quella dura condanna, pur non diradando i molti dubbi che il metodo solleva. Su queste incertezze che sembrano segnare anche il più rigoroso versante della ricerca scientifica sul restauro, pesano d'altra parte le difficoltà proprie di ogni processo di monitoraggio e di prova, là ove mancano dati certi sulle situazioni precedenti gli interventi o informazioni corrette sui prodotti utilizzati e sulle procedure seguite per la loro applicazione. Le difficoltà che emergono in ogni tentativo di sottoporre i prodotti utilizzati e le procedure seguite in un intervento di restauro a verifiche serie, non tanto o solo in laboratorio o nelle camere d'invecchiamento artificiale, ma soprattutto nella specifica realtà di ogni cantiere, non sono tuttavia le uniche e non spiegano completamente il difficile rapporto che il restauro, in generale, e il consolidamento, in particolare, intrattengono con le scienze chimiche e con la tecnologia dei materiali. Spesso, in questo campo, ha d'altra parte trovato ricorrente espressione e talvolta ancora emerge una sorta di fiducia acritica nel nuovo prodotto che la ricerca o gli operatori mettono a punto e che l'industria produce e propone al mercato. Ad essa si associa inoltre, quasi automaticamente, un tranquillizzante ma deresponsabilizzante meccanismo di delega della responsabilità di progettisti e tecnici ad altri soggetti spesso lontani, sconosciuti e in fondo inafferrabili. Il restauro rischia così spesso di trasformarsi nella somma, più o meno ordinata ed efficace, di rimedi suggeriti o imposti da varie e diverse figure caratterizzate da sicure ma lontane competenze scientifiche e tecniche di carattere sempre più specialistico. Molti dubitano, tuttavia, che questo possa o debba essere il destino inevitabile della disciplina del restauro e, soprattutto, dei restauri. Dovremmo infatti evitare ogni

deriva di natura meramente tecnicistica, poiché le singole azioni che immaginiamo e programiamo hanno senso solo rispetto al progetto e quest'ultimo non trae certo il proprio significato dalla semplice somma di distinti rimedi e di autonome soluzioni operative valutate in sé e per sé. Si può allora scoprire, con sollievo o con sconcerto, che in un convegno scientifico siano proposti, alla comunità di studiosi e di operatori del settore, alcuni fondamentali interrogativi e dubbi sull'utilizzo di prodotti a base di silicato di etile, considerati da molto tempo quasi fossero veri e propri consolidanti universali e per decenni ampiamente e forse acriticamente applicati a qualsiasi materiale e in qualsiasi condizione<sup>6</sup>. Qualche anno orsono, per aggiungere in altro significativo esempio, di come l'universo dei riferimenti teorici e tecnici del nostro lavoro muti talvolta radicalmente e quasi improvvisamente, il restauro della facciata della basilica di San Pietro in Vaticano ha riproposto l'uso del latte di calce per consolidare i suoi antichi travertini degradati, o le stuccature realizzate per perfezionare l'antico paramento lapideo, a riprova di come la lotta tra tradizione e innovazione sia ben lungi dall'essere risolta, anche in questo campo, ammesso che tale lotta o contrapposizione abbia alcune senso di esistere, cosa di cui personalmente dubito con sempre maggiore forza<sup>7</sup>.

D'altra parte, non a tutti i manufatti o a qualsiasi materiale possono essere applicate le medesime tecniche o identiche procedure di intervento e, soprattutto, il consolidamento di ciascun materiale o manufatto pone problemi specifici dal punto di vista teorico e dell'impostazione metodologica del progetto, coinvolgendo così sostanzialmente tutti i temi fondamentali del dibattito sul restauro ben oltre la sua semplice e talvolta falsamente rassicurante dimensione tecnica.

Il consolidamento, ad esempio, sembra opporsi a quel naturale destino di morte di ogni cosa e, come sosterebbe John Ruskin, lo fa nel modo peggiore, poiché cambia la sua materia ossia l'unica sua reale componente su cui la storia e il passare del tempo hanno impresso i loro segni irreversibili e irriproducibili, a sigillo della sua autenticità, donando alla fabbrica onore, bellezza sensibile e soprattutto capacità di rammemorare, ricordare, insegnare, commuovere ed educare. Il consolidamento ritarda l'*officio funebre* cui ogni manufatto è comunque destinato, ma rischia di condurre l'edificio a quella meta ormai privo d'ogni dignità, falsato e deturpato in modi irrimediabili e inaccettabili<sup>8</sup>. Certo, John Ruskin non conosceva le incredibili (*sic!*) potenzialità della tecnica moderna ma, d'altra parte, dobbiamo noi stessi riconoscere, per le molte ragioni ricordate e richiamate anche nelle schede di questa sezione, che essa non pare di certo infallibile, né i rimedi che propone sembrano metterci al riparo dai rischi che, seppur con enfasi ottocentesca, egli additò e che ancora tormentano il lavoro di chi progetta e realizza restauratori interventi di tale natura sui manufatti affidati alle nostre cure. Non è neppure possibile superare le aspre invettive di Ruskin rifiutando semplicemente di considerare il restauro dal punto di vista delle implicazioni estetiche che, inevitabilmente, ciascun intervento comporta. Un tema che, in qualche misura, nasconde un'analogia preoccupazione per la difesa della *verità* del monumento antico e che è presente nella serrata critica che studiosi quali Edoardo Benvenuto<sup>9</sup>, Salvatore di Pasquale, Antonino Giuffrè o Salvatore D'Agostino hanno mosso in passato a molti interventi di consolidamento che spesso hanno tradito la logica strutturale da cui erano retti gli antichi edifici, trasformandoli a tal punto da mantenerne, talvolta, solo la mera immagine o apparenza esteriore<sup>10</sup>.

Il *vero* e il *falso* strutturale si affiancano, così, al vero e al falso storico e documentario, a quelli estetici ed espressivi o artistici. Le riflessioni su questo argomento, come sul restauro in generale, risentono d'altra parte della eterna lotta tra *apparenza* e *realtà*, tra *sincerità* e *inganno*. Il consolidamento, come le integrazioni o le ri-adesioni di parti e pezzi smembrati degli antichi manufatti, può peraltro comportare aggiunte o sottrazioni di materia nel manufatto su cui agisce e anche questa circostanza fa sì che ogni intervento chiami in causa l'eterno dibattito intorno a concetti quali *autentico* e *falso*, *originale* e *originario*, *vero* e *contraffatto* (si veda, a questo riguardo, anche il saggio introduttivo della sezione dedicata alle ricomposizioni). I massimi rappresentanti della cultura del restauro si sono espressi da lungo tempo e con ricchi contributi su questi temi, da Viollet a Ruskin<sup>11</sup>, da Riegl a Giovannoni, da Brandi e Bonelli, a Bellini<sup>12</sup>, Dezzi Bardeschi, Torsello, Carbonara, Fancelli e molti altri, alla cui opera teorica e progettuale si rimanda il lettore, poiché troppo complessa sarebbe una loro approfondita analisi che, d'altra parte, esula dagli obiettivi diretti e specifici dell'opera.

Quelli richiamati sono tuttavia temi, idee e concetti che non appartengono esclusivamente al dibattito e al confronto teorico o ideale sul restauro, ma talvolta agiscono implicitamente e si

intrecciamo continuamente e profondamente con le azioni tecniche concrete che intessono i nostri progetti e segnano i nostri cantieri, sollevando problemi di metodo non meno rilevanti.

Si pensi, solo per iniziare, alle questioni sollevate dalla necessità o opportunità di utilizzare materiali *compatibili* con quelli propri del manufatto che si cerca di consolidare, o con altri prodotti già usati in passato per analoghi scopi o che s'intende utilizzare nelle fasi successive del restauro, nelle puliture o nelle protezioni, ad esempio. È questo un tema sempre emergente e un problema, a sua volta, non risolto, né risolvibile in modo definitivo neppure sul piano della pura ricerca scientifica e tecnica. Ad esso si affianca, poi, il ricorrente problema della *reversibilità* dell'intervento, in realtà impossibile da attuarsi in termini fisici e intesa, piuttosto, come *stabilità*, nel tempo, dei prodotti utilizzati così che si possa prevedere la loro rimozione con opportuni metodi, oppure valutata in relazione alla naturale tendenza alla progressiva dissoluzione. *Compatibilità* e *reversibilità* hanno infine a che fare con l'*efficacia* e l'*efficienza*, in altre parole, con la *durata* degli interventi che progettiamo e attuiamo, ma anche con la *neutralità* (di fatto impossibile in senso assoluto) o con l'*inerzia* (sempre solo tendenziale) dei prodotti e dei dispositivi utilizzati, sia rispetto al manufatto (assenza di viraggi cromatici, stabilità nel tempo rispetto all'azione di radiazioni, sollecitazioni termiche e meccaniche) sia rispetto all'ambiente e alle persone (atossicità).

Tutto, infine, è complicato dal fatto che il consolidamento non può certo essere affrontato come un settore del tutto autonomo di attività, caratterizzato da un ordine fisso e definitivo che lega, univocamente e meccanicamente (deterministicamente), i problemi d'instabilità, d'indebolimento o di fragilità dei manufatti su cui occorre agire a corrispondenti soluzioni tecniche "pronte per l'uso", in tutto definite e applicabili in modi autonomi senza alcuna interazione con le altre e altrettanto importanti scelte del progetto di restauro.

Il consolidamento, ad esempio, può richiedere interventi e opere d'*integrazione*, se non si limita alla materia di una trave ma intende piuttosto restituirle una effettiva capacità portante ricorrendo a una protesi che sostituisca le sue testate marcescenti inserite nella muratura d'ambito. Lo stesso accade quando le mancanze e le fessure presenti in un manufatto debbono essere, sigillate e stuccate per aumentare la resistenza delle sue superfici o delle sue parti interne.

Anche *smontaggi* e *ri-montaggi* possono essere chiamati in causa da un qualsiasi intervento di consolidamento, perché esso spesso presuppone che si smonti, in tutto o in parte, un manufatto e che lo si rimuova dalla sua sede (interrompendo i suoi legami con altri elementi) per poterlo rinforzare (ad es., attraverso imbibizione sottovuoto di opportune sostanze).

Neppure le *puliture* sono escluse dalla possibilità, o dalla necessità, d'interazione con le tecniche del consolidamento perché occorre che vi sia *compatibilità* tra i prodotti utilizzati nelle rispettive operazioni o perché la pulitura deve spesso essere preceduta da un *preconsolidamento* eseguito, ad esempio, con velinature di carta giapponese tese a bloccare fissare e assicurare meccanicamente i frammenti di pellicola pittorica di un affresco che rischierebbero altrimenti di essere asportati anche dalla più accurata mano o procedura successiva.

Il tentativo stesso di sottrarre l'umidità eccessiva presente in un edificio, per diminuirne i rischi di degrado o per aumentare la salubrità dei suoi spazi interni, può interferire con le esigenze del suo rinforzo generale o localizzato. In alcune fabbriche di Venezia, ad esempio, l'alta concentrazione d'acqua contribuisce paradossalmente alla resistenza meccanica a compressione delle murature mentre una loro improvvisa *deumidificazione* potrebbe provocare un significativo peggioramento della coesione delle malte d'allettamento, dei mattoni e degli intonaci e, in prospettiva, la crisi e il collasso strutturale del manufatto. In altri casi, il metodo di deumidificazione prescelto può essere in sé efficace ma può rivelarsi incompatibile con la necessità di non indebolire le strutture esistenti, come nel caso del taglio meccanico operato alla base delle murature per inserire al loro interno una barriera fisica quando le costruzioni su cui si interviene sono comprese in zone ad alta sismicità.

Il consolidamento può perfino interagire con le tecniche della *disinfestazione*, poiché le piante superiori che hanno infestato una costruzione non possono certo essere semplicisticamente essere rimosse senza valutare il ruolo che spesso svolgono nel contribuire a "tenere insieme" le sue parti (si pensi a molti templi indiani o maya avvolti dalle radici di piante monumentali nelle foreste pluviali) oppure perché la loro rimozione può provocare danni irreparabili alle strutture esistenti ed effetti in tutto contrari a quelli desiderati. Infine, la disinfestazione richiede spesso l'utilizzo di prodotti chimici che possono interferire con quelli utilizzati per il consolidamento, pregiudicando gli esiti di quest'ultimo.

Un'importante interazione esiste, infine, tra i problemi del consolidamento e gli obiettivi delle tecniche di *documentazione* sia riferite al progetto ma, soprattutto, necessarie affinché le fasi di cantiere di un restauro siano opportunamente registrate in modo da redigere al termine dei lavori il loro "Consuntivo Scientifico", come richiesto dalla legislazione vigente in materia (Codice dei Beni Culturali, Testo unico sui Lavori Pubblici).

È sempre più avvertita, d'altra parte, la necessità di assicurare un effettivo monitoraggio e un reale controllo in corso d'opera degli interventi e la verifica dell'efficacia nel tempo delle soluzioni adottate e dei prodotti utilizzati.

Per tutte queste ragioni, le schede raccolte in questa sezione non possono certo delineare un insieme esaustivo e coerente di operazioni, ma offrono almeno al lettore un quadro significativo e criticamente esaminato delle risorse tecniche alle quali il professionista può attingere nella costruzione del suo progetto d'intervento e nella sua attuazione in cantiere.

A completamento e a supporto di questo panorama informativo è parso infine utile presentare qui di seguito un quadro sinottico elaborato da un restauratore che, da molti anni, opera nel campo del restauro dei dipinti murali e, in particolare, degli affreschi.

Esso rappresenta una sorta di sintesi dei molti aspetti evidenziati nel saggio introduttivo e nelle schede comprese in questa sezione, relativi ai consolidamenti degli intonaci interessati da dipinti murali di diversa natura e consistenza.

## PRODOTTI PER IL CONSOLIDAMENTO DI INTONACI E PITTURE MURALI

### Tavola comparativa proposta da Michael Hebrard

NOME GENERICO	NATURA DEL PRODOTTO	NOME COMMERCIALE	AZIONE	REVERSIBILITÀ TEORICA (da 0 a 10)	ALTERAZIONE CROMATICA	POSA IN OPERA	DIFFICOLTÀ DI APPLICAZIONE (da 1 a 5)	LIMITI	FINALITÀ	POSSIBILITÀ DI STACCO E STRAPPO
METODO DEL BARIO	Bario idrossido ottaidrato		Compresse di carbonato d'ammonio trasformano il calcio in solfato di ammonio dopodiché impacchi di idrossido di bario trasformano il solfato di ammonio in solfato di bario. L'idrossido di bario in eccedenza forma con il CO <sub>2</sub> dell'aria il carbonato di bario.	0 Ma permette l'utilizzo successivo di altri prodotti consolidanti	Nessuna	Si utilizza in soluzione dispersa in impacco di polpa di cellulosa in ragione di 1 kg di polpa di cellulosa saturata di acqua demineralizzata per 150 g di idrossido di bario. Agisce per 4-5 ore.	5	In caso di forte presenza di ritratti non avviene la reazione. Forte umidità. Presenza di pigmenti a base di piombo. Tinte con leganti organici.	Ridare coesione alla pellicola pittorica e all'intonaco (agisce su uno spessore di circa 0,5 cm di profondità).	Buona in entrambi i casi.
SILICATO DI ETILE	Estere dell'acido silicico	Wacker OH Wacker chimie RFA Goldschmid	Formazione di un gel di silice per policondensazione, dopodiché lenta precipitazione di silice.	0 Ma permette l'utilizzo successivo di altri prodotti consolidanti	Nessuna	Impregnazione a spruzzo o a pennello in concentrazioni che varino dal 50% al 75% in solvente.	1	Non è efficace su scagliature, fessurazioni e distacchi dell'intonaco.	Ripristinare la coesione della pellicola pittorica e dell'intonaco.	Buona in entrambi i casi.
PARALOID B72	Copolimero di: etile metacrilato 70% acrilato di metile 30%	Paraloid B72 (Rhom et Haas)	Adesione dopo l'evaporazione del solvente, le molecole di resina formano dei legami tra le particelle del materiale.	10 con un solvente appropriato	Effetto bagnato se usato con concentrazioni superiori al 5%	A spruzzo, a pennello, a irradiazione. Si utilizza in soluzioni al 2-5% in solventi aromatici: toluene, xylene, ecc. In tricloretano in presenza di umidità.	1	Nessuno.	Decoesione degli intonaci, delle pellicole pittoriche, fissaggio di scaglie, di pellicole, fissaggio dei ritocchi. Protettivo.	Rende lo strappo difficilmente eseguibile. Rende lo stacco più difficile, ma possibile usando solventi appropriati.
SOLUZIONI ACRILICO-SILICONICHE	Etilmetacrilato + metilacrilato miscelato a metilalossilano parzialmente polimerizzato	Paraloid B72 (Rhom et Haas) + Dri-film 104 (General electric)	Adesione + potere idrofugo dato dal silicene.	8 Perde solubilità in superficie	Leggera. Probabilmente minore nelle dispersioni ma dipende dalla posa in opera.	A spruzzo, a pennello e a volte sottovuoto. 15 parti di B72 al 30% in toluene 50% + xylene 50% e 5 parti di Dri-film 104 al 70% in W.S. + 40 parti di tricloretano + 40 parti di acetone.	3	Presenza di acqua liquida nel materiale.	Decoesione degli intonaci, della pellicola pittorica, fissaggio di scaglie, distacchi. Protettivo idrorepellente.	Lo strappo diventa impossibile. Lo stacco è assai difficile.
DISPERSIONI ACRILICO-SILICONICHE	Acrilato di etile + metacrilato di metile miscelato con un silicinato di potassio	Primal AC 33 (Rhom et Haas) Silrain-Water (Rhône Poulenc)	Adesione + potere idrofugo dato dal silicene.			Acqua di calce 80% Primal AC 33 10% Silrain water 10%	2			

EMULSIONI ACRILICHE	Acrilato e metacrilato in dispersione acquosa	Primal AC 33 Plectol B 500 Lasquax .....	Adesione dopo l'evaporazione dell'acqua le molecole di resina polimerizzano e legano tra loro le particelle del materiale.	Da 9 a 5 secondo l'invecchiamento	Ingiallimento dovuto alla presenza di additivi e di stabilizzanti.	Impregnazione a spruzzo, a pennello o tramite iniezione. Generalmente in soluzione al 10% in acqua.	Da 1 a 2	Sensibile ai raggi U.V. Aumento di volume in presenza di acqua o di umidità elevata. Sensibile alle variazioni termiche.	È consigliabile non utilizzarlo all'esterno.	Entrambi assai difficoltosi.
MALTA ICCROM	Calce idraulica Coccio pesto o pozzolana Dispersione acrilica Gluconato di sodio	Calce bianca Lafarge Primal AC 33	Riempimento cavità.	0	Non è mai utilizzato in superficie.	Iniezioni con: calce bianca tipo Lafarge 100 parti coccio pesto o pozzolana 100 parti dispersione acrilica 10 parti gluconato di sodio 1 parte Si inietta dopo un pre trattamento della cavità con acqua-salcosol+dispersione acrilica al 10%.	3	Sensibilità all'acqua della pellicola pittorica. Presenza massiccia di sali solubili.	Distacco degli intonaci. Separazione degli strati.	Buona in entrambi i casi.
IDRATO DI CALCE	Calce idrata Caseina (fosfoproteina) Colla d'osso (gelatina animale)	Preparata in cantiere		0 Diventa insolubile	In linea teorica non è mai usato in superficie.	Iniezione con: Formula fiorentina caseina 700 g calce idrata 3 kg colla d'osso 300 g acqua 1,2 l Formula romana caseina 100 g calce idrata 900 g dispersione acrilica 100 g	2	La formula fiorentina è assai sensibile alle variazioni igrometriche. È da evitare negli intonaci umidi.	Distacco degli intonaci e perdita della coesione.	Mantiene la possibilità di effettuare lo strappo. Rende difficile lo stacco.
SCHUME ACRILICHE	Metacrilato di metile + acrilato di n-butile Sfere di vetro Carbone/solfuro (70-30%) Calce idrata	Roplex MC 76/LC67 Acrysol AS 60 (Rohm et Haas) Microballon IG 101 (Emerson-Graining) Fluid coke (Exon company)	Adesione e riempimento di cavità per espansione della miscela.	10	Non è mai usato in superficie.	Iniezione: schiuma rigida 2 parti di microsfero, 2 parti di calce idrata, 2 parti di fluid-coke, 3 parti di LC 67 e AS 60 (secondo la necessità).  schiuma elastica 2 parti di microsfero, 2 parti di calce idrata, 2 parti di fluid-coke e 3 parti di MC 76 + LC 67.	4	Nessuno.	Riempimento dei vuoti e adesione dell'intonaco alla struttura muraria.	Buona in entrambi i casi.
ALLUMINATO DI CALCE	Calce idrata Polvere di alluminio	Preparata in cantiere	Riempimento di cavità e riadesione tramite trasformazione della calce.	0	Non è mai usato in superficie.	Iniezioni: calce idrata 2 parti al 20% in acqua, sabbia fine 1 parte, polvere d'alluminio 0,2% del totale.	Da 2 a 3	Nessuno.	Riempimento dei vuoti per espansione.	Buona per lo strappo ma rende lo stacco più difficile.
LEDAN 1 E 2	Cemento bianco o calce idraulica naturale	Ledan	Adesione e riempimento delle cavità.	0	Non è mai usato in superficie.	Iniezioni: Ledan 70% Acqua 30%	1	Sconosciute per ora.	Distacchi degli intonaci.	Si presume buona in entrambi i casi.

## NOTE: RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

<sup>1</sup> Carlo Manganelli del Fa, *Appunti sul deterioramento e il restauro della pietra*, testo della lezione tenuta presso i Laboratori di restauro dei monumenti della Facoltà di architettura di Genova, nell'A.A. 1999-2000.

<sup>2</sup> Cfr. Gustavo Giovannoni, voce *Restauro*, in Enciclopedia Treccani, Istituto dell'enciclopedia italiana, Roma 1949 (ed. 1936), vol. XXIX, pp. 127-30.

<sup>3</sup> Cfr. Gustavo Giovannoni, *La tutela delle opere d'arte in Italia*, atti del I Convegno degli Ispettori onorari dei monumenti e scavi tenutosi a Roma ottobre 1912, Roma, 1913, pp. 512-41.

<sup>4</sup> Cfr., a questo proposito, AA. VV., *Atti del Convegno di studi scienza e beni culturali*, tenutosi a Bressanone nel 2000, dal titolo *La prova del tempo*, editi da Arcadia, Padova 2000.

<sup>5</sup> Giovanni G. Amoroso, Mara Camaiti, *Scienza dei materiali e restauro*, Alinea, Firenze 1997, p. 119.

<sup>6</sup> Vedi nota 4.

<sup>7</sup> Cfr. a questo proposito, Giovanni G. Amoroso, Mara Camaiti, 1997, cit. pp. 173-175.

<sup>8</sup> Cfr. AA.VV., 2000 cit.

<sup>9</sup> Cfr. tra gli altri, E. Benvenuto, *Architetti, Ingegneri e Matematici*, in: «Casabella», n. 542-43, 1988; A. Corsanego, *Meccanica delle strutture e restauro strutturale*, in A. Bellini (a cura di), *Tecniche della conservazione*, Franco Angeli, Milano, 1986, R. Sparacio, *Analisi tensionale nelle murature e interventi di restauro statico*, in «Restauro», 31/1977, E.S.I., Napoli, 1977; Tassios T. P., Mamillan M., *Valutazione strutturale dei monumenti antichi*, Kappa, Roma, 1985; S. Di Pasquale, *L'arte del costruire tra conoscenza e scienza*, Marsilio, Venezia, 1996; S. Di Pasquale, *Architettura e terremoti*, in AA.VV., *Architettura e terremoti. Il caso di Parma...* cit., pp. 13-48; S. Di Pasquale, *Questioni concernenti la meccanica delle murature. Storia e prospettive*, in: AA.VV., *Architettura e terremoti. Il caso di Parma...*, cit., pp. 49-86; A. Giuffré, *Monumenti e terremoti. Aspetti statici del Restauro*, Multigrafica Editrice, Roma, 1988; A. Giuffré, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso di Ortigia*, Laterza, Bari 1999; AA.VV., *Architettura e terremoti. Il caso di Parma: 9 novembre 1983*, Pratiche, Parma 1986.

<sup>10</sup> Cfr. Claudio Varagnoli (a cura di), *Sul restauro della facciata di S. Pietro in Vaticano. Intervista a Sandro Benedetti*, in: «Tema», n. 4, 1992-17. Si vedano inoltre le molte ricerche condotte da Paolo Marconi sulle antiche “colle brodate” del cantiere borro miniano e i suoi reiterati inviti a utilizzare, nel moderno cantiere di restauro, le antiche ricette e materiali di consolidamento. Cfr. al riguardo, Paolo Marconi, *Arte e cultura della manutenzione dei monumenti*, Laterza, Bari 1988.

<sup>11</sup> Così si esprime Ruskin, nelle *Sette Lampade dell'architettura*, sul tema del destino dei monumenti: “il cosiddetto restauro è il tipo peggiore di distruzione [...] una distruzione della quale non resta più nulla; una distruzione accompagnata dalla falsa descrizione della cosa distrutta [...] Sorvegliate [piuttosto] un edificio antico con cura assidua; proteggerlo meglio che potete, e ad ogni costo, da ogni pericolo di sfacelo [...] alla fine dovrà giungere la sua ora; ma che venga dichiaratamente e apertamente; e che nessun sostituto disonorante e falso lo privi dell'ufficio funebre del ricordo”, citato in R. Di Stefano, *Ruskin, profeta dell'architettura*, E.S.I., Napoli, p. 155.

<sup>12</sup> Cfr. in particolare, i seguenti testi: A. Bellini, *Tecniche della conservazione*, Franco Angeli, Milano 1986 (soprattutto l'introduzione); M. Dezzi Bardeschi, *Restauro punto e a capo*, Marsilio, Venezia 1992; G. Carbonara, *La reintegrazione dell'immagine* Bulzoni, Roma 1979 e *Trattato di Restauro Architettonico*, Utet, Torino 1996; P. Fancelli, *Il restauro dei monumenti*, Nardini, Firenze 1998; B. P. Torsello, *La materia del restauro*, Marsilio, Venezia 1988; P. Marconi, *Materia e significato. La questione del restauro architettonico*, Laterza, Roma-Bari 1999.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il preconsolidamento è, in generale, un'operazione che punta a dare stabilità provvisoria a superfici decoese sulle quali sono richiesti interventi e trattamenti (soprattutto di pulitura) che potrebbero essere incompatibili con la fragilità della superficie stessa e determinare perdite o distacchi irreversibili di materiale. Per tale ragione, il preconsolidamento dovrà agire essenzialmente a presidiare il materiale costitutivo del supporto e non agire, invece, sugli strati e sulle croste dei depositi. Nel caso vi siano situazioni di degrado complicate e combinate, come ad esempio la compresenza sulla pietra di scaglie pericolanti e di superfici polverulenti e strati di deposito compatti, si può ricorrere alla tecnica Nonfarmale, un procedimento messo a punto nei primi anni settanta da Ottorino Nonfarmale per il restauro del portale della Basilica di S. Petronio a Bologna. Il metodo prevede il fissaggio iniziale delle scaglie e dei frammenti pericolanti mediante impregnazione della superficie con uno spray finissimo composto da una miscela di due resine in soluzione.

Una volta che siano terminati gli interventi, si procede al consolidamento definitivo.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il preconsolidamento si effettua in presenza di polverizzazione, disgregazione, erosione di superfici quali intonaci e/o eventuali strati pittorici e pietra. Spesso, nel caso delle superfici lapidee esposte all'esterno, queste situazioni sono riconducibili a processi di aggressione da fenomeni di solfatazione.

In questi casi bisognerà procedere con interventi che mirino ad individuare la posizione del gesso, a separarlo dagli altri strati e ad estrarlo, facendo in modo che non si perdano quelle parti della pietra (circostanti lo strato gessoso) che appaiono sì decoese, ma non ancora aggredite da solfatazione.

L'operazione non è per nulla semplice; il gesso, infatti, può trovarsi sia semplicemente depositato sopra la superficie, che inglobato in strati incoerenti di sporco e/o in formazioni biologiche morte e mineralizzate. Esistono, inoltre, situazioni anche più complesse, quali quelle in cui la pietra e il gesso non si presentano più come strati distinti, o quelle in cui il gesso si localizza in spazi sotto il livello della superficie della pietra, dentro fratture, sotto scaglie o parti rigonfiate, rimanendo nascosto dallo sporco e dalla pietra stessa, e manifestandosi all'esterno solo in seguito all'esplosione della pietra rigonfiata (fig. 1). (PAN)

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE***Pietra*

In caso di fenomeno di polverizzazione della superficie lapidea si interviene applicando il prodotto consolidante, quasi esclusivamente silicato d'etile (v. glossario), qualche volta a spruzzo, ma preferibilmente a pennello. L'impregnazione a pennello assicura un controllo più facile sull'intervento e senza dubbio permette all'operatore una maggiore facilità di applicazione omogenea del prodotto. Per cautelarsi, è prassi fasciare la superficie con carta giapponese o tessuto di cotone, fatti aderire con collanti ovviamente reversibili. Questo "strato filtro" protegge il manufatto sia dal contatto diretto con il pennello, sia dal particolato atmosferico e dalle polveri che potrebbero aggredire la superficie a impregnazione avvenuta, ma a prodotto non ancora assorbito e a superficie non ancora perfettamente asciutta (fig. 2).



Il silicato d'etile offre la possibilità di eliminazione dello sporco intercristallino a consolidamento realizzato, ed è per questo motivo il prodotto più usato negli interventi di preconsolidamento.

A questo scopo non è quasi più utilizzato il Paraloid B72 perché questa resina, oltre ad avere difficoltà di applicazione, presenta anche notevoli difficoltà di rimozione. La sua utilizzazione è consigliabile solo in casi di pietra decoesa non sporca. Può essere ritenuto ancora efficace soltanto in caso di infiltrazioni, applicato a iniezione in soluzioni più concentrate.

Quando la pietra decoesa si presenta ricoperta da uno strato gessoso, conviene inizialmente consolidare insieme la pietra e il gesso (sempre con silicato d'etile applicato a pennello); si procederà alla rimozione dello strato di gesso solo nel momento in cui il materiale abbia recuperato una buona coerenza. La rimozione è effettuata con mezzi meccanici, se si tratta di asportare superfici molto piccole; se, invece, lo strato da rimuovere si presenta esteso, si procede alla pulitura chimica con impacchi.

Quando lo strato di gesso si colloca all'interno della pietra, il processo di estrazione si complica notevolmente. Il preconsolidamento della pietra, in questo caso, si esegue in modo circoscritto e localizzato, non diffuso: il consolidante è introdotto con lente irrorazioni ad ago attraverso lesioni e lacune, mentre la superficie (se lesionata e decoesa) è rinforzata con fasciature in tessuto di cotone o di carta giapponese. Questi bendaggi sono applicati con Paraloid B72 in etanotricloro al 15-20%; la protezione renderà solidali le scaglie separate, evitando la caduta per espulsione durante l'infiltrazione del collante (Cfr. C. Conti, G. Martines, C. Usai, *Interventi su materiali e superfici*, in *Trattato di restauro architettonico*, diretto da G. Carbonara, Utet, Torino, 1996). Si produce, in questo modo, una stratificazione con all'interno la pietra consolidata con silicato d'etile, al centro lo strato di gesso libero dai collanti o parzialmente consolidato, all'esterno lo strato superficiale (sporco) imprigionato dal Paraloid. A questo punto segue la fase di pulitura che rimuove lo strato di gesso; lo spazio liberato dal gesso sarà colmato dai prodotti consolidanti e dalla stuccatura.

Un procedimento più o meno simile a quello appena descritto si effettua quando lo strato superficiale appare solcato da profondi setti o da cavità. Se la pulitura appare rischiosa, perché le creste e le cavità mostrano una qualche fragilità, anche in questo caso si deve effettuare un intervento di preconsolidamento. Questo prevede infiltrazioni di collante nel materiale disgregato e protezione con fasciature sulle pareti pericolanti, rimandando alla fase di stuccatura il riempimento della cavità e il sostegno delle pareti sottili. Soltanto quando il collante sarà evaporato si potrà dare inizio alla pulitura con metodi ad acqua.

In presenza di pietra da preconsolidare dipinta, oppure con tracce di colore o matita, si scelgono i collanti e soprattutto i solventi in relazione alla tecnica con cui le decorazioni sono state eseguite (è indispensabile per la scelta dei prodotti da utilizzare sapere se i materiali su cui ci si appresta a intervenire sono polari o non-polari).

Nel caso si presentino scaglie pericolanti si può ricorrere al metodo Nonfarmale, impregnando la superficie con uno spray finissimo composto da una miscela di due resine in soluzione.

Si procede ricoprendo la superficie degradata con fogli quadrati di pochi centimetri di lato (da 3 a 10) di carta giapponese, che viene incollata con una soluzione acquosa al 3% di un alcol polivinilico (ad es. Gelvatol R40-20). La superficie sporca può inizialmente rifiutare l'adesione del collante, ma a ciò si pone rimedio eseguendo una prima applicazione con pennellate più dense, oppure si tratta prima la superficie con acqua e ammoniacca in dosi uguali, applicate con nebulizzatori o a percolazione (fig. 3).

Applicata la carta giapponese, si asciuga la superficie e si cerca di essiccare la pietra per agevolare la successiva operazione d'applicazione del consolidante per impregnazione e fare in modo che il prodotto penetri il più possibile in profondità. Infatti, se resta troppa acqua nei pori del materiale, riesce impossibile farvi penetrare il consolidante.

L'impregnazione si effettua tramite applicazione della resina, prima a spruzzo e poi a pennello sino a rifiuto (fig. 4); si aspetta il tempo necessario per l'evaporazione del solvente (2-3 giorni circa), quindi si ribagna la superficie con solo clorotene, per far sì che la resina già assorbita penetri ulteriormente in profondità. In seguito, si riapplica ancora resina sino a rifiuto e, se necessario, si ripete il trattamento per 4-5 volte. Dopo circa un mese, quando si suppone che tutto il solvente sia evaporato, si asporta la carta giapponese con acqua calda e, se necessario, ci si aiuta con il solvente. Solo in questa fase si potrà procedere alla pulitura e terminare con un'ultima applicazione a spruzzo della resina consolidante.

Il miscuglio adoperato come consolidante è il seguente:

- 15 parti di Paraloid B72 (resina acrilica) al 30% in diluente nitro (solvente costituito essenzialmente di toluolo e xilolo 1:1).
- 5 parti di Silicone Dri Film 104 (resina siliconica) al 70% in *white spirit*.
- 40 parti di clorotene.
- 40 parti di acetone.

Il composto assicura una completa reversibilità anche dopo la polimerizzazione. Si è dimostrata, infatti, la sua solubilità in solventi organici, anche dopo diversi anni.

Nelle zone dove lo strato di sporco sovrapposto alla superficie si presenta particolarmente spesso e compatto si praticano dei minuscoli fori (con aghi di 0,5 mm di diametro) per favorire la penetrazione della resina consolidante.

#### *Intonaci e pitture murali*

I prodotti impiegati per il preconsolidamento di intonaci e/o di pitture murali possono essere sia di natura organica che inorganica. Le sostanze di natura organica polimerica vengono utilizzate per le loro buone proprietà adesive e meccaniche all'interno dello strato da consolidare; possono tuttavia provocare alterazioni cromatiche e variazioni di permeabilità al vapore acqueo. I composti inorganici hanno, al contrario, il vantaggio di essere compatibili con il substrato ma sono di difficile applicazione e di minore efficacia relativamente alle proprietà meccaniche e di coesione/adesione. Nel caso delle superfici intonacate dipinte la scelta di quale prodotto impiegare è complessa. Il consolidante migliore dovrebbe essere l'idrossido di calcio poiché è il legante originale, tuttavia l'utilizzo di questo composto presenta problematiche legate alla sua scarsa solubilità in acqua ed alla difficoltà di migrazione all'interno della struttura porosa del materiale. Più efficace risulta il trattamento con l'idrossido di bario, che garantisce buona compatibilità materica operando anche una utile azione desolfatante, ed il trattamento a base di ossalato di calcio che utilizza una minore quantità d'acqua rispetto all'acqua di calce e mantiene un PH minore della soluzione applicata rispetto all'acqua di calce e all'acqua di bario.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per gli interventi su intonaci decorati si è introdotto anche l'uso di dispersioni polimeriche in acqua. Negli ultimi dieci anni, infatti, c'è stato un crescente interesse verso l'approccio inorganico per il preconsolidamento delle pitture murali, dimostrando come l'utilizzo di particelle di dimensioni inferiori ai 100 nm, consentissero una migliore penetrazione e distribuzione del prodotto all'interno del materiale da consolidare. In particolare tale tecnica, messa a punto dai ricercatori del CSGI, si basa su nanoparticelle di idrossido di calcio disperse in miscele acqua/alcol iso-propilico molto ricche in alcol.

### **ESPERIENZE**

Firenze, edicole dell'anfiteatro di Boboli. Applicazione a pennello su carta giapponese di silicato d'etile.

Firenze, chiostro di Michelozzo, convento di S. Marco, superfici marmoree. Applicazione a pennello e a tampone di resina acril-siliconica AC204 CTS.

Firenze, facciata della chiesa dei Santi Michele e Gaetano, modanature lapidee decoese.

Applicazione a pennello su carta giapponese di silicato d'etile.

Acquila-Torre dell'Aquila al Castello del Buonconsiglio. Messa in sicurezza degli intonaci rigonfiati mediante velinatura eseguita con carta giapponese fissata con soluzione di resina acrilica al 30% stesa a pennello e lasciata consolidare per 24 ore. Preconsolidamento delle scaglie dei paramenti in pietra arenaria con iniezioni di resine e maltine. Verona, apparati scultorei ed architettonici del giardino di Villa Rizzardi a Pojega di Negrar. Preconsolidamento delle parti fessurate e scagliate della pietra mediante velatino di garza con applicazione di Paraloid B72 steso a pennello. Preconsolidamento delle superfici interessate da degradazione differenziale, esfoliazione e polverizzazione con applicazione di silicato di etile. Como, Ossuccio, Chiesa di S. Maria Ospedaletto, 2006. Preconsolidamento delle parti superficiali decoese con silicato di etile a pennello con interposizione di carta giapponese. Brindisi, Chiesa dell'ex Convento dei Capuccini, 2007. Bendaggio delle parti pericolanti dell'intonaco con resina acrilica Paraloid B72 diluito al 20%

con acetone. Preconsolidamento della pellicola pittorica mediante impregnazione di resina acrilica in emulsione (Primal AC33) e successiva pressione con spatole di ferro con interposizione di fogli di carta giapponese.

Portale della basilica di S. Petronio, Bologna. Tomba di F. Coriolani, chiostro di S. Domenico, Bologna. Cattedrale di Ferrara, facciata.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Danti C., Giovannoni S., Lalli C., Lanfranchi M. R., Matteini M., Moles A., Nepoti M. R. 1997; Mora P. 1969; Rossi Manaresi R. 1980(PAN) Gnudi C., Rossi Manaresi R., Nonfarmale O. 1979; Mora P. 1969; Nonfarmale O. 1976.(CSD02-PAN) Franceschini S., Germani L., *Manuale operativo per il Restauro Architettonico. Metodologie di intervento per il restauro e la conservazione del patrimonio storico*, DEI, 2007. De Bonetti L., Madorno R., Nerobutto G., Recati V., Ubaldi S., *Torre dell'Acquila al Castello del Buonconsiglio: studio e consolidamento delle superfici intonacate degli apparati lapidei*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp.59/69. Bacchiocca I., Bacchiocca M., Ferrucci F., Vastano A., *La messa in sicurezza di dipinti murali e stucchi. Il caso dell'oratorio di S. Croce di Urbino*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp.207/216. Abbate A., Bassotto L., Chiarelli A., Castellato U., Favarò M., Lugnani C., Pastorello P., Pegnin P., Pretelli M., Tomasi C., *La facciata lapidea della chiesa di S. Geremia a Venezia: tecniche di consolidamento dell'apparato architettonico decorativo danneggiato dal fuoco*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp.267/283. Beltrami C., Castiglioni G., Frigo G., Sandrini A., *Il consolidamento degli apparati scultorei e architettonici del giardino di Villa Rizzardi a Pojega di Negrar (Verona)*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp.399/409.



Figura 1 • Superficie lapidea fortemente decoesa sulla quale sono necessari interventi di pulitura che potrebbero essere incompatibili con la fragilità della superficie stessa e determinare perdite o distacchi irreversibili di materiale. (NFM)



Figura 2 • Sulla superficie lapidea decoesa ed esfoliata si esegue una velinatura con fogli di carta giapponese per proteggerla sia dal contatto diretto del pennello con il quale è applicato il prodotto consolidante, sia dal particolato atmosferico e dalle polveri che potrebbero aggredire la superficie a impregnazione avvenuta. (NFM)



Figura 3 • Applicazione della velinatura. (NFM)(CSD02-PAN)



Figura 4 • Applicazione del consolidante sulla superficie precedentemente protetta. (NFM)(CSD02-PAN)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

A volte, i manufatti sui quali il restauratore è chiamato a intervenire presentano rotture, distacchi e discontinuità di varia entità, origine e natura. Per risolvere tali problemi e restituire continuità al manufatto, evitando ulteriori danni o dissesti, si possono utilizzare i cosiddetti sistemi di ancoraggio che consentono di collegare le parti distaccate all'area di appartenenza.

Per queste ragioni, i dispositivi di ancoraggio devono spesso "trasferire" alle zone ancora salde del manufatto, ossia alle sue porzioni dotate di maggior affidabilità strutturale, le azioni di tipo meccanico necessarie a restituire stabilità agli elementi che, a seguito del totale o parziale distacco, si trovano in equilibrio precario e a rischio di definitiva caduta.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le tecniche di ancoraggio comprendono sia le imperniature dirette, ossia i sistemi cosiddetti passivi (realizzati con chiodi, viti, zanche, cavicchi, perni semplici o ad espansione ecc., che variamente intaccano il frammento per connetterlo nuovamente al manufatto cui appartengono), sia i dispositivi attivi (costituiti da apparecchi esterni, quali grappe e staffe che consentono di ancorare la parte distaccata rimanendone esterni).

Dispositivi di tale natura si applicano in genere per mantenere insieme pezzi di pietra o di altro materiale distaccati tra loro e da un manufatto di maggiore consistenza, siano essi di piccola o di grande dimensione, là dove un semplice intervento di incollaggio con adesivi non sarebbe efficace e/o possibile.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

I dispositivi attivi esterni sono impiegati soprattutto nei casi in cui il pezzo da ancorare è troppo piccolo o di precaria consistenza, poiché sarebbe rischioso praticare al suo interno i fori necessari all'inserimento di perni, chiodi o cavicchi, dal momento che ciò potrebbe innescare altri fenomeni di rottura a carico del frammento vanificando l'efficacia dell'intervento.

L'uso di grappe per il fissaggio di elementi spezzati e distaccati, è peraltro un rimedio presente in tutte le tradizioni e pratiche costruttive, antiche e recenti, senza sostanziali variazioni se si esclude l'uso recente di materiali più forti e resistenti, quali l'acciaio inossidabile, che garantiscono una maggiore durata nel tempo dell'intervento.

Le grappe antiche sono, infatti, generalmente costituite da barre di ferro, raramente di bronzo, con le estremità ricurve e infisse in sedi ricavate nelle parti contigue dei frammenti da congiungere (analogamente a quanto avveniva in fase di costruzione, ad esempio per unire tra loro i diversi pezzi della cimasa di una balaustra marmorea). Le grappe, in questi casi, sono fissate alla pietra mediante una fusione di piombo, colato nei fori all'uopo predisposti e, una volta solidificato, ripetutamente battuto con la penna del martello per rendere solidali il ferro e la pietra.

La massa di piombo serve ad assorbire la deformazione della grappa, dovuta alla dilatazione termica cui essa è facilmente sottoposta soprattutto in ambienti caratterizzati da notevoli escursioni delle temperature.

Spesso, però, nelle grappe di piccole dimensioni, la massa di piombo è insufficiente a contenere le sue deformazioni che inevitabilmente trasmettono alla pietra pericolose sollecitazioni in grado di

spezzarne la continuità. D'altra parte, nelle grappe grosse, pur essendo le piombature più consistenti, le sedi entro cui sono inserite le loro estremità possono a volte trovarsi troppo vicine ai bordi degli elementi da congiungere o delle fratture da ridurre, così che la porzione dell'elemento intorno alle sedi non riesce a resistere alle tensioni che, per varia ragione, le grappe gli trasmettono (dilatazioni termiche ma anche trazione

dovuta alla particolare disposizione dei pezzi collegati). La ruggine, infine, conseguente ai processi di ossidazione cui vanno incontro le grappe di ferro, aumenta il loro volume, contribuendo a spaccare il materiale lapideo entro cui sono inserite.

Per queste ragioni è ormai preferibile impiegare grappe di ferro nuovo sagomato alla forgia e temprato o, ancor meglio, grappe in titanio o realizzate con altri metalli e leghe che non presentano gli stessi difetti di quelli tradizionalmente impiegati.

Il titanio ha in particolare una dilatazione termica trascurabile, in rapporto a quella del marmo, e presenta inoltre il vantaggio di essere molto leggero rispetto al ferro e ad altri metalli.

Sono invece da escludere il bronzo e il rame, perché macchiano la pietra per le alterazioni che subiscono a contatto con i sali che si possono formare in ambienti umidi, così come non è opportuno impiegare l'acciaio inossidabile poiché esso ha una dilatazione termica maggiore sia rispetto a quella del ferro che a quella di altri metalli e della pietra in genere.

Per le piombature si impiega piombo da lattoniere, con l'aggiunta di stagno per saldature e le masse eccedenti della fusione possono essere rimosse con lo scalpello, una volta che siano solidificate e raffreddate. Affinché il piombo aderisca bene alla pietra, bloccando così la grappa, è necessario batterlo ripetutamente con un martello; nei casi in cui la grappa sia interamente incassata negli elementi da congiungere, lasciandone la faccia superiore a raso con la superficie della pietra, è opportuno sigillare con piombo fuso anche il suo intero contorno.

Dal momento che la grappa lavora soprattutto a trazione, sarebbe inoltre opportuno poterla porre in opera nella direzione in cui opera tale sollecitazione ossia in quella dello spostamento che il pezzo separato e riancorato tenderebbe a compiere in sua assenza, con una sorta di movimento virtuale. Non essendo tuttavia sempre facile determinare questa esatta direzione, è preferibile sovradimensionare la grappa, in modo che essa sia molto rigida e resistente, per compensare eventuali sollecitazioni diverse da quelle previste.

La grappa, inoltre, deve essere infissa in punti sufficientemente lontani dai bordi degli elementi da congiungere o dai fronti delle rotture, pur dovendo avere, tuttavia, una lunghezza non eccessiva per contenere al massimo i rischi di dilatazioni termiche e i danni che ne possono derivare.

Secondo i casi, i dispositivi attivi possono essere costituiti anche da staffe o da strutture di aggancio con perno di ancoraggio meccanico (fig. 1).

L'apparecchio di ancoraggio, in genere, è utilizzato per sostenere dall'alto la parte che si trova in condizioni di precaria stabilità ed è in generale costituito da un corpo principale (spesso uno scatolare metallico) sul quale scorre l'elemento di sostegno costituito da tre bracci di aggancio. La caratteristica principale di tale dispositivo è che si può, grazie alla scorrevolezza relativa dei bracci d'aggancio, regolare la posizione dei punti di presa sull'elemento che occorre agganciare al manufatto di appartenenza e sostenere. Nei tre punti di sostegno individuati sono quindi inseriti altrettanti perni meccanici di ancoraggio, filettati e impanati sulle estremità dei rispettivi bracci, per irrigidire il sistema.

Le impernature dirette, costituite ad esempio da chiodi e perni, stabiliscono, in genere, un vincolo strettamente sufficiente all'equilibrio del pezzo, non ammettendo, perciò, alcuna deformazione. La realizzazione delle impernature, inoltre, rispetto ai sistemi di aggancio esterni, necessita di maggiori attenzioni, soprattutto rispetto ai seguenti fattori:

- scelta del materiale del perno;
- identificazione del “verso” della pietra (per evitare che l'introduzione del perno al suo interno, nelle facce di separazione tra gli strati o in punti resi deboli da eventuali “peli”, generi la rottura dell'elemento);
- modi e strumenti di realizzazione dei fori;
- eventuale incollaggio del perno e delle superfici destinate a congiungersi;
- scelta del materiale da utilizzare per l'incollaggio;
- sigillatura dei bordi di congiunzione;
- dimensionamento e posizionamento del perno.



In genere è preferibile l'impiego di perni in vetroresina e/o in titanio, quest'ultimo per le caratteristiche di leggerezza e d'inossidabilità già ricordate; i perni di ferro possono, infatti, ossidare e arrugginire soprattutto in presenza di forti concentrazioni di umidità, aumentare quindi di volume e rompere l'elemento all'intorno della loro sede d'infissione, così come i perni di bronzo o rame, con l'umidità e l'azione di sali solubili, possono macchiare la pietra.

Per quanto riguarda la forma, i perni sono di solito cilindrici, per corrispondere alla forma del foro praticato con il trapano negli elementi da ancorare. Il foro deve in ogni caso essere praticato con un trapano senza percussione, per evitare sollecitazioni dannose per l'elemento, utilizzando punte elicoidali da pietra, di diametro crescente.

Le superfici di rottura nette, compatte e non consumate, consentono, in genere, un buon ancoraggio del pezzo distaccato con il manufatto di origine. Se, al contrario, le facce contrapposte della rottura sono irregolari e decoese e il pezzo da ancorare è di grosse dimensioni, è opportuno applicare il perno con l'ausilio di adesivi (v. CSD04 - Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine).

Il perno deve avere in ogni caso rispetto al pezzo da vincolare, una massa minima, rigidità analoga alla sua, e deve essere posto in opera secondo la direzione più vicina possibile al baricentro del pezzo separato e a quello della parte di manufatto cui il frammento deve essere ancorato, per evitare pericoli di rotture o di sfilamenti dovuti all'eccentricità dei carichi agenti sul perno stesso (fig. 2, fig. 3).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nel caso in cui s'impieghino dispositivi attivi esterni, quali grappe e staffe, per ottenere una migliore distribuzione delle sollecitazioni indotte dalla loro presenza, si possono inserire degli spessori realizzati in PTFE (politetrafluoretilene) tra la pietra e le superfici metalliche, che distribuiscano i carichi e le sollecitazioni indotte dalle teste dei bracci del dispositivo su un'area sufficientemente vasta per evitare, ad esempio, pericolosi effetti di punzonamento.

In ogni caso, l'impernatura è un'operazione delicata e rischiosa se non eseguita da personale specializzato e in assenza di adeguate e puntuali conoscenze sul materiale di cui sono composti i pezzi da unire, sul loro stato di conservazione e sulle sollecitazioni che, una volta realizzato l'ancoraggio, inevitabilmente si generano all'interno del frammento, del manufatto d'origine e dei sistemi di unione adottati, siano essi attivi o passivi.

### **ESPERIENZE**

Roma, colonna di Foca, foro romano, 1989. Intervento di sostegno dell'aggetto dell'abaco del capitello per mezzo di struttura di aggancio.

Roma, arco di Silano e Dolabella, 1988. Sostegno di elementi lapidei distaccati per mezzo di staffe.

Pisa, palazzo Mosca sul Lungarno, 1991. Fissaggio di una parte di architrave di vano finestra tramite staffa di ancoraggio di acciaio inox.

Urbino, Oratorio di S. Croce. Imperneazioni stucchi con perni cavi in PVC con pareti forate; bacchette in acciaio inossidabile filettate di 0,5 cm di diametro; capillari in vetroresina da 2,3 mm di diametro. Come adesivo è stata utilizzata una resina epossidica bi componente. Verona, apparati scultorei ed architettonici del giardino di Villa Rizzardi a Pojega di Negrar. Applicazione di perni in vetroresina e/o in titanio nei casi di fratture aperte.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1988, *Cosa c'è dietro la facciata...*, pp. 458-59; Carria F. (a cura di) 1991, pp. 726-36; Carria F. 1994; Cosentino M. C., Terranova F., Margiotta G., Doria N., Pellegrino L., Mannuccia F. 1991, pp. 731-35; Frison F. 1993, p. 127. Carria F., *La conservazione delle facciate, materiali e tecniche per il recupero*, Tecniche Nuove, Milano, 2004. Gallo A., *Sul consolidamento degli edifici storici*, EPC LIBRI, 2007. Bacchiocca I., Bacchiocca M., Ferrucci F., Vastano A., *La messa in sicurezza di dipinti murali e stucchi. Il caso dell'oratorio di S. Croce di Urbino*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp.207/216. Beltrami C., Castiglioni G., Frigo G., Sandrini A., *Il consolidamento*

*degli apparati scultorei e architettonici del giardino di Villa Rizzardi a Pojega di Negrar (Verona), in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp.399/409.*

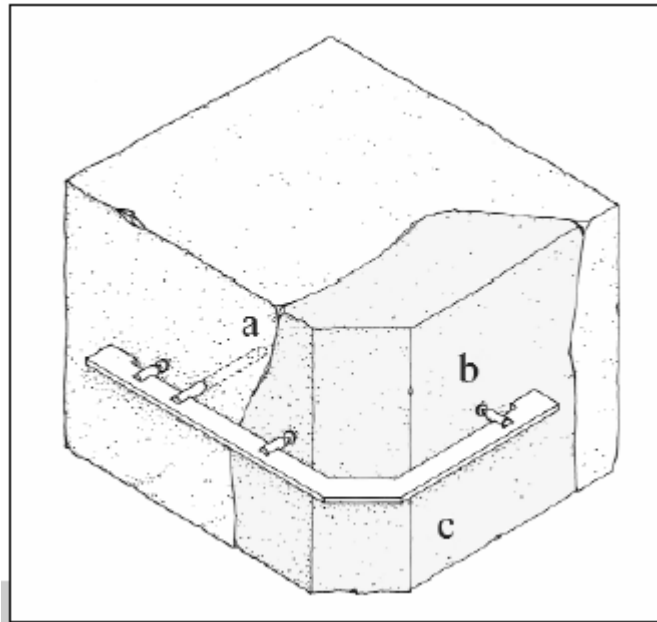


Figura 1 • Sistema di ancoraggio di un frammento lapideo (c) costituito da: a) staffa di aggancio con perno; b) elementi distanziatori filettati. (CAF)

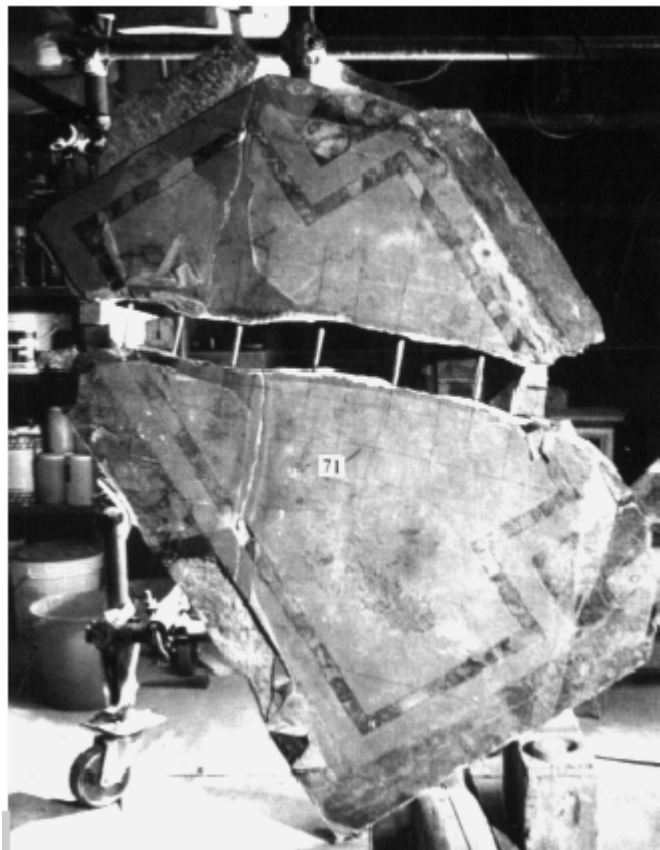


Figura 2 • Consolidamento e rimontaggio di due elementi di un lastrone intarsiato mediante impernatura. Si notino, agli estremi della frattura, i tasselli di legno inseriti per sostenere provvisoriamente il peso dell'elemento superiore e consentire le delicate operazioni di rimontaggio. (SAV)

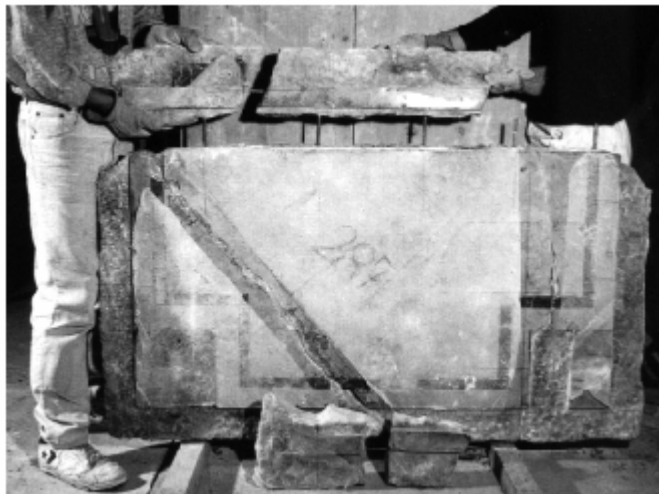


Figura 3 • Consolidamento e rimontaggio di due elementi di un lastrone intarsiato mediante impennatura. Si noti la velinatura di protezione della superficie delle lastre e la numerazione dei singoli pezzi necessaria al rimontaggio. (SAV)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

A volte, le vecchie murature presentano dei vuoti e delle discontinuità interne esistenti sin dalle origini della costruzione, oppure formatesi a causa di dissesti o di fenomeni d'alterazione di diversa natura. Quelle cavità costituiscono interruzioni nella materia delle strutture murarie e ne determinano una minore capacità di resistenza, soprattutto se sono sottoposte a un aumento dei carichi, oppure a una diversa distribuzione/concentrazione dei pesi causata da dissesti o da alterazione delle antiche sezioni portanti (abbattimenti, aperture, assottigliamenti ecc.).

La tecnica consiste nell'iniettare a bassa pressione una miscela legante (malta cementizia e/o epossidica) affinché rafforzi la struttura, integrando e/o sostituendo la malta originaria e contribuendo a ristabilire continuità e monoliticità al sistema. I prodotti impiegati, devono avere una viscosità adeguata alla porosità del materiale, per consentire una penetrazione profonda della miscela consolidante, fino agli strati ancora sani. Una penetrazione solo superficiale, provocherebbe un appesantimento degli strati esterni e il loro conseguente distacco. Le miscele impiegate devono presentare caratteristiche meccaniche e fisico-chimiche il più possibile compatibili con quelle del materiale fittile, per evitare l'insorgere di tensioni all'interno dei pori, dovute, ad esempio, a diversi coefficienti di dilatazione termica. Infine devono resistere agli alcali e agli acidi, agli oli e ai fumi presenti nell'atmosfera urbana, non alterare i colori delle superfici sulle quali sono stati stesi, e assicurare una buona idrorepellenza.

La scelta della pressione di immissione va fatta con grande precauzione, perché le tensioni prodotte dal fluido sotto pressione, alterando l'equilibrio della costruzione, potrebbero causare pericolosi fenomeni di precarietà statica. Di conseguenza, è necessario iniettare la miscela a bassa pressione, ricorrendo, eventualmente, a un preconsolidamento da operare mediante pressioni ancora più ridotte.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica di consolidamento con iniezione si attua in genere in presenza di uno stato fessurativo di murature in pietra, in mattoni o miste. Si applicano anche per risolvere problemi di perdita d'adesione e di reciproca collaborazione tra le parti costruttive (mattoni, pietre) con conseguente riduzione della resistenza meccanica dell'insieme. Perciò, l'impiego è adatto ove si riscontri un apparecchio murario irregolare e sconnesso, di diffuso degrado della malta, che sia decoesa, disgregata o in parte mancante, con presenza di lesioni ben evidenti. Nel caso di murature in mattoni, per fermare l'esfoliazione e la decoesione della superficie con conseguente polverizzazione totale o parziale degli elementi, è preferibile applicare iniezioni a base di silicato di etile. Il silicato di etile (esteri etilici dell'acido silicico) è un composto di sintesi che produce, una volta iniettato dentro la muratura, un precipitato inorganico, la silice, che è un legante minerale molto compatibile al materiale siliceo del laterizio, stabile ai raggi UV e non attaccabile da agenti atmosferici; a fronte di questo, presenta il requisito fondamentale di liberare solo prodotti di reazione volatili che ne garantiscono l'innocuità sul materiale trattato.

Nel caso siano presenti all'interno della muratura vuoti e/o profondi stati lesionativi, si applicano iniezioni con malte idrauliche. La finalità è quella di restituire alla muratura, attraverso la sostituzione della malta originaria, il riempimento dei vuoti, il risarcimento delle lesioni, con la miscela legante iniettata.

Una malta efficace è quella preparata con grassello di calce e pozzolana superventilata in parti uguali. La pozzolana può essere sostituita, per metà o del tutto, dalla polvere di mattone macinata finemente. Su mille parti di acqua si aggiungeranno 100 parti di grassello di calce e 100 di pozzolana o polvere di mattone e 10 parti di resina acrilica in emulsione al 10% in acqua.

La quantità di resina acrilica utilizzata per la preparazione della malta da iniettare, mostra che essa partecipa al composto come additivo, con proprietà fluidificante e non come legante.

Resine acriliche e acril-siliconiche possono essere iniettate con funzione consolidante e protettiva all'interno della muratura, quando devono essere risolti non solo problemi di coesione del materiale fittile ma anche di fessurazione e adesione tra le parti.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Preliminare all'intervento è un'attenta analisi della struttura al fine di determinare l'esatta localizzazione delle cavità. A tale scopo si possono impiegare metodi quali la termografia o gli ultrasuoni che consentono di riscontrare e classificare le disomogeneità dei materiali e le eventuali superfici di discontinuità presenti all'interno della pietra.

Come approccio conoscitivo atto a rilevare l'esistenza di distacchi, si può utilizzare il metodo manuale della battitura con le nocche o con un martelletto, anche se il procedimento presenta la difficoltà di valutare esattamente l'entità delle cavità.

Successivamente si praticano delle perforazioni per mezzo di trapani a rotazione muniti di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia, evitando la percussione (fig. 1). Il diametro dei fori di iniezione è generalmente di 20-25 mm, sufficiente per consentire il passaggio dei tubi d'immissione della malta consolidante. La difficoltà maggiore consiste nello stabilire il loro interasse, in quanto l'operazione non è quantificabile a priori, ma dipende dalle caratteristiche puntuali della muratura. Si può passare, infatti, da zone ricche di lesioni, con malta fortemente degradata, in cui la diffusione della miscela avviene facilmente, a zone in cui si verificano condizioni opposte. La letteratura scientifica suggerisce (non esistendo al momento attuale una normativa che dia precise indicazioni) che l'esecuzione ottimale è di 3 o 4 iniezioni a m<sup>2</sup>. In condizioni normali sono sufficienti 2 fori a m<sup>2</sup>, tenendo presente che nelle murature di mattoni pieni la distanza tra un foro e l'altro non deve superare i 50 cm. Le perforazioni devono essere distribuite in modo tale che le aree di iniezione vadano a sovrapporsi. In pratica ciò si ottiene lasciando fuoriuscire, durante l'iniezione, la miscela da dei tubicini, detti "testimoni", collocati in posizione adiacente.

È comunque buona norma, qualora gli spessori del manufatto siano superiori a 50-60 cm, eseguire le perforazioni da entrambe le facce. Se lo spessore è maggiore o ci si trova nell'impossibilità di operare su entrambe le facce, si deve perforare la muratura da un solo lato, sino a raggiungere i 2/3 della sua profondità.

Prima di eseguire l'iniezione, tutte le fessure, sconessioni, piccole fratture vanno stuccate per impedire la fuoriuscita della miscela legante. Operazione preliminare è anche il lavaggio delle sezioni filtranti eseguito con acqua pura, eventualmente deionizzata e priva di materie terrose (fig. 2).

Il prelavaggio ha lo scopo di saturare la massa muraria e fare mantenere alla miscela la densità richiesta, ma è utile anche per verificare l'estensione delle superfici da trattare tramite l'osservazione dell'umidità risorgente dagli intonaci, oltre che l'esistenza di possibili vie di fuga da cui potrebbe uscire la miscela da iniettare; inoltre offre la possibilità di determinare approssimativamente la quantità di prodotto da impiegare, calcolando il quantitativo d'acqua utilizzato.

L'intervento consiste nell'eseguire una serie d'iniezioni di malta idraulica o di resina epossidica, con una pressione che varia in funzione della muratura da trattare.

La realizzazione dei fori si ottiene impiegando sonde a sola rotazione o a rotopercussione. Dopo aver praticato i fori si prepara la miscela da iniettare, amalgamando i leganti, gli inerti e gli additivi.

Le pompe sono in genere a pistone, come ad esempio la semplice siringa che è impiegata per riempire a bassa pressione, direttamente con l'ago, fessure di piccola ampiezza.

Gli ugelli sono brevi condotti cilindrici, conici o ad espansione, che vanno inseriti nei fori praticati o in lesioni già esistenti, e sono fissati con lo stesso legante impiegato per sigillare le lesioni (fig. 3).

La successiva iniezione della miscela (in genere malta idraulica o formulato epossidico) avviene impiegando le seguenti attrezzature: pompa a mano o automatica provvista di un manometro di facile e immediata lettura, serbatoio a tenuta stagna per la miscela da iniettare, mescolatrice, tubature di gomma per trasportare la miscela a pressione, ugelli da inserire nei fori (fig. 4).

Quando la muratura da consolidare è talmente danneggiata da non consentire con la dovuta sicurezza l'esecuzione delle fasi successive, occorre procedere con un preconsolidamento.

Senza praticare alcuna perforazione, è colata mediante un imbuto una boiaccia molto fluida in tutti gli elementi di discontinuità presenti nella muratura (fig. 5).

Successivamente si effettuano le iniezioni e la scelta delle pressioni deve essere condotta con grande precauzione poiché le tensioni prodotte dal fluido sotto pressione potrebbero causare pericolosi fenomeni di precarietà statica. Perciò è consigliabile iniettare a bassa pressione (orientativamente, tra 0,5 e 1,5 atm) e in ogni caso l'operazione deve essere condotta dal basso verso l'alto, dai lati esterni e simmetricamente verso il centro, al fine di evitare squilibri di peso.

La pressione si deve mantenere costante fino a quando la miscela non fuoriesce dai fori adiacenti o dai tubetti "testimoni". La miscela legante deve essere omogenea, ben amalgamata ed esente da grumi e impurità. Eventualmente le miscele a base di resine epossidiche possono essere debolmente caricate mediante l'aggiunta di materiale inerte quale farina di quarzo, farina di vetro o sabbia di lago al minimo granulometrico.

Una volta iniettata la miscela legante, si otturano i fori con cunei in sughero o plastica.

Dopo il primo indurimento della miscela si asportano gli ugelli e si sigillano le sedi con malta idraulica o epossidica (fig. 6, fig. 7, fig. 8, fig. 9, fig. 10).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Poiché il cemento, la calce idraulica, le miscele di calce e cemento o pozzolana, il gesso, sono i leganti più comunemente usati, si deve prestare attenzione poiché, con il passare del tempo, a contatto con i solfati e l'umidità presenti nelle murature possono portare ad alcuni inconvenienti. Le complesse reazioni chimiche che si sviluppano tra la malta d'iniezione e quella della muratura causano, infatti, fessurazioni e distacchi determinando il formarsi di composti privi di resistenza meccanica.

Perciò nel caso si adottino tali miscele è opportuno eseguire analisi preventive per accertare l'eventuale presenza di solfati nella muratura.

La tecnica d'iniezione, inoltre, non sempre può essere applicata. In alcuni casi, come ad esempio in presenza d'intercapedini o d'anfore d'alleggerimento, è difficile praticare le perforazioni, il prelavaggio e una corretta distribuzione delle malte iniettate.

L'iniezione della resina richiede un'attenta ponderazione della pressione di iniezione. Se da un lato, infatti, una pressione elevata allarga le cavità e le microlesioni, permettendo un migliore assorbimento della miscela, dall'altro può creare seri pericoli, specialmente in murature non molto spesse o notevolmente degradate, per l'azione espulsiva che esercita sul materiale, tendendo ad allargare le fessure, e in casi limite, a provocarne l'esplosione.

La miscela si inietta, mediamente, ad una pressione di 0,5-1,5 kg/cm<sup>2</sup>, che serve ad agevolare il drenaggio e ad otturare i fori. Occorre inoltre, considerando la quota su cui sono posate le attrezzature necessarie al procedimento, aumentare la pressione di immissione di 1-2 atm ogni volta che si sale di 3 m, in modo da bilanciare la pressione idrostatica.

La pressione deve essere mantenuta costante fino a quando la miscela non fuoriesce dai fori adiacenti o dai "tubicini testimone". È inoltre indispensabile annotare i quantitativi di miscela iniettati mediante la redazione di tabelle o diagrammi di assorbimento fatte punto per punto.

Resine acriliche e acril-siliconiche possono essere iniettate con funzione consolidante e protettiva all'interno della muratura, quando debbano essere risolti problemi di coesione del materiale lapideo, ma anche di fessurazione e adesione tra le parti.

Le resine epossidiche nella maggioranza dei casi sono irreversibili e non sono completamente incolore. Infatti, a causa dell'esposizione alla luce solare, tendono a ingiallire e a subire uno sfarinamento superficiale. I polimeri epossidici possono perciò essere vantaggiosamente utilizzati in tutte quelle applicazioni per le quali è richiesta un'adesione di elevata qualità meccanica ma in cui non è indispensabile la reversibilità.

Poiché la maggior parte delle resine epossidiche hanno, prima dell'indurimento, una viscosità piuttosto elevata e penetrano quindi con difficoltà all'interno della struttura porosa, il loro impiego

ottimale non riguarda tanto il consolidamento della muratura attraverso il ripristino della micro coesione degli elementi, ma piuttosto, sotto forma di stucchi addizionati di cariche inerti, la saturazione di macro fessurazioni e di vuoti nella chiara muratura, l'incollaggio di elementi distaccati o pericolanti, l'ancoraggio di perni, giunti meccanici.

## ESPERIENZE

Trapani, prospetto lapideo della chiesa del collegio dei Gesuiti. Consolidamento portali marmorei e statuaria con iniezioni di resina acril-siliconica.

Pontida (MI), chiostri dell'abbazia di Pontida, consolidamento colonne d'arenaria con iniezioni di resina epossidica tramite iniettori e pistola d'iniezione manuale.

Vezzolano, prospetto chiesa abbaziale di Vezzolano. Consolidamento arenaria con iniezioni di calce idraulica e pozzolana ventilata e lavata dai sali.

Nei lavori di restauro effettuati alle decorazioni in cotto della facciata della casa del Conte Verde di Rivoli (TO) sono state eseguite iniezioni di resine acriliche insieme con applicazioni a pennello e a spruzzo di silicato di etile nella fase di consolidamento.

Milano, 1999, arco della galleria di Vittorio Emanuele II. Iniezioni di malta a base di grassello di calce e cocchiopesto setacciato fine, per il consolidamento di parti d'intonaco distaccate o in fase di distacco.

Arezzo, 1985-2000, *Leggenda della Vera Croce*. Consolidamenti con iniezioni eseguiti sul ciclo pittorico di Piero della Francesca, nelle zone di distacco dell'intonaco affrescato.(CSD11-CAN)

Lecco (Como), Villa Balbianello, 2008-2009. Consolidamento intonaco con iniezioni di legante idraulico (calce ed Eco-Pozzolana). Calolziocorte, Monastero di S. Maria del Lavello, portici piano terra della corte maggiore. Consolidamento con iniezioni di boiaccia di malta tixotropica, reoplastica, resistente ai Sali.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Almesberger D., Caldart R. 1986; Binda L., Anzani A., Modena C. 1997; Binda L., Modena C., Baronio G. 1993; Caleca L., De Vecchi A. 1990; Carria F. (a cura di) 1991, pp. 726-36; Cosentino M. C., Terranova F., Margiotta G., Doria N., Pellegrino L., Mannuccia F. 1991, pp. 731-35; *Legante per boiacche da iniezione* 1994, p. 131; Napoleone G. 1991, pp. 787-91; Rava A. 1991, pp. 422-45; Riva G., Bettio C., Modena C. 1997; Sistema consolidante Hilti 1992, p. 460. Carria F., *La conservazione delle facciate, materiali e tecniche per il recupero*, Tecniche Nuove, Milano, 2004. Gallo A., *Sul consolidamento degli edifici storici*, EPC LIBRI, 2007. G. Carbonara, *Atlante del Restauro*, Vol. VIII, Utet, 2004. Rocchi P., *Atlante del Consolidamento degli edifici storici*, Proctor edizioni, luglio 2008. (VOL)

Carbonara G. (a cura di) 1996; Laurenzi Tabasso M., Lazzarini L. 1986; Matteini M., Moles A. 1989; Rava A. 1988; Rocchi P. 1991; Tinè S. 1985.

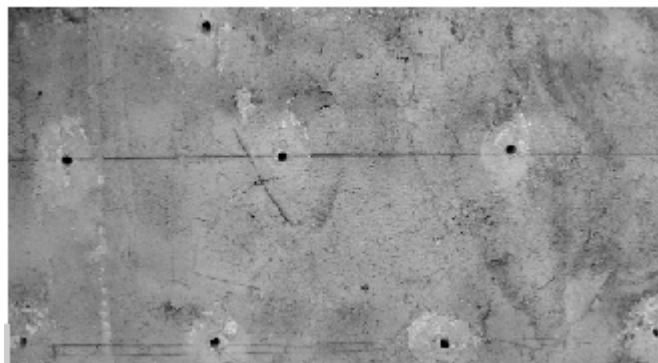


Figura 1 • Distribuzione dei fori di iniezione.



Figura 2 • La superficie muraria dopo l'esecuzione dei fori di iniezione e l'occlusione, con batuffoli di cotone, delle possibili vie di fuga del consolidante.



Figura 3 • Consolidamento delle fondazioni di un edificio veneziano. Dopo aver prosciugato il canale, si è proceduto al consolidamento tramite iniezioni. Si noti la presenza dei "tubicini testimone".

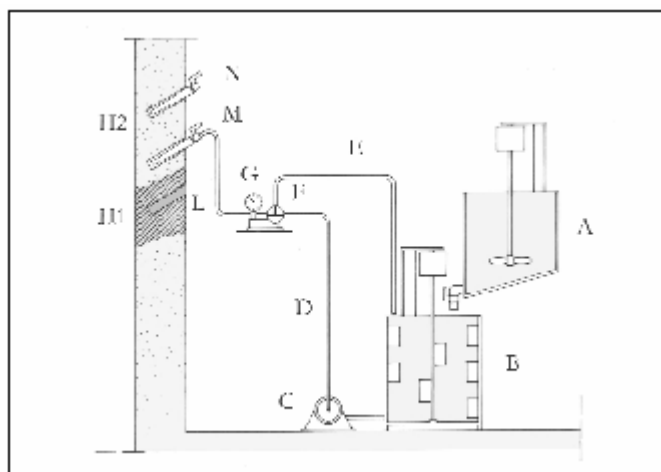


Figura 4 • Schema di installazione per iniezioni a pressione. A) mescolatore ad alta turbolenza, B) agitatore, C) pompa di iniezione, D) tubo di mandata, E) tubo di ritorno, F) saracinesca a tre vie, G) manometro, H1) muro di fabbrica già iniettato, H2) muro di fabbrica da iniettare, L) foro già iniettato, M) foro da iniettare, N) foro da iniettare, con funzione anche di sfiato.





Figura 5 • Pulitura e creazione dei canali di penetrazione del consolidante.



Figura 6 • Iniezione del consolidante (osservare l'impiego di batuffoli di ovatta per evitare perdite e colature).



Figura 7 • Battitura tendente a facilitare la discesa del consolidante.



Figura 8 • Pulitura finale con spugna.



Figura 9 • Applicazione errata della tecnica, con fuoriuscita del prodotto consolidante dai fori di iniezione e conseguente formazione di colature difficilmente eliminabili.



Figura 10 • Stuccatura dei fori di iniezione.

(CAF)

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Il consolidamento di un materiale decoeso e degradato può avvenire grazie all'impiego di diverse sostanze che, penetrando al suo interno e impregnandone i pori, ne rinsaldano i legami strutturali. L'impregnazione si basa sul principio fisico della capillarità, cioè sulla proprietà che hanno i fluidi in genere, e i liquidi in particolare, di penetrare naturalmente, per adesione, entro lo spazio intercluso tra due pareti molto vicine di una cavità, come avviene nei capillari dei corpi porosi. I parametri che regolano il processo della penetrazione di un fluido per capillarità sono sostanzialmente: a) la viscosità del fluido stesso (in questo caso del prodotto consolidante), b) il diametro dei pori e dei capillari interessati, c) la loro distribuzione all'interno del manufatto trattato, d) la bagnabilità del materiale di cui è costituito il manufatto. Un generico fluido e, in particolare, un prodotto consolidante, penetra all'interno del corpo sottoposto a trattamento, in una prima fase per capillarità e, in un secondo tempo, si distribuisce al suo interno per diffusione. Quest'ultimo processo si sviluppa molto lentamente e occorre pertanto che il prodotto adottato non indurisca (o polimerizzi) troppo rapidamente, poiché in caso contrario non riesce a penetrare e a distribuirsi con sufficiente uniformità nel manufatto, pregiudicando l'efficacia del consolidamento.

Per favorire la penetrazione del prodotto consolidante all'interno del manufatto, è quindi opportuno applicare sulle sue superfici una sostanza molto fluida, quale può essere un polimero a basso peso molecolare, oppure un monomero allo stato liquido, unito, al momento della stesura, a un catalizzatore che ne consentirà la polimerizzazione all'interno del materiale trattato. In conseguenza della solidificazione del prodotto, le pareti dei pori del corpo trattato risulteranno, infatti, rivestite da un film della sostanza consolidante, la cui presenza determina alcune modifiche delle proprietà fisiche (riduzione della porosità e un aumento della coesione) e meccaniche (un incremento della resistenza a compressione) del materiale trattato.

Nel caso dell'impregnazione per immersione, il manufatto viene messo in un apposito recipiente in cui il livello del fluido consolidante viene aumentato gradualmente fino a ricoprire l'oggetto stesso. Tale metodo, perciò, consiste nell'impregnare, mediante un bagno prolungato, il materiale degradato nelle cui cavità, naturali o provocate dai più diversi processi di degrado, penetra il consolidante che, polimerizzando – formando cioè catene costituite da molecole più semplici e in grado di legarsi tra loro – o indurendo, dovrebbe restituire al materiale da consolidare, la compattezza e la resistenza perdute.

Attualmente, le sostanze usate per consolidare un manufatto mediante impregnazione per immersione sono molteplici e, nel tempo, sono cambiate: in passato si ricorreva soprattutto alle cere, naturali o sintetiche (consolidamenti a base di cera sono stati realizzati negli anni cinquanta del secolo scorso su suppellettili ecclesiastiche e manufatti lignei intagliati), agli oli siccativi, alle colle naturali e alle colle viniliche mentre, recentemente, si sono affermate le resine acriliche, siliconiche ed epossidiche. Le resine sintetiche sono prodotti costituiti da polimeri ottenuti artificialmente e possiedono caratteristiche meccaniche migliori rispetto a quelle delle sostanze citate e una maggiore durabilità; inoltre, le resine sono meno esposte delle sostanze tradizionalmente utilizzate agli attacchi di microrganismi, quali muffe o batteri.

Le resine allo stato puro si presentano sotto forma solida e perciò è necessario renderle fluide perché possano penetrare all'interno dei pori di un materiale: a tale scopo, sono in genere diluite in

opportuni solventi. Per ottenere una bassa viscosità, caratteristica essenziale ai fini della rapidità e dell'uniformità di diffusione del fluido, può essere necessaria una loro elevata diluizione. Nella preparazione di un prodotto consolidante, la scelta del solvente è di grande importanza, in quanto le sue caratteristiche, ad esempio di volatilità, incidono in modo rilevante sull'efficacia del trattamento. Sono stati anche messi a punto prodotti consolidanti a bassa viscosità che non necessitano di quantità elevate di solvente e sono basati su polimeri in dispersione (nelle dispersioni e nelle emulsioni le particelle hanno dimensioni maggiori rispetto a quelle di una soluzione, ma mantengono una bassa viscosità anche per concentrazioni elevate di solido) o costituiti da monomeri o da oligomeri i quali presentano una bassa viscosità anche allo stato puro. Bassa viscosità e alta concentrazione sono, infatti, le caratteristiche ideali di un "buon" prodotto consolidante.

## **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il metodo del consolidamento mediante impregnazione può avvenire: a spruzzo, a pennello, per percolazione, a tasche o per immersione. L'applicazione a spruzzo è sufficiente se la pietra è originariamente poco porosa ed è alterata solo per qualche millimetro; in questo caso la penetrazione interessa unicamente lo strato superficiale. Inoltre tale tecnica è impiegata per consolidare superfici di difficile applicazione di consolidante come nel caso di capitelli, cornici, sculture aggettanti, ecc.

L'impregnazione eseguita con un fluido applicato a pennello trova usuale applicazione nel trattamento di manufatti in calcestruzzo, pietra, materiale lapideo in genere, o in legno, quando sia necessario garantire il consolidamento anche delle parti interne e profonde dei manufatti e degli oggetti, purché essi presentino almeno un lato privo di finiture sul quale stendere il prodotto senza eccessivi rischi per la loro conservazione. È questo il caso, ad esempio, dei dipinti su supporto ligneo e delle sculture solo parzialmente interessate da finiture policrome. Il metodo è inoltre comunemente adottato per consolidare gli elementi costruttivi e strutturali lignei dell'architettura, quali travi di solai o tetti, rivestimenti parietali, infissi, boiserie e simili, sui quali è eseguito *in situ*. La tecnica è infine frequentemente impiegata negli interventi di preconsolidamento di supporti instabili destinati a ulteriori procedure di risanamento, tra le quali vi sono, ad esempio, stuccature, integrazioni, puliture ecc. L'impregnazione per percolazione o per contatto, può essere anch'essa eseguita *in situ* ed è impiegata, in molti casi, per il consolidamento di facciate di monumenti, ed anche per il consolidamento di oggetti lignei caratterizzate da parti dipinte e variamente rifinite, come le tavole degli antichi polittici, gli stalli di cori lignei o le statue policrome, purché si agisca sulle loro zone prive di finiture superficiali.

Al contrario il trattamento consolidante mediante impregnazione per immersione è utilizzabile solo per oggetti mobili o smontabili, di pietra o lignei, di piccole e/o medie dimensioni, in quanto richiede l'immersione completa del manufatto nel fluido consolidante. In particolare, il metodo è adatto per manufatti che non presentano finiture "speciali" come, ad esempio, pellicole pittoriche o dorature, che sarebbero danneggiate dal contatto prolungato con le sostanze consolidanti o con i loro solventi.

Il sistema a tasche, può essere considerata una variante del consolidamento per immersione, in quanto può essere applicata *in situ*, ma è usata quasi esclusivamente per intervenire su elementi di piccole dimensioni, quali bassorilievi, capitelli, statue ecc., costituiti da pietre porose. Man mano che aumenta la superficie da trattare, aumenta anche la quantità e quindi il peso del consolidante da impiegare, e le operazioni di contenimento della resina sarebbero di tale difficoltà da impedire un controllo completo della tecnica. In questi casi è preferibile procedere per settori di dimensioni idonee a un controllo ottimale delle operazioni.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'esecuzione del trattamento varia in relazione al materiale cui si applica e al suo stato di conservazione, ma presenta in ogni caso elementi comuni, di seguito sinteticamente riassunti. Prima di dare inizio ai lavori, è anzitutto opportuno eseguire alcune prove su porzioni campione del manufatto da consolidare, al fine di determinare la quantità di materiale occorrente e di verificare la riuscita del trattamento e l'effettiva profondità di impregnazione.

Al momento dell'applicazione del prodotto consolidante prescelto, la superficie del manufatto da trattare dovrà essere perfettamente pulita, in modo che la penetrazione della sostanza non sia ostacolata o impedita dalla presenza di polvere, materie grasse o altre impurità e il prodotto sarà applicato direttamente su di essa, una volta che sia perfettamente asciutta.

Oltre che dalla pulitura, l'operazione di consolidamento è preceduta talvolta anche da un eventuale preconsolidamento, teso a evitare che scaglie, frammenti o porzioni di finiture superficiali siano rimossi dall'azione abrasiva esercitata dal pennello durante la stesura del consolidante e, quindi, solo se le condizioni di conservazione della superficie da trattare lo richiedono.

L'impregnazione può essere eseguita con stesure successive del prodotto a pennello, oppure utilizzando un rullo, fino a ottenere la saturazione del manufatto e la sua totale impregnazione con la sostanza consolidante (ossia, come si suole dire, fino "a rifiuto"). Inoltre, è opportuno occludere gli eventuali fori, le fessure e le discontinuità esistenti sulle superfici, utilizzando un materiale che non interferisca con il consolidante o con il suo solvente, soprattutto quando si stia trattando un manufatto che presenti particolari finiture, in modo da evitare pericolose fuoriuscite e colature del consolidante e danni indesiderati.

Per consentire la fuoriuscita dell'aria dall'interno dei fori e delle discontinuità presenti nel manufatto, e per ottenere quindi una buona penetrazione e un'uniforme distribuzione del prodotto applicato, è consigliabile che la sua stesura proceda per zone di limitata estensione, e non interessi contemporaneamente l'intera superficie del manufatto.

Per oggetti mobili o smontabili, di pietra o lignei, di piccole e/o medie dimensioni, si può procedere con l'impregnazione per immersione. Se previamente si fosse fatto ricorso ad una pulitura che abbia richiesto l'impiego dell'acqua, prima di consolidare si deve procedere all'essiccazione degli elementi, utilizzando una corrente continua d'aria calda, allo scopo di eliminare possibili tracce di umidità rimaste nella pietra (o nel generico materiale) poiché esse potrebbero impedire che la resina impregni in modo uniforme il manufatto, pregiudicando l'efficacia del trattamento ([fig. 1](#)).

In seguito, si introducono gli oggetti in vasche di acciaio inox, facendo lentamente penetrare al loro interno la soluzione consolidante, finché questa non li ricopra totalmente.

Durante la fase di impregnazione, i recipienti devono essere tenuti costantemente chiusi, per evitare l'evaporazione del solvente, fenomeno che provocherebbe l'aumento della viscosità della soluzione, rendendo più difficoltosa la sua penetrazione all'interno dei manufatti; per coprire le vasche, si può utilizzare un foglio di polietilene termosaldato.

Infine, tolti gli oggetti dai recipienti, si eliminano gli eccessi di resina e le impurità residue presenti sulle loro superfici tramite solventi a basso punto di ebollizione, per non alterare le tonalità di colore dei materiali.

Perché l'operazione sia completa e si possa ottenere una diffusione omogenea del consolidante all'interno del manufatto, oltre che un contatto efficace tra il materiale da consolidare e la resina, occorre lasciare l'oggetto immerso per circa una o due settimane, tenuto conto della porosità e delle dimensioni dell'oggetto medesimo ([fig. 2](#)). Una variante del consolidamento per immersione è l'impregnazione a tasche, che consiste nel riprodurre in cantiere le stesse condizioni sperimentate in laboratorio, confinando perciò il sistema costituito dalla pietra e dal consolidante con una barriera stagna; in tal modo si viene a creare una camera in cui la resina può penetrare per azione capillare. Per superfici piate si applicano delle tasche di cellophane incollate con alcol polivinilico, mentre per parti a rilievo s'impiegano, in genere, tasche di carta e gesso. Nelle tasche così applicate va versata la soluzione di resina e man mano che la resina è assorbita dalla pietra, se ne aggiunge dell'altra fino a rifiuto ([fig. 3](#)). Una volta che la resina sia stata totalmente assorbita dalla pietra, in genere dopo 7/10 ore, si tolgono le tasche e si ricopre il manufatto con cellofan per isolarlo dall'atmosfera, tenendolo così per almeno dieci giorni. A operazione conclusa, la pietra è diventata più forte e compatta ([fig. 4](#)).

Nel caso in cui si debba consolidare un manufatto lapideo, la cui superficie sia particolarmente degradata, si esegue una velatura provvisoria della zona interessata, utilizzando fogli di carta giapponese fissata con resina acrilica (Paraloid B72) in soluzione al 20% entro un diluente nitro, per passare poi alla rimozione degli strati d'alterazione sovrapposti al materiale lapideo, ricorrendo a miscele solventi mantenute a contatto della superficie con impacchi di pasta di cellulosa (v. [PLT20 - Pulitura con impacchi di carbonato d'ammonio](#)).

A pulitura ultimata, si rimuove la velatura di protezione utilizzando impacchi di attapulgitte con diluente nitro, applicati più volte, lasciati a contatto della superficie fino a completo essiccamento e rimossi con un pennello morbido. Queste applicazioni consentono una parziale estrazione delle polveri sospese e degli agenti inquinanti infiltratisi tra una "sfoglia" e l'altra della pietra. Dopo tali operazioni, si procede al lavaggio finale del manufatto eseguito con acqua deionizzata. Inoltre, può essere necessaria un'ulteriore fase di consolidamento delle zone esfoliate eseguita con l'applicazione di malta idraulica stesa con un

pennello morbido. La malta, miscelata con acqua di calce e di consistenza cremosa, riempie tutte le cavità e le fessure della superficie trattata e, durante la fase d'essiccamento, l'impasto in eccesso è rimosso mediante lavaggio con una spugna umida.

Quest'operazione di consolidamento è ripetuta più volte, fino a ottenere un riempimento soddisfacente delle cavità e delle discontinuità esistenti sulla superficie del manufatto (fig. 5, fig. 6). Poiché le sostanze impregnanti si applicano su fondi asciutti, è opportuno, dopo la pulizia, attendere che le superfici traspirino e riacquistino la loro naturale capacità di assorbimento.

Se la pietra da consolidare è ad esempio un'arenaria, l'impregnazione è più efficace se eseguita tamponando con un pennello la sua superficie previamente coperta con fogli di carta giapponese. L'operazione deve essere ripetuta più volte (in genere 5), alternandola ad applicazioni di solvente puro (clorotene) per facilitare la penetrazione del prodotto prescelto.

In genere, questa tecnica è utilizzata per consolidare manufatti con superfici già sottoposte a pulitura, e tuttavia, prima di procedere al consolidamento definitivo, è sempre necessaria un'ulteriore leggera pulitura eseguita con pennelli a setole morbide per asportare polvere e depositi incoerenti. Per zone sufficientemente compatte o poco porose, si può impiegare anche l'acqua, mentre eventuali piccoli residui di depositi superficiali più aderenti, devono essere rimossi con bisturi a lama flessibile.

Se lo scopo dell'applicazione è quello del preconsolidamento, o del consolidamento di superfici non ancora trattate con procedimenti di pulitura, può essere utile individuare aree degradate o fessure nascoste al di sotto di eventuali croste nere, spruzzando la superficie con clorotene, dal momento che il solvente che vi penetra ha la capacità di evaporare più lentamente rispetto a quanto avviene sul resto della superficie.

Successivamente, si passa alla fase del consolidamento vero e proprio, applicando la sostanza prescelta (di solito una resina) direttamente a pennello, in più mani o con la tecnica della tamponatura (fig. 7).

Per il cotto decoeso ma anche per molte pietre e materiali lapidei in genere, ad esempio, il consolidante più idoneo, e frequentemente utilizzato per restituire ai manufatti la compattezza perduta, è il silicato di etile, composto da esteri etilici dell'acido silicico che, sciolti in particolari solventi, ne consentono un assorbimento ottimale, tramite i capillari del materiale lapideo, sino al raggiungimento del nucleo sano della pietra. A seguito di una reazione che ha spontaneamente luogo a contatto con l'umidità atmosferica, il composto si trasforma in silice, molto compatibile e aderente con il materiale siliceo naturalmente contenuto nei laterizi, e libera esclusivamente prodotti secondari volatili assicurando una forte riadesione dei loro grani decoesi dai processi di degrado. L'impiego del silicato di etile garantisce inoltre un'impregnazione senza formazione di effetti filmogeni, assicurando al termine una buona permeabilità al vapore dei materiali trattati e non comporta variazioni delle loro caratteristiche cromatiche.

Se nei manufatti trattati sono presenti fessure e scaglie in procinto di staccarsi e cadere, occorre creare una sorta di ponte di collegamento tra i vari elementi separati, cosa che il silicato di etile non può realizzare: si può allora procedere con impregnazioni di resina acrilica, particolarmente adatta per il consolidamento delle ceramiche. Le resine acriliche realizzano, infatti, un soddisfacente miglioramento delle qualità meccaniche del materiale ceramico e presentano i vantaggi della solubilità in percentuali desiderate e reversibilità.

Se il corpo ceramico è compatto, è sufficiente utilizzare una percentuale di resina diluita al 3%, se poroso al 5%, se molto dsgregato anche all'8-10%, tenendo presente che meno la soluzione consolidante è concentrata, più penetrerà in profondità nel corpo trattato. Si possono anche eseguire consolidamenti in fasi successive, variando le concentrazioni di resina nel solvente, a partire naturalmente da quelle minori. I solventi più utilizzati, in questi casi per diluire le resine consolidanti, sono l'acetone, il tricloretoano, il diluente nitro, in ordine di rapidità d'evaporazione;

questa caratteristica è, infatti, soprattutto utile in determinate situazioni, ad esempio, quando si vuole o non si vuole che la soluzione penetri all'interno del corpo ceramico.

Anche per la pietra, il silicato di etile è un consolidante molto efficace, non altera il colore naturale del materiale trattato ed è generalmente applicato a pennello, con passaggi successivi; ha una buona capacità di penetrazione e non genera quindi croste superficiali dure e compatte, che tenderebbero con il tempo a staccarsi danneggiando il manufatto.

Tra le resine acriliche, uno dei prodotti più utilizzati è il Paraloid B72, disponibile sotto forma di piccoli grani e diluibile in più di un solvente. Esso è diffusamente impiegato per il consolidamento del legno, materiale per il quale non sembrano essersi trovati fino ad ora sostituti convincenti, anche se sono stati sperimentati altri prodotti a base di lignina, sostanza che costituisce l'"impalcatura" strutturale di ogni materiale legnoso.

Dal momento poi che si è rilevato come nel tempo le resine acriliche non diano buone garanzie di resistenza all'acqua su superfici fittili, sono generalmente applicate miscele di resine acril-siliconiche con funzione consolidante e protettiva. Queste miscele sono particolarmente indicate, grazie alle loro spiccate qualità idrorepellenti, per il consolidamento e la protezione di materiali porosi e degradati entro i quali penetrano utilizzando il solvente come mezzo di trasporto, e realizzano il consolidamento dopo l'evaporazione del solvente e l'essiccamento della parte resinosa.

Per superfici marmoree, il consolidante in genere più utilizzato è il Paraloid-silicone, disponibile in commercio e costituito da 15 parti di Paraloid B72 al 30% in "diluente nitro" (solvente costituito essenzialmente di toluolo-xilolo nel rapporto 1 a 1), 5 parti di silicone Dri Film 104 al 70% in *white spirit*, 40 parti di clorotene e 40 parti di acetone. Il prodotto, per la sua bassa viscosità, può raggiungere una profondità di impregnazione anche di 4-5 cm e, in genere, il materiale consolidato presenta un deciso miglioramento delle proprie caratteristiche meccaniche, una buona idrorepellenza superficiale e una spiccata resistenza agli

agenti atmosferici aggressivi. Un'altra caratteristica di questo tipo di composto è che, dopo la polimerizzazione, esso resta solubile in solventi organici. La solubilità a distanza di tempo è peraltro un requisito di grande importanza che consente di non precludere ulteriori operazioni future, compresa la pressoché totale rimozione e l'esecuzione di altri trattamenti consolidanti. Inoltre, il composto citato non dà luogo a quell'ingiallimento, normalmente dovuto all'esposizione ai raggi ultravioletti, che caratterizza altri prodotti, e lascia quindi inalterato il colore naturale delle superfici trattate.

Se la pietra presenta poi segni di sfaldature, distacchi o altri fenomeni di disgregazione superficiale, si interviene normalmente alternando applicazioni di Paraloid-silicone a impacchi a base di carbossimetilcellulosa, lasciando asciugare ogni volta la resina, eliminandone l'eventuale eccesso con clorotene e lavando le superfici trattate con acqua, dopo ogni impacco.

Il prodotto acril-siliconico è peraltro indicato anche per consolidare pietre poco compatte, la cui naturale porosità comporta spesso sfaldature, fessurazioni e persino rotture.

Nel caso si rilevi la presenza, nei manufatti da consolidare, di microfessure ed esfoliazioni della pietra, si può impiegare nel trattamento anche malta costituita da calce idraulica, inerte (in genere: polvere di marmo e sabbia grigia di fiume) e acqua di calce (v. INT12 - Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta) (fig. 8, fig. 9).

I prodotti contenenti silicone sono molto efficaci, tanto come consolidanti quanto come protettivi, poiché limitano l'ingresso dell'acqua all'interno dei manufatti da consolidare e l'attacco solforico alle loro componenti materiali. Il trattamento eseguito con questi prodotti è inoltre particolarmente duraturo, perché essi non formano uno strato superficiale completamente impermeabile e, inoltre, se correttamente applicati, possono penetrare molto a fondo all'interno dei manufatti trattati. Il principale svantaggio che comporta l'impiego di consolidanti contenenti silicone è invece rappresentato dalla loro tendenza a scurire la pietra

trattata. Lo scurimento non è dovuto al colore del liquido impiegato, essendo quest'ultimo incolore, ma, piuttosto, agli effetti di rifrazione e riflessione della luce che esso possiede e che risultano diversi rispetto a quelli propri della superficie della pietra non trattata. Per superare tale inconveniente, si può tuttavia procedere con una leggerissima abrasione della superficie, seguita da un trattamento con solvente (toluolo) che ha l'effetto di eliminare l'eccessivo schiarimento



provocato dall'abrasione, poiché riscioglie e rende omogenea la distribuzione della resina consolidante in superficie. In questo modo, la pietra riacquista il suo colore originale. Un altro metodo per evitare lo scurimento della pietra è quello di diminuire la concentrazione della resina in superficie, mediante applicazioni di solvente puro.

Un ulteriore prodotto consolidante, impiegato per le sue capacità di penetrazione e per la sua facilità di applicazione, è l'estere dell'acido silicico, diluito in una miscela di solventi paraffinici alifatici; esso è applicato a pennello in più mani, con rapporti di concentrazione via via più elevati. Efficaci sono anche i prodotti a base di silicato di etile e i silossani, in quanto non generano sottoprodotti di reazione pericolosi (come i sali solubili) e non alterano il materiale consolidato. In genere tali prodotti vengono impiegati in diluizione molto alta per avere un maggior assorbimento, per consolidare strati superficiali di pochi millimetri. L'applicazione avviene a spruzzo, utilizzando una pistola che distribuisce uniformemente il consolidante sulla superficie, avendo contemporaneamente cura di asportare con un tampone la resina in eccesso. L'applicazione va protratta sino a rifiuto della resina (fig. 10).

La tecnica è consigliabile solo in condizioni favorevoli di temperatura e di ambiente (tra i 10 °C e i 25 °C) in quanto tale clima permette l'insorgere della reazione di silicizzazione all'interno della pietra, con formazione di silicato di calcio insolubile e notevolmente compatto. I tempi per il completamento della reazione sono di circa un mese, e in questo lasso di tempo il manufatto non necessita di particolari accorgimenti e cure, poiché la superficie lapidea è già idrorepellente e può restare esposta alle intemperie.

A reazione avvenuta il materiale mostra un leggero imbianchimento superficiale dovuto al deposito di sali in eccesso (che sono asportati facilmente con delle spugne) e testimoniano l'avvenuta reazione chimica all'interno del materiale.

Per migliorare le caratteristiche di penetrabilità del prodotto si possono impiegare dei "spruzzatori", poiché questi creano un fronte di resina discendente (fig. 11). La difficoltà, però, di tale applicazione risiede nella distribuzione del consolidante, che non è omogenea, soprattutto su superfici non lisce; inoltre, lo spruzzo non riesce a bagnare in quantità sufficiente la pietra.

Nelle zone particolarmente degradate e fessurate, in cui è necessaria una maggiore penetrazione e un maggior contatto con il prodotto, è preferibile l'applicazione a pennello o a percolazione ripetuta fino a rifiuto. L'impregnazione dei prodotti a base di silicato di etile e silossani avviene gradualmente, con applicazioni a pennello alternate a passate di solo solvente, evitando stratificazioni del consolidante sulla superficie del materiale e operando, nelle 24 ore, con un appropriato solvente, per eliminare gli eccessi di resina in superficie (fig. 12).

Dopo la fase di impregnazione può infine seguire quella della stuccatura eseguita con polvere dello stesso litotipo e un'emulsione acrilica disciolta in acqua, con successiva protezione mediante applicazione a pennello, stesa con più mani, del prodotto prescelto.

L'impregnazione a pennello è inoltre spesso adottata per consolidare anche superfici dipinte o variamente finite. Il prodotto impiegato è in questi casi costituito quasi sempre da una soluzione al 2% di Paraloid B72 in tricloretoano, applicata in due mani successive, sulle aree dove sono presenti fenomeni di decoesione delle pellicole pittoriche.

Nel caso si applichi l'impregnazione per percolazione, si fa scorrere la resina sulla superficie da trattare, secondo un flusso lento generato da un diffusore posto a contatto con la superficie del manufatto.

Il diffusore costituito da una serie di pennellesse o di tamponi in cotone, è alimentato direttamente da un contenitore di resina cui è connesso attraverso tubi di plastica.

La quantità di consolidante che fluisce dai diffusori è regolata dalla pinza di Offmann situata nella parte terminale del tubo, al di sopra del diffusore (fig. 13). Il prodotto consolidante in eccesso è raccolto da una specie di grondaia ed è, in seguito, rimesso in ciclo.

A trattamento concluso, si eliminano gli eccessi di consolidante, utilizzando un opportuno solvente o, nel caso si siano utilizzate emulsioni acquose, si lava la superficie con un getto d'acqua. La rimozione degli eccessi di prodotto consolidante è necessaria per evitare la formazione di indesiderate pellicole superficiali che possono ridurre la permeabilità al vapore dell'oggetto o conferire alla sua superficie una lucentezza innaturale, e il prodursi di localizzati sbiancamenti, soprattutto qualora si sia impiegata una resina acril-siliconica per migliorare le caratteristiche meccaniche e d'idrorepellenza del materiale o il tipico "effetto bagnato".

Dopo il completo essiccamento (che richiede circa 12 ore), la superficie del manufatto trattato risulta perfettamente consolidata ma, talvolta, può presentare un leggero mutamento di colore, con un tono più chiaro rispetto a quello delle parti non trattate.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nel caso si debbano consolidare manufatti costituiti da materiali porosi e caratterizzati da superfici con croste parzialmente distaccate a sfoglie più o meno sottili, è utile eseguire in primo luogo un loro preconsolidamento. Esso consiste nel bagnare la superficie con uno spray finissimo di una miscela di due resine, una acrilica (Paraloid B72 al 30% in solvente nitro) e una siliconica (silicone Dri Film 104 al 70% in solvente organico) diluite in clorotene nelle percentuali di 10%, 10% e 80%. Tale trattamento è perfettamente reversibile anche dopo la polimerizzazione, cioè nuovamente solubile nello stesso solvente. In questo modo si fissano preventivamente le sfoglie e le scaglie in via di distacco dalla superficie del manufatto; quindi si ricopre l'intera zona da trattare con fogli quadrati, di 3-4 cm di lato, di carta giapponese, incollandola con una soluzione acquosa al 3% di un alcool polivinilico. Si asciuga poi, con un flusso d'aria calda, la superficie trattata e si cerca di essiccare il più possibile la pietra, per eseguire una impregnazione e un consolidamento profondi. L'impiego di soluzioni a concentrazioni man mano crescenti, o un leggero riscaldamento della soluzione o dell'oggetto, facilitano inoltre la diffusione del consolidante all'interno del manufatto da consolidare.

In genere, tuttavia, l'applicazione del prodotto consolidante a pennello "fino a rifiuto", e quella "a spruzzo", sebbene si possa cercare di migliorare la profondità di penetrazione del consolidante giocando su un impiego di soluzioni inizialmente molto diluite e poi sempre più concentrate, non forniscono sufficienti garanzie di buona penetrazione del consolidante e, quindi, di efficacia del trattamento.

Affinché il processo di consolidamento sia ben condotto è invece necessario che l'impregnazione sia omogenea e ben distribuita anche in profondità, al fine di non determinare un ripristino della coesione del manufatto solo parziale o localizzato in alcune aree del manufatto o in prossimità della sua superficie esterna.

L'impregnazione per pennellatura, quindi, non sempre è sufficiente e, soprattutto sui materiali poco porosi, essa consente una penetrazione limitata del consolidante, con il risultato che il suo residuo secco vada a collocarsi esclusivamente nello spessore della pietra già in fase di distacco, peggiorando le condizioni di partenza poiché favorisce il distacco definitivo tra la parte sana e quella resa salda dal trattamento ma non riancorata alla prima.

Dal momento che la penetrazione è in rapporto alla viscosità del consolidante, conviene quindi utilizzare prodotti molto diluiti o, meglio, caratterizzati da basse viscosità. È inoltre buona norma stendere il prodotto in più mani successive, delle quali la prima molto diluita, per favorire la sua penetrazione nel manufatto in profondità e, poi, utilizzando concentrazioni di resina via via crescenti.

Nei casi in cui si hanno elementi smontabili e/o elementi di piccole dimensioni, è preferibile intervenire con l'impregnazione per immersione o a tasche.

Nei materiali lapidei, l'impregnazione per immersione può essere impiegata per creare una sorta di rigenerazione strutturale tramite mineralizzazione indotta. Il trattamento di mineralizzazione indotta consiste nell'immergere la pietra in una soluzione di silicato sodico; a impregnazione conclusa si procede a un'essiccazione in corrente di anidride carbonica satura di umidità, per favorire la reazione del silicato sodico, il quale, con l'acido carbonico, produce carbonato sodico e acido silicico. Quest'ultimo condensa sotto forma di gel, costituito da acidi silicei polimerizzati, e penetra negli interstizi della pietra degradata, riducendone la porosità.

È in ogni caso opportuno che il consolidante non riempia ed occluda totalmente i pori del materiale soggetto a impregnazione, a evitare inconvenienti di varia natura, tra i quali: gli stress meccanici tra parti a diversa concentrazione di consolidante; l'impossibilità di rimuovere la sostanza consolidante, se ve ne fosse la necessità, per via della difficoltà del solvente a raggiungere tutto il prodotto assorbito. A questi inconvenienti, si aggiunge la diminuzione della permeabilità al vapore e all'aria delle parti impregnate rispetto a quelle non raggiunte dal consolidante. Non si deve poi dimenticare che l'impregnazione totale porta anche ad un eccessivo snaturamento dell'opera, mutando in modo rilevante le caratteristiche del materiale.

Si dovrebbe, per questo, poter impiegare sostanze che rivestano solamente i pori del materiale, senza occluderli.

Per i manufatti lignei, è opportuno impiegare sostanze con caratteristiche meccaniche abbastanza simili a quelle del legno e che, in particolare, non siano rigide, perché, durante il trattamento, la penetrazione non è mai del tutto omogenea e potrebbero crearsi, in seguito, tensioni nelle zone di delimitazione fra il legno consolidato e quello non raggiunto dal consolidante (tenuto conto che il legno assorbe o rilascia umidità in relazione alle condizioni termo-igrometriche dell'ambiente in cui si trova).

Di seguito è riportata una variante della tecnica, impiegata specificamente per il consolidamento del legno e basata sull'impregnazione con cere miste a resine.

1. Per il consolidamento con cera vergine mista a resina (al 50%), l'impregnazione avviene immergendo l'oggetto completamente nel bagno consolidante.
2. Quindi, si aumenta gradualmente la temperatura, favorendo la fuoriuscita dell'aria dai pori aperti del materiale e la sua sostituzione con la miscela consolidante. La temperatura del bagno oscilla tra i 105 e i 120 °C, per assicurare l'eliminazione completa di qualsiasi traccia di umidità presente nel manufatto. La durata dell'immersione dipende dal tipo di legno e dalle dimensioni del pezzo.
3. A impregnazione avvenuta, si estrae il manufatto dal bagno consolidante. Si tratta di un momento delicato, in quanto l'aumento di peso dell'oggetto, insieme alla sua perdurante fragilità, può causare fratture, in special modo alle parti a sbalzo, come le braccia di una statua. Per evitare danni in fase di rimozione dal bagno consolidante, il manufatto va perciò posto, prima dell'immersione, su una struttura di appoggio rigida che permette la successiva manovra di rimozione senza contatti diretti tra operatore e oggetto.
4. Dopo l'estrazione dal bagno, il manufatto è posto su un graticcio per favorire l'allontanamento, per gravità, del consolidante in eccesso.
5. Si strofina, infine, la superficie dell'oggetto con un panno imbevuto di trementina e si rimuovono, prima che solidifichino, eventuali colature della miscela consolidante. Il tempo di impregnazione varia considerevolmente con le dimensioni dell'oggetto e con le proprietà dei consolidanti utilizzati, ma in genere è compreso tra le 24 e le 72 ore.

Un difetto di questo metodo è costituito dal fatto che la cera tende ad affiorare migrando dall'interno del manufatto verso l'esterno, e ad accumularsi sulla sua superficie, rendendola appiccicosa e predisposta all'accumulo di depositi indesiderati. A tutto ciò si aggiungono alcuni inconvenienti, tra cui lo scarso potere di penetrazione delle cere sintetiche e la necessità di ricorrere a solventi organici per diluirle e per rimuoverle.

Un altro aspetto, di cui tener conto nel consolidamento del legno attuato con questo metodo, riguarda gli stress indotti nel materiale dall'operazione di impregnazione; infatti, l'assorbimento della soluzione consolidante provoca un rigonfiamento delle fibre del legno, mentre l'evaporazione del solvente causa spesso un ritiro altrettanto pericoloso. I sistemi che non fanno uso di solventi non creano in genere fenomeni di ritiro (si tratta in questi casi di resine epossidiche o di poliesteri), eccettuati i materiali volatili. Si ritiene, invece, che la colla di coniglio o di PVA e le resine resorcinol-formaldeidiche creino tensioni nel legno nella fase di evaporazione del solvente.

Una variante del metodo a tasche impiegata per manufatti lapidei, consiste nello stendere sulla superficie della pietra uno strato di materiale bagnato (tessuto di cotone) sul quale spalmare un lattice di gomma naturale.

La gomma, polverizzando, s'indurisce e acquista le caratteristiche richieste dalla tasca, che sono di distribuire il liquido anche nelle parti più nascoste e difficili da raggiungere, non accessibili con un sistema a caduta.

L'impregnazione a tasche è un metodo che si è evoluto di pari passo con l'introduzione di nuovi prodotti e si è passati dalle tasche in polietilene a tasche chiuse con particolari guarnizioni in poliuretano.

La scelta del solvente più idoneo per la diluizione della resina consolidante è in funzione delle condizioni operative. Così, durante i periodi molto caldi, è sconsigliato l'impiego di solventi molto volatili, in quanto essi creano situazioni impreviste e difficilmente controllabili. Un'evaporazione troppo veloce del solvente, infatti, determina il trasporto meccanico del soluto verso l'esterno, vanificando la possibilità di stabilire un legame effettivo tra il materiale alterato e quello integro.

È infine fondamentale assicurare una certa porosità residua allo strato consolidato, al termine del trattamento, per permettere alla pietra di "respirare", lasciando evaporare l'acqua che si può trovare in profondità al suo interno, alla ricerca del necessario equilibrio tra manufatto e ambiente, ed evitando che, allo stato liquido, essa possa filtrare all'interno dei manufatti innescando altri processi di degrado.

L'efficacia di un consolidamento attuato con prodotti chimici diversi, è stata valutata in relazione a campioni di una arenaria calcarea fossilifera (Pietra di Finale) da Rossi Manaresi e altri con risultati riportati nella tab. 1.

PRODOTTO	PRODUTTORE	NATURA CHIMICA	AUMENTO IN PESO DELLA PIETRA TRATTATA (%)	RISULTATI OSSERVAZIONI AL SEM
Rhodorsil 11309	Rhône Poulenc	Metil fenil polisilossano 10% in toluene	0,65	Penetra in profondità formando un film spesso e continuo, svolgendo un'azione consolidante e idrorepellente
Silane-Z-6070	Dow Corning	Metil trimetossi silano non diluito	0,12	Buona penetrazione ed effetto idrorepellente, lo spessore del film è molto ridotto e non riesce a sviluppare un'azione consolidante
Dri Film 104	General Electric	Metil alcossi silano prepolimerizzato 7% in una miscela di solventi: 10% xilene-toluene, 90% acetone - 1,1,1 tricloroetano	0,47	Distribuzione del prodotto discontinua e penetrazione insufficiente
Paraloid B-72	Rhöm & Haas	Copolimero metilacrilato-etilmetacrilato <hr/> I° Trattamento 10% in una miscela di solventi: 66,7 acetone - 1,1,1 tricloroetano, 33,3% xilene-toluene <hr/> II° Trattamento solvente puro - acetone - 1,1,1 tricloroetano <hr/> III° Trattamento Copolimero in soluzione al 5%	0,52	Distribuzione del prodotto discontinua e penetrazione insufficiente
Safe Stone	Sinco Mec kolor	Copolimero metilmetacrilato-butilmetacrilato <hr/> I° Trattamento 30% in <i>white spirit</i> <hr/> II° Trattamento 15% in <i>white spirit</i>		Buon effetto consolidante e idrorepellenza nulla

Tabella 1 • Comparazione di prodotti consolidanti e idrorepellenti usati per il trattamento della pietra di Finale.

Non esistono prodotti consolidanti o protettivi che siano adatti a tutti i materiali e applicabili in tutti i casi. Ogni intervento va studiato separatamente prendendo in considerazione le caratteristiche fisiche del litotipo da trattare, il suo eventuale stato di alterazione, i meccanismi di degrado in atto e le caratteristiche dell'ambiente in cui è collocato il manufatto.

La scelta del prodotto più adatto può essere coadiuvata da prove di laboratorio. La Commissione Normal ha elaborato una metodologia per la valutazione dell'efficacia dei trattamenti protettivi che prevede la raccolta dei seguenti dati:

— dati cromatici tramite la comparazione con le Munsell Soil Chart o mediante colorimetro;

- quantità di acqua assorbita per capillarità;
- quantità di acqua assorbita a bassa pressione;
- quantità di acqua assorbita per immersione totale;
- permeabilità al vapore;
- idrorepellenza superficiale;
- determinazione della profondità di penetrazione del prodotto mediante osservazioni al SEM.

Nel caso riportato in tabella, la penetrazione dei prodotti è stata valutata tramite osservazioni al SEM e misure della variazione di peso di campioni 5 × 5 × 5 cm di pietra impregnati per risalita capillare. È stato scelto questo tipo di prova perché la pietra di Finale è una biocalcarenite molto eterogenea, caratterizzata da parti porose e parti compatte, per la quale sarebbe stato difficile valutare gli effetti di consolidamento tramite misure di assorbimento. [Rielaborazione di C. Arcolao della tabella XLVIII, p. 294 di G.G. Amoroso, M. Camaiti, *Scienza dei materiali e del restauro*, Firenze, Alinea, 1997.]

## ESPERIENZE

Tramutola (PZ), altare ligneo della chiesa del Rosario. Consolidamento con Paraloid B72.

Martina Franca (TA), pulpito e altare della chiesa di S. Antonio ai Cappuccini. Consolidamento con acetato di vinile sciolto in alcol.

Pieve di Cercina, statua lignea di *Nostra Donna*. Consolidamento con resina Elvacite 2044 sciolta nel diluente dell'antiparassitario Xilamon.

Napoli, portone ligneo di epoca angioina della chiesa di S. Antonio Abate. Consolidamento con Paraloid B72 al 10% in acetone con impregnazioni ripetute e successivo avvolgimento in teli di polietilene per evitare una rapida evaporazione del solvente.

Roma, seggioloni del Finimento Pisani, palazzo del Quirinale. Impregnazione della struttura lignea con Paraloid B72 diluito al 12% in diluente nitro. Montalcino, polittico conservato presso il Museo civico e diocesano d'arte sacra. Impregnazione con Paraloid B72 con diluizione variabile tra il 5 e 10% in diluente nitro.

Genova, chiesa di S. Matteo. Consolidamento della pietra di Promontorio con resina data a spruzzo.

Vezzolano, restauro delle arenarie di facciata della chiesa abbaziale. Consolidamento dei capitelli, sculture aggettanti, cornici, mediante applicazione a spruzzo di silicato di etile in soluzione.

Milano, restauro dei paramenti lapidei del palazzo dei Giureconsulti. Consolidamento dei paramenti dei lati del palazzo, delle colonne del portico con silicato di etile applicato a pennello, a spruzzo e ad impacco, 1987-1990;

Firenze, stazione di S. Maria Novella. Consolidamento delle facciate in pietra forte (gialla di Firenze) con prodotto a base di silossani ed esteri silicici applicato a spruzzo;

Milano, facciata chiesa della Certosa. Tasche modulari impiegate per le coppie dei capitelli binati del primo ordine.

Trento, campanile della chiesa romanica di S. Antonio a Pomarolo. Impregnazione colonna in pietra a tasche con silicato di etile.

Padova, Museo Civico. Consolidamento per immersione (una settimana) degli stemmi nobiliari e delle lapidi conservate presso il museo e loro ricollocazione in sede con sostegni in Teflon.

Agrigento, teatro di Eraclea. Consolidamento per immersione di alcuni elementi lapidei (trattamento di mineralizzazione indotta).

Napoli, chiesa di S. Antonio Abate. Alcuni elementi del portone angioino della chiesa, staccatisi dal supporto, sono stati consolidati per immersione.

Padova, archi interni della Loggia del Cornaro. Consolidamento della pietra, per percolazione continua fino a rifiuto, eseguita con resina siliconica diluita al 15% in solvente.

Cagliari, chiesa della Purissima, 2010. Consolidamento mediante impregnazione a pennello sino a rifiuto di silicato di etile.

La Spezia, palazzo Crozza. Consolidamento affreschi murali. La pellicola pittorica è stata fissata con velinature di carta giapponese e applicazione lenta a pennello di resine acriliche. Le parti di supporto prive di pellicole pittoriche sono state consolidate con impregnazione a pennello di silicato di etile.

Terni, Cinta muraria di Amelia, 2010. Consolidamento del paramento murario mediante impregnazione con resine acriliche.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Baroni G. 1986, pp. 257-64; Biscontin G., Cecchi R. 1987, pp. 221-28; Bocchieri F. 1987, pp. 151-54; Carria F. 1994; Conti C. 1986, pp. 765-74; Del Bufalo A. 1992; Delfini G., Cajano E., Mora P., Ruggieri G., Torraca G. 1991, p. 539; Domaslawski W. 1971, pp. 207-11.; Franceschini S., Germani L., *Manuale operativo per il restauro architettonico. Metodologie di intervento per il restauro e la conservazione del patrimonio storico*, DEI, 2010; Gassa L., Sfrecola S. 1991, pp. 715-26; Gnudi C., Rossi Manaresi R., Nonfarmale O. 1979, pp. 69-72; Guarisco G. 1993, p. 31; Plenderleith H. J., Werner A. E. 1986; Perusini G. 1989; Rava A. 1991, pp. 442-46; Rossi Manaresi R. 1976, pp. 123-48; Villa A. 1993, p. 16.



Figura 1 • Essiccazione di colonna in pietra con sistema monitorato di disidratazione a frequenza micro pulsate.



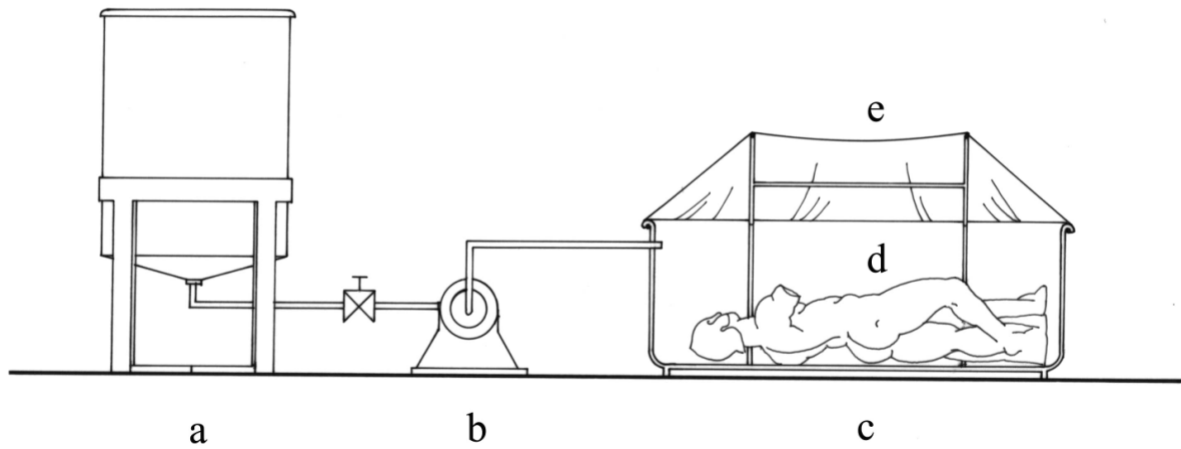


Figura 2 • Schema di impianto per impregnazione a immersione: a) recipiente contenente resina liquida, b) pompa rotativa per resina, c) vasca in acciaio inox, d) manufatto da impregnare, preventivamente pulito ed essiccato per eliminare eventuali tracce di umidità, e) copertura realizzata con un foglio di polietilene termosaldato. (CAF)



Figura 3 • Impregnazione a tasche di colonna in pietra con silicato di etile.

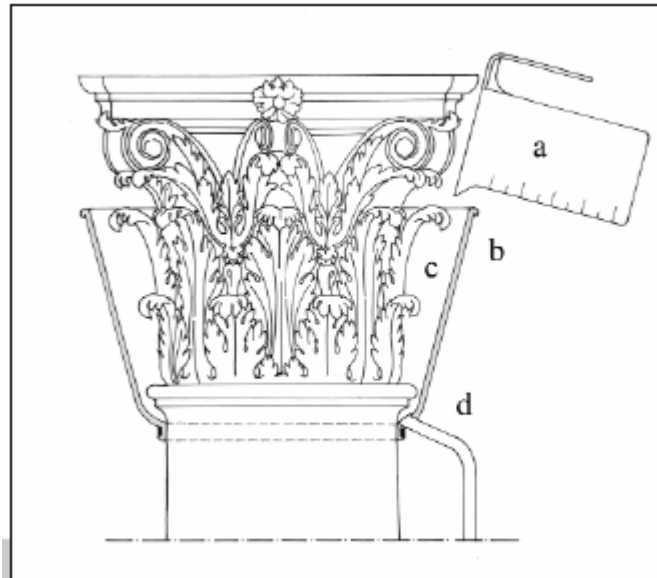


Figura 4 • Schema di impianto per impregnazione a tasche: a) contenitore di resina, b) barriera stagna, c) camera di impregnazione, d) gronda dalla quale percola l'eccesso di resina. (CAF)



Figura 5 • Bagnatura a spruzzo. (OPD)



Figura 6 • Finitura a stucco. (OPD)



Figura 7 • Prima impregnazione. (OPD)



Figura 8 • Prima mano di stucco. (OPD)



Figura 9 • Strati operativi visibili. (OPD)

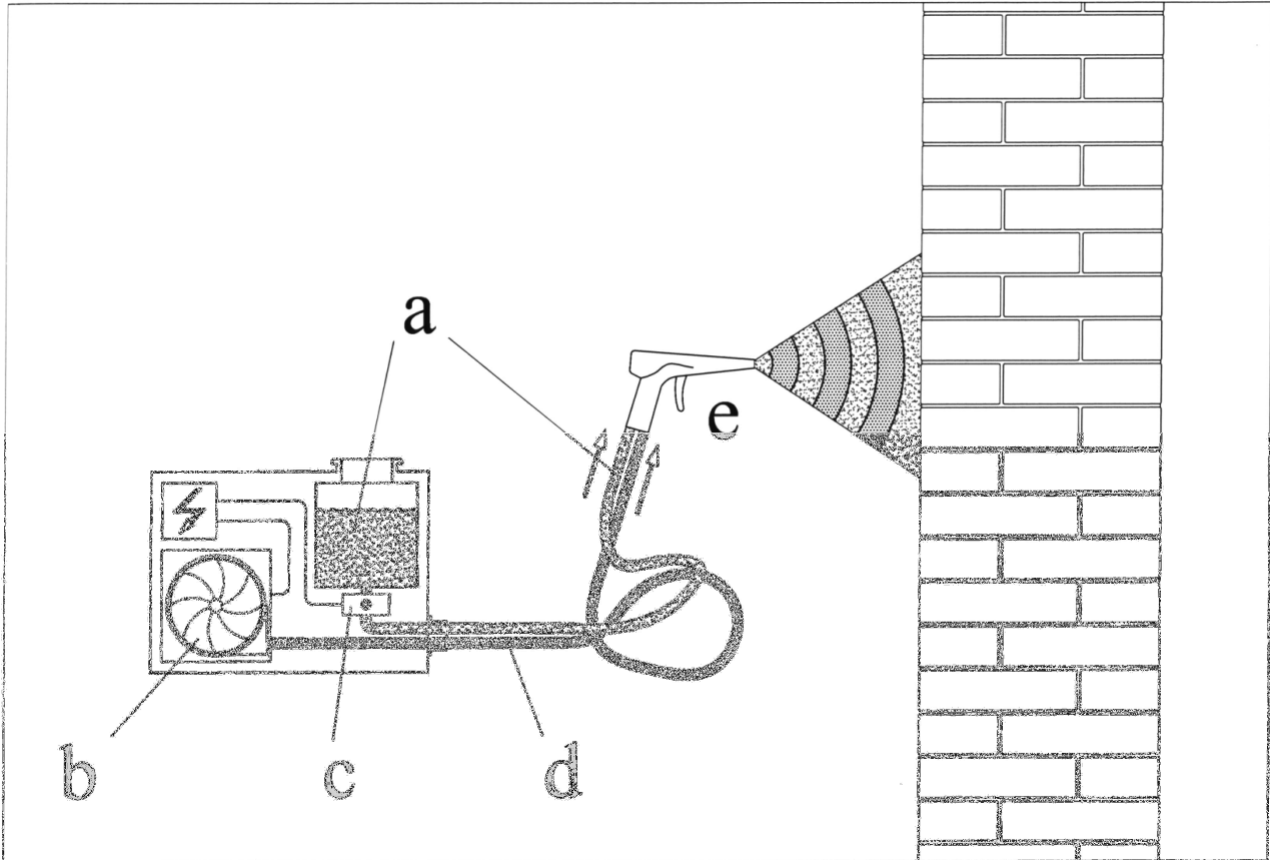


Figura 10 • Schema di dispositivo per impregnazione a spruzzo a bassa pressione. Una pompa alimenta in maniera costante lo spruzzatore di soluzione impregnante che viene polverizzata dalla corrente d'aria a bassa pressione prodotta da un ventilatore: a) soluzione impregnante, b) ventilatore, c) pompa, d) aria a bassa pressione, e) pistola LPA. (CAF)



Figura 11 • Operatore durante il consolidamento.



Figura 12 • Addetto durante l'operazione di stesura del prodotto impregnante. (OPD)

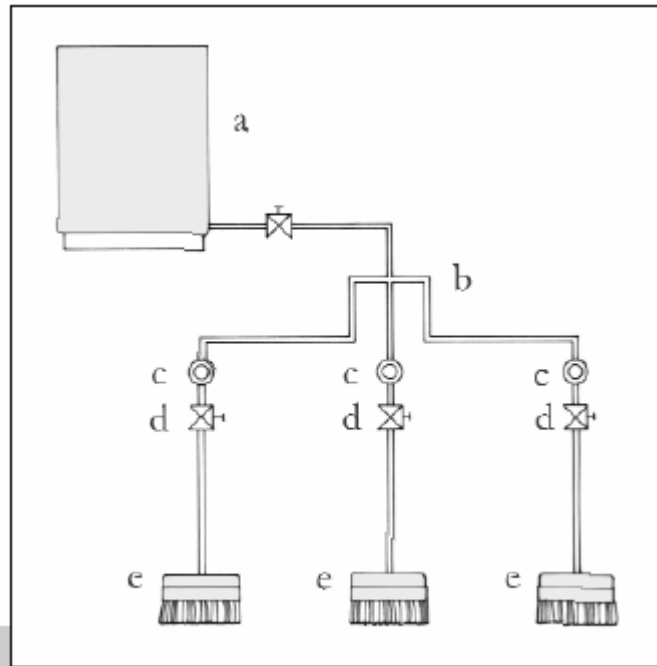


Figura 13 • Schema di impianto di percolazione continua: a) contenitore di resina, b) punto di derivazione di vari diffusori, c) controllo di flusso, d) regolazione di flusso (pinza di Offmann), e) diffusore. (CAF)



**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

L'impregnazione sottovuoto consiste nel creare uno spazio privo di aria, occupato solo da gas con pressione inferiore a quella atmosferica, per impregnare poi, mediante consolidante, manufatti della più svariata natura.

Il metodo è efficace per aumentare la penetrazione del consolidante all'interno di un manufatto, attorno al quale viene creato un vuoto parziale. La minore pressione all'interno di un corpo rispetto all'ambiente esterno contribuisce a una più rapida diffusione di una sostanza liquida o gassosa e a una sua migliore distribuzione, in quanto il fluido, che si trova in equilibrio con l'ambiente e quindi a una pressione maggiore rispetto all'oggetto, tende a occupare tutte le cavità e i pori disponibili per ristabilire l'equilibrio barico tra l'interno e l'esterno.

Il sistema è costituito da un'autoclave, un impianto di pompaggio, un apparato di misura, un complesso di condotti, di giunti e di valvole.

Perciò, l'impregnazione sottovuoto è nata per il consolidamento di oggetti di piccole dimensioni, proprio perché basata sull'impiego dell'autoclave. Con la successiva possibilità di realizzare il vuoto in cantiere, tale tecnica è applicata anche su strutture e manufatti edili, in pietra, in mattone o in c.a.

Quest'ultimo procedimento consiste nell'utilizzo di fogli di polietilene, in alternativa all'autoclave usata nei laboratori. Questo infatti, permette, non essendo vincolato né dalla forma, né dall'estensione del manufatto, grazie alla sua flessibilità, un'impregnazione a costi modesti.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I campi di applicazione della tecnica sono molto vasti e comprendono i ponti in mattoni o in cemento armato, le piste d'atterraggio per aeroporti, le strutture in c.a. gravemente danneggiate, i sottofondi stradali in cemento, le strutture murarie, i campanili, i serbatoi d'acqua ecc.; ma la tecnica è utilizzata anche per impregnare manufatti di particolare pregio quali statue, fregi, decorazioni e bassorilievi, dipinti murali, tele e materiali compositi in stucco o gesso. Recentemente è stata sviluppata la possibilità di eseguire il sottovuoto in situ su bassorilievi marmorei in parete.

Il metodo è valido anche per manufatti lignei di dimensioni contenute che non presentano parti dipinte e che si possano racchiudere in un involucro. Gli oggetti non devono essere eccessivamente degradati e quindi troppo fragili per resistere al sottovuoto, a meno che esso non sia applicato sotto campana di vetro o in altro contenitore rigido, che non subisca deformazioni a causa della pressione esterna.

La scelta della sostanza impregnante (silani, polimeri, resine epossidiche, acriliche, poliesteri, fluorocarburi e diluenti) varia con il tipo di intervento e il materiale da consolidare.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il processo di consolidamento sottovuoto si articola in due fasi: la prima è quella di ottenere il vuoto sfruttando la proprietà della depressione controllata sia all'interno che sulla superficie del manufatto; la seconda è la scelta del consolidante che è in funzione delle caratteristiche dell'oggetto da trattare.

*Manufatti lapidei* Quando si ha a che fare con statue o manufatti che possono essere asportati, l'impregnazione sottovuoto, in genere, si esegue in laboratorio con l'impiego dell'autoclave.

Si pulisce, innanzitutto, la superficie dell'oggetto da consolidare, quindi questo va posto in un'autoclave e si fa il vuoto mediante una pompa. L'operazione deve essere molto lenta per non provocare microfratture da parte dell'aria e dell'acqua che escono dalla pietra. L'oggetto è mantenuto a una pressione iniziale dell'ordine di alcuni millimetri di mercurio (circa 20) per circa 24-48 ore. Con mmHg si indica l'unità di pressione per rilevare la pressione assoluta dei gas residui nell'autoclave e il millimetro di mercurio o "tor" è pari alla pressione esercitata da una colonnina di mercurio alta 1 mm sulla sua base. Quando il materiale ha perso aria e acqua, è nelle condizioni migliori per essere impregnato. Si provvede, quindi, all'immissione di resina, di solito siliconica, ad alta concentrazione (anche 50%); è una caratteristica del metodo la possibilità di usare resine ad alta concentrazione, cioè poco fluide, perché il gradiente di pressione è tale da creare condizioni di completa imbibizione.

Se si è in presenza di una forte percentuale di sali all'interno del manufatto da trattare, l'intervento di consolidamento dovrà essere attivato solo dopo la rimozione dei sali presenti. Il sistema sottovuoto si presta ad una riduzione di sali attivando il sistema e facendo affluire acqua deionizzata in modo da sciogliere i sali e trasportarli attraverso il circuito idraulico, mantenendo sempre e con valori costanti il vuoto ed il circuito del flusso. Successivamente alla fase di desalinizzazione si passa alla asciugatura del manufatto inserendo all'interno del circuito gas di azoto. Infine si può passare alla fase di consolidamento attraverso l'applicazione di un numero di cicli (risalita e scarica) con pompa di tipo passivo fino alla saturazione.

Per i materiali lapidei, i consolidanti più utilizzati sono quelli organici, tra cui le resine acriliche e le siliconiche; per murature in pietra e in mattoni si impiegano anche le resine epossidiche e per i calcestruzzi le resine poliesteri fluide.

Le resine acriliche sono termoplastiche, cioè al di sotto di una certa temperatura sono rigide, mentre al di sopra sono soffici e flessibili. Sono solubili in molti solventi organici e ciò ne permette l'impiego in soluzione (il più usato è il Paraloid B72).

Inoltre, poiché non subiscono ulteriori polimerizzazioni una volta penetrate all'interno del materiale, la solubilità si mantiene inalterata rendendo il trattamento reversibile.

Con questi consolidanti si ottengono un sensibile miglioramento delle caratteristiche meccaniche del materiale e buona idrorepellenza. Queste vengono però perse se la pietra rimane a contatto con l'acqua. È quindi opportuno proteggere il consolidante acrilico miscelandolo con un prodotto di più stabile idrorepellenza (ad es. resina siliconica).

Per migliorare la penetrazione del consolidante, specie nei materiali non porosi, si possono impiegare gli alchil-alcossisilani, i quali in seguito ad idrolisi e polimerizzazione (che avvengono dopo la penetrazione nei pori del materiale) si trasformano in resine siliconiche. Essi sono derivati dai silani.

Quando l'oggetto è ricoperto di resina, si riporta lentamente la pressione da qualche millimetro di mercurio a quella atmosferica. La polimerizzazione del prodotto può avvenire all'aria o con debole riscaldamento. L'eccesso di consolidante va asportato dalla superficie del manufatto con solvente (fig. 1, fig. 2). Per parti di manufatti edili e per oggetti di maggiori dimensioni la tecnica è applicata con altre procedure. Si inizia con l'asportazione di tutte quelle sostanze (detriti, parti incoerenti, crescite organiche, ruggine, oli e grassi) che rendono poco permeabile la superficie ed inibiscono l'assorbimento della resina, quindi si dispone una rete metallica che ha la funzione di agevolare sia l'evacuazione dell'aria e dell'umidità presenti nella struttura sia il deflusso del formulato impregnante.

Successivamente, si posizionano speciali gronde di aspirazione e ugelli per l'immissione della resina e si avvolge il manufatto con teli di polietilene sigillati nelle giunture con appositi mastici sintetici. Vengono poi collegate le gronde di aspirazione alla pompa e si aspira fino ad ottenere un vuoto del 90-95%; si collegano gli ugelli ai contenitori di resina e, infine, si aprono le valvole che permettono l'immissione della sostanza impregnante nell'involucro e, di conseguenza, in tutti gli spazi accessibili del manufatto (crepe, fessure, pori, screpolature) (fig. 3).

Per statue di grandi dimensioni, è preferibile che queste siano avvolte con piccoli rettangoli di flanella, applicando poi il lattice, che, a contatto con l'aria, diventa gomma e rende la superficie impermeabile. Si aspira, così, l'aria dall'alto e s'inietta la resina dal basso. Il lattice, rispetto al polietilene, è migliore, avendo quest'ultimo il difetto di arricciarsi. Il formarsi di pieghe, infatti, crea delle vie preferenziali di scorrimento, impedendo alla resina di distribuirsi in maniera uniforme. Nel corso degli anni la tecnica sottovuoto ha migliorato il sistema tecnologico del circuito idraulico-

pneumatico ed in particolare i parametri della pompa (potenza e flusso). Si è, perciò, superato il coefficiente negativo dato dall'altezza del manufatto da trattare e si è sopravanzato l'elevato volume d'aria che si formava ottenendo un più favorevole gradiente di flusso. Si è quindi giunti ad un nuovo tipo di sistema chiamato "ultravuoto", con parametri 3-4 volte superiori di quelli precedenti. Infatti dai primi 20-40 mc d'aria di flusso spostata si è passati a 200 mc. Tale tecnica permette di ridurre i tempi di preparazione del 50% e di conseguenza anche i costi.

L'impregnazione sottovuoto è indicata anche per il consolidamento di dipinti murali e di dipinti su tela.

L'intonaco è un materiale assai poroso, costituito da un complesso intricato di capillari la cui quantità e conformazione influiscono in maniera decisiva sulla penetrazione più o meno omogenea del prodotto consolidante all'interno del materiale. Nei pori capillari, inoltre, è presente aria che rappresenta un ostacolo alla penetrazione del liquido.

Con la tecnica del vuoto si genera una depressione che libera i pori dall'aria e crea quei gradienti di pressione tra interno ed esterno che favoriscono la diffusione del liquido nella porosità.

Per la creazione del vuoto si impiegano membrane di plastica sottile fissate perimetralmente a un telaio forato attraverso il quale è operata la depressione.

L'attrezzo aspira l'aria dall'intonaco provocando l'adesione della membrana. A questo punto si può introdurre il consolidante iniettandolo con siringhe attraverso la membrana.

Per il consolidamento sottovuoto di dipinti su tavola, questa viene inserita dentro una busta e, sigillata con plastilina, viene sottoposta lentamente e gradualmente alla pressione del sottovuoto (fig.4). In seguito vengono eseguite iniezioni di colletta a caldo praticate attraverso il nylon di copertura del sacco (o busta)(fig.5). Il liquido espandendosi sulla carta giapponese di protezione del colore evidenzia l'estensione della zona trattata guidando così l'operatore. Si ripetono le applicazioni per alcuni giorni finché si arriva al completo desorbimento della componente acquosa del consolidante dagli strati preparatori.

#### *Manufatti lignei*

L'oggetto è posto in un contenitore e immerso solo parzialmente nella resina; si procede quindi a praticare il vuoto al sistema (sotto la campana la pressione è ridotta ad un terzo di quella atmosferica) per circa 24 ore. A impregnazione avvenuta viene gradualmente ripristinata la pressione e quindi l'oggetto viene estratto dal bagno consolidante.

Per oggetti di maggiori dimensioni si fa uso di teli o sacchi in polietilene con i quali sono avvolti i manufatti e quindi sigillati; nell'involucro va praticato un foro cui si applica una pompa mediante la quale si fa il vuoto; la soluzione consolidante può essere iniettata direttamente con siringhe attraverso la parete del sacco; quando si cambia punto di introduzione della resina, il buco precedente va sigillato con nastro adesivo.

Un metodo più efficace consiste nell'attaccare da un lato del sacco, possibilmente in basso, uno o più tubi per introdurre la resina mentre in alto è collegato un altro tubo dal quale è aspirata l'aria ed eventualmente anche la resina in eccesso. Quando questa comincia ad uscire dal tubo superiore, significa che essa ha compiuto un passaggio completo nel manufatto; a questo punto si può continuare l'impregnazione riutilizzando il consolidante già impiegato, previo filtraggio, e aumentando la concentrazione tra un passaggio e l'altro.

Terminata l'impregnazione si stacca la pompa e si elimina il rivestimento plastico. Durante l'evaporazione del solvente può essere consigliabile capovolgere l'oggetto impregnato di tanto in tanto, se è tecnicamente possibile, per impedire che la zona alta si svuoti e la resina si depositi tutta nella parte inferiore, creando differenze di saturazione all'interno del manufatto.

Ciò potrebbe creare tensioni interne assai pericolose per il manufatto, soprattutto per quelle porzioni non sufficientemente consolidate.

Eventuali eccessi di resina possono essere eliminati con l'aiuto di compresse di cotone imbevute di solvente; tali operazioni vanno fatte tempestivamente affinché la rimozione dei residui non diventi difficoltosa.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Questa metodologia di trattamento, rispetto a quelle tradizionali, presenta vantaggi notevoli.

L'impregnazione sottovuoto, infatti, nella fase di degassaggio, oltre ad aspirare aria e detriti, vaporizza l'umidità presente nelle porosità dei materiali. Quando si lavora con pressioni positive

(iniezioni a pressione) si può verificare che le sacche d'aria presenti nelle fessure della struttura siano spinte all'interno fino a stazionare in corrispondenza dei cuspidi, non permettendo l'incollaggio delle zone più delicate della lesione, che con il passare del tempo tendono a riaprirsi: in assenza d'aria, cioè operando con pressioni negative, la sostanza impregnante riesce a penetrare in profondità realizzando un incollaggio omogeneo del manufatto, qualunque sia lo stato di degrado della sua superficie. Quindi, mentre la pressione negativa (vuoto) comprimendo il manufatto, riavvicina le superfici interne delle lesioni e i corpi incoerenti, quella positiva (iniezioni) tende a generare all'interno delle fessure un allontanamento delle superfici.

Il metodo del vuoto tuttavia, pur possedendo molti lati positivi, spesso presenta difficoltà di ordine pratico insormontabili, legate ovviamente alla forma e alla dimensione dei manufatti, alla praticabilità dei luoghi e alle condizioni ambientali più diverse.

Per gli oggetti lignei esistono alcune varianti del metodo, legate soprattutto alle loro dimensioni, che consentono l'impiego della campana di vetro.

## **ESPERIENZE**

Genova, campanile S. Agostino (muratura in parte in mattoni, in parte in pietra);

Mantova, colonne palazzo Ducale;

Rovigo, facciata sede della Cassa di Risparmio (profili in tufo);

Torino, 1983, statua S. Maria della Consolata (marmo di Carrara);

Modena, 1985, capitelli cripta di Nonantola (calcare);

Novara, ceppi del duomo;

Asti, terrecotte del duomo;

Chivasso, Cattedrale.

Sicilia, spiaggia di Villa Margi presso Tusa, Finestra sul mare di T. Festa, 2007. Consolidamento sottovuoto *in situ*: l'intera superficie è stata fasciata con un telo di polietilene PE da 200 um termosaldato elettricamente a chiusura ermetica, con inseriti i relativi innesti per il collegamento del circuito pneumatico di aspirazione dei rubinetti di mandata per l'ingresso del prodotto consolidante.

Arezzo, Pala Camaiani di G. Vasari, Madonna con il bambino e Santi, 2008. Applicazione sottovuoto per il consolidamento generale degli strati preparatori e pittorici.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Biscontin G., Cecchi R. 1987, pp. 221-32; Biscontin G., Nicola G. L., Zendri E. 1991, pp. 486-87; Palmonari, Fici C. 1971, p. 186; Perusini G. 1989; Thummel E. 1981; Vassallo R. 1983; Verdelli M., Presenti N., Goretti M. 2000. Goretti M., Presenti N., Verdelli M., *Tecniche avanzate di sottovuoto nel restauro dei dipinti. Ricerche, sperimentazioni, applicazioni*, EDIFR, 2007. Calcagno G., Rava A., *L'evoluzione del consolidamento sottovuoto in situ applicato a manufatti di interesse storico artistico, in particolare ad opere in calcestruzzo armato esposte all'esterno*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp.327/339.

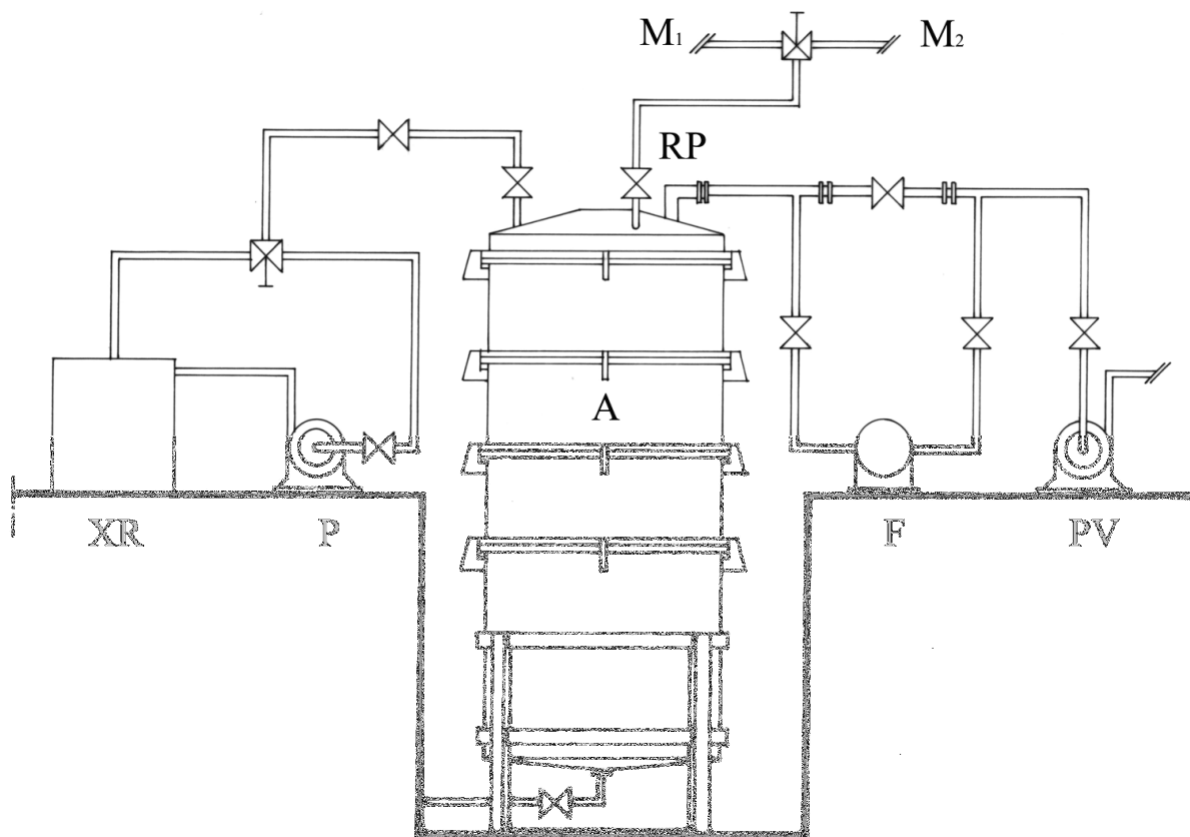


Figura 1 • Schema di impianto dell'autoclave: XR contenitore di resina, P pompa rotativa per resina, A autoclave da vuoto, F condensatore, PV pompa da vuoto, RP valvola ripristino pressione, M1-M2 misuratori di pressione. (CAF)

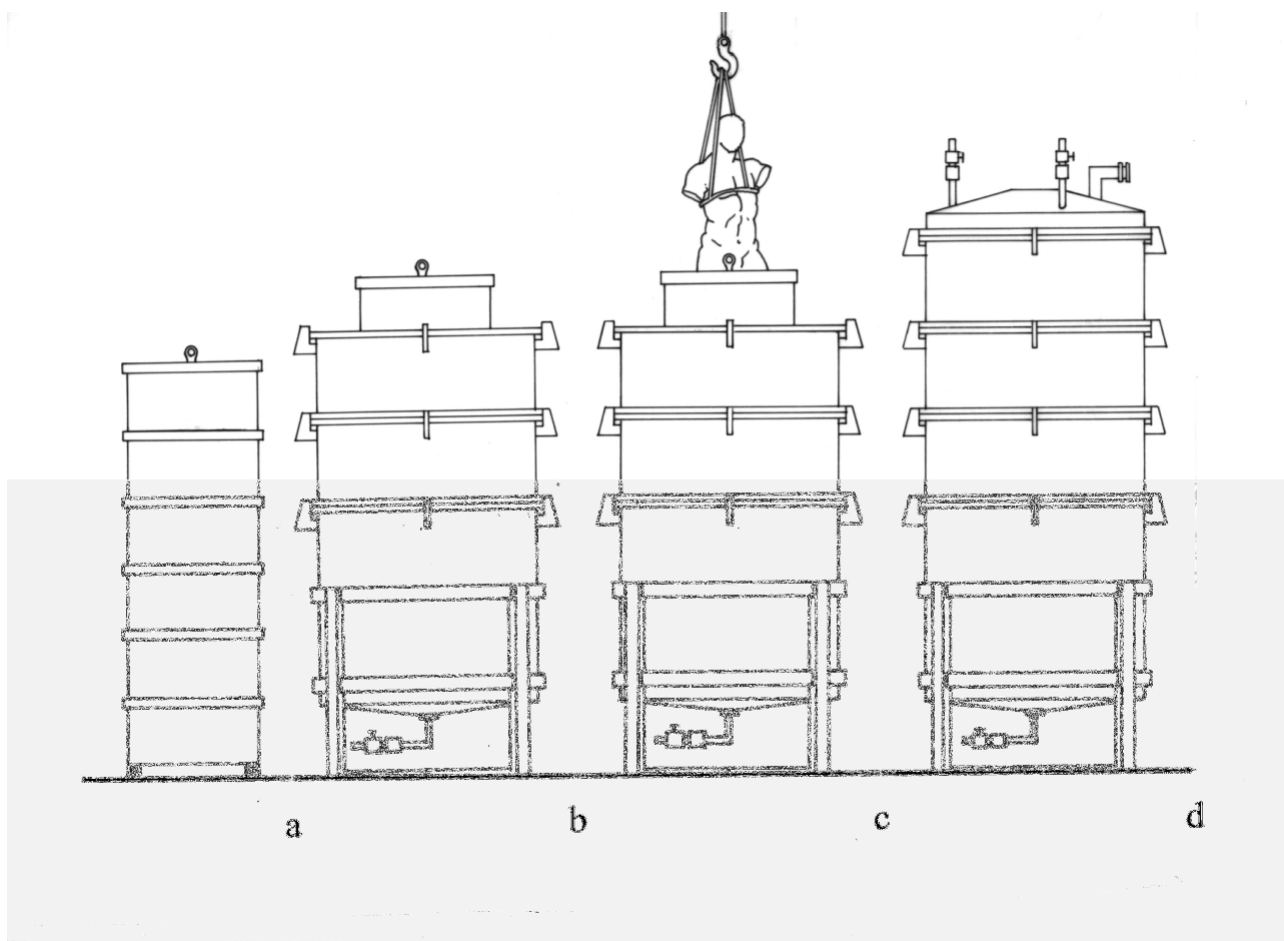


Figura 2 • Fasi operative: a) vasca in acciaio inox, b) introduzione della vasca nell'autoclave da vuoto aperta, c) introduzione del manufatto nella vasca di acciaio inox posta all'interno dell'autoclave, d) chiusura dell'autoclave da vuoto. (CAF)

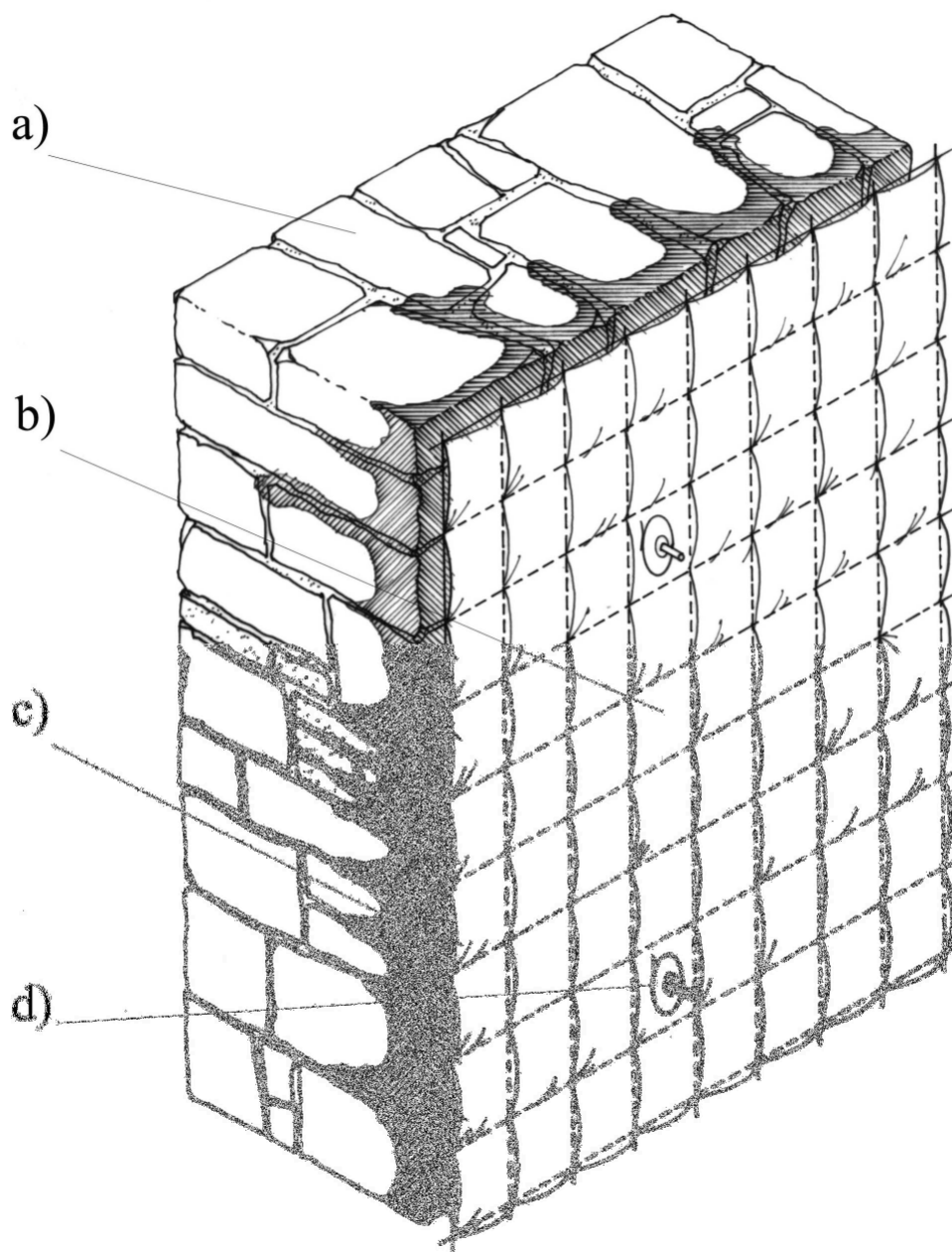


Figura 3 • Impregnazione sottovuoto di muratura tramite copertura con teli di polietilene sigillati: a) supporto, b) fogli di polietilene sostenuti da rete metallica, c) resina sintetica impregnante, d) tubo di adduzione della resina. (CAF)



Figura 4 • La tavola inserita dentro la busta e sigillata con plastilina viene sottoposta lentamente e gradualmente alla pressione del sottovuoto (da [www.toscanarestauroarte.it](http://www.toscanarestauroarte.it))



Figura 5 • Iniezione sopra la carta giapponese durante il consolidamento generale in sottovuoto (da [www.toscanarestauroarte.it](http://www.toscanarestauroarte.it))



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'operazione di riadesione mediante incollaggio consiste nel ricollegare tra loro o con il manufatto di cui sono parte frammenti di pietra parzialmente o totalmente distaccati, mediante l'applicazione di collanti, in modo tale da conferire nuovamente al manufatto caratteristiche di continuità estetica, funzionale e strutturale, perdute a causa dei processi di degrado e alterazione cui è stato sottoposto.

I collanti impiegati a tale scopo sono, in genere, a base di resine naturali, quando si tratta di ricollegare scaglie o piccoli frammenti, mentre sono a base di resine epossidiche, poliuretaniche e poliestere, quando si devono ricongiungere tra loro parti ed elementi più consistenti.

Le caratteristiche principali che gli adesivi devono avere sono:

- Essere sufficientemente liquidi da ricoprire e bagnare facilmente le superfici dei materiali da incollare (aderendi) in modo da creare un intimo contatto;
- Interagire in modo elettrostatico, chimico o meccanico con la superficie dell'aderendo;
- Dare luogo ad una reazione chimica, la quale porta alla formazione di un materiale meccanicamente resistente (indurimento) per azione del calore o delle radiazioni UV in presenza di un opportuno iniziatore;
- Riempire i difetti o le cavità presenti sulla superficie degli aderendi prima di raggiungere l'indurimento;
- Resistere alle condizioni ambientali in cui operano, quali elevata umidità relativa, radiazione solare, fonti di calore, etc.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Si ricorre a questa tecnica di riadesione o incollaggio quando si è in presenza di piccole scaglie o sfoglie, ossia di frammenti discreti e compatti separati dalla massa del materiale, sia quando si vogliono colmare vuoti o tasche associate a un distacco di strati paralleli alla superficie esterna della pietra, provocati, ad esempio, da forti variazioni termiche (tale situazione è frequente soprattutto nel deterioramento di graniti e di marmi bianchi invecchiati), sia, infine, nel caso si debbano fare riaderire al manufatto d'origine elementi o porzioni più consistenti.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Preliminare all'intervento di incollaggio è in ogni caso un'adeguata pulitura delle superfici destinate a combaciare nella nuova unione, per rimuovere depositi, polveri o eventuali precedenti sigillature incompatibili con i nuovi materiali adottati per l'incollaggio e non più efficienti.

I collanti più frequentemente utilizzati in questo tipo di intervento sono le colle di origine animale, le colle poliviniliche, le resine naturali, le resine acriliche in soluzione o in dispersione e con varie cariche (carbonato di calcio o pietra macinata) o anche alcuni tipi di malta. Altri tipi di resine che possiamo trovare recentemente nel mondo del restauro, sono le resine alchidiche, le resine

poliuretaniche, le resine cellulare, le resine chetoniche, le resine epossidiche e le resine poliammidiche.

Nell'ambito delle colle animali, il composto più frequentemente utilizzato è la cosiddetta "colletta" che: "Si ottiene con i seguenti ingredienti, nelle seguenti proporzioni: colla cervona 1 kg, acqua 660 cc, melassa 250 g, fiele di bue 20 g, aceto 660 cc, ortofenilfenolo 7,5 g. Questa colla si ottiene unendo i componenti a bagnomaria. Prima della cottura la colla cervona va messa a bagno in acqua per 24 ore fino a che le perle di colla siano rigonfie; poi si uniscono la melassa, il fiele di bue, l'acqua e l'aceto e solo al termine della cottura si aggiunge l'ortofenilfenolo. La melassa conferisce elasticità; il fiele di bue agevola l'adesione sulle superfici polverose; l'aceto è un fluidificante; l'ortofenilfenolo è un fungicida".

Una colla polivinilica frequentemente impiegata per fare riaderire frammenti lapidei distaccati, è ottenuta aggiungendo 50 cc di alcol etilico a una soluzione di 110 g di alcol polivinilico (ad es. il Gelvatol) disciolto in un litro d'acqua. Le soluzioni, possono comunque essere più o meno acquose, secondo le esigenze specifiche di ogni intervento. Dallo stesso monomero di partenza si possono ottenere il polivinil alcool (PVAL), il polivinil acetato (PVAC) e il cloruro di polivinilene (PVC). Sono delle resine termoplastiche e si possono usare sia come adesivi che come consolidanti e protettivi.

Le resine acriliche si dividono in derivati da esteri acrilici ed in derivati da esteri metacrilici.

Tra le resine acriliche il più impiegato è stato sicuramente il Paraloid B72, di solito utilizzato in una soluzione di etacrinolo, con rapporti variabili dal 15 al 20%.

Riguardo alle resine recenti sopraindicate, queste hanno il vantaggio di essere meno soggette agli agenti esterni, alle variazioni termo-igrometriche ed agli attacchi biologici; sono compatibili con la maggior parte dei materiali ed il loro possibile ingiallimento è quasi impercettibile. D'altra parte, essendo materiali nati da poco, non se ne conoscono ancora a fondo i meccanismi di invecchiamento e sono di difficile applicazione.

L'applicazione della tecnica varia con lo specifico materiale di cui è costituito l'elemento da incollare, con i tipi di frattura che esso presenta e che occorre ridurre, con i vuoti che è necessario colmare affinché l'incollatura abbia successo.

Nel caso si operi su materiali e superfici particolarmente fragili e decoesi e su frammenti molto piccoli, l'adesivo deve avere una densità e un modulo elastico il più possibile simile a quello del o dei materiali da incollare, in modo che la sua presenza non crei tensioni tra le parti ricollegate, al variare delle condizioni esterne. In caso contrario, l'adesivo potrebbe infatti provocare deformazioni e strappi, con conseguenze dannose per la conservazione

del manufatto trattato. Inoltre, i componenti del collante adottato non devono generare sottoprodotti nocivi al materiale lapideo e sono pertanto da evitare i collanti a base di cementi che, a contatto con l'acqua, possono portare alla formazione di sali solubili, oltre ad altri danni legati alle particolari caratteristiche tecnologiche di tali materiali (rigidezza, igroscopicità ecc.).

Nel caso si debbano incollare scaglie di piccola dimensione o che si debba intervenire per fare riaderire le facce contrapposte di tasche e vuoti di varia origine e natura, si possono poi utilizzare adesivi a base di gomme vegetali e resine naturali (ad es. colofonia, resina estratta dalle conifere). La malta, non avendo di per sé un forte potere adesivo, è invece utilizzata quasi esclusivamente nel caso in cui la superficie interna della scaglia da incollare corrisponda perfettamente con la faccia del manufatto cui deve essere riancorata.

Quando si devono ricongiungere tra loro frammenti o parti più consistenti come dimensione (ad es. nel caso di sculture spezzate), è infine preferibile impiegare adesivi sintetici o a base di resine artificiali, poliesteri, epossidiche. Le resine epossidiche sono le più adatte per incollare frammenti grandi e pesanti, anche se occorre rispettare particolari accorgimenti durante la loro applicazione, in quanto, pur non essendo infiammabili, gli adesivi epossidici sono particolarmente irritanti per le mucose e per gli occhi, oltre a subire con il tempo un inevitabile scurimento che ne sconsiglia l'uso nelle parti a vista dei manufatti da restaurare.

Quando la composizione dell'adesivo è abbastanza diversa da quella dell'aderendo, oppure quando la superficie dell'aderendo tende nel tempo a modificarsi, si usa un "primer", cioè un agente chimico che è in grado di migliorare la bagnabilità e quindi la dispersione nella regione interfacciale.

Infine, quanto al peso e alla particolare localizzazione dell'elemento da incollare, l'azione dell'adesivo può essere aiutata con l'inserimento di piccoli perni che connettano ulteriormente tra loro le parti da collegare, trasversalmente alla linea della giunzione.

In questi casi, i perni devono essere preferibilmente in acciaio inossidabile o in titanio o, se si devono riconnettere tra loro frammenti di peso limitato o non sottoposti a particolari sollecitazioni, in resina poliestere rinforzata con fibre di vetro. Tali perni sono, infatti, caratterizzati da leggerezza e da sicura stabilità chimica. Sono invece da escludere i perni metallici in ferro, poiché facilmente ossidabili; la corrosione del metallo, infatti, porta sia alla creazione di depositi e di macchie sulle superfici degli elementi ricongiunti o su quelli circostanti, che a fessurazioni e addirittura a distacchi dovuti agli aumenti di volume cui il perno è soggetto nella fase dell'ossidazione, con conseguenti azioni dirompenti esercitate sulle pareti dei fori entro cui è alloggiato.

Anche i metodi di esecuzione dell'intervento, e non solo i prodotti utilizzabili, variano inoltre in relazione all'entità dell'operazione richiesta, ossia alle dimensioni delle parti e dei frammenti da connettere.

Si può quindi applicare l'adesivo prescelto: a) a spruzzo; b) a pennello; c) per percolazione; d) per iniezione.

L'applicazione a spruzzo è raramente impiegata, se non in situazioni molto semplici, come è ad esempio la riadesione di piccole sfoglie di pietra. L'operazione consiste nel trattare a spruzzo le sfoglie sollevate e nel riadagiarle sulla superficie del manufatto, impiegando, preferibilmente, utensili realizzati in teflon ed esercitando una lieve pressione sulle parti distaccate. Occorre infatti evitare che gli strumenti aderiscano alle sfoglie di pietra sollevate, per non correre il rischio di asportarle involontariamente o di incrementare i distacchi esistenti. Più frequentemente si ricorre pertanto all'uso del pennello o, anche, di piccole spatole, anche in dipendenza della maggiore o minore fluidità dell'adesivo prescelto.

Ancora più spesso, tuttavia, l'adesivo è applicato mediante colatura o con iniezioni in profondità. Ove si operi su piccole scaglie, il collante va iniettato al di sotto di esse, esercitando al tempo stesso una leggera pressione con una spugna imbevuta di un solvente idoneo (cosiddetta tamponatura) per farle aderire alla superficie di origine del manufatto trattato e per asportare l'eventuale collante in eccesso.

Per ridurre fratture più profonde o per collegare tra loro e con il manufatto d'origine frammenti e parti distaccate di maggiori dimensioni, invece, la resina è applicata utilizzando preferibilmente delle siringhe o delle piccole spatole, facendola penetrare fino a rifiuto nel vuoto da colmare tra le facce e frammenti destinate a combaciare nella nuova unione ed eliminando le eventuali parti eccedenti del collante, sulle superfici esterne dell'oggetto, con l'uso di bisturi o tamponi.

Durante la fase di indurimento dell'adesivo, si deve inoltre aver cura di bloccare provvisoriamente le scaglie o le parti da incollare con vincoli provvisori (costituiti, ad esempio, da strisce di carta giapponese o di nastro adesivo, oppure da morsetti di legno, senza peraltro danneggiare i manufatti) previamente preparati.

Infine, si eseguono le stuccature superficiali, utilizzando ad esempio malta dalla colorazione, conformazione e tessitura simile a quella del materiale lapideo, oppure diversa da essa, in relazione alle intenzioni del progetto (leggibilità del nuovo intervento o, all'opposto, ricerca della sua totale mimesi) (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per la realizzazione di un buon incollaggio, è anzitutto importante tener conto di alcuni parametri fondamentali, quali la compatibilità tra adesivo e substrato lapideo, la temperatura ambientale al momento dell'intervento, l'umidità dell'impasto in relazione a quella del manufatto e dell'ambiente, il dosaggio degli ingredienti della miscela. È inoltre importante che il collante prescelto abbia un pH neutro, poiché una sua elevata acidità o basicità accelererebbe notevolmente il degrado della pietra. La temperatura, inoltre, nella fase di applicazione del collante, influenza qualsiasi tipo di adesivo poiché interviene nei processi d'indurimento e sulla viscosità dei loro componenti con sensibili conseguenze sull'efficacia dell'intervento.

Per quanto riguarda l'impiego di adesivi sintetici, o a base di resine artificiali (poliestere o epossidiche), si deve fare attenzione che le facce da ricongiungere non abbiano una superficie

porosa, poiché il solvente entro cui è disciolto l'adesivo potrebbe essere assorbito in modo incontrollato dai materiali coinvolti, e provocare così un cambiamento di colore della pietra trattata o sue indesiderate trasformazioni chimiche. Se la pietra è comunque assai porosa, è necessario preventivamente trattare le facce dei frammenti destinate alla ricongiunzione, utilizzando resina acrilica diluita (Paraloid B72) per impedire la penetrazione dell'adesivo all'interno dei frammenti stessi.

## ESPERIENZE

Varese, villa Andrea Ponti. Consolidamento della pietra per colatura di adesivo epossidico in fessurazioni profonde.

Genova, palazzo Gnecco-Quartara, 1999. Incollaggio di testa di leone di marmo di Carrara mediante inserimento di perno in titanio annegato in resina epossidica.

Siena, architrave del portale d'ingresso del duomo di Tino da Camaino. A spruzzo Paraloid B72 in xilolo al 5%.

Firenze, facciata della chiesa dei Santi Michele e Gaetano. Iniezioni di prodotto perfluorato.

Urbino, Oratorio di S. Croce. Imperneazioni stucchi con perni cavi in PVC con pareti forate; bacchette in acciaio inossidabile filettate di 0,5 cm di diametro; capillari in vetroresina da 2,3 mm di diametro. Come adesivo è stata utilizzata una resina epossidica bi componente.

Venezia, Chiesa di S. Geremia. Impernature e consolidamento adesivo con materiali inorganici (riadesione delle scaglie di pietra al corpo solido dei conci lapidei).

Verona, apparati scultorei ed architettonici del giardino di Villa Rizzardi a Pojega di Negrar. Consolidamento scagliature e distacchi materiale lapideo mediante iniezioni di adesivi-riempitivi.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Amoroso G. G., Camaiti M. 1997; Biscontin G., Cecchi R. 1987, pp. 221-28; Carria F. 1994; Carria F. 1999;

Conti C., Martines G., Usai C. 1996, pp. 180-81; Fontana C. 1995, p. 19; Gasparoli P. 1997; Mora P. 1969;

Rossi Manaresi R. 1980.

Bacchiocca I., Bacchiocca M., Ferrucci F., Vastano A., *La messa in sicurezza di dipinti murali e stucchi. Il caso dell'oratorio di S. Croce di Urbino*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi" Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp. 207-216.

Beltrami C., Castiglioni G., Frigo G., Sandrini A., *Il consolidamento degli apparati scultorei e architettonici del giardino di Villa Rizzardi a Pojega di Negrar (Verona)*, in "Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi", Atti del Convegno di Studi Bressanone, 10-13 luglio 2007, Arcadia Ricerche, pp. 399-409. (VOL)

Tesi di Laurea Sperimentale in "Nuovo adesivo bi-componente a base acrilica per interventi di consolidamento: caratterizzazione e confronti con altri prodotti commerciali", laureanda: Canella E., Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali, a.a. 2008-2009, p. 5.



Figura 1 • Operazione di riadesione mediante incollaggio. Consiste nel ricollegare tra loro, o con il manufatto di cui sono parte, frammenti di pietra parzialmente o totalmente distaccati mediante l'applicazione di collanti. (ZAM)

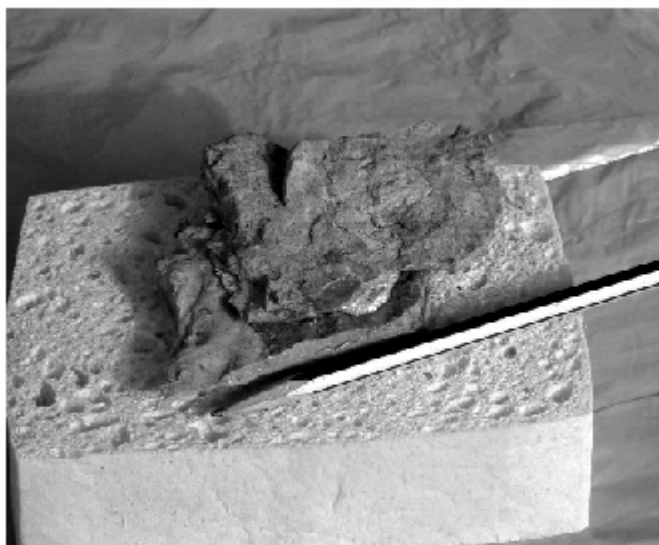


Figura 2 • Le parti vengono avvicinate esercitando una leggera pressione. Durante la fase di indurimento dell'adesivo, può rendersi necessario bloccare provvisoriamente le scaglie o le parti da incollare con vincoli provvisori (ad esempio strisce di carta giapponese o di nastro adesivo, oppure morsetti di legno, per non danneggiare i manufatti) previamente preparati. (ZAM)

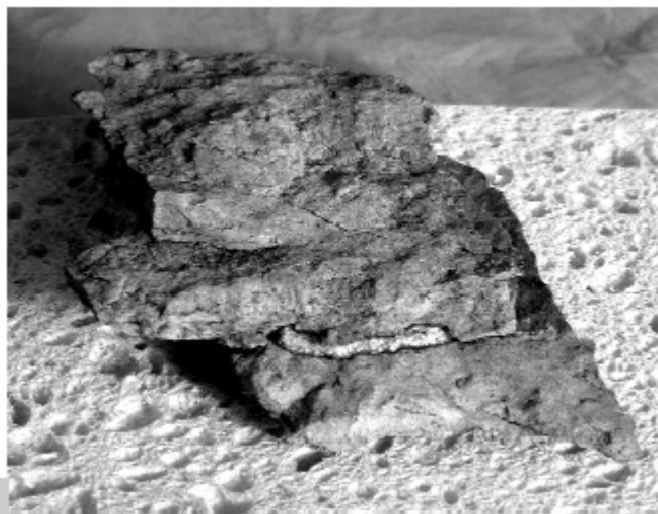


Figura 3 • Infine, a indurimento avvenuto, si eseguono le stuccature superficiali, utilizzando ad esempio malta dalla colorazione, conformazione e tessitura simile a quella del materiale lapideo. (ZAM)

**CSD 07****CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO****Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Le colonne, i pilastri costituiti da uno o più pezzi lapidei monolitici, o realizzati in muratura, così come altri elementi strutturali analoghi, per forma e funzione, sono prevalentemente compressi e presentano due tipi di problemi ricorrenti.

In primo luogo, essi possono essere soggetti a collassi per compressione, o per pressoflessione, quando il carico è prossimo o superiore alla resistenza dei materiali, in relazione al rapporto di snellezza che li contraddistingue e al connesso rischio di deformazione sotto l'effetto del carico di punta. La crisi si manifesta, in questi casi, con tipiche dilatazioni trasversali, con microfessurazioni verticali degli elementi e con eventuale espulsione di materiale provocati dalle sollecitazioni radiali. In secondo luogo, essi possono subire schiacciamenti localizzati, parzializzazioni o riduzioni delle sezioni resistenti, ad esempio a causa della citata espulsione di materiale e frammenti, quando sono sottoposti anche ad azioni orizzontali, conseguenti ad esempio a un evento sismico.

In questo secondo caso, l'intervento di riparazione e consolidamento deve tendere, anzitutto, all'eliminazione o al contenimento delle spinte orizzontali, ottenibile realizzando incatenamenti, tirature o altri dispositivi di vincolo trasversale degli elementi sollecitati.

L'intervento può tuttavia essere rivolto, eventualmente, al solo ripristino della continuità interna del manufatto mettendo in opera, ad esempio, alcune biette o utilizzando opportune iniezioni consolidanti (v. schede sui metodi di consolidamento dei materiali e dei manufatti lapidei).

Per quanto concerne il primo caso, invece, poiché il collasso per compressione, in un materiale fragile, in altre parole in un elemento lapideo monolitico o composito (muratura), avviene a seguito di deformazioni trasversali eccessive, l'intervento più efficace consiste nel contrastare le dilatazioni realizzando una cerchiatura o fasciatura dell'elemento. La cerchiatura può essere costituita da elementi metallici (fig. 1, fig. 2), da fasce di fibre speciali e, in ogni caso, da materiali resistenti a trazione.

Questi elementi possono essere composti anche da più pezzi uniti tra loro da biette, bulloni, cunei o altri dispositivi e sono poste in opera in punti discreti del manufatto, ossia nelle zone dove massime sono le deformazioni, le fessurazioni o le perdite di materiale, oppure lungo il suo intero sviluppo, collegate tra loro da elementi verticali di irrigidimento (fig. 3).

Nel caso si utilizzino elementi metallici, si può inoltre indurre nella cerchiatura uno stato di pre-sollecitazione in grado di realizzare immediatamente un efficace contenimento all'elemento danneggiato (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

La cerchiatura con fasce di fibre speciali consiste nell'incollare al supporto, mediante resine adesive, una o più fasce di tessuti fibrorinforzati. In questo sistema le fibre costituiscono l'elemento resistente, mentre la matrice di resina rende collaborante il rinforzo con la struttura, consentendo la trasmissione corretta degli sforzi. Gli impieghi con maggiori caratteristiche prestazionali finora attuati, consistono in fasciature realizzate con tessuti in fibra di carbonio a filamenti monodirezionali, applicate con un sottile strato di resina bi-componente.

Le caratteristiche principali del sistema sono la resistenza meccanica e chimica, il peso e lo spessore limitati, una notevole capacità di adattamento a forme complesse dovuta alla drappeggiabilità dei tessuti.

La fasciatura con fibra di carbonio applicata nelle zone di massima sollecitazione del manufatto, consente l'efficace incremento sia del carico ultimo che della duttilità e costituisce, pertanto, un valido sistema di cerchiatura di elementi verticali prevalentemente compressi.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica delle cerchiature metalliche rappresenta un metodo tradizionale di riparazione e di consolidamento delle strutture compresse e la sua applicazione solleva problemi differenti in relazione alla forma (circolare, circolare con scanalature, quadrata, rettangolare, poligonale ecc.), alla consistenza (elemento monolitico o composto da blocchi sovrapposti o, ancora, da muratura) e allo stato fessurativo degli elementi cui è applicata. Sono ad esempio cerchiature numerose colonne comprese in complessi archeologici, romani e greci, ma anche quelle di chiese romaniche, gotiche o di epoche e stili successivi. Possono inoltre essere cerchiati i balaustrini di antiche strutture di protezione o i ritzi di un'intelaiatura lignea e non sono rari i casi di pilastri in calcestruzzo di cemento armato, di recente costruzione, sottoposti a cerchiatura come misura di presidio strutturale ([fig. 7](#), [fig. 8](#), [fig. 9](#), [fig. 10](#)).

Le cerchiature, oltre che come dispositivi autonomi e puntuali per il consolidamento di elementi variamente danneggiati, possono essere utilizzate anche come organo passivo di ancoraggio e di bloccaggio in interventi di ricomposizione (v. [SMG09 - Ricomposizione per anastilos](#)) e montaggio delle parti sconnesse di elementi costruttivi prismatici o cilindrici. Peraltro, possono essere interessati da interventi di questa natura anche manufatti architettonici più complessi dei semplici sostegni verticali, quali le torri o le costruzioni snelle, ove la cerchiatura sostituisce, talvolta, altri sistemi di rinforzo e di contenimento, quali gli incatenamenti orizzontali.

Vengono così definite cerchiature anche gli insiemi di travi lignee connesse da snodi metallici che sembra siano state utilizzate dal Brunelleschi in S. Maria del Fiore a Firenze per contenere le spinte orizzontali della cupola, o quelle metalliche che Poleni suggerì di porre in opera per consolidare il tamburo di quella di San Pietro in Vaticano, nel XVIII secolo. In questi casi, tuttavia, l'intervento assume i connotati di un vero e proprio consolidamento strutturale e richiede, pertanto, verifiche e calcoli di dimensionamento più complessi e onerosi.

Infine, le cerchiature possono essere integrate entro più vaste opere di sostegno e di rinforzo, a carattere provvisorio o definitivo, costituite ad esempio da sistemi tiranti o di puntelli che, grazie ad esse, assicurano il richiesto grado di vincolo e la stabilità di elementi strutturalmente labili (v. [CSD10 - Consolidamenti e rinforzi con tiranti, stralli o catene](#)).

La fasciatura in fibra di carbonio con funzione di cerchiatura di contenimento può essere utilizzata per il consolidamento di elementi verticali lapidei o in muratura (colonne, pilastri, balaustrini ecc.), portanti o non portanti, soggetti a degradazioni di vario genere (fessurazioni, distacchi ecc.).

Tale intervento è anche indicato nei casi in cui è necessario ripristinare la portanza di elementi verticali di una struttura soggetti prevalentemente a compressione, o qualora si debba realizzare un consolidamento preventivo (ad es. per un cambio di destinazione d'uso) ([fig. 11](#)).

Il confinamento con nastri in fibra di carbonio, inoltre, è utilizzato per il miglioramento del comportamento statico in caso di eventi sismici, in quanto non comporta l'aumento dei pesi propri e conferisce alle strutture una notevole duttilità se abbinato a nastri ad andamento verticale.

Un'applicazione particolare della tecnica consiste nell'eseguire la fasciatura di pilastri in muratura di varia sezione (rettangolare, circolare, ottagonale ecc.), esclusivamente nei giunti di malta mediante l'utilizzo di nastri di altezza molto ridotta (sino a 1 cm). Con questo sistema s'instaura uno stato triassiale di compressione molto efficace (anziché monoassiale come nelle strutture non confinate mediante la fasciatura). Una soluzione di questo tipo, inoltre, consente di mantenere sostanzialmente inalterato l'aspetto del manufatto ([fig. 12](#)).

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Esistono varie possibilità di applicazione della tecnica nella sua forma più direttamente legata alla riparazione di elementi danneggiati.

La tecnica tradizionale prevede la cerchiatura di colonne, pilastri e manufatti simili, con elementi metallici piatti e sagomati, anche formati da più parti unite con saldature e biette, posti in opera a caldo, ossia saldati oppure serrati a freddo, grazie a bulloni o altri dispositivi.



Nel primo caso, la cerchiatura può essere adattata all'elemento con maggiore precisione, sfruttando la malleabilità del materiale riscaldato e la sua naturale tendenza a restringersi, durante il raffreddamento. L'impiego del calore può tuttavia provocare danni irreparabili agli elementi sottoposti all'intervento e, quindi, è spesso sostituito dalla realizzazione di cerchiature a freddo. Queste ultime, però, sono meno facili da realizzare e porre in opera, poiché prevedono la preventiva formazione dell'elemento di cerchiatura, completo dei suoi dispositivi di serraggio e il suo successivo adattamento alla forma dell'elemento da contenere è quindi in genere più problematico.

Una volta posto in opera, infatti, l'elemento di cerchiatura dovrebbe possedere un perfetto contatto con l'elemento, lungo tutto il suo sviluppo, per esercitare correttamente il suo compito e per evitare anomale concentrazioni di carico che potrebbero indurre ulteriori rotture. Questa circostanza è, d'altra parte, assai più frequente proprio nelle cerchiature realizzate a freddo che non in quelle costituite a caldo (cfr. G. Franco, voce "Cerchiatura", in *Dizionario degli Elementi Costruttivi*, Utet, 2001).

In ogni caso, i problemi connessi a entrambe le applicazioni derivano, anzitutto, dalle variazioni di temperatura, che non possono essere compensate in alcun modo dalla cerchiatura.

Inoltre, gli elementi da cerchiare debbono avere forma regolare, vale a dire priva di rientranze, spigoli vivi o modanature che renderebbero impossibile realizzare il pieno contatto della cerchiatura stessa, vanificando l'efficacia dell'intervento.

Nel caso in cui gli elementi abbiano forme complesse o sagomate, si può peraltro ricorrere a un diverso tipo di cerchiaggio, detto "gonfiato", che prevede l'interposizione di un "cuscinetto" di malta espansiva, tra l'elemento metallico della cerchiatura e il manufatto da riparare.

Tale accorgimento permette di evitare che si determinino concentrazioni di tensioni che potrebbero danneggiare le parti più sporgenti dell'elemento, sulle quali una cerchiatura tradizionale appoggerebbe direttamente, trasmettendo loro l'intera sollecitazione derivante dall'azione di contenimento delle tensioni laterali che è chiamata a contrastare.

Infine, è possibile realizzare un particolare tipo di cerchiatura, o di fasciatura, utilizzando dispositivi del tipo LMF, vale a dire a memoria di forma, in grado di garantire che l'azione da essi esercitata sia costante nel tempo, indipendentemente dalle variazioni delle sollecitazioni cui l'elemento è sottoposto (termiche, meccaniche, dinamiche).

Il sistema di fasciatura con fibra di carbonio varia in funzione delle caratteristiche geometriche degli elementi interessati e del loro stato di conservazione. Per quanto concerne il dimensionamento del sistema, il problema può essere ricondotto allo studio dell'effetto del confinamento su un materiale scarsamente resistente a trazione.

Generalmente le diverse fasi consistono nell'applicazione di un primer (alcuni sistemi non lo prevedono in quanto la resina utilizzata possiede una forza di adesione alle superfici sufficientemente alta), di un adesivo e di una saturazione delle fibre con resina. È infine prevista una protezione finale dei vari strati, generalmente effettuata con malta al fine di rendere trascurabile l'impatto visivo dell'intervento.

Prima di procedere all'esecuzione del ciclo di applicazione vero e proprio è necessario provvedere alla preparazione delle superfici. Le irregolarità superficiali possono infatti comportare fenomeni di distacco e di esfoliazione al momento dell'adesione delle fibre di carbonio, e pertanto nella zona di incollatura le asperità rilevanti devono essere regolarizzate, così come devono essere stuccate tutte le cavità e le fessurazioni.

Analogamente, in presenza di spigoli vivi (ad esempio nel caso di pilastri in muratura quadrati o rettangolari), è necessario procedere all'arrotondamento degli angoli con un raggio minimo di 2 cm (maggiore è il raggio, migliori saranno le prestazioni del sistema).

La superficie deve essere priva di parti friabili o con scarsa coesione al sottofondo. Nei casi in cui sia presente l'intonaco (come nel caso dei pilastri in muratura), questo deve essere rimosso sino al raggiungimento della superficie muraria.

Una volta preparata la superficie si procede all'applicazione del primer, quando previsto, e del primo strato di adesivo epossidico. Nei pilastri, in corrispondenza degli spigoli arrotondati, al fine di garantire la perfetta adesione del tessuto di fibra, generalmente si applica una quantità di impasto resinoso maggiore che non sulle superfici piane.

Infine si applica lo strato di rinforzo vero e proprio costituito dalle fibre di carbonio. Il tessuto deve sempre presentarsi ben disteso e ben ancorato, altrimenti rischia di non verificarsi la corretta

trasmissione degli sforzi. Dopo aver atteso il tempo necessario si procede all'applicazione del secondo strato di resina, sino alla saturazione delle fibre.

Nel caso sia prevista l'applicazione di più strati di fibra di carbonio, l'operazione va ripetuta. È in ogni caso fondamentale attenersi scrupolosamente, oltre che alle prescrizioni progettuali, anche alle indicazioni tecniche di volta in volta fornite dalle schede tecniche.

Si procede infine all'applicazione di un'adeguata protezione finale, generalmente realizzata con malta, o, più raramente, con prodotti pellicolari aventi buone caratteristiche elastiche.

Nel caso si utilizzi per la protezione un intonaco di finitura (come nei pilastri in muratura), l'intervento di fasciatura può essere reso più o meno manifesto utilizzando, ad esempio, inerti diversi dagli originali o altri accorgimenti di questo tipo. Nel caso invece di fasciature realizzate su elementi lapidei quali colonne, balaustri ecc, generalmente si utilizza una malta di colorazione simile a quella del materiale lapideo su cui si opera (fig. 13, fig. 14, fig. 15).

La fasciatura di pilastri in muratura realizzata esclusivamente nei giunti di malta mediante nastri di altezza ridotta, si discosta dal punto di vista applicativo per alcuni aspetti rispetto alle procedure di fasciatura sin qui analizzate.

In primo luogo è necessario procedere alla scarnitura e pulizia del giunto, avendo cura di arrotondare la malta in corrispondenza degli eventuali spigoli, dopo di che si stende l'adesivo epossidico con consistenza di stucco; le fasi successive consistono nell'applicazione del nastro e nella saturazione delle fibre effettuata con resina fluida applicata a pennello. Infine, prima che il secondo strato di resina sia del tutto asciutto, si provvede allo spolvero con sabbia di quarzo per consentire l'aggrappaggio del rinzaffo dell'intonaco o della malta di finitura. Questa tecnica viene applicata, analogamente del resto alle fasciature di colonne o pilastri in muratura precedentemente considerate, a strutture snelle, quali torri, ciminiera, ecc. (fig. 16a, b, c, d, e).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Uno dei principali limiti nell'applicazione della tecnica di consolidamento mediante cerchiatura con elementi metallici, è l'effetto prodotto dalle variazioni termiche. Esse, infatti, possono rendere inefficaci le cerchiature sotto l'azione delle alte temperature che provocano in esse dilatazioni maggiori di quella che subisce il manufatto cui sono applicate (insolazione intensa e diretta).

Viceversa, temperature molto basse, o rapide e anomale diminuzioni delle temperature stesse, possono provocare una loro contrazione maggiore di quella che subisce l'elemento al quale sono applicate che, quindi, può subire una sollecitazione di compressione radiale che supera la sua capacità di resistenza o ne provoca lo snervamento, con ulteriori danni.

Le cerchiature antiche, nella versione qui trattata, erano realizzate, per parte loro, con ferro dolce forgiato e ciò ne ha spesso favorito l'ossidazione con conseguente perdita di efficienza e con la creazione di depositi e di macchie sui manufatti cui erano applicate. In molti casi, poi, i perni ribattuti o i bulloni che assicuravano la chiusura della cerchiatura si sono allentati, oppure le sue saldature si sono corrose e tranciate, per cui la cerchiatura può avere perso, in tutto o in parte, la sua funzione.

Nella fasciatura con nastri in fibra di carbonio, le prestazioni finali del sistema dipendono strettamente dalla corretta progettazione e dall'accuratezza con cui sono eseguite le diverse operazioni. Per tali motivi è sempre necessario rivolgersi a tecnici in grado di fornire l'assistenza necessaria sia durante le fasi di progettazione sia di realizzazione vera e propria dell'intervento.

In generale, le condizioni ambientali di intervento vanno valutate attentamente, in particolare nel corso della stagione invernale, in quanto alle basse temperature è possibile che si riscontrino problemi di insufficiente polimerizzazione delle resine.

Dal punto di vista dell'invasività dell'intervento, un limite è costituito dalla necessità di dover smussare gli angoli in quanto gli spigoli vivi inibiscono le caratteristiche di prestazione delle fibre. Nel caso di pilastri realizzati in mattoni a vista, e quindi non ricoperti da intonaco, oppure nel caso di elementi in materiale lapideo (pilastri e pilastrini a sezione quadrata o rettangolare, basamenti, pulvini, ecc), generalmente con gli angoli a spigolo vivo perché rifiniti a scalpello, questa operazione si rivelerebbe eccessivamente invasiva per il manufatto. Nei restanti casi l'intervento è invece facilmente reversibile in quanto le fasce sono semplicemente incollate alla superficie e possono essere rimosse mediante un adeguato trattamento termico (soffio di aria calda), fermo restando che sarà sempre necessario procedere alla pulitura delle superfici trattate.

## ESPERIENZE

Come accennato, la tecnica di cerchiatura con elementi metallici è applicata fin da tempi remoti ed è quindi facile imbattersi in cerchiature di vari elementi strutturali e architettonici anzitutto nei siti archeologici. A questo riguardo si ricordano, tra i molti esempi possibili, le cerchiature di alcune colonne dei templi di Paestum, di quelle dell'acropoli di Lyndos, sull'isola di Rodi, o dell'area dei Fori Romani, tra cui quelle del tempio di Vesta (Valadier, inizio secolo XIX).

Vi sono poi colonne anticamente cerchiare nella chiesa di S. Maria in Flumine a Ponzano (Roma), o nella cattedrale di San Lorenzo a Genova.

Si ricordano, inoltre, le recenti cerchiature in acciaio alla base degli arconi rinascimentali della basilica superiore di S. Francesco, in Assisi, per ancorarli alle pareti e alle torri laterali.

### *Altre esperienze di cerchiature con elementi metallici*

ex monastero di San Michele a Lonate Pozzolo, Varese; cerchiatura delle colonne del chiostro con fasce in acciaio inox prive degli elementi di chiusura a serraggio in quanto saldate in opera intorno alle colonne. Le fasce sono rese attive e confinanti mediante l'inserimento di malta espansiva nell'intercapedine fascia-colonna, 2005;

ex monastero di Santa Monica, Cremona; cerchiatura delle colonne a sezione ottagonale del chiostro con bandelle in acciaio di limitato spessore, successivamente inglobate nell'intonaco di rivestimento (sistema CAM - Cerchiaggio Attivo dei Manufatti), 2006;

prove sperimentali a collasso su pilastri a sezione ottagonale, eseguite presso il Laboratorio Prove materiali del Politecnico di Milano; cerchiature con spire di cavi in acciaio post-tesi di piccolo spessore inserite nei giunti di malta, 2008.

### *Altri casi di cerchiature con il sistema CAM*

convitto Cuppari ad Alanno, Pescara; cerchiatura delle colonne e dei basamenti del porticato, 2009;

fabbricato in via Ezio, centro storico di Roma; messa in sicurezza di una colonna lesionata dell'androne, 2005.

### *Fasciatura con nastri in fibra di carbonio*

chiostro delle Vergini, Cosenza; fasciatura delle colonne con nastri in fibra di carbonio applicata alla base e alla sommità del fusto, 2002;

cripta del Duomo di Parma; fasciatura delle colonne con nastri in fibra di carbonio applicata a diversi livelli del fusto, 2006;

balastra della Basilica magistrale di Santa Maria della Steccata, Parma; fasciatura dei balastrini con nastri di altezza ridotta applicata a differenti livelli, 2009;

castello di Monselice, Padova; fasciatura con nastri di altezza ridotta applicata nei giunti di malta dei pilastri angolari, 2000;

torretta medievale ad Albarè di Costermano, Vercelli; fasciatura con nastri di altezza ridotta applicata nei giunti di malta, 2010.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Borri A. 2003.

Carbonara G. (a cura di) 1996, vol. III.

CNR-DT 200/2004, revisione 2008.

Faella C., Manfredi G., Piluso V, Realfonzo R, 2007.

Franco G., voce "Cerchiatura", in *Dizionario degli Elementi Costruttivi*, Utet, 2001.

Jurina L., *Prove a collasso su colonne cerchiata in muratura*, IF CRASC '09, I Convegno di Ingegneria Forense, IV Convegno su Crolli, Affidabilità Strutturale, Consolidamento, Napoli, 24 dicembre 2009.

Mastrodicasa S. 1974.  
(MUS)

Villa Litta, Milano:

Quaglia F., Giacomini G., Chiaradia V., *Rinforzo con CFRP di solai e travi in legno a valenza storico-artistica; villa Litta, Milano* in Tampone G. (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 70-76.

Cangi G., *Tecniche antisismiche di consolidamento*, Roma, De Luca, 2005, pp. 271-324.

Grimaz S. (a cura di), *Manuale Opere Provvisorie. L'intervento tecnico urgente in emergenza sismica*, Ministero dell'Interno e Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco, 2010



Figura 1 • Cerchiatura del capitello e del pulvino.



Figura 2 • Cerchiatura al collarino del capitello e ingabbiatura alle reni degli archi.



Figura 3 • Colonna in mattoni con base e capitello in pietra, stretta da numerose cerchiature lungo tutto il fusto. Ai lati, due pilastri di mattoni scaricano, parzialmente, la colonna dal peso delle strutture sovrastanti.

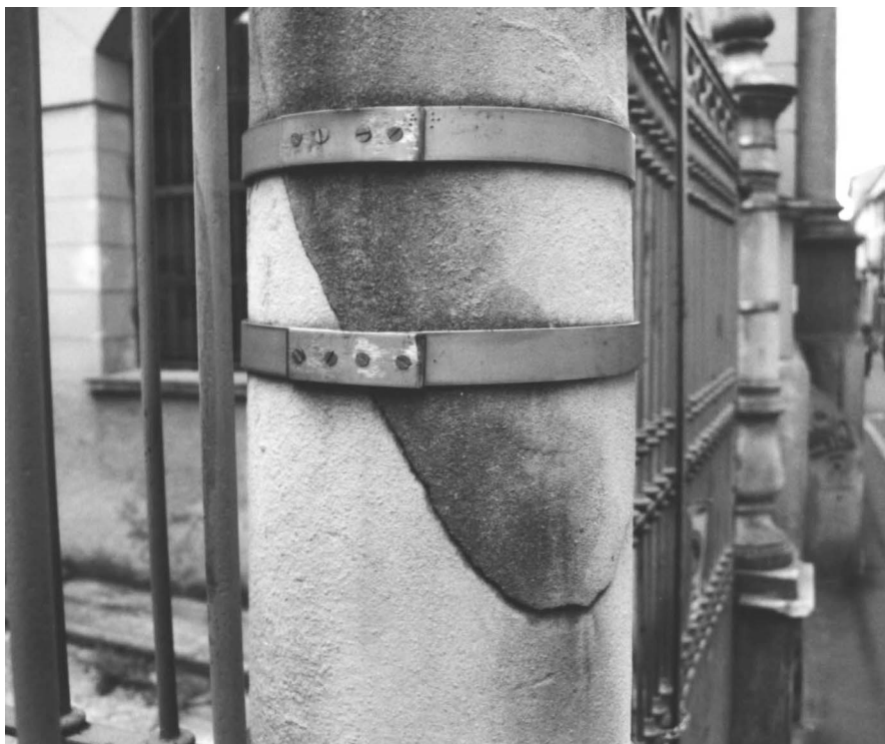


Figura 4 • Il fusto della colonna, visibilmente fratturato, è stato legato da una cerchiatura metallica.



Figura 5 • Cerchiatura alla base di una colonna di mattoni.



Figura 6 • Pesanti cerchiature al piedistallo di una colonna.





Figura 7 • Cerchiatura con rinforzi angolari di un pilastro di mattoni.



Figura 8 • Cerchiatura tradizionale applicata a diretto contatto della pietra e con rottura delle scanalature.



Figura 9 • Particolare di una cerchiatura in lega di rame.



Figura 10 • Schema di cerchiatura con mantenimento delle scanalature. (LAG)



Figura 11 • Fasciature con nastri in fibra di carbonio applicate alla base e alla sommità del fusto delle colonne. (KIMIA)

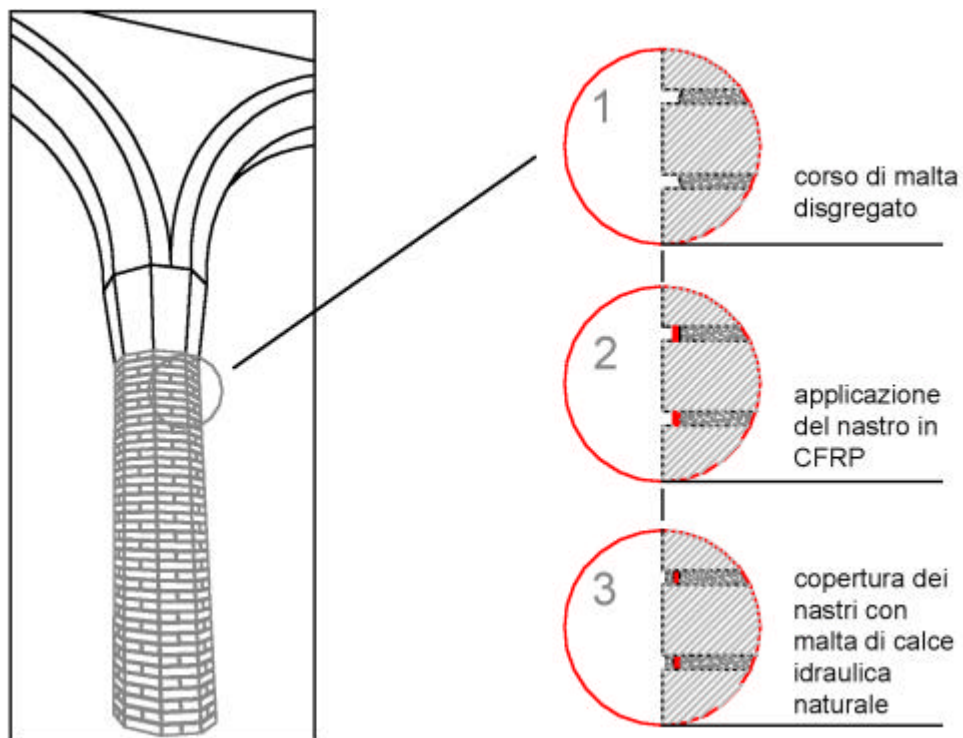


Figura 12 • Schema di un pilastro in muratura fasciato nei giunti di malta con nastri in fibra di carbonio. (IAR)



Figura 13 • Nastro di altezza ridotta in fibra di carbonio prima della stesura della malta di finitura. (ADORNI)



Figura 14 • Nastro in fibra di carbonio dopo la stesura della malta di finitura (calce naturale e inerti di calcare ammonitico, dimensioni > 0,1-0,2 mm). (ADORNI)



Figura 15 • Fasciature applicate alla base delle colonne. Nella colonna in primo piano è visibile la finitura con malta (calce naturale e inerti ricavati dalla frantumazione del medesimo litotipo della colonna). (KIMIA)



Figura 16a • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Scarnitura e pulizia del giunto previo arrotondamento dello spigolo. (IAR)



Figura 16b • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Stesura dell'adesivo epossidico a consistenza di stucco. (IAR)





Figura 16c • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Applicazione del nastro in fibra di carbonio (1,5 cm). (IAR)



Figura 16d • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Saturazione dei nastri in fibra in carbonio con resina epossidica fluida. (IAR)



Figura 16e • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Finitura dell'intervento con malta di calce idraulica naturale. (IAR)

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

(fasciatura con fibre di carbonio)

Adorni E., Alfieri S., *Gli interventi del passato e le nuove proposte di restauro per la balaustra del santuario di S. Maria della Steccata (Parma)*, in Atti del Convegno "Restaurare i restauri" a cura di Guido Biscontin e Guido Driussi, Bressanone, 2008.

Borri A., *Rinforzi di elementi compressi*, in "Sull'utilizzo dei materiali compositi (FRP) per gli interventi di rinforzo e di miglioramento sismico delle costruzioni in muratura", Bollettino Ingegneri, n. 4, 2003.

CNR-DT 200/2004, Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati, Roma - CNR 13 luglio 2004, rev. 7 ottobre 2008.

Faella C., Manfredi G., Piluso V, Realfonzo R, *Materiali ed approcci innovativi per il Progetto in Zona Sismica e la Mitigazione della Vulnerabilità delle strutture*, Atti del Workshop, Fisciano 12-13 febbraio 2007, ed. Polimetrica, Milano 2007; Cap. "Sperimentazione su pilastri in muratura confinati con FRP".

#### CREDITI FOTOGRAFICI

ADORNI: Elisa Adorni, PhD Materials Diagnosis for Architectural Conservation, Università degli Studi di Parma  
IAR: IAR, Ingegneria e Architettura del Restauro, Rovigo  
KIMIA: KIMIA S.p.A., Perugia

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Puntellature, centinature, armature provvisionali sono strutture di servizio, di carattere prevalentemente temporaneo, impiegate per la costruzione di nuovi manufatti, per il sostegno di parti lesionate o instabili di edifici e manufatti esistenti e per il loro consolidamento e restauro.

La stabilità di una costruzione, soprattutto se in muratura, non è legata unicamente alla resistenza dei materiali costitutivi ma anche al buon collegamento reciproco tra gli elementi che la compongono facendo sì che l'edificio abbia, ad esempio, un comportamento di tipo scatolare, come accade alla maggior parte delle costruzioni sorte in epoca preindustriale.

Quando, a causa di cedimenti fondali o delle singole strutture o di eventi traumatici d'origine naturale o antropica (terremoti, frane e smottamenti, esplosioni ecc.), vengono meno o si allentano le armature e i legami tra le pareti e i collegamenti tra queste e le strutture orizzontali, la costruzione perde il suo equilibrio e la sua stabilità e può rischiare il crollo parziale o totale. In molti casi, la messa in sicurezza della costruzione dissestata può essere ottenuta realizzando, appunto, opere di tipo provvisoria oppure di tipo definitivo. La distinzione è legata ai tempi d'esecuzione dell'intervento e al suo destino, ossia alla previsione che le strutture di sostegno o quelle di rinforzo siano destinate semplicemente a evitare il crollo delle strutture interessate, salvaguardando esse e gli utenti stabili o temporanei, per poi realizzare, in condizioni di sicurezza, il loro definitivo consolidamento oppure siano destinate a restare in opera stabilmente.

Le opere provvisorie temporanee possono d'altra parte costituire, in alcuni casi, la migliore soluzione anche per un consolidamento a lungo termine delle strutture instabili, nonostante le caratteristiche di reversibilità che le contraddistinguono.

Le principali opere provvisorie utilizzate nel campo del restauro sono, sostanzialmente, le puntellature, le armature e le centinature provvisorie.

*Puntellature*

Un puntello è, in termini generali, un elemento prismatico, a sezione circolare, quadrangolare o poligonale e a sviluppo prevalentemente lineare, utilizzato per contrastare il movimento o il cedimento di una struttura o per sostenerla in fase provvisoria. Per queste ragioni, il puntello è generalmente soggetto a carico di compressione assiale e va incontro, se eccessivamente snello, al rischio di deformazioni, in particolare inflessione, e rotture, per effetto del carico di punta cui è sottoposto. I puntelli possono essere di legno, di metallo, ma anche di pietra, di muratura e di cemento armato, o di altri materiali eventualmente integrati tra loro e possono essere costituiti da elementi monolitici e unici, oppure dall'unione di più elementi affiancati, o disposti a baionetta, legati e incastrati tra loro per ottenere le dimensioni e le sezioni, ossia le resistenze, richieste dalle specifiche situazioni d'impiego. Il puntello, per il tipo di struttura da sostenere, i fenomeni e i movimenti che intende contrastare oltre che per le situazioni in cui è utilizzato (appoggiato a terra o ad altre strutture, su spazi aperti o ristretti ecc.), può essere posto in opera in posizione verticale (ad esempio per sostenere una trave inflessa), orizzontale (teso tra i muri di due edifici per contrastarne deformazioni localizzate) o inclinata (per impedire il ribaltamento di una parete). In ogni caso, tra la testa del puntello e la struttura che sostiene, va posto un elemento di mediazione, ad esempio una tavola lignea, che ripartisca il suo carico su un'area più ampia rispetto alla sua sezione, così da evitare rischi di sfondamento e danni localizzati al manufatto che dovrebbe sostenere o contrastare (fig. 1, fig. 2).

La puntellatura di una struttura instabile consiste, di conseguenza, nella posa in opera di uno o più puntelli, isolati oppure ripetuti e tra loro connessi, fino a formare strutture più complesse e generalizzate che, talvolta, la ingabbiano interamente per contrastarne eventuali movimenti e cedimenti, per metterla in sicurezza anche in vista d'eventuali altri interventi di rinforzo e consolidamento successivi e definitivi. Le puntellature possono, in alcuni casi, essere anche realizzate come vere e proprie strutture di carattere reticolare, comprendenti elementi tesi oltre che compressi (v. CSD10 - Consolidamenti e rinforzi con tiranti, stralli o catene).

I puntelli possono esercitare sulla costruzione diverse azioni e, in particolare, possono concorrere a formare:

- *dispositivi di sostegno*, quando contrastano meccanismi di dissesto che si manifestano con movimenti di traslazione verticale e orizzontale delle parti di costruzione cui sono addossati (collasso di murature per schiacciamento, cedimenti di fondazione, rotture di architravi ecc.);
- *dispositivi di ritegno*, quando contrastano meccanismi di dissesto che si manifestano attraverso rotazioni delle strutture e degli elementi cui sono connessi (ribaltamento di pareti, ribaltamento di piedritti per la spinta di archi, rottura a taglio delle pareti ecc.);
- *dispositivi di sostegno e ritegno* (dissesti di archi e volte, spancamenti di pareti soggette a spinte di volte, spostamenti di piedritti di logge, porticati, celle campanarie), quando sommano entrambe le funzioni precedenti.
- *dispositivi di sostegno e di riduzione delle deformazioni*, quando consentono di riportare un elemento costruttivo o strutturale nella sua corretta posizione mediante organi meccanici o di altra natura.

In ogni caso, le caratteristiche fondamentali degli interventi di puntellatura devono essere la rapidità della loro messa in opera, la loro efficienza tecnica e la loro resistenza strutturale, nonché la loro reversibilità.

I problemi più rilevanti, invece, sono generalmente costituiti dall'ingombro degli elementi utilizzati, che talvolta possono invadere spazi circostanti o strutture limitrofe, rendere problematica l'esecuzione di ulteriori interventi e occultare in tutto o in parte il manufatto.

La scelta di realizzare tali opere con elementi lignei appare tuttora come la soluzione preferibile, per la leggerezza che contraddistingue questo materiale e per la facilità con cui si possono tagliare a misura, *in situ*, i diversi elementi. Le puntellature, infatti, sono raramente progettate in modo dettagliato e debbono spesso essere adattate a situazioni impreviste e imprevedibili all'atto della progettazione. L'adozione del legno agevola, inoltre, il collegamento tra gli elementi della puntellatura, grazie all'uso di legature, chiodature o incastri, rispetto a quanto avverrebbe se si utilizzassero elementi metallici, che richiedono saldature e bullonature. Infine, il legno è caratterizzato da una spiccata stabilità dimensionale, in direzione longitudinale, anche in presenza di forti variazioni dell'umidità e della temperatura, e questa caratteristica ne favorisce ulteriormente l'impiego per la realizzazione di singoli puntelli o di più estese opere provvisorie.

Le puntellature metalliche, tuttavia, possono risultare utili, soprattutto in situazioni di emergenza e quando è possibile utilizzare elementi modulari (ad es. tubi Innocenti).

#### *Armature e centinature provvisorie*

Le armature sono dispositivi normalmente utilizzati per la costruzione di vari elementi quali muri, volte, solai ecc., ma con alcune varianti, possono essere utilizzate anche come sostegni provvisori di strutture lesionate o pericolanti, oppure per la realizzazione del loro rinforzo e consolidamento definitivo. Nel caso in cui sia necessario intervenire su archi e volte, è più corretto parlare di *centine* e *centinature*. Le centine sono schematicamente formate da un sistema di travi, iscritte nell'intradosso della volta o dell'arco da sorreggere, poste a contrasto delle sollecitazioni derivanti dal dissesto della struttura che devono sostenere o consolidare, in via provvisoria o definitiva. Le centine sono sostanzialmente *incavallature* di legno, o di acciaio, disposte a intervalli regolari in modo da sostenere l'intero carico della *volta* e dotate di profilo superiore arcuato e tale da seguire la forma del suo intradosso.

Talvolta, la centina può addirittura essere sostituita da un semplice insieme di travi e di mattoni murati con malta, ottenendo una sorta di pannello che tampona provvisoriamente lo spazio sottostante la struttura da sostenere e che risulta resistente e facile da disarmare per eseguire

l'eventuale consolidamento definitivo della struttura. In termini indicativi, esse sono generalmente disposte su piani verticali, equidistanti e normali alle curve della volta dissestata, oppure su piani verticali, articolati e disposti in modo da garantirle il necessario sostegno.

Sulle centine è generalmente appoggiato un *manto*, tradizionalmente costituito da un tavolato continuo o da listelli di legno, opportunamente distanziati tra loro, avente la forma dell'intradosso dell'elemento che occorre sostenere. La centinatura è spesso provvista di *elementi orizzontali* e di *controventi* che esercitano una funzione complementare di collegamento e d'irrigidimento dell'intero sistema. Occorre, infatti, impedire che gli eventuali cinematismi di collasso delle strutture dissestate provochino, ad esempio, il movimento, la deformazione e l'inflessione laterale dei suoi ritti o montanti, terminali o intermedi.

Le centine possono, in termini generali, essere distinte in:

- centine *a sbalzo*, quando appoggiano soltanto alle loro estremità, su mensole o su altre strutture;
- centine *fisse*, quando appoggiano su ritti posti alle loro estremità o anche in punti intermedi, distribuiti sull'intera luce coperta.

La centina, infine, è completata da alcuni dispositivi regolabili (sacchetti di sabbia, cunei lignei, martinetti a vite o idraulici) che consentono il suo saldo appoggio al terreno, o ad altre strutture, la sua messa in tensione, affinché sorregga effettivamente le strutture instabili cui è sottoposta, e il suo eventuale disarmo.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Singoli puntelli, o più complessi sistemi di elementi provvisori, possono essere posti in opera, a sostegno di strutture instabili e dissestate, per ragioni di:

- *urgenza*: quando vi sono movimenti in atto nella costruzione o quando è necessaria la messa in sicurezza anche solo di singole parti (solai, volte, davanzali, portali, muri ecc.), ad esempio a seguito di un evento traumatico o in presenza del peggioramento di fenomeni pregressi (scosse sismiche, movimenti franosi, crolli parziali ecc.);
- *prevenzione*: quando è necessario mettere in sicurezza la costruzione in previsione della realizzazione d'interventi di varia natura, come demolizioni e smontaggi di parti limitrofe che potrebbero danneggiarla;
- *preparazione*: quando occorre sostenere la costruzione, in previsione e durante la realizzazione di interventi di consolidamento definitivi di altra natura;
- *definitiva soluzione dei problemi*: nei casi in cui le opere provvisorie siano adatte a garantire contemporaneamente le esigenze di salvaguardia della sicurezza delle persone e di tutela dei manufatti e siano preferibili o sostitutive di altri tipi di opere.

Si sono da sempre realizzate opere di sostegno di questa natura per sorreggere muri, archi, volte, solai, coperture, colonne e pilastri, muri di contenimento del terreno, torri, campanili e, sostanzialmente, ogni tipo di costruzione o singole parti ed elementi costruttivi, in qualsiasi materiale e con qualsiasi tecnica siano stati realizzati.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

### *Puntellature*

La scelta dello schema di puntellatura da adottare deve basarsi su semplici considerazioni di equilibrio applicate alle strutture isostatiche. Ciò è indispensabile per evitare che lo schema della puntellatura sia labile o non efficacemente vincolato.

La tecnica può avere diversi modi di applicazione di cui si ricordano schematicamente alcune casistiche ricorrenti.

### *Dispositivi di sostegno*

*Le puntellature di sostegno verticali o inclinate hanno il compito di opporsi alle componenti verticali e orizzontali delle sollecitazioni che hanno determinato il dissesto e che ne segnano i cinematismi ancora in atto, o di contrastarne la possibile insorgenza: per tale scopo è sufficiente porre*

*opportunamente in opera elementi strutturali capaci di reagire a sforzi assiali senza deformarsi e senza subire gli effetti di un eccessivo carico di punta.*

— Puntello semplice: si pone in opera, ad esempio, per contrastare il movimento di ribaltamento di una parete instabile di un edificio, spesso in corrispondenza di muri trasversali interni che garantiscono un efficace contrasto alla contropinta da esso esercitata per opporsi al movimento del fronte. Il puntello, in questi casi, può avere un'inclinazione variabile in relazione alla disponibilità di spazio, all'altezza, alla massa della parete o dell'elemento da bloccare e allo sforzo cui è sottoposto.

La verifica statica del puntello deve prevedere il calcolo delle azioni R e H esercitate dal corpo sorretto, e la verifica della sua fondazione al piede. Quest'ultima, in genere, è realizzata con un blocco in calcestruzzo che impedisce, con la sua forza peso e il suo attrito sul terreno, lo scorrimento del piede del puntello alla base.

In particolare deve essere verificata la relazione:  $R \cos \alpha = \mu P_c$ , dove  $\mu$  è il coefficiente di attrito tra il calcestruzzo e la pavimentazione e  $P_c$  è il peso del blocco di calcestruzzo.

— Puntello doppio: si applica sul lato interno ed esterno della muratura quando non vi sono muri di spina interni. Per evitare effetti flessionali sul muro su cui è applicato, con conseguenti rotture e lesioni, il puntello deve essere posto in modo tale che il suo asse incontri la spinta trasmessagli dalla struttura in corrispondenza della sua mezzera.

In tale situazione, il puntello è soggetto a un carico uguale alla componente orizzontale della spinta stessa.

Il funzionamento è quindi il medesimo di quello del puntello semplice, ma data la simmetria degli elementi impiegati, non si esercita alcuna spinta sulla muratura.

I puntelli possono essere impiegati anche per contrastare dissesti da schiacciamento di colonne e pilastri. In questi casi, tuttavia, una valida alternativa è costituita dalla cerchiatura (v. CSD07 - Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio).

Puntelli semplici e doppi contrapposti possono essere utilizzati singolarmente, associati tra loro oppure in serie, connessi da elementi trasversali e di controventamento, per realizzare dispositivi in grado di puntellare parti di costruzione anche molto ampie ed estese (fig. 3, fig. 4, fig. 5).

### *Sbadacchiature*

Sono opere di sostegno realizzate in corrispondenza di aperture per contrastare fenomeni in atto di rottura di architravi o per collaborare nel sostegno dei maschi murari soggetti a schiacciamento.

Esse possono essere, oltre che in legno e in ferro, anche in muratura di mattoni: soprattutto nei casi di instabilità più gravi, infatti, è buona norma realizzare la chiusura completa delle aperture presenti (*tamponatura*) con muratura nuova (solitamente in mattoni pieni), avendo cura di farlo in modo reversibile.

### *Dispositivi di ritegno*

Come si è detto, le opere di ritegno contrastano dissesti che si esplicano attraverso una rotazione, e che sono quindi sempre associati a una spinta, più o meno concentrata (come ad es. il ribaltamento di pareti, ribaltamento di piedritti per la spinta di archi ecc.).

Anche in questo caso, il mezzo più comune per provvedere alla messa in sicurezza della parete o dei piedritti consiste nell'applicazione di puntelli, che possono essere realizzati diversamente in relazione al tipo e alla localizzazione del dissesto.

Se, infatti, il dissesto è collocato nelle zone basse della costruzione (ad es. nel caso di ribaltamento di pareti soggette alla spinta delle volte) il puntello può semplicemente consistere in un elemento monodimensionale a prevalente sviluppo lineare. Quando, invece, l'estremità superiore del puntello (testa) è posta molto in alto (volte a piani superiori, ribaltamento dell'intera parete per distacco delle ammorsature ecc.) il principio di funzionamento è lo stesso, ma il puntello deve diventare una struttura reticolare, per limitare la lunghezza

libera di inflessione degli elementi che la compongono.

Nel caso di puntellatura d'interi fronti, a tutta altezza, occorre valutare la necessità di realizzare anche opere di tirantatura e/o di cerchiatura di parti dei fronti (v. CSD07 - Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio, CSD10 - Consolidamento e rinforzi con tiranti, stralli o catene). Ciò consentirebbe, tra le altre cose, di limitare sensibilmente



l'ingombro delle opere e di non invadere e occupare gli spazi circostanti. L'alternativa, spesso praticata nel passato, di puntellare un edificio ponendo in opera puntelli orizzontali e inclinati a contrasto con edifici adiacenti (frequentemente utilizzata, ad esempio, nei centri storici con vie strette come quelli liguri o toscani) deve invece essere evitata, per quanto possibile, per i rischi che comporta sulla stabilità e l'integrità degli edifici assunti come strutture di contrasto (fig. 6).

Nel caso in cui il puntello debba contrastare lo spanciamento di una parete, è necessario che esso sia posizionato in modo che il suo asse incontri la spinta in mezzeria del muro, per evitare effetti flessionali sul muro stesso. In questa situazione il puntello è soggetto a un carico uguale alla componente orizzontale della spinta.

#### *Dispositivi di sostegno e ritegno*

Dal punto di vista statico questo sistema di presidio consiste in una struttura reagente capace di porsi efficacemente a contrasto delle risultanze delle forze orizzontali e verticali attive.

Ove si operi su strutture voltate instabili o a rischio di crollo, occorre evitare che i sistemi di sostegno provvisori esercitino su di esse azioni concentrate ed è quindi necessario procedere alla loro messa in forza con estrema cautela, per evitare, ad esempio, il loro sfondamento verso l'alto. In ogni caso, è preferibile che le volte o gli archi siano messi in sicurezza con la stabilizzazione delle strutture di supporto (muri, piedritti, spalle ecc.) piuttosto che con una loro puntellatura.

Quando, tuttavia, la struttura arcuata o voltata ha perso la sua corretta curvatura e ha subito eccessive deformazioni, cui segue in genere una definitiva perdita di stabilità, con rischio di crollo imminente, la puntellatura diretta è indispensabile e va attuata, ad esempio, con armature e centine di sostegno provvisorie o definitive (controvolute).

Una volta definito lo schema statico della puntellatura, occorrerebbe inoltre verificarla dal punto di vista dimensionale e strutturale. Questa operazione, tuttavia, è raramente eseguita sostanzialmente per due ragioni. In primo luogo, non è semplice valutare l'esatta "quota parte" di spinta trasmessa dalla struttura dissestata alla centina stessa. Ciò dipende, infatti, da come è messa in opera la puntellatura, dai caratteri costruttivi della volta e dal progredire del suo dissesto ecc., fattori di difficile previsione e quantificazione. Sisto Mastrodicasa propone, a questo riguardo, due tabelle per valutare tale sollecitazione. In secondo luogo, molto spesso i puntelli sono già sovradimensionati, per ragioni legate alla loro stabilità e ciò garantisce la resistenza globale della struttura.

#### *Dispositivi di sostegno e di riduzione delle deformazioni*

In alcuni casi, elementi simili a quelli impiegati in molte strutture provvisorie di sostegno, sono utilizzati anche per realizzare dispositivi in grado di riportare una parete nella sua corretta posizione riducendone, ad esempio, la rotazione e i conseguenti rischi di crollo. Si tratta di interventi estremamente delicati e potenzialmente distruttivi, che fanno uso di apparecchiature meccaniche, elettriche, idrauliche in grado di spostare l'elemento interessato, sostenuto da opportune opere di tipo provvisorio, anche attraverso l'impiego di eventuali tirantature o intelaiature provvisorie di supporto.

#### *Armature e centinate provvisorie*

In primo luogo, è bene sottolineare che le forme e le disposizioni che le centine o le armature provvisorie possono assumere dipendono strettamente dalle configurazioni delle strutture arcuate o voltate che debbono sorreggere, sostenere o rinforzare. Nel caso di *volte a botte*, ad esempio, le centine debbono essere disposte su piani paralleli e perpendicolari alle loro linee generatrici. Nella *volta a padiglione*, invece, si dispongono due centine principali lungo i suoi spigoli (centine diagonali) e altre su diversi piani verticali passanti per il cervello della volta e diretti normalmente ai lati del perimetro di base. Alcune porzioni minori di centine sono poi collocate su piani intermedi e fissate alle centine diagonali per collegare il tutto.

Nelle *cupole*, le centine prendono generalmente la forma di grandi incastellature, controventate in molte direzioni e sostenute da numerosi ritti e montanti intermedi. Nella *volta a crociera*, si costruisce in genere l'armatura al di sotto di ciascuna delle due volte a botte da cui la crociera origina o, meglio, delle quattro unghie che la compongono. Si procede, in questi casi, realizzando quattro centine perimetrali unite da due centine diagonali, disposte secondo gli spigoli risultanti

dall'intersezione delle due botti. Il manto delle unghie laterali, segue poi le linee generatrici delle superfici cilindriche cui le botti appartengono. Analogamente si agisce se la crociera ha pianta poligonale, nel qual caso si porranno in opera tante centine quante sono le linee di imposta e altrettante mezze centine diagonali. Infine, nella *volta a vela* si dispongono quattro centine perimetrali per sostenere gli archi di imposta, e ad esse si legano altre centine centrali, spesso disposte radialmente a sostenere l'intradosso della volta.

Solitamente, le centine sono sorrette da complessi sistemi di ritti contrastati da una tavola di zoccolo che è a sua volta appoggiata su dispositivi atti a mettere in tensione la struttura di sostegno. Si tratta generalmente di elementari cunei di legno, di viti a calare, di martinetti idraulici o di altri dispositivi simili in grado di garantire il controllo e la modifica progressiva dell'estensione in elevato dei ritti e delle centine, sia per graduare la contropinta che debbono esercitare sulla volta dissestata, sia per consentirne un disarmo lento e graduale che asseconi eventuali cedimenti fisiologici della struttura a consolidamento completato.

Mentre, in passato, l'armatura era sempre e completamente lignea, oggi sono impiegate, specie per opere di particolare impegno strutturale, anche armature completamente o parzialmente realizzate in profilati standard di acciaio, per evitare lo sfrido legato all'uso del legno e per assicurare la massima recuperabilità e il reimpiego degli elementi e dei materiali componenti la struttura provvisoria anche se, come evidenziato, il legno assicura alcune prestazioni insuperabili.

Negli interventi su strutture caratterizzate da luci elevate vi è, peraltro, la necessità di garantire anzitutto l'indefornabilità della struttura di sostegno provvisorio e di distribuire in modo razionale ed efficiente il peso della volta su tutte le sue membrature. Si tende, perciò, ad adottare centinature con schemi reticolari staticamente determinati.

Occorre inoltre ricordare che, in ogni *armatura centinata*, molte membrature, generalmente snelle, sono soggette a carico di punta e occorre quindi verificarne le sezioni per evitare che la centina si infletta e divenga instabile.

Le centine si calcolano, se necessario, con i metodi grafici e analitici utilizzati per gli altri tipi di travature piane, con l'ipotesi semplificatoria secondo cui i suoi elementi costitutivi sarebbero collegati mediante cerniere nei nodi. In genere, si tratta di travature assai complesse e staticamente indeterminate e, anche trascurando le membrature d'irrigidimento, un calcolo rigoroso non è affatto agevole, proprio per la difficoltà di valutare correttamente l'influenza della natura dei collegamenti sul loro comportamento complessivo. D'altra parte, raramente si ritiene necessario procedere a un calcolo analitico, come già ricordato, anche per la consuetudine e l'opportunità, da sempre rispettata, di assegnare alle membrature provvisorie, sezioni alquanto esuberanti rispetto alle effettive necessità ([fig. 7](#), [fig. 8](#), [fig. 9](#), [fig. 10](#)).

### LIMITI, ACCORGIMENTI E VARIANTI

Indipendentemente dalle diverse soluzioni adottate, può accadere che le opere provvisorie siano lasciate in opera per molto tempo (oltre le iniziali previsioni) e, per tale motivo, occorre spesso predisporre elementi di protezione capaci di evitare che le armature o i puntelli provvisori siano investiti da fenomeni di degrado o che diventino, essi stessi, causa di nuovi problemi per le strutture che intendono sostenere. È pertanto necessario provvedere, ad esempio, alla protezione delle pavimentazioni sulle quali poggeranno i puntelli, o predisporre protezioni da interporre tra la centina e la volta da sostenere, nel caso quest'ultima presenti decorazioni dipinte o in rilievo e, in ogni caso, proteggere gli elementi stessi che compongono la struttura di sostegno per evitare che marcisca, si deformi o s'incendi (se di legno) oppure che ossidi (se di metallo).

Ogni opera di puntellatura o di centinatura di strutture lesionate o instabili deve, in ogni caso, evitare di trasmettere improprie sollecitazioni alla struttura oggetto di intervento e, ancor più, a quelle limitrofe o ad altre parti della costruzione e occorre, pertanto, evitare di appoggiare direttamente ad esse puntelli o altri elementi in grado di danneggiarle.

Particolare attenzione va posta anche alla fase di rimozione dei puntelli, delle centine e di ogni altro elemento di sostegno provvisorio, quando si rivelano non più necessari poiché la struttura è stata in altro modo definitivamente consolidata. A tal fine, come evidenziato in precedenza, occorre prevedere l'impiego di zeppe o di altri dispositivi per controllare la posizione della centina stessa, per farla aderire perfettamente all'intradosso della struttura che deve sostenere (eventualmente forzandola), ma anche per poterla agevolmente disarmare e rimuovere.

Infine, le strutture di sostegno provvisoriale debbono mantenere la loro efficacia per l'intera durata del loro impiego e debbono quindi essere realizzate con materiale idoneo, montate da personale specializzato e, se necessario, devono essere oggetto di calcolo strutturale.

## ESPERIENZE

Opere provvisoriale di limitata o elevata complessità, di concezione tradizionale o innovativa, costruite con diversi materiali e schemi statici, sono ampiamente documentate sia nei manuali di arte e tecnica del costruire del XIX secolo (si vedano le opere di Giuseppe Valadier, Gustav Adolf Breyman, Daniele Donghi e altri) sia nei testi contemporanei di tecnologia delle costruzioni o di consolidamento statico (si pensi alle opere di Sisto Mastrodicasa, anzitutto, o a quelle più recenti di Cigni, Caleca, Defez e altri). Ampia documentazione è poi reperibile sulle riviste di settore, non solo dedicate al restauro ma anche all'industria delle costruzioni.

Tra le recenti esperienze, di cui è agevole trovare immagini e descrizioni, vi sono, in ogni caso:

- le opere provvisoriale realizzate per gli interventi di salvaguardia e messa in sicurezza successive al terremoto di L'Aquila del 6 aprile 2009 che ha danneggiato moltissimi altri centri dell'Abruzzo ([fig. 11](#), [fig. 12](#), [fig. 13](#), [fig. 14](#), [fig. 15](#));
- le opere provvisoriale realizzate per gli interventi di restauro sul complesso architettonico del Sacro Convento di Assisi dopo il sisma che ha danneggiato moltissimi altri monumenti dell'Umbria, come la Torre Civica di Nocera Umbra a sua volta sostenuta da imponenti opere provvisoriale;
- la grande travatura e incastellatura metallica che sorregge la porzione superstite della cupola della cattedrale di Noto, in Sicilia, danneggiata dal recente crollo;
- le grandi incastellature metalliche poste in opera, all'intradosso, per sostenere le membrature lapidee della guariniana cupola della cappella della Santa Sindone, nel duomo di Torino, indebolita dall'incendio.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Carbonara G. (a cura di) 1996, vol. III; Mastrodicasa S. 1974.

Felici A. 2006, *Le impalcature nell'arte e per l'arte. Palchi, ponteggi, tralicci e armature per la realizzazione e il restauro delle pitture murali*, Nardini, Firenze.

Cifani G., Lemme A., Podestà S. 2005, *Beni monumentali e terremoto. Dall'emergenza alla ricostruzione*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.

Franceschi S., Germani L. 2005, *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.

Mariani M. 2004, *Consolidamento delle strutture lignee con l'acciaio*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.

Rocchi P. (a cura di) 2003, *Il Manuale del consolidamento strutturale*, Mancosu, Roma.

Pedeli C., Pulga S. 2002, *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodi*, All'Insegna del Giglio, Firenze.

Gurrieri F. (a cura di) 1999, *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.

AA.VV. 1989, *Manuale del recupero del Comune di Roma*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.

Adam J.P. 1988, *L'arte di costruire presso i Romani. Materiali e tecniche*, Longanesi & C., Milano.

Cangi G., *Tecniche antisismiche di consolidamento*, Roma, DeI, 2005, pp. 271-324.

Grimaz S. (a cura di), *Manuale Opere Provvisorie. L'intervento tecnico urgente in emergenza sismica*, Ministero dell'Interno e Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco, 2010.



Figura 1 • Puntellatura verticale di sostegno a contrasto di dissesti che si esplicano attraverso moti di traslazione verticale (rottura di architrave) nell'Eretteo di Atene.



Figura 2 • Sistema articolato di puntellazione che comprende sia sostegni verticali che inclinati. Sono inoltre presenti numerose cerchiature e staffature.

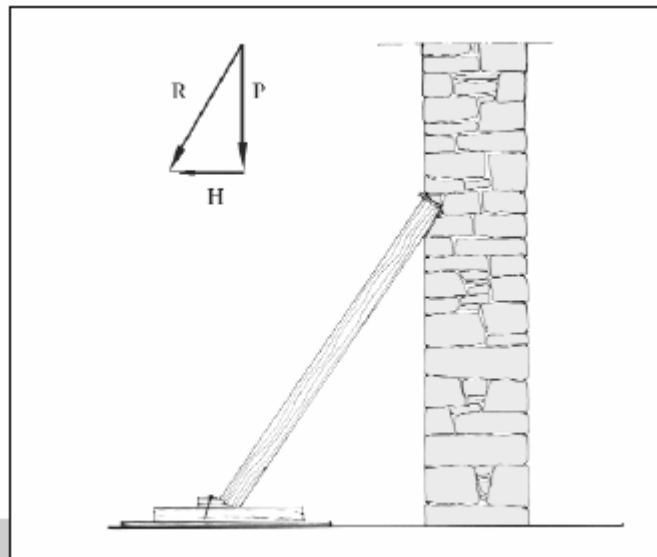


Figura 3 • Puntellatura obliqua. Nella parete è ricavata, mediante scalpellatura, una sede adeguata a contenere la testa del puntello e di una tavola di interposizione con il muro. Al piede del puntello è sistemato un gattello d'arresto con chiodatura alla "traditora" ed eventuale fasciatura con "moietta" di ferro al dormiente. (CAF)



Figura 4 • Puntellatura obliqua di ritegno, per dissesti che si esplicano attraverso una rotazione (ribaltamento di piedritti per la spinta di archi).

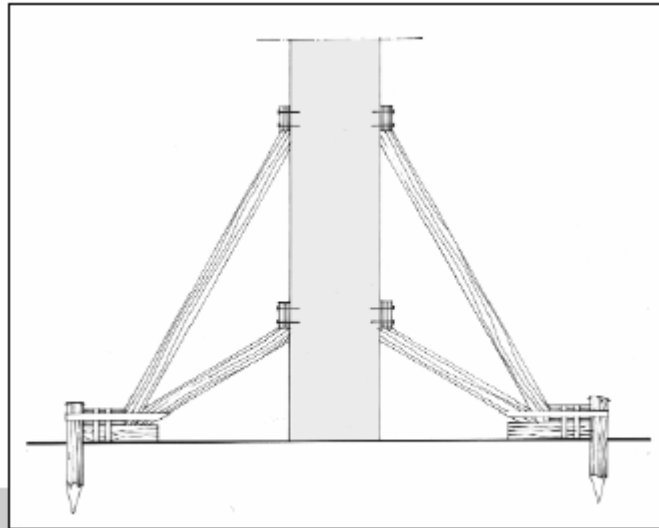


Figura 5 • Puntellamento eseguito su due lati della stessa parete soggetta a spinte nelle due direzioni. (CAF)

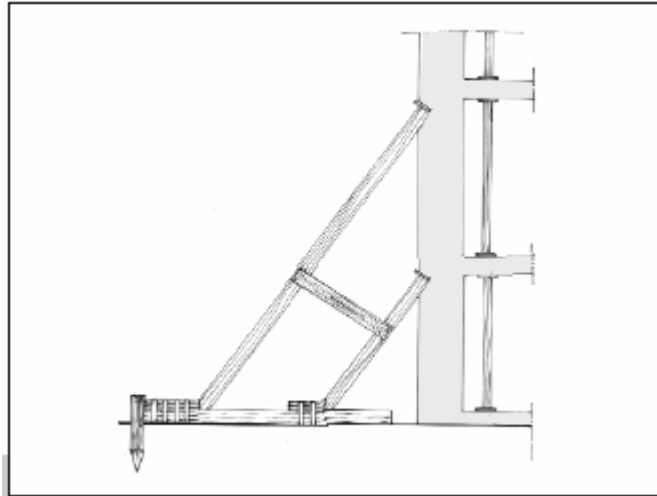


Figura 6 • Doppia puntellatura a diversa altezza. L'arresto del puntello al piede è costituito da un picchetto di legno incastrato nel terreno e legato con fasciatura metallica. (CAF)

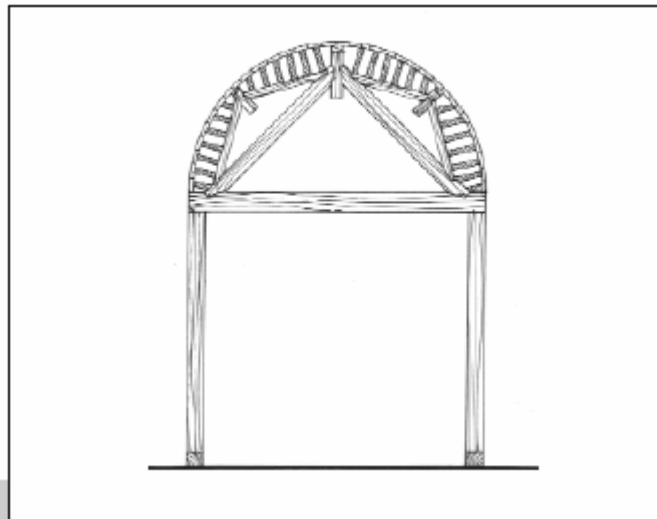


Figura 7 • Puntellatura "a sbalzo" di volta a botte. (CAF)



Figura 8 • Puntellatura "a sbalzo" realizzata in legno e metallo nelle arcate del teatro di Erode Attico ad Atene.

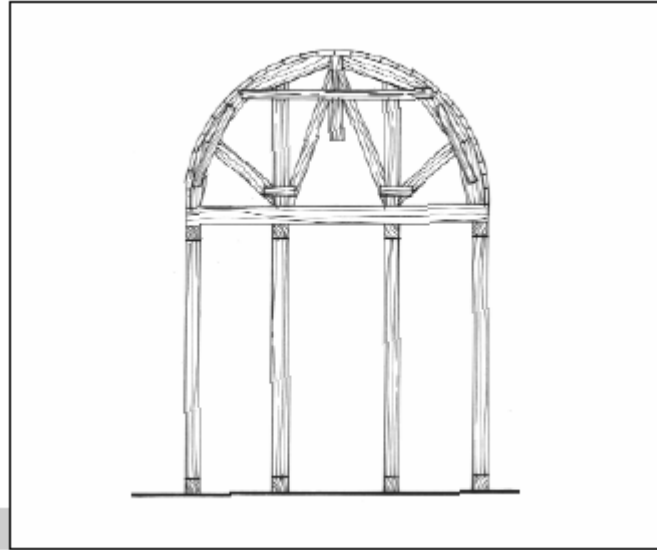


Figura 9 • Puntellatura “fissa” di volta a botte. (CAF)



Figura 10 • Centinatura di un arco realizzata tamponandone parzialmente la luce con mattoni.





Figura 11 • Sbadacchiature in legno nel centro storico di L'Aquila, Aprile 2010. (BUC)



Figura 12 • Puntelli metallici di ritegno nel centro storico di L'Aquila, Aprile 2010. (BUC)



Figura 13 • Sistema reticolare di puntelli metallici nel centro storico d L'Aquila, Aprile 2010. (BUC)



Figura 14 • Sistema reticolare di puntelli metallici a sostegno dell'architrave del Palazzo del Governo nel centro storico di L'Aquila, aprile 2010. (BUC)



Figura 15 • Sistema di puntelli lignei di ritegno nel centro storico d L'Aquila, Aprile 2010. (BUC)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Talvolta, singole strutture o interi edifici sono instabili o soggetti a rischio di collasso per effetto di movimenti delle strutture o del suolo di fondazione, per fenomeni di apertura della scatola muraria o per deformazioni localizzate, provocate, ad esempio, da spinte orizzontali di volte e di strutture arcuate o comunque spingenti. Tali strutture possono essere sostenute (e i loro movimenti possono essere contrastati e bloccati) dalla costruzione di adeguati speroni murari.

Generalmente, gli speroni si presentano come settori di muri a sezione verticale inclinata, più o meno estesi e massicci, secondo i caratteri delle strutture cui sono addossati e i loro specifici problemi di equilibrio e stabilità (fig. 1).

Tali elementi, se correttamente progettati e realizzati, sono in grado di contrastare le azioni di spinta generate dalle strutture instabili cui sono connessi grazie, anzitutto, alla loro posizione e ai cinatismi di collasso che intendono bloccare, alle dimensioni e, quindi, alla propria massa e al proprio peso. In alcuni casi, lo sperone è impiegato anche come rinforzo o come puntello, con funzione antisismica.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'uso di speroni murari risale all'epoca antica e romana in particolare, come testimonia la loro presenza nel tempio di Minerva Medica a Roma e in alcuni edifici di Pompei. In epoca rinascimentale, Leon Battista Alberti assimilava gli speroni a puntellature permanenti.

Gli speroni possono essere inseriti in tutte le costruzioni a struttura muraria, soprattutto se caratterizzate da strutture di carattere spingente, che presentano sconessioni, deformazioni, dislocazioni e movimenti, pregressi o in atto, che ne mettono a rischio la stabilità (fig. 2). Si tratta, in sostanza, di realizzare con apparecchiature murarie stabili le opere necessarie a contrastare i movimenti delle parti murarie esistenti. La presenza di speroni, contrafforti e scarpe è diffusa in molte città storiche e in tutta l'edilizia tradizionale e, in special modo, in quelle di origine medievale. Tali rimedi stabili, infatti, vennero così frequentemente adottati e sperimentati nei loro comportamenti di ordine statico che, molto spesso, furono realizzati contemporaneamente alla costruzione muraria degli edifici e non aggiunti successivamente, come puntellature, acquisendo un ruolo architettonico oltre che strutturale (fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7).

Gli speroni murari posti a rinforzo di strutture instabili sono generalmente costruiti in muratura di pietra o di mattoni pieni. L'uso del calcestruzzo, armato o no, è sconsigliato a causa dei problemi più volte richiamati di incompatibilità chimico-fisica e strutturale tra nuovi elementi e strutture preesistenti. Vi sono tuttavia casi in cui, per ragioni di urgenza, anche questo materiale e le relative tecniche costruttive possono trovare applicazione.

Ai fini del comportamento strutturale dello sperone, assumono particolare importanza le sue dimensioni, oltre alla sua posizione e alla sua morfologia generale. Giocano, in questo senso, un ruolo fondamentale: l'inclinazione delle sue facce esterne, i materiali impiegati, la profondità della fondazione e i vincoli o le connessioni con le strutture da sostenere. In particolare, la presenza di immorsature con la muratura cui è addossato, può influire in modo determinante sull'azione stabilizzante dello sperone poiché, in mancanza di efficaci collegamenti, esso perde la capacità di trasmettere al terreno le sollecitazioni derivanti dalle strutture cui fa da contrasto, con il rischio che la sua costruzione risulti del tutto inefficace.

Nel 1986, a riprova della perdurante validità di tali dispositivi, le “Raccomandazioni” elaborate dal Comitato nazionale per la prevenzione dal rischio sismico, hanno comunque invitato gli operatori ad adottare, per il consolidamento di edifici sottoposti alle sollecitazioni indotte da un terremoto, sistemi di “tipo tradizionale”, facendo uso, appunto, di speroni, di catene e di cerchiature (v. CSD07 - Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio, CSD10 - Consolidamenti e rinforzi con tiranti, stralli o catene).

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La costruzione di speroni murari non consiste semplicemente in una successione di operazioni esecutive, ma presuppone lo sviluppo di adeguati accertamenti diagnostici preventivi e di opportuni calcoli o verifiche strutturali, anche mediante modellizzazioni di varia natura.

In questa sede si richiamano semplicemente i criteri di orientamento generale che occorre tenere presenti nella realizzazione di simili dispositivi.

L'intervento, in termini generali, consiste nella realizzazione di un tratto di muratura addossata e debitamente immorsata alla parte di costruzione che minaccia rovina e che manifesta fenomeni di deformazione, quali: spancamenti, fessurazioni, espulsione di materiali, distacchi dalla parte contermina della fabbrica, ribaltamenti o traslazioni.

La costruzione dello sperone può eventualmente essere associata all'installazione di altri sistemi e dispositivi di contenimento delle spinte, quali tiranti, catene o cerchiature, oppure di sostegno, quali sostruzioni, sottomurazioni o palificazioni (fig. 8).

Lo sperone può essere realizzato con materiali e con tecniche costruttive analoghe a quelle proprie del manufatto su cui s'interviene, sempre che la loro adozione consenta di raggiungere i risultati sperati assicurando la stabilità del rinforzo e la sua efficacia. È in ogni caso possibile ricorrere anche a materiali diversi, soprattutto se più resistenti di quelli della struttura da sostenere, e a tecniche di posa in opera che garantiscano la stabilità dello sperone stesso e della costruzione che dovrebbe sostenere e bloccare. La forma dello sperone, sia in pianta sia in elevato, dovrà essere adattata a quella del manufatto cui si addossa, sia per resistere efficacemente alle sollecitazioni che essa le trasmetterà, sia per rispettarne i caratteri e l'identità architettonica. È pertanto possibile realizzare speroni puntuali e ciechi, addossati ad esempio ai cantonali di un edificio dissestato, ma anche speroni più estesi e con sviluppo coincidente con intere parti dell'edificio dissestato, eventualmente anche dotati di aperture poste in corrispondenza di quelle esistenti nella parete che lo sperone sostiene (fig. 9).

La costruzione dello sperone segue le fasi e i metodi costruttivi propri di una qualsiasi struttura muraria. La fase di realizzazione delle fondazioni deve, tuttavia, tenere conto delle inevitabili interferenze che i necessari scavi avranno con le strutture di fondazioni dell'edificio esistente e, quindi, dovrà osservare particolari cautele, per evitare di indurre danni indesiderati o di peggiorare la situazione di equilibrio della fabbrica (fig. 10).

Il dimensionamento dello sperone, soprattutto al suo piede, deve poi rispettare le norme vigenti in materia di consolidamento e di costruzione di strutture murarie (tra gli altri, si vedano il D.M. 24/01/1996, sulla prevenzione del rischio sismico, il D.M. 20/10/1987, sul calcolo e il consolidamento degli edifici in muratura, il D.M. 05/06/1996, sulle costruzioni in zona sismica, il D.M. 14/01/2008, sull'applicazione delle Nuove Tecniche per le Costruzioni e la Direttiva P.C.M. 09/02/2011, relativa alle Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale).

Le dimensioni e la forma dello sperone debbono, infatti, evitare rischi di ribaltamento, di traslazione e di torsione delle strutture da sostenere e consolidare oltre che dello sperone stesso.

Una cura particolare si dovrà, inoltre, avere nella preparazione e nell'esecuzione delle fondazioni dello sperone, con riferimento all'esatta valutazione della natura geologica del suolo, della sua portanza o dell'eventuale presenza di falde idriche acquifere superficiali e profonde. Il sistema fondale stesso dovrà essere concepito e realizzato in modo da contrastare efficacemente le componenti orizzontali delle spinte che la porzione di manufatto dissestato trasmetterà allo sperone.

Quando è possibile, infine, è opportuno inclinare i corsi della muratura verso la fabbrica da sostenere, per aumentare il potere stabilizzante dello sperone e diminuire i rischi di una sua eventuale traslazione orizzontale (fig. 11).

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Un limite implicito in questo tipo di intervento è costituito dalla relazione che inevitabilmente lega l'altezza dello sperone al suo ingombro alla base. Per questo non sempre è possibile ricorrervi per stabilizzare strutture instabili, soprattutto se particolarmente alte e snelle, oppure se comprese entro un tessuto urbano denso e in assenza di spazi liberi al loro intorno.

Inoltre, come già ricordato, la costruzione dello sperone comporta inevitabilmente la realizzazione di scavi di fondazione che possono determinare rischi ulteriori per la stabilità della struttura da rinforzare, oppure può entrare in conflitto con la necessità di salvaguardare, da ogni manomissione, il sito su cui sorge, non soltanto in superficie ma anche nel sottosuolo, ove potrebbero ad esempio esistere strati e strutture archeologiche.

La costruzione di uno sperone murario, infine, muta radicalmente la configurazione e l'aspetto di un edificio e può quindi avere un notevole e inaccettabile impatto sul suo intorno e sull'ambiente in generale.

Per queste ragioni, può essere opportuno ricorrere a simili strutture di presidio e di consolidamento, perché coerenti e organiche a molta parte del patrimonio costruito di carattere murario e di origine preindustriale; ma occorre sempre valutare con estrema attenzione l'impatto che simili nuove strutture hanno sull'edificio da sostenere, rinforzare e consolidare oltre che sul suo intorno, per evitare danni maggiori, anche se di altra natura, di quelli cui s'intende porre rimedio.

## **ESPERIENZE**

Gli speroni furono usati, in passato, anche come struttura di prevenzione antisismica, ad esempio nella cattedrale di Pienza, nel palazzo comunale e alla base del campanile della cattedrale di Anagni o, ancora, in molti edifici del centro storico di Città di Castello, come ricorda il recente *Manuale per il recupero della città*, curato da Paolo Marconi.

Tra il 1806 e il 1807, come accennato, Raffaele Stern realizzò un imponente sperone in muratura, di mattoni pieni, a sostegno delle strutture pericolanti del Colosseo, alla terminazione del suo anello esterno, verso il Laterano.

Nel secolo XIX, molti speroni in muratura di pietra, di mattoni, di tufo ecc., furono impiegati per realizzare strutture di presidio per evitare crolli e per rinforzare i terrapieni o i terrazzamenti di numerose aree archeologiche, non solo italiane e, almeno fino agli anni Sessanta del Novecento, in molti interventi di restauro strutturale di antiche fabbriche.

Robusti speroni murari furono poi innalzati anche per sostenere provvisoriamente la facciata pericolante del palazzo dei Trecento, a Treviso, gravemente colpito dai bombardamenti aerei durante la seconda guerra mondiale.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Cangi G., *Manuale del recupero strutturale antisismico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

Cangi G., *Tecniche antisismiche di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 271-324.

Carbonara G. (a cura di), vol. III, 1996.

Heyman J., *The stone skeleton. Structural engineering of masonry architecture*, Cambridge University press, Cambridge, 1995.

Mastrodicasa S., 1974.

Musso S. F., Franco G., *Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali*, Marsilio, Venezia, 2000.



Musso S. F., Franco G., *Guida agli interventi di recupero dell'edilizia diffusa nel Parco Nazionale delle Cinque Terre*, Marsilio, Venezia, 2006.

Rocchi P. (a cura di), *Il Manuale del consolidamento strutturale*, Mancosu, Roma, 2003.

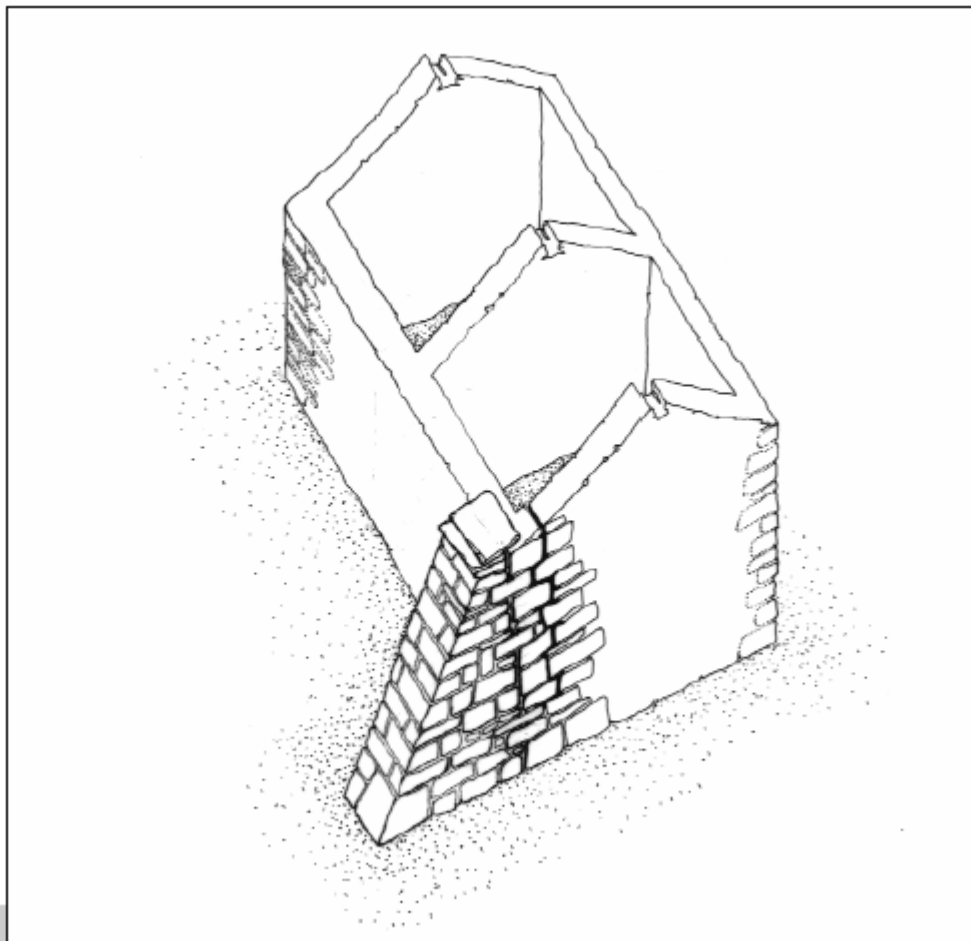


Figura 1 • Schema di posizionamento di uno sperone murario in corrispondenza di un cantonale.  
(CAF)



Figura 2 • Speroni murari dell'Acropoli di Atene.



Figura 3 • Speroni murari presso l'ingresso di Santa Sofia, Istanbul. (BUC)



Figura 4 • Particolare della porzione sommitale di uno degli speroni murari presso l'ingresso di Santa Sofia, Istanbul. (BUC)



Figura 5 • Speroni murari presso la moschea della Piccola Santa Sofia (ex chiesa dei Santi Sergio e Bacco), Istanbul. (BUC)



Figura 6 • Centro storico di Taggia (IM): sperone murario a sostegno della cinta muraria medievale. (BUC)



Figura 7 • Centro storico di Taggia (IM): particolare dello sperone murario a sostegno della cinta muraria medievale. (BUC)



Figura 8 • Castello di Taggia (IM): sperone murario realizzato durante le opere di consolidamento delle murature perimetrali. (BUC)



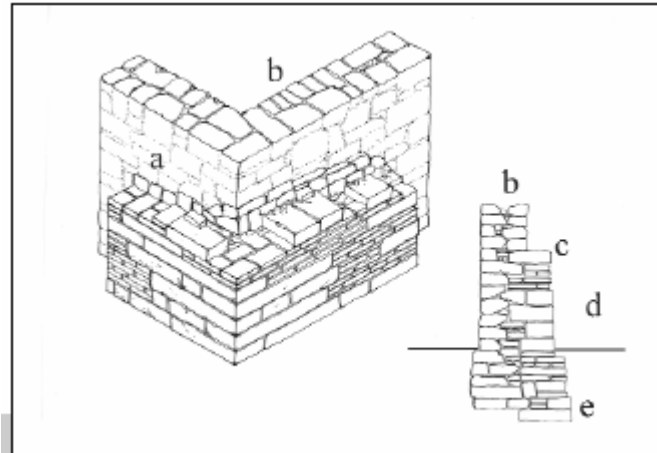


Figura 9 • Sperone di pietra e mattoni: a) immorsatura dei mattoni nel muro di pietra; b) muro d'impianto in pietrame; c) blocchi di immorsatura; d) sperone; e) rinforzo della fondazione. (CAF)

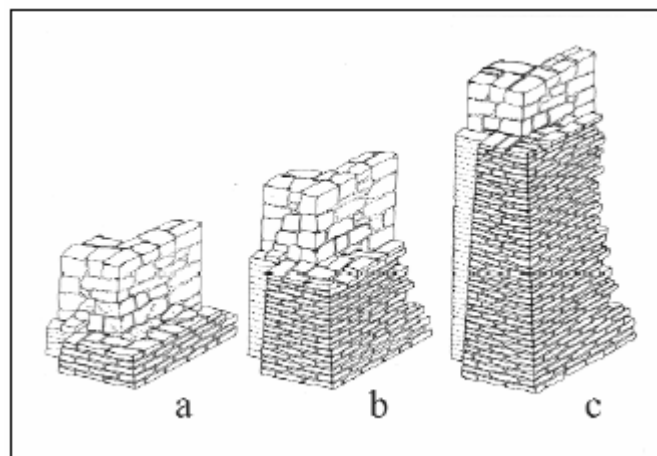


Figura 10 • Fasi costruttive di uno sperone d'angolo di mattoni: a) realizzazione della base dello spessore di due teste; b) innesto nel muro di impianto e posa dei mattoni a letti inclinati; c) conclusione del paramento a letti inclinati. (CAF)

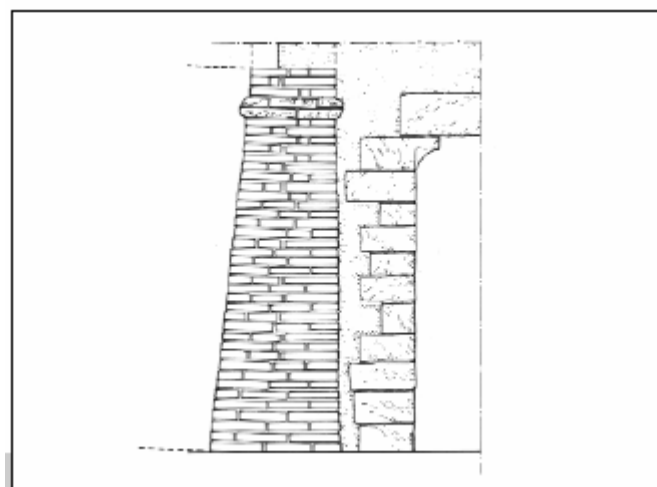


Figura 11 • Sperone laterizio a sostegno di un cantonale. È opportuno inclinare i corsi della muratura verso la parete da sostenere, per aumentare il potere stabilizzante dello sperone e diminuire i rischi di una sua eventuale traslazione orizzontale. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Tiranti, stralli e catene sono elementi costruttivi, a prevalente sviluppo lineare, tradizionalmente impiegati con funzioni strutturali di collegamento, contenimento, ritegno, sostegno, rinforzo e consolidamento, in diversi tipi di costruzione. I diversi termini fanno indirettamente riferimento al ruolo svolto dai vari elementi, ossia alle azioni che intendono contrastare e, quindi, alle sollecitazioni cui sono prevalentemente o esclusivamente soggetti. Essi, infatti, contrastano generalmente rischi di traslazione, distacchi, aperture, crolli e sono, per questo, sottoposti in massima parte a sforzi di trazione.

Simili elementi hanno generalmente forma prismatica, tubolare o filiforme e la loro lunghezza è nettamente prevalente rispetto alle dimensioni della sezione trasversale che può essere circolare, quadrangolare o poligonale. Tiranti, stralli e catene, inoltre, appartengono spesso a strutture e sistemi più complessi, di presidio temporaneo o di definitivo consolidamento, e possono assumere posizione orizzontale, verticale o inclinata, in relazione alle ragioni per cui sono posti in opera, ai movimenti e alle sollecitazioni che debbono contrastare e, quindi, ai conseguenti sforzi da sopportare cui sono soggetti.

Per quanto riguarda l'utilizzo nel campo del restauro, si può evidenziare come si ricorra spesso alla posa in opera di tali elementi per contenere spinte anomale, per contrastare cinematismi di collasso, per ridurre deformazioni o movimenti di elementi strutturali ancorandoli ad altre parti dei manufatti, salde e stabili, oppure per rinforzare localmente strutture fragili e incapaci di sopportare gli sforzi cui sono soggette.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Tiranti e catene sono da sempre utilizzati in diverse tecniche costruttive e in molti tipi di costruzioni, ove svolgono compiti complementari di connessione e di collegamento, d'irrigidimento e di rinforzo, di eliminazione delle spinte oblique, o meglio, delle loro componenti orizzontali, non altrimenti contrastate. Altre volte, essi hanno una prevalente funzione di "riserva statica" o di presidio e sono destinati a entrare in funzione, esercitando un ruolo effettivo nell'equilibrio e nel funzionamento strutturale della fabbrica, solo in presenza di variazioni del suo assetto e all'insorgere di sollecitazioni e tensioni anomale al loro interno come conseguenza di movimenti, cedimenti, deformazioni ecc. In altri termini, non sempre tiranti e catene sono stati posti in opera, al momento della costruzione, per esercitare, da subito, un'azione di trazione destinata a contenere o contrastare sollecitazioni di opposta natura, derivanti, ad esempio, da strutture spingenti, quali archi e volte. Piuttosto, essi sono strutturalmente impegnati ed effettivamente chiamati a lavorare solo se le strutture cui sono connessi cessano in parte di svolgere il proprio ruolo e se, al loro interno, le sollecitazioni aumentano oltre le loro capacità di resistenza, ad esempio a causa di un aumento dei carichi di esercizio oppure di una variazione dei loro assetti geometrici. Sulla base di queste considerazioni e sulla scorta di un'antichissima tradizione costruttiva, quindi, tiranti, stralli e catene sono da sempre utilizzati come componenti essenziali, o come elementi di presidio in costruzioni di nuova realizzazione ma anche come dispositivi di rinforzo, inseriti entro manufatti preesistenti, per consolidarli o per prevenirne dissesti e crolli. In particolare, i tiranti possono essere inseriti entro strutture lignee di copertura o nei solai intermedi, in pareti e in pilastri murari, per collegare diverse parti della costruzione o per sorreggerne altre, così come in strutture di fondazione, in opere di costruzione o entro muri di sostegno e di contenimento, per ancorarli al terreno o ad altre fabbriche. Troviamo, così, nell'architettura preindustriale, tiranti annegati nelle

murature perimetrali di edifici alti e snelli, per collegare tra loro i diversi piani, anche in funzione antisismica. In altri casi, i tiranti sono connessi alle strutture dei tetti, oppure ad archi e pareti dei piani alti, per sostenere solai, travi, archi e volte sottostanti ma, soprattutto, pareti appoggiate in falso su solai o su strutture voltate di incerta resistenza. Catene o tiranti orizzontali sono presenti, invece, in molte costruzioni a scatola muraria, per connettere tra loro le pareti perimetrali o per rinforzare i vari nodi della scatola, soprattutto in presenza di murature di pietra a spacco e caratterizzate da apparecchiature irregolari, per prevenire il rischio della loro “apertura” in corrispondenza dei cantonali o in posizioni intermedie delle pareti perimetrali degli edifici. Questi tiranti o, più spesso, queste catene, erano spesso inserite a seguito di eventi traumatici e di fenomeni di dissesto che ponevano a rischio la stabilità degli edifici. Catene di questo tipo, ad esempio, sono assai comuni negli edifici del centro storico di Genova ove, fin dal Cinquecento, le Magistrature edili imposero la loro adozione per limitare l'uso di altri e più invasivi mezzi di consolidamento e di sostegno, quali gli speroni murari e le puntellature che spesso invadevano, in modo eccessivo, gli spazi pubblici della città. In ogni caso, le catene sono di comune e diffuso impiego soprattutto nelle strutture arcuate e voltate spingenti correttamente poste in opera in corrispondenza delle loro reni, ossia nella posizione staticamente più corretta ed efficace ma, talvolta, inserite anche alla loro imposta, o al loro estradosso, parzialmente annegate nella muratura in corrispondenza della chiave, con minore efficacia. In questi casi, alla catena orizzontale sono talvolta connessi, con occhi e biette, con ganci o saldature, alcuni tiranti inclinati utilizzati per aumentare il potere di contenimento delle spinte che il sistema d'incatenamento può esercitare. Tiranti o stralli inclinati, costituiti da cavi metallici, sono presenti già in alcune costruzioni antiche, quali la ottocentesca villa Rosazza del Tagliafichi, a Genova Di Negro. Si tratta, in questo caso, di elementi annegati nelle murature per sostenere il timpano di facciata e alcune parti di costruzione impostate su preesistenti strutture non sufficientemente robuste, consentendo la soluzione di complessi problemi distributivi, funzionali e strutturali. Anche in alcuni recenti interventi di restauro, troviamo tiranti di diversa natura e di varia disposizione, come testimoniano i complessi interventi di consolidamento attuati sulla basilica superiore di S. Francesco di Assisi, dopo il sisma che l'ha gravemente danneggiata negli anni Novanta del Novecento.

In altri casi, i tiranti appartengono a più vasti ed estesi sistemi di presidio e di consolidamento di strutture a rischio di crollo, ove sono eventualmente associati ad altri dispositivi di rinforzo (v. CSD07 - Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio) o ad altri sistemi di sostegno, definitivi o provvisori (v. CSD08 - Puntellature, centinature e sostegni provvisori, CSD09 - Rinforzi e sostegni mediante speroni murari). Di particolare efficacia risulta l'inserimento di tiranti al fine di contrastare le spinte delle volte e degli archi; inoltre troveranno applicazione in tutte quelle configurazioni di dissesto che implicino rotazioni o traslazioni parziali delle murature, in presenza di pressoflessione e in particolari condizioni di schiacciamento, quando ai tiranti si assegni il ruolo di alleggerimento di carichi eccessivi. I tiranti, infine, possono essere efficacemente impiegati ove si configurino estese e consistenti opere di rimozione o sostituzione di elementi strutturali esistenti, per l'incatenamento provvisorio di quelle murature (prevalentemente di facciata) che si presume possano essere soggette a movimenti al di fuori del proprio naturale piano di giacitura.

Un recente esempio del ruolo provvisorio delle tirantature è costituito dal lungo intervento di restauro e di consolidamento della Torre di Pisa, per anni assicurata e trattenuta nella posizione raggiunta attraverso i secoli, da una complessa imbracatura di cerchiature e tiranti che, connessi a opportuni pesi e contrappesi, trasmettevano a essa anche le sollecitazioni necessarie a ridurre in modo progressivo e controllato la eccessiva pendenza. Ulteriore esempio dell'uso integrato di sistemi di questa natura è costituito dal sistema di sostegno provvisorio realizzato per alcune colonne strutturalmente instabili, comprese nell'acropoli di Lyndos sull'isola di Rodi, assicurate nella loro posizione mediante cerchiature metalliche connesse a un sistema di tiranti, costituiti ancora da profilati metallici, opportunamente ancorati a terra.

I tiranti impiegati all'interno delle murature o posti a contrasto delle spinte laterali di archi e volte, erano tradizionalmente realizzati in ferro forgiato e sono attualmente prodotti in acciaio o in altre leghe inossidabili, soprattutto per interventi di consolidamento di strutture dissestate. I tiranti possono tuttavia essere anche lignei o di cemento armato. Nelle capriate miste, costituite da elementi lignei e metallici, ad esempio, i tiranti sono sempre realizzati in materiale metallico per sfruttare la sua alta resistenza a trazione.

I tiranti collocati lungo un setto murario, ad esso affiancati o annegati nella muratura, sono, in ogni caso, più propriamente definiti catene. Le catene erano tradizionalmente bloccate, nella posizione prevista, con elementi detti bolzoni o paletti capochiave, che ancorano le estremità dell'elemento alle murature connesse, impedendone, per contrasto, lo sfilamento, ossia bloccandone le estremità sulla faccia esterna dei setti murari o degli elementi strutturali interessati che intendono connettere o di cui tendono a contrastare possibili movimenti. In questi casi, la catena può presentare lunghezze contenute entro i 10 m. Per dimensioni maggiori, o per agevolarne la fabbricazione e posa in opera, catene e tiranti possono anche essere costituiti da più pezzi, opportunamente collegati tra loro, per garantire la resistenza globale dell'elemento. Negli elementi metallici, le unioni sono realizzate con saldature, con semplici ganci o con biette, cunei o perni inseriti nelle asole terminali dei diversi elementi, oppure con dispositivi tenditori in grado di "mettere in tiro" la catena. In tiranti e catene di materiale ligneo, le connessioni tra i diversi pezzi possono essere assicurate da incastri resistenti a trazione (a dardo di giove, ad es.), eventualmente rinforzati da fasce e da staffe metalliche chiodate.

Catene e tiranti sono, in ogni caso, conclusi, alle estremità da asole, cappi terminali, filettature o altri dispositivi appositamente preparati per realizzare la loro connessione con gli elementi di ancoraggio e di bloccaggio (fig. 1). Questi ultimi erano tradizionalmente costituiti, come accennato, da paletti inseriti nelle asole terminali degli elementi, ma la stessa funzione può essere assolta da porzioni di profilati metallici generalmente a C, da piastre e piatti, eventualmente nervati per aumentarne resistenza e rigidità, dotate di fori filettati entro i quali s'inserisce la testa del tirante che è poi successivamente bloccata, ad esempio, con un dado. Le catene o i tiranti lignei sono connessi agli elementi di cui contrastano il movimento e la spinta mediante incastri, chiodature, o fasciature metalliche, mentre sono mantenuti nella loro corretta posizione da staffe chiodate alle loro estremità e connesse a una porzione di catena metallica dotata di paletto capochiave, o di piastra di ancoraggio che blocca l'elemento sulla faccia contrapposta della struttura (fig. 2).

Il tirante è sempre un elemento strutturale soggetto alla sola sollecitazione di trazione assiale (se si escludono eventuali flessioni indotte dal peso proprio o da eventuali corpi appesi, nel qual caso si generano anche sforzi di compressione al suo lembo superiore, comunque generalmente trascurabili). Il suo dimensionamento dipende, quindi, dalla massima sollecitazione cui è sottoposto e dal carico di sicurezza del materiale di cui è costituito.

Negli archi e nelle volte, i tiranti posti trasversalmente a collegarne le reni, collaborano ad assorbire la componente orizzontale della spinta diretta diagonalmente verso il basso, contribuendo al mantenimento dell'equilibrio della struttura (fig. 3).

Nella capriata semplice, la catena (generalmente ligneo ma talvolta anche metallica) che collega orizzontalmente i puntoni, alla loro base o anche in posizioni intermedie rispetto al vertice dell'elemento, chiude la struttura in un triangolo caratterizzato da indeformabilità geometrica, almeno all'interno del suo piano mediano, nel quale si suppone agiscano le sollecitazioni.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Nella tecnica costruttiva tradizionale, le catene metalliche erano direttamente forgiate nelle ferriere ma, per lunghezze superiori ai 10 m, erano spesso ottenute collegando tra loro in cantiere diversi elementi di lunghezze minori dotati dei necessari dispositivi di connessione reciproca. Le diverse barre, se destinate alla saldatura, dovevano essere tenute in perfetto allineamento durante la lavorazione a piè d'opera: a questo scopo, si utilizzavano spesso sostegni provvisori disposti alla stessa altezza, uno accanto all'altro, oppure banchi di lavoro continui; su di essi erano fissati degli anelli o forcelle a "U" entro i quali erano fatte passare le diverse barre. Se le diverse porzioni della catena erano invece destinate a essere unite a freddo e in opera, dovevano invece essere dotate di ganci o di asole terminali entro cui inserire biette e perni di bloccaggio dei vari componenti.

Le asole alle estremità degli elementi, erano solitamente realizzate torcendo le barre e modellandole a forma di asola, avvolgendole intorno a un perno di ferro che era successivamente sfilato, prima di eseguirne la saldatura conclusiva.

Ancora oggi, nei cantieri di restauro, è talvolta necessario ricorrere a procedure analoghe, almeno in particolari condizioni.

Le fasi operative di un intervento di rinforzo e consolidamento di questa natura, d'altra parte (fig. 4, fig. 5, fig. 6), dipendono da molti fattori e, in particolare, dalla natura e dalla consistenza dei

manufatti su cui si agisce, dal loro stato di conservazione e di stabilità oltre che dal dispositivo prescelto per contrastarne movimenti, deformazioni e dissesti (tiranti, stralli o catene). In ogni caso, è necessario procedere alle seguenti operazioni fondamentali:

1. Rilievo geometrico dei manufatti che occorre assicurare, rinforzare e consolidare con l'inserimento del dispositivo di rinforzo. Occorre, in particolare, rilevare l'esatta posizione reciproca degli elementi interessati, le loro dimensioni, le loro giaciture, con riguardo alla presenza di lesioni, discontinuità, deformazioni, fuori piombo ecc., in quanto dati indispensabili alla formulazione di una corretta diagnosi dei problemi in atto e dei fenomeni che occorre contrastare.
2. Analisi dei materiali costitutivi dei manufatti, del loro stato di conservazione e delle tecniche costruttive con cui sono realizzati, anche al fine di progettare, in modo corretto, gli organi di ancoraggio e di bloccaggio del dispositivo di rinforzo più idoneo.
3. Individuazione delle eventuali strutture, o parti di strutture, cui ancorare il tirante, lo strallo o la catena, ossia dei punti in cui inserire i relativi organi di bloccaggio, per garantirne la corretta e stabile posizione e l'effettivo funzionamento. Il dispositivo può, infatti, esercitare la sua azione solo se soggetto a una trazione sufficiente a contrastare le sollecitazioni o i movimenti che intende contrastare e ciò è possibile solo se la sua estremità opposta a quella connessa alla struttura instabile è ancorata a elementi, strutture o organi di bloccaggio resistenti e stabili.
4. Individuazione della posizione e della giacitura che l'elemento di rinforzo dovrà assumere rispetto alle sollecitazioni cui deve opporsi (inclinata o orizzontale) e con riguardo alle parti di manufatto interessate (all'interno delle murature o affiancato ad esse, ad es.).
5. Individuazione dei punti di connessione e d'interferenza tra gli elementi di rinforzo e le strutture esistenti, in relazione ai fattori richiamati e alla consistenza delle strutture stesse. È necessario, ad esempio, stabilire in quali punti dei setti murari o delle strutture arcuate o voltate praticare le eventuali perforazioni, per effettuare l'inserimento dei tiranti, nel rispetto delle esigenze statiche e con riguardo all'effettiva capacità che le strutture hanno, in quei punti, di ospitare gli organi di bloccaggio e di contrasto allo sfilamento di catene, tiranti o stralli, senza subire effetti di sfondamento per eccesso dei carichi di punzonamento concentrati e localizzati.
6. Preparazione delle sedi di inserimento degli elementi di rinforzo (eventuali perforazioni) e dei relativi organi di bloccaggio (piastre, tirafondi, cerchiature ecc.), utilizzando procedure e strumenti che evitino di sollecitare eccessivamente le strutture esistenti e di indurre in esse nuovi danni, come avverrebbe con perforazioni attuate con strumenti a percussione che debbono piuttosto lasciare il posto a sonde a basso regime di rotazione. In questa fase, occorre inoltre realizzare anche eventuali dispositivi di protezione inserendo, ad esempio, nei fori di passaggio di tiranti o catene, guaine o rivestimenti che isolino tali elementi dai materiali attraversati, prevenendo eventuali danni futuri.
7. Messa in opera, nelle parti di manufatto coinvolte, degli organi e dei dispositivi di bloccaggio dell'elemento di rinforzo, se la sua natura lo richiede. Nel caso di catene tradizionali, ad esempio, questa operazione avviene dopo la posa in opera dell'elemento poiché il bloccaggio è realizzato con l'inserimento di paletti (bulzoni) capochiave entro le sue asole terminali. Nel caso di un tirante che deve ancorare una colonna alla muratura perimetrale di una chiesa, occorrerà, invece, porre in opera una cerchiatura alla sua sommità e connettere ad essa il tirante, debitamente ancorato alla muratura stessa all'altra sua estremità.
8. Messa in opera, nel caso si tratti di una fase distinta da quella precedente, del tirante e suo successivo bloccaggio.
9. Perfezionamento degli eventuali elementi di connessione e ancoraggio, interni ed esterni, del tirante.
10. Messa in tensione del tirante, se ciò è previsto dal progetto in relazione al compito che è chiamato a svolgere, mediante tenditori intermedi, utilizzando eventualmente il calore per provocarne prima un'estensione e, quindi, il richiesto ritiro o esercitando l'opportuno "serraggio" di eventuali dispositivi filettati o, ancora, agendo su cunei, zeppe, biette o altri organi in grado di indurre nell'elemento la richiesta pre-sollecitazione di trazione.
11. Sigillatura definitiva delle discontinuità e dei vuoti esistenti tra l'elemento o le sue parti componenti e le parti di manufatto entro cui è inserito. La sigillatura dovrebbe in ogni caso garantire la successiva ispezionabilità dell'elemento.

12. Realizzazione di eventuali finiture o protezioni finali dell'elemento e degli organi di bloccaggio (verniciatura, trattamenti antiossidanti, rivestimenti ecc.) (fig. 7, fig. 8).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'intervento è, talvolta, assai complesso e coinvolge materiali, procedure e strumenti molto diversi tra loro; sono molti, pertanto, gli accorgimenti che occorre adottare nei diversi casi, così come vari sono i limiti che caratterizzano le singole soluzioni o le possibili varianti del complesso di operazioni richiamate. Non è pertanto possibile dare conto sistematicamente di questo complesso di elementi e fattori.

È tuttavia possibile evidenziare quantomeno alcuni problemi ricorrenti e alcune cautele che, indipendentemente dalle specifiche soluzioni adottate, ogni operazione di questa natura comporta. Le catene e gli organi di bloccaggio metallici (quali grappe, zanche, tirafondi, chiodi e bulloni), se annegati nella muratura sono, anzitutto, soggetti a corrosione per effetto dell'umidità in essa contenuta, e possono quindi andare incontro a diminuzioni della sezione resistente e, nei casi limite, alla totale scomparsa. La riduzione della sezione causa l'indebolimento dei tiranti e, conseguentemente, la perdita della loro funzione. In tali casi, l'intervento di consolidamento può prevedere la sostituzione delle catene degradate, oppure l'inserimento, a fianco di esse, di nuovi elementi, analoghi o diversi per forma e materiale costitutivo. L'ossidazione dei tiranti e delle catene può inoltre provocare ingenti danni nelle murature in cui sono inseriti o cui sono addossati, poiché l'aumento del loro volume può determinare tensioni che superano la resistenza dei manufatti in cui sono inseriti e determinare in essi lesioni, rotture e fratture.

Le catene libere, inserite ad esempio all'intradosso di archi e volte, sono invece soggette a corrosione soprattutto per l'azione dell'umidità ambientale e risultano inoltre esposte ai rischi d'incendio o ad urti e indebite sollecitazioni indotte da carichi aggiuntivi non previsti all'atto della loro progettazione e del loro dimensionamento. In questi casi, gli elementi possono essere risanati e conservati *in situ* grazie ad azioni di pulitura e di successiva protezione.

Dal punto di vista statico, occorre poi tenere presente che i diversi elementi accomunati sotto la generica definizione di tirante possono essere soggetti a molteplici sollecitazioni, anche dinamiche, e che ciò influisce sulla loro scelta, sul loro dimensionamento, sulle fasi e le procedure della loro posa in opera e sulla loro efficienza in esercizio.

Le catene orizzontali delle capriate lignee, ad esempio, sono talvolta soggette a inflessione o a pressoflessione, oltre che a trazione. La presenza del monaco, nella corretta esecuzione di questo tipo di struttura, è volta appunto a contrastare tale sollecitazione, sostenendo la catena nel punto di mezzzeria. In molti casi, tuttavia, il monaco è posto a contatto con la catena e si appoggia su di essa, trasmettendole un carico concentrato non coerente con la sua prevalente funzione resistente. Per questo, è talvolta necessario intervenire e staccare il monaco dalla catena, mentre, nella realizzazione di nuove capriate, è bene evitare di riproporre un simile schema.

Eventuali dissesti delle strutture consolidate con l'inserimento di catene e tiranti, in fase di esercizio, sono poi spesso imputabili all'imperfetta o erronea esecuzione dei nodi e delle connessioni tra i manufatti stessi e gli elementi di rinforzo. Un paletto capochiave (bulzone o bolzone) di tipo tradizionale, troppo esile oppure di lunghezza eccessiva può, ad esempio, cedere e deformarsi o spezzarsi, sotto l'azione del carico concentrato che gli trasmette la catena.

In altri casi, i problemi derivano dall'eventuale eccesso di pre-sollecitazione indotta nei tiranti, all'atto della posa in opera o dall'aumento delle sollecitazioni d'esercizio provocate da variazioni delle condizioni di carico gravanti sulle parti connesse o da mutamenti dei loro assetti geometrici e delle loro giaciture. Ciò può provocare, ad esempio, lo sfondamento localizzato della muratura, in corrispondenza dei punti d'ancoraggio e di bloccaggio della catena, il ribaltamento di alcune porzioni dei manufatti connessi dal tirante, o lo sfibramento di quest'ultimo a causa del superamento delle sue capacità di resistenza. Altri problemi possono derivare dallo scorretto posizionamento del paletto o di altri organi di bloccaggio (piastre nervate, profilati metallici ecc.) se posti, ad esempio, eccessivamente vicini agli spigoli della costruzione, alle sue aperture, o a discontinuità e punti deboli delle sue pareti.

Una particolare cautela, inoltre, deve essere osservata se la tensione dell'elemento, come avveniva nei metodi di posa in opera tradizionali, è provocata con l'uso del calore, poiché ciò comporta rischi per gli operatori e per il manufatto.

Ultimo delicato aspetto di ogni operazione di questa natura, strettamente connesso a quelli già evidenziati, riguarda i rischi di allentamento o di apertura degli organi e dei dispositivi di bloccaggio e di ancoraggio che potrebbero provocare, indipendentemente da ogni altro evento o fenomeno, la perdita di efficacia del tirante. Occorre, infine, che i dispositivi (tiranti, catene, stralli) siano progettati e posti in opera in modo da consentire una loro periodica ispezione e manutenzione.

## ESPERIENZE

La storia dell'architettura e delle tecniche costruttive e, ancor più, il patrimonio costruito di carattere murario e di origine preindustriale offrono infiniti esempi di tiranti di varia forma, natura e comportamento, posti in opera come elementi di presidio o come dispositivi essenziali all'equilibrio di una fabbrica di nuova realizzazione (fig. 9). Altrettanto numerosi sono gli esempi di elementi analoghi inseriti in edifici esistenti per rinforzarli, consolidarli, per porre rimedio a deformazioni parziali o per prevenire dissesti e crolli parziali o totali. È quindi agevole trovare informazioni, anche di grande approfondimento e dettaglio, nella letteratura scientifica e tecnica del settore edilizio e architettonico. Si pensi solo al sistema di incatenamento proposto già da Francesco di Giorgio Martini per la realizzazione del tiburio del duomo di Milano, a rinforzo dei sottostanti piloni gotici, o alle cerchiature suggerite dal Poleni per il consolidamento della cupola di San Pietro in Vaticano, già nel XVIII secolo.

Per quanto riguarda le esperienze più recenti e, in particolare, quelle più direttamente legate al restauro dei monumenti, si ricordano, a titolo esemplificativo, i seguenti interventi:

Torre di Pisa; restauro e consolidamento, con realizzazione di un sistema di tirantature di carattere provvisoria utilizzate anche per la riduzione progressiva della sua pendenza;

basilica superiore di San Francesco di Assisi; consolidamento statico delle strutture di copertura e, in particolare, gli interventi eseguiti sul timpano del transetto meridionale sconnesso da sisma e ricollegato alle murature del tempio con un complesso sistema di tiranti metallici;

acropoli di Lyndos, Isola di Rodi, Grecia; la costruzione di un sistema di ancoraggio al suolo e di mantenimento in posizione di alcune colonne a vento;

basilica di Massenzio, Roma; consolidamento, mediante inserimento di un sistema di tirantature, del pennacchio della volta centrale.

Interessanti esempi di opere provvisorie realizzate con sistemi di tiranti si possono inoltre trovare tra gli interventi di salvaguardia e messa in sicurezza eseguiti a seguito del terremoto di L'Aquila del 6 aprile 2009 (fig. 10, fig. 11, fig. 12 e fig. 4).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV., *Manuale del recupero del Comune di Roma*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 1989.

AA.VV., *La presenza dell'acciaio nelle costruzioni in zona sismica*, Convegno di Assisi, 29 settembre 2000

AA.VV., *Le costruzioni in muratura. Interpretazione del comportamento statico e tecniche di intervento*, Hoepli, Milano, 2001.

AA.VV., *Progettare il recupero delle strutture in legno*, Maggioli, Milano, 2005.

Barbisan U., Laner F., *Capriate e tetti in legno. Progetto e recupero*, Franco Angeli, Milano, 2000.

Cangi G., *Manuale del recupero strutturale antisismico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

Cangi G., *Tecniche antisismiche di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 271-324.

Carbonara G. (a cura di), vol. III, 1996;

- Carbonara G. (a cura di), *Atlante del restauro*, Utet, Torino, 2004.
- Cifani G., Lemme A., Podestà S., *Beni monumentali e terremoto. Dall'emergenza alla ricostruzione*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.
- Cigni G., *Il consolidamento murario. Tecniche di intervento*, Kappa, Roma, 1983.
- Croci G., *Conservazione e restauro strutturale dei beni architettonici*, Utet, Torino, 2001.
- De Sivo B., *Il restauro degli edifici in muratura*, Flaccovio, Palermo, 1992.
- Defez A., *Il consolidamento degli edifici*, Liguori, Napoli, 1998.
- Doglion F. (a cura di), *Codice di pratica (linee guida) per la progettazione degli interventi di riparazione, miglioramento sismico e restauro dei beni architettonici danneggiati dal terremoto umbro-marchigiano del 1997*, B.U. Regione Marche, edizione straordinaria n.15, Ancona, 1997.
- Ed. Acs Acai Servizi s.r.l., Milano, 2000.
- Franceschi S., Germani L., *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.
- Grimaz S. (a cura di), *Manuale Opere Provvisorie. L'intervento tecnico urgente in emergenza sismica*, Ministero dell'Interno e Corpo Nazionale dei Vigili del fuoco, 2010.
- Gurrieri F. (a cura di), *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici. Regione dell'Umbria*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 1999.
- Mariani M., *Consolidamento delle strutture lignee con l'acciaio*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2004.
- Mastrodicasa S. 1974.
- Musso S. F., Franco G., *Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali*, Marsilio, Venezia, 2000.
- Musso S. F., Franco G., *Guida agli interventi di recupero dell'edilizia diffusa nel Parco Nazionale delle Cinque Terre*, Marsilio, Venezia, 2006.
- Pasta A., *Restauro conservativo e antisismico*, Flaccovio, Palermo, 2000.
- Pedeli C., Pulga S., *Pratiche conservative sullo scavo archeologico. Principi e metodi*, All'Insegna del Giglio, Firenze, 2002.
- Rocchi P., *Progettare il consolidamento. Impostazione metodologica del progetto di consolidamento di costruzioni in muratura soggette a rischio sismico*, Kappa, Roma, 1983.
- Rocchi P. (a cura di), *Il Manuale del consolidamento strutturale*, Mancosu, Roma, 2003.
- Scillone M.L., Di Segni M., *Tecniche antisismiche per il recupero strutturale di fabbricati in muratura tradizionale*, Kappa, Roma, 2000.



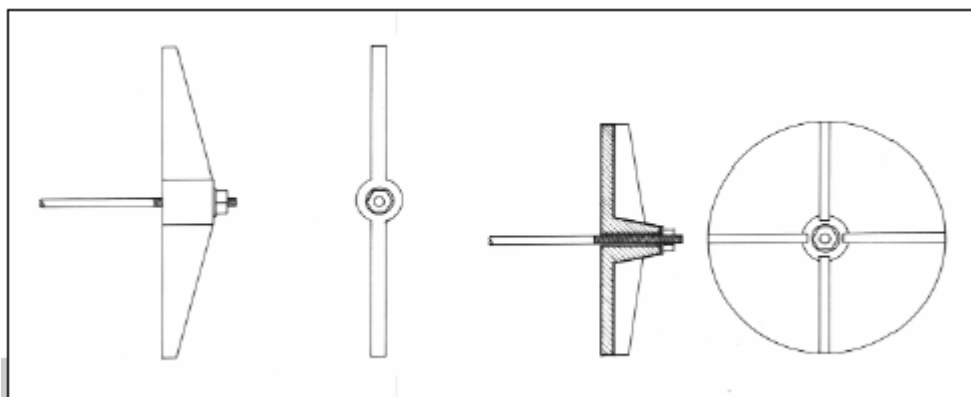


Figura 1 • Due tipi di bolzone, o capochiave, con sistema di bloccaggio a vite e bullone. (CAF)



Figura 2 • Catena lignea di serraggio delle murature. È visibile la staffa metallica di collegamento al muro.



Figura 3 • Tirante di contropinta applicato alle arcate di un portico.



Figura 4 • Centro storico di L'Aquila: sistema provvisorio di tiranti e capichiave. (BUC)



Figura 5 • Castello di Taggia (IM): gli interventi di consolidamento hanno comportato l'inserimento di otto catene poligonali di cerchiatura della torre, quattro per ogni livello, realizzate con cavi inox e golfari ancorati alla muratura. (BUC)



Figura 6 • Castello di Taggia (IM): particolare della cortina muraria perimetrale a nord-est; gli interventi di consolidamento hanno comportato l'inserimento di dieci tiranti, cinque per ogni livello, realizzati con cavi inox e golfari ancorati alla muratura. (BUC)



Figura 7 • Bolzone lasciato a vista su una facciata dipinta.



Figura 8 • Bolzone mimetizzato con la decorazione della facciata.



Figura 9 • Portici di Calata Cuneo, Imperia Oneglia: le catene metalliche scandiscono con passo costante la struttura dei portici. (BUC)



Figura 10 • L'Aquila, chiesa delle Anime Sante: sistema provvisorio di tiranti atto a raffrenare il possibile moto verso l'esterno delle fronti libere di facciata. (BUC)



Figura 11 • L'Aquila, chiesa delle Anime Sante: particolare del sistema provvisorio di tiranti. (BUC)





Figura 12 • L'Aquila, chiesa delle Anime Sante: particolare del sistema provvisorio di tiranti all'interno della navata. (BUC)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica consiste nella realizzazione o nel ripristino della continuità trasversale di una muratura, attraverso l'inserimento di barre metalliche passanti, ancorate con piccole piastre bullonate alle sue facce esterne; in tal modo si assicura il collegamento dei suoi paramenti.

L'intervento è indicato in presenza di pareti caratterizzate da paramenti in parte o totalmente scollegati tra loro (murature "a sacco", a nucleo o a paramenti accostati e non connessi), soprattutto nei casi in cui presentano deformazioni e, in particolare, spancamenti (instabilità locale). Questi collegamenti, anche se puntuali, garantiscono una certa efficacia in un intorno significativo delle piastre di ancoraggio, grazie all'attrito presente tra gli elementi direttamente a contatto con le piastre e quelli adiacenti. Nel caso di azioni orizzontali, che possono provocare il ribaltamento della parete (sollecitazioni sismiche, spinte di volte o archi), i tirantini, pur se non dotati di resistenza a taglio, sono in grado di fornire alla parete una certa monoliticità grazie all'attrito che sono in grado di instaurare tra i paramenti.

**CAMPI D'APPLICAZIONE**

L'efficacia dell'intervento è subordinata alla qualità della muratura su cui si agisce. Nel caso di murature ad apparecchiatura disordinata, costituite da pietre di piccola pezzatura, l'azione del tirantino è limitata a un'area piuttosto piccola e la stessa presollecitazione cui l'elemento è sottoposto durante la posa potrebbe indurre fessurazioni o punzonamento localizzato del paramento.

Rispetto agli obiettivi della conservazione, l'intervento è facilmente leggibile e localizzato ma, se realizzato in modo diffuso, può assumere un rilevante impatto visivo e determina un'ingente trasformazione della parete. Dal momento che non è in genere necessario iniettare materiali leganti per fermare le barre nella muratura, la tecnica può essere considerata in certo modo reversibile.

Si ritiene comunemente che la tecnica sia idonea a realizzare un consolidamento puntuale delle murature nelle zone soggette a spancamento (dove, in altre parole, si riscontra un inizio di dissesto). In questo senso, l'intervento ha caratteri analoghi a quello che prevede la cerchiatura di elementi quali colonne o pilastri, per contrastare eventuali fenomeni di rottura per eccesso di sollecitazione a compressione o per ripararne le conseguenze (v. CSD07 - Consolidamento mediante cerchiatura). Nel caso di spancamento significativo, con tale tecnica è possibile ottenere un parziale recupero della deformazione, rendendo l'intervento di consolidamento attivo. In questi casi può essere opportuno procedere ad una iniezione di malta del nucleo interno della muratura, nel quale si sono creati vuoti a seguito dello spancamento; tale iniezione dovrà essere eseguita dopo la tesatura, in modo tale da rendere possibile il recupero parziale delle deformazioni presenti. In murature costituite da grandi conci lapidei, gli effetti visivi dell'intervento possono essere ridotti asportando preventivamente, con la carotatrice, un piccolo cilindro di materiale dalla superficie del blocco interessato alla perforazione e ricoprendo con esso, a intervento ultimato, la piastra che blocca il tirantino. Murature di questa natura, tuttavia, raramente necessitano di un simile intervento di consolidamento.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le fasi operative sono strettamente legate alla determinazione progettuale di alcuni aspetti fondamentali dell'intervento, variabile in relazione al singolo caso specifico. In primo luogo, occorre

valutare il passo delle perforazioni, ossia la distanza reciproca tra di esse, che dipende anzitutto dalle dimensioni degli elementi lapidei presenti nella muratura, dalla loro apparecchiatura e dalla gravità del dissesto. In genere, l'indicazione fornita da vari manuali tecnici è di realizzare una perforazione ogni m<sup>2</sup> di parete, ma questo suggerimento deve essere posto a confronto con i caratteri costruttivi del muro su cui si agisce, per scegliere una distribuzione dei tirantini con essi compatibile.

I fori devono, in ogni caso, essere realizzati con un trapano a rotazione (e non a percussione, per evitare eccessive sollecitazioni dinamiche che possono danneggiare la parete), utilizzando una punta da 20-25 mm in modo da potere agevolmente inserire al loro interno le barre dei tirantini, filettate all'estremità (∅ 16-20 mm).

Le piastre metalliche che bloccano i tirantini sui paramenti esterni della parete, devono avere un diametro opportuno, in relazione alla qualità della muratura (in presenza di ciottoli o di malta abbondante, il diametro consigliato è di 8-10 cm) e il serraggio finale dell'elemento deve essere effettuato in modo da attribuire una piccola presollecitazione alle barre, evitando tuttavia di produrre guasti alla parete, per punzonamento (fig. 1, fig. 2).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Di seguito sono riportati, per punti schematici, alcuni utili accorgimenti per la realizzazione dell'intervento.

— L'esecuzione del foro deve essere effettuata in modo che, almeno su una delle due facce della parete, sia individuata una posizione ottimale per l'ancoraggio del tirantino.

— È necessario, per evitare problemi di corrosione degli elementi metallici, utilizzare, se possibile, barre in acciaio inox o in titanio.

— È necessario inoltre verificare, dopo la posa in opera di un tirantino, l'effettivo serraggio di quelli adiacenti; alcuni giorni dopo il completamento dell'intervento è opportuno provvedere ad un ulteriore controllo per evitare che si sia mantenuto un corretto stato di sollecitazione.

Come in parte accennato, è possibile nascondere le piastre solo in murature costituite da grossi conci lapidei, mentre, in quelle ad apparecchiatura irregolare, la necessità di realizzare piccoli scassi fa diminuire drasticamente l'efficacia all'intervento.

### **ESPERIENZE**

Tiranti antiespulsivi sono stati diffusamente adottati, per consolidamenti provvisori e definitivi, in molti edifici a Nocera Umbra, Foligno, Gualdo Tadino e Assisi, danneggiati dal sisma dell'Umbria e Marche del 1997.

Al castello di Rapallo, si trovano tiranti antiespulsivi realizzati prima dei recenti restauri, per consolidare tratti di muratura probabilmente in fase di apertura.

Sassoferrato, 2000: chiesa di S. Savino. Consolidamento della muratura in elevazione. Feltre, 1983: palazzo Cumano, sede della Galleria d'arte moderna "C. Rizzarda". Consolidamento della muratura in elevazione.

S. Ippolito (PS), 2000: casa Catellani. Consolidamento della muratura in elevazione.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Dogliani F. (a cura di) 2000.

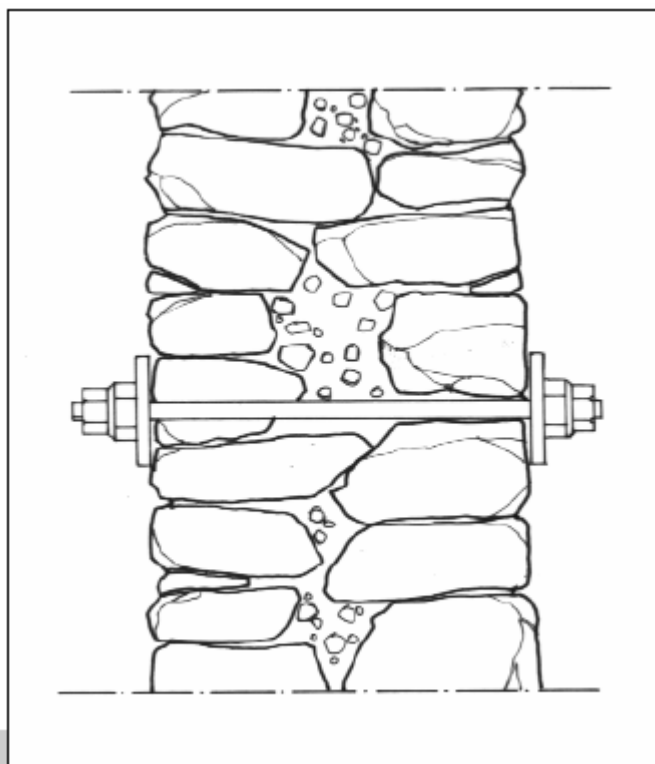


Figura 1 • Schema della messa in opera dei tirantini antiespulsivi. (CAF)

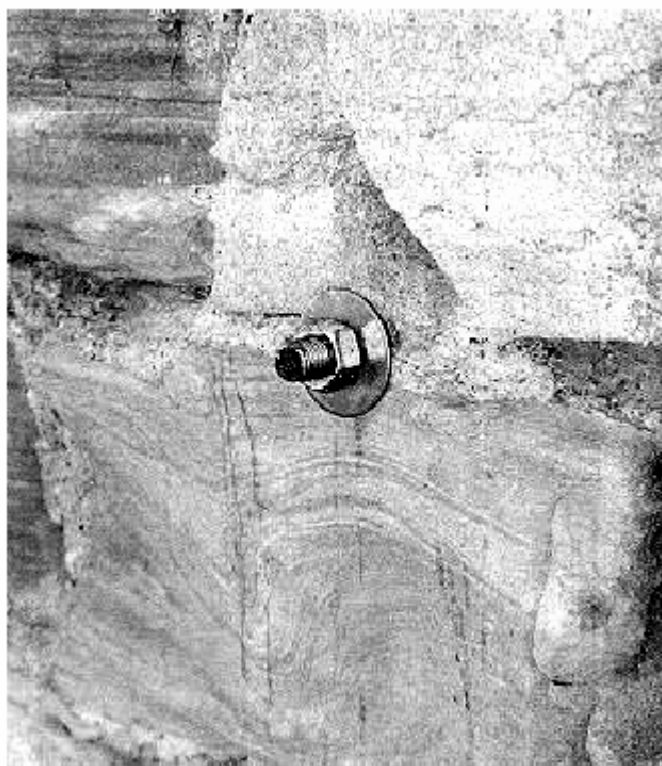


Figura 2 • Piastre metalliche che bloccano i tirantini sulle facce contrapposte della parete.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica consiste nel realizzare, in aderenza alla superficie della muratura da rinforzare, nuove pareti di materiale a base cementizia, armate con rete metallica. Tali pareti sono rese solidali con la muratura su cui s'interviene, mediante la posa in opera di tiranti passanti, in acciaio. Il metodo d'intervento permette di aumentare la rigidità della muratura e la sua resistenza ai carichi e alle sollecitazioni agenti, grazie all'apporto di un'ulteriore sezione resistente in c.a. che si affianca a quella esistente.

L'intervento è tuttavia efficace solo se le paretine (o lastre) in betoncino armato sono realizzate su entrambe le facce della muratura da consolidare, opportunamente collegate tra loro da barre passanti e ancorate alle maglie delle reciproche armature.

La muratura, in ogni caso, non è sgravata dalle sollecitazioni di compressione, in quanto i betoncini sono inizialmente scarichi e la parete consolidata beneficia dell'intervento solo se si verificano eventuali incrementi di carico.

**CAMPI D'APPLICAZIONE**

I possibili campi d'applicazione sono il consolidamento di maschi murari fortemente danneggiati e per i quali l'unica alternativa è la demolizione e ricostruzione (tecnica, peraltro, non priva di controindicazioni, per le conseguenti ridistribuzioni delle sollecitazioni agenti sugli elementi). Con opportune varianti, la tecnica è inoltre adottabile per il consolidamento di strutture murarie a volta. In questi casi, il betoncino è applicato generalmente all'estradosso delle volte e la tecnica è comunemente nota come esecuzione di "cappa armata".

Queste tecniche d'intervento sono state molto utilizzate, soprattutto per l'abitudine di progettisti ed imprese ad utilizzare il calcestruzzo armato anche nelle costruzioni storiche e dal momento che la loro realizzazione si basa su criteri di dimensionamento del tutto empirici e assai generici. In realtà, però, l'intervento risulta del tutto incompatibile con i principi della conservazione, per i seguenti motivi:

- irreversibilità: è, infatti, praticamente impossibile rimuovere la nuova paretina in c.a. senza danneggiare completamente le murature cui è applicata;
- invasività: occulta i paramenti murari, modificando le forme e le dimensioni della costruzione;
- incompatibilità: altera le proprietà fisiche – traspirabilità, permeabilità al vapore e isolamento termico – e le caratteristiche di deformabilità delle parete (l'aumento della rigidità non è infatti sempre positivo), con pesanti ricadute negative sulla salubrità degli ambienti in cui è realizzato.

Inoltre, l'intervento è molto vulnerabile nei confronti di agenti aggressivi che, ad esempio, possono provocare la corrosione della maglia elettrosaldata, specie se non è utilizzato un opportuno copriferro (fatto però che costringe a realizzare spessori considerevoli, a scapito del peso e dell'ingombro).

Perciò, anche riconoscendo l'efficacia strutturale dell'intervento, se realizzato con procedure corrette, il suo impiego nell'edilizia storica è assolutamente sconsigliato.

In interventi localizzati, va infine valutato l'incremento di rigidità che le nuove paretine conferiscono all'elemento consolidato, poiché ciò può determinare l'insorgere di tensioni impreviste e un complessivo mutamento del comportamento dell'intera struttura.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per le procedure esecutive, è utile ricordare le regole e le indicazioni fornite dalle normative tecniche del settore, che rappresentano una sorta di guida messa a disposizione dei progettisti per far fronte al problema del consolidamento degli edifici in muratura.

Di seguito, sono evidenziate le fasi operative che contraddistinguono l'intervento; da esse emerge l'estrema difficoltà di una corretta esecuzione, che tuttavia costituisce presupposto fondamentale per un positivo esito finale (fig. 1, fig. 2).

*1. Preparazione della parete da consolidare:* in questo caso, valgono essenzialmente le considerazioni già esposte per le iniezioni consolidanti di malta (v. CSD 04 - Consolidamento con iniezioni). In particolare, è necessario rimuovere l'intonaco, se presente, per mettere a nudo la tessitura muraria, e procedere quindi alla spazzolatura e al lavaggio della muratura, utilizzando un getto d'acqua o di aria a bassa pressione. Inoltre, è necessario eseguire una stuccatura con malta cementizia, a presa rapida, delle eventuali fessure e dei vuoti macroscopici presenti nella parete. Durante il lavaggio, la superficie della parete va portata a saturazione, in modo da evitare ogni sottrazione d'acqua al nuovo materiale spruzzato per la realizzazione delle paretine di rinforzo, poiché ciò potrebbe pregiudicarne una presa corretta.

*2. Perforazioni della parete per l'inserimento dei connettori trasversali:* la perforazione della muratura deve essere eseguita con trapani o sonde a rotazione, preferibilmente in corrispondenza dei blocchi lapidei. I fori debbono essere distribuiti in modo uniforme, creare una maglia il più possibile regolare a quinconce (in genere si realizzano da 2 a 4 fori/m<sup>2</sup>).

*3. Inserimento di tiranti passanti:* per legare tra loro le armature delle paretine poste sulle facce contrapposte della muratura si utilizzano tondini per c.a. ad aderenza migliorata, del diametro variabile da 6 a 8 mm. I tondini sono inseriti sfruttando le eventuali lesioni presenti e infilati nei fori appositamente praticati che, successivamente, devono essere sigillati con iniezione di malta.

*4. Posizionamento delle armature:* in genere, per armare le nuove paretine in c.a. si usano reti elettrosaldate, con barre di diametro pari a 4-6 mm, con maglia di 10 x 10 oppure 15 x 15 cm. La rete deve essere posta su entrambe le facce della parete da consolidare, distanziata almeno di 1 cm. È inoltre buona norma fare risvoltare le maglie, di almeno 50-100 cm, in corrispondenza delle intersezioni con murature ortogonali a quella su cui si interviene e prevedere zone di sovrapposizione delle reti elettrosaldate pari, almeno, a 20 cm. Una volta posizionata la rete si ripiegano i tiranti, a uncino di 90°, per connetterli alle sue maglie e realizzare così il collegamento tra le paretine e il nucleo della muratura.

*5. Esecuzione delle lastre:* la miscela di legante è posta in opera, previo accurato lavaggio e bagnatura fino a saturazione della muratura, con procedure diverse in funzione dello spessore della lastra che si intende realizzare. È in ogni caso opportuno evitare paretine di elevato spessore (8-15 cm) e, ove occorra, è necessario predisporre un'apposita casseratura, per contenere il relativo getto di calcestruzzo. Per spessori modesti (3-5 cm), invece, la paretina è realizzata spruzzando una malta cementizia ad alto contenuto di cemento (gunite) sulla rete, in uno o più passaggi, fino a ottenere lo spessore voluto.

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

In alcuni casi, è possibile eseguire l'intervento solo da un lato della muratura da consolidare, confidando nella capacità di connessione fornita dalle barre trasversali che in questo caso non possono essere passanti ma che devono comunque ancorarsi al paramento opposto. Questa procedura rende tuttavia l'intervento di dubbia efficacia e se ne sconsiglia pertanto l'adozione.

Anche se, in linea di principio, gli spessori delle lastre potrebbero essere contenuti (3-4 cm), in realtà essi sono spesso, almeno localmente, assai maggiori, in quanto vi è la necessità di sovrapporre le varie porzioni della rete elettrosaldata di armatura (in alcuni punti anche tre strati). Inoltre, in genere si tende a ripristinare la verticalità della parete da consolidare, eliminando

deformazioni e fuori piombo presenti in origine; ciò porta a considerevoli aumenti di spessore delle pareti.

Si consiglia, in ogni caso, nei giorni successivi al getto, di effettuare una ulteriore generale bagnatura di ogni paretina, in modo da ridurre i fenomeni di ritiro.

### ESPERIENZE

Assisi, Sacro convento di S. Francesco, consolidamento con cappa armata all'estradosso delle volte del chiostro di Sisto V. Assisi, Sacro convento di S. Francesco, consolidamento mediante controvolta armata all'intradosso delle volte del Dormitorio.

Perugia, ex chiesa di S. Pietro, consolidamento delle volte.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Modena C., Pineschi F., Valluzzi M. R. (a cura di) 2000; Podestà S., Magenes G., Lemme A. 2001.

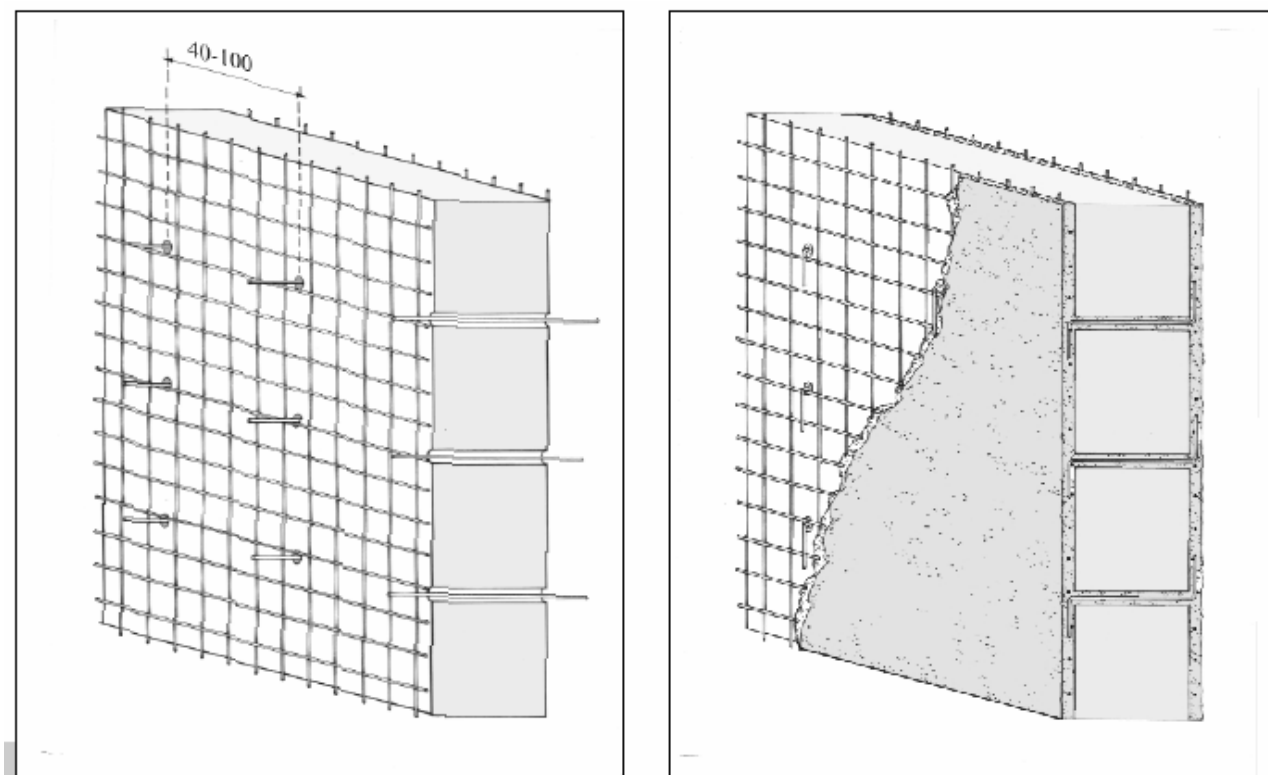


Figure 1 e 2 • Fasi operative del consolidamento. (CAF)

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica d'intervento consiste nella realizzazione di elementi artificiali di forma cilindrica, gettati in opera entro fori realizzati con la carotatrice all'interno di una muratura da consolidare e legare trasversalmente al suo spessore.

Con il termine "diatono" s'individua, infatti, l'elemento passante (generalmente un blocco lapideo) disposto anticamente, secondo distribuzioni più o meno regolari, in direzione trasversale alle facce della parete, nei muri a sacco o a nucleo, caratterizzati da due o più cortine o paramenti, per realizzare tra di essi un'connessione efficace. Nelle murature costruite a regola d'arte, l'impiego dei diatoni assumeva un carattere sistematico, mentre nelle murature di minore qualità, realizzate ad esempio con pietre a spacco non lavorate, si collocava solo qualche elemento di dimensioni maggiori, senza un criterio distributivo ben definito, che garantiva una sorta di ingranamento per attrito tra le parti dei due paramenti in sovrapposizione. La tecnica proposta è finalizzata pertanto alla realizzazione di diatoni artificiali, utilizzando i materiali che la moderna tecnologia mette a disposizione, e fornendo alla parete quegli elementi che una muratura di buona qualità dovrebbe già avere. La struttura muraria, pertanto, è rinforzata da tali elementi senza essere stravolta dal punto di vista del suo funzionamento statico complessivo.

**CAMPI D'APPLICAZIONE**

La tecnica può essere applicata anche a murature di qualità molto scadente, in quanto non genera alcuna presollecitazione; i diatoni si collegano, infatti, alla muratura, grazie alle caratteristiche debolmente espansive della malta iniettata per la loro realizzazione. Anche nel caso di un apparato murario di scadente qualità, la tecnica consente di ottenere un certo miglioramento anche con una maglia di diatoni non particolarmente fitta.

Rispetto alle esigenze della conservazione, tale intervento è perfettamente leggibile, ma comporta, anche se puntualmente, l'asportazione di una porzione della muratura originaria (maggiore rispetto alla tecnica, per certi versi simile, descritta nella scheda CSD11 - Tirantini antiespulsivi).

Per contro, l'impatto visivo è sicuramente minore, essendo le teste dei diatoni meno evidenti in una muratura "faccia a vista" e potendo essere nascoste da un'eventuale nuova intonacatura o da opportune stuccature superficiali.

La tecnica è consigliata nel caso di murature molto povere e ad apparecchiatura irregolare, per le quali i vincoli di conservazione sono talvolta meno stringenti e, soprattutto, nei casi in cui l'alternativa rischia di essere semplicemente la demolizione o l'uso di metodi ancora più invasivi (v. CSD12 - Consolidamento con betoncino armato).

La rigidità a taglio del diatono artificiale rende la tecnica efficace anche in presenza di sollecitazioni dinamiche e, in particolare, d'origine sismica, in quanto il collegamento che assicura tra i diversi paramenti del muro realizza, tendenzialmente, una parete trasversalmente monolitica e, quindi, meno vulnerabile nei confronti d'azioni normali al suo piano o di eventuali meccanismi di ribaltamento.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La realizzazione di diatoni artificiali prevede, schematicamente, le seguenti fasi operative:

1. *Esecuzione dei fori per la costituzione dei diatoni*: i fori, di diametro pari a ca. 12÷15 cm (fig. 1), sono praticati con una sonda a rotazione (non a percussione perché distruttiva per le sollecitazioni che trasmetterebbe alla parete), fissata alla muratura con particolari ancoraggi e regolata con appositi registri, per effettuare carotature orizzontali. La velocità di rotazione e di avanzamento della sonda dipendono dalla qualità della muratura su cui si agisce. È buona norma effettuare il



foro in posizioni tali da evitare la completa sconnessione dell'apparecchiatura con espulsione delle pietre più piccole. Una volta terminata la fase di foratura, se il nucleo del muro è di qualità scadente, conviene introdurre al suo interno della malta, per limitare una eccessiva dispersione del materiale nella successiva fase di iniezione.

2. *Preparazione del traliccio di armatura del diatono*: dato che il diatono deve possedere adeguata resistenza, lo si può armare con un traliccio a spirale, già confezionato e disponibile in lunghezze standard di 1 m. Il traliccio è tagliato in base allo spessore della parete e collegato al controtappo forato e dotato di ferri longitudinali della lunghezza di 10 cm, tramite legatura o saldatura (fig. 2).

3. *Inserimento del tralicetto nel foro*: una volta preparato, il traliccio è inserito all'interno del foro, dotato di distanziatori, per un corretto posizionamento (fig. 3).

4. *Sigillatura*: una volta posizionato il traliccio, si procede alla stuccatura delle zone adiacenti al foro su entrambe le facce della parete, in modo da sigillare gli spazi che inevitabilmente restano intorno ai tappi ed evitare, così, la successiva fuoriuscita della miscela iniettata per la costituzione del diatono. Nella faccia da cui si effettua l'iniezione è necessario lasciare uno spiraglio, realizzato, ad esempio, con un tubicino, per permettere all'aria di uscire nella fase di iniezione, e alla malta di avere la massima aderenza con la muratura. L'operazione di stuccatura contribuisce anche a bonificare la zona circostante il foro, soggetta inevitabilmente a elevate sollecitazioni nel momento in cui il diatono lavora (fig. 4).

5. *Iniezione*: la malta utilizzata per la costituzione del diatono deve essere fluida, per poter essere iniettata agevolmente, leggermente espansiva e comunque antiritiro, in quanto il diatono lavora tanto meglio quanto migliore è la sua aderenza con la muratura circostante: a tal fine, onde evitare la presenza di zone vuote, la malta è iniettata a leggera pressione (fig. 5).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

È importante notare come, in questo metodo di consolidamento, la quantità di malta utilizzata risulti essere molto minore rispetto a quella normalmente impiegata in un intervento attuato tramite iniezioni (v. CSD 04 - Consolidamento con iniezioni), in quanto offre la possibilità di bloccare preventivamente i canali di diffusione del materiale legante all'interno del nucleo murario, minimizzando così le perdite. Tale tecnica, nonostante se ne sia dimostrata teoricamente e sperimentalmente l'efficacia, stenta a essere adottata nella consueta pratica costruttiva del cantiere di restauro, a vantaggio di interventi molto più invasivi.

#### **ESPERIENZE**

Nonostante si sia dimostrata teoricamente e sperimentalmente l'efficacia, tale tecnica stenta ad entrare nella pratica costruttiva a discapito di interventi molto più invasivi.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Giuffrè A. 1993; Gurrieri F. (a cura di) 1999, scheda MU6; Lagomarsino S., Podestà S., Tavaroli F., Torre A. 2001.

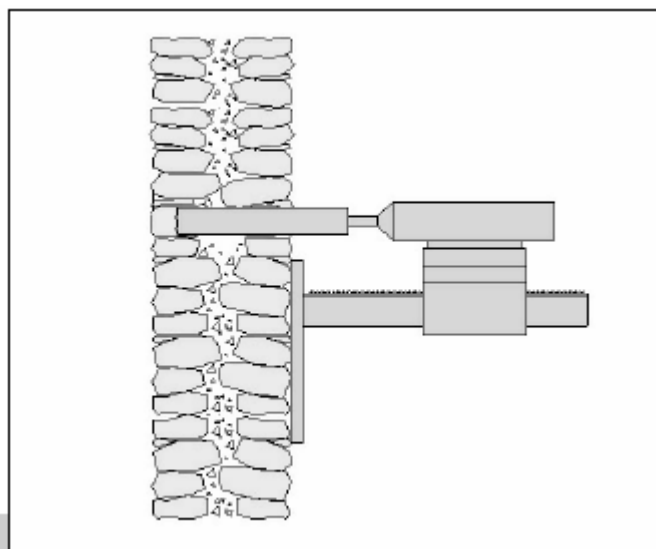


Figura 1 • Realizzazione dei fori con sonda a rotazione. (LAG)

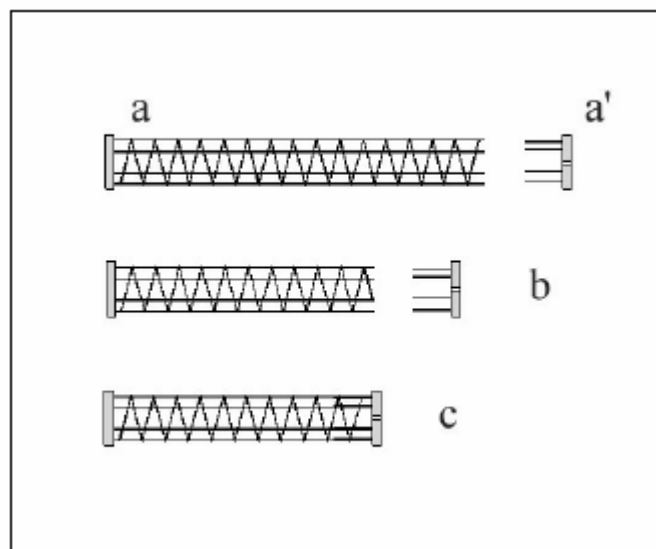


Figura 2 • Preparazione del traliccio di armatura: a) tappo chiuso; a') controtappo forato per l'iniezione; b) taglio del traliccetto; c) collegamento del controtappo. (LAG)

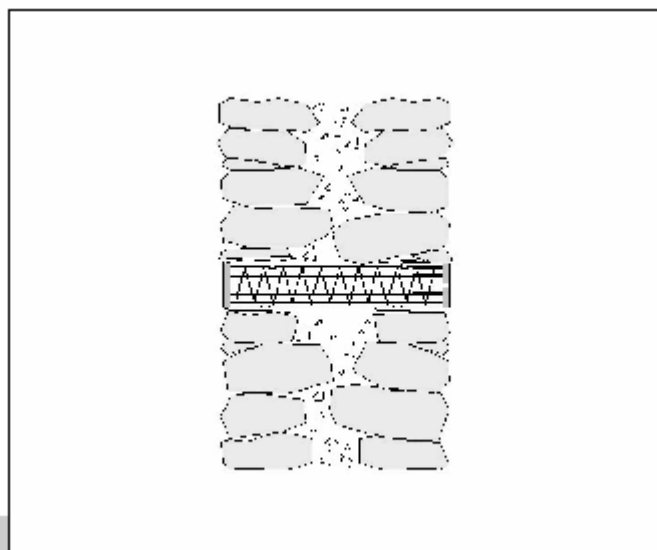


Figura 3 • Inserimento del traliccio. (LAG)

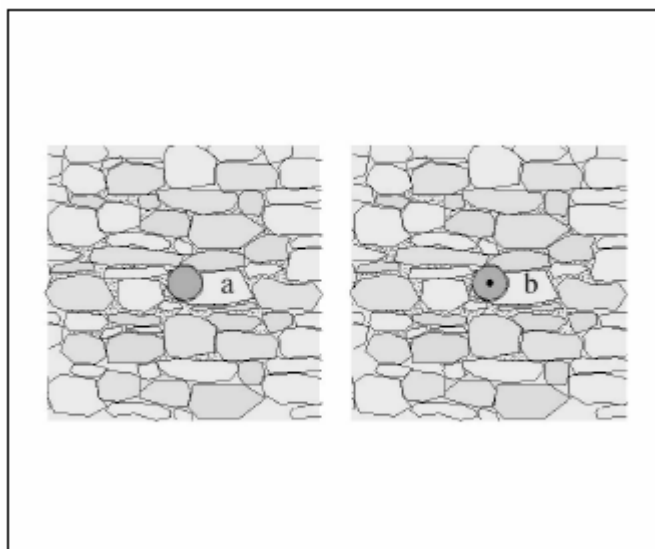


Figura 4 • Stuccatura del tappo (a) e del controtappo forato (b) sulle due facce del muro. (LAG)

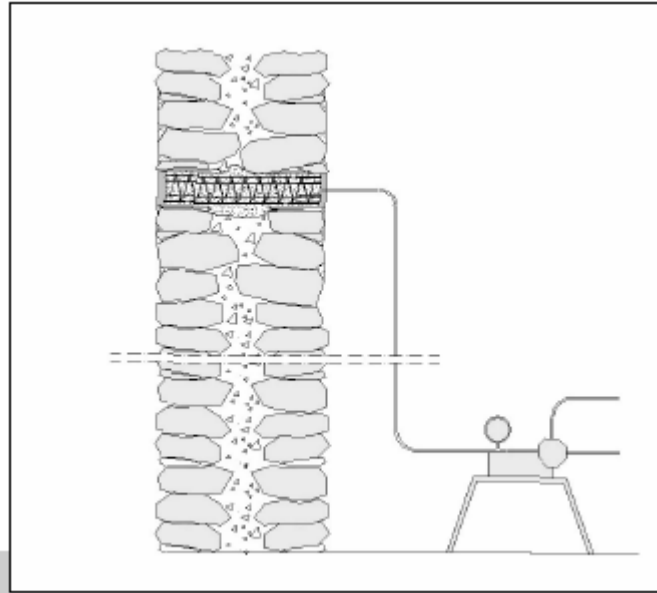


Figura 5 • Iniezione di malta in pressione. (LAG)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

L'intervento è destinato all'applicazione di malte a ritiro controllato fibrorinforzate per il risanamento del calcestruzzo nei casi in cui particolari conformazioni e spessori del degrado impongano l'impiego di malte colabili.

Sono premiscelati in polvere, composti da cementi ad alta resistenza, inerti selezionati, speciali additivi e fibre sintetiche, oppure reti realizzate con fibre di vetro alcali-resistenti e/o carbonio. Impastati con acqua, si trasformano in una malta a devata fluidità, idonea per l'applicazione mediante colatura entro casseri, senza segregazione, anche in forti spessori, oppure qualora sia presente una rete, mediante applicazione con la cazzuola, la spatola o il frattazzo.

È da rilevare l'elevata resistenza all'usura per abrasione, oltre che alla flessione e alla compressione.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento è destinato al ripristino di elementi in calcestruzzo ammalorato, reintegrazioni di solai e solette a seguito di scarnificazione delle parti ammalorate, reintegrazioni di pilastri e travi, ripristino di pavimentazioni.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'intervento comprende diverse fasi:

- preparazione del sottofondo;
- produzione della malta;
- applicazione della malta;
- stagionatura del rivestimento.

In linea generale, prima dell'intervento è opportuno verificare che il materiale di base su cui si intende operare presenti caratteri di durabilità e che il composto da impiegare nel restauro possieda caratteristiche di buona aderenza al calcestruzzo esistente.

L'operazione consiste nel preparare il sottofondo, rimuovendo il calcestruzzo deteriorato e in fase di distacco, fino ad arrivare alla parte solida e resistente, operando in modo che la nuova superficie diventi ruvida. Eventuali precedenti interventi di ripristino devono essere rimossi.

Anche dove non si interviene con l'eliminazione delle parti ammalorate è necessario, in ogni caso, pulire con spazzole metalliche e/o con sabbiatura il calcestruzzo e i ferri d'armatura da polvere, ruggine, grassi, oli, vernici o pitture prima applicate. Si procede, quindi, a proteggere eventuali ferri d'armatura e a bagnare sino a saturazione il sottofondo, attendendo l'evaporazione dell'acqua in eccesso prima di eseguire il getto. Per facilitare l'eliminazione dell'acqua libera, si può utilizzare, se necessario, dell'aria compressa o una spugna.

Per la preparazione della malta si può utilizzare la betoniera, mescolando bene l'impasto fino a ottenere un fluido senza grumi, ma, in funzione delle quantità occorrenti, può essere impiegato anche un mescolatore per malte oppure un trapano con agitatore.

La procedura d'applicazione della malta può essere lo spruzzo, la cazzuola, il frattazzo o il getto in casseri predisposti.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per quanto riguarda il prodotto, nessun accorgimento particolare deve essere preso quando si opera con temperature intorno ai venti gradi; nelle stagioni calde è opportuno non esporre il materiale al sole ed impiegare acqua fredda per la preparazione; invece, con temperature basse è bene impiegare acqua tiepida e tenere il prodotto in locali riscaldati, in quanto il freddo tende a ritardare l'inizio della presa e l'indurimento degli impasti.

Una variante del procedimento consiste nell'impiegare cementi a presa rapida nella preparazione della malta. In questo caso si procede applicando l'impasto, composto da circa una parte di malta e 0,4 d'acqua, a spatola o a cazzuola su boiaccia d'aggrappo ancora fresca. Lo spessore massimo consentito è di circa 20-25 mm per strato.

Quando gli spessori da ripristinare sono notevoli, è necessario applicare più strati di prodotto ed eseguire l'operazione con un intervallo di circa quindici minuti tra uno strato e l'altro.

## **ESPERIENZE**

Il restauro delle opere moderne non è ancora entrato a pieno titolo nella letteratura tecnica del restauro, anche se è largamente presente, invece, nella riflessione teorica e nei programmi di tutela di quasi tutti i paesi europei. Per tale ragione, questa tecnica, benché annoverabile a pieno titolo tra le metodiche del restauro, in quanto adatta a risarcire opere contemporanee anche di grande interesse storico e artistico (si pensi a Ville Savoye o all'Unité d'habitation di Le Corbusier restaurate in questi anni), è considerata semplicemente una pratica di riparazione, sicuramente adottata diffusamente.

Di seguito vengono elencati alcuni lavori di restauro ampiamente documentati:

Impianto idroelettrico del Masino, Sondrio, 1993-1994.

Diga di Malga Bissina in Val Daone, Trento, 1996.

Ville Savoye o all'Unité d'habitation di Le Corbusier, 1997.

Stazione Eurostar di Bruxelles Midi a Bruxelles in Belgio, 1992-1996.

Torre per le telecomunicazioni a Kuwait City, Kuwait, 1995.

Velodromo Vigorelli a Milano, 1997.

Torre Arcobaleno, Stazione Garibaldi, Milano, 1999.

Impianto idroelettrico - Canale di derivazione della centrale Bertini, Paderno d'Adda, Milano, 2000.

Ex Mattatoi, Latina, 2001.

Grattacielo Pirelli, Milano, 2002-2004.

Il complesso delle Scuole d'Arte a L'Avana, Cuba, 2002-2008.

Torre Pensile delle Marazzi Ceramiche a Sassuolo, Modena, 2002-2003.

Ponte dell'isola di Krk, Croazia, 2004-2005.

Borsa Valori, Hanoi, Vietnam, 2005.

Stazione Centrale di Milano, 2005- 2008.

Volga Cliff Resort, Samara Region, Federazione Russa, 2006-2007.

Viadotto Rio Verde, Strada Autocamionale della Cisa A15 a Pontremoli, Massa Carrara, 2005-2007.

Torre Donegani e/o Torre della miniera, La corte della Miniera, Loc.Miniera a Urbino (PU), 2007.

Museo Guggenheim, New York, 2007-2008.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Avramidou N. 1990; Avramidou N. 1991; Avramidou N. 1992; Collepari M., Coppola L. 1991, pp. 537-48; Collepari M., Coppola L., Pistolesi C. 1993, pp. 211-20; Scala F. 1990.

Brameshuber W., Hegger J., Will N., *Textile Reinforced Concrete, Proceedings PRO 50*, Rilem Publication S.A.R.L., Aachen, 2006.

Brameshuber W., *Textile Reinforced Concrete, Proceedings PRO 75*, Rilem Publication S.A.R.L., Aachen, 2010.

Brameshuber W., *Textile Reinforced Concrete, State-of-the-Art Report*, Rilem TC 201-TRC, Report 36.

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Il metodo è stato messo a punto dall'Opificio delle Pietre Dure di Firenze nel 1978, anche se, malgrado alcuni impieghi di successo, sembra sia rimasto allo stato sperimentale. La base del consolidante è il grassello di calce e l'idea riposa sul fatto che la decomposizione dell'alluminio provocata dalla calce libera idrogeno. Le particelle gassose di idrogeno inglobate nella calce permettono di ottenere un materiale inorganico, spugnoso, di resistenza meccanica molto debole e che, per la sua espansione *in situ*, consente di colmare i vuoti e di ricreare un'adesione tra gli strati. Inoltre, la reazione determina la produzione di alluminato di calcio, che conferisce alla miscela anche un lieve potere idraulico.

Il meccanismo è il seguente:



L'alluminio in polvere è attaccato dall'ambiente alcalino dovuto alla calce idrata. La sua decomposizione provoca, all'interno della massa, la formazione di bollicine d'idrogeno e di alluminato di calcio. L'effetto espansivo è, in parte, direttamente legato alla quantità di alluminio contenuto nella miscela, ma la dimensione, il numero e la distribuzione delle bollicine d'idrogeno dipendono sia dalla quantità di alluminio sia dalla quantità d'acqua all'inizio della reazione. Il processo comporta un aumento della temperatura, ma del tutto moderato e quindi tale da non mettere in pericolo l'integrità di eventuali strati pittorici.

In un secondo tempo, l'idrato di calcio, a contatto con l'anidride carbonica dell'aria dà luogo alla nota reazione che lo trasforma in carbonato.

Alla fine della reazione si ottiene un materiale la cui coesione interna è nettamente più debole di quella di una malta, a causa della struttura spugnosa e della sua leggerezza.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Questa tecnica è applicabile a un campo piuttosto limitato. Essa è principalmente rivolta a offrire una alternativa ad altri trattamenti per i problemi di consolidamento interni degli intonaci delle pitture murali, ciò che gli inglesi chiamano *grouting*. Infatti, presenta un certo interesse ove si debbano colmare dei vuoti, come quelli che si determinano, talvolta piuttosto voluminosi, nei distacchi tra intonaci e tra intonaci e muratura nei dipinti murali. Con opportune varianti, è stata utilizzata anche nel consolidamento dei mosaici (v. CSD20 - Consolidamento con iniezione o colatura di malta a espansione).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Immediatamente prima dell'impiego si prepara la seguente miscela.

- Calce idrata in polvere, 20% pari a 2 parti in volume.
- Sabbia fine, 1 parte in volume.
- Acqua, 80%.
- Polvere d'alluminio, da 0,2% a 0,3% del totale, in peso.



Una volta pulita, per quanto possibile, da polveri e detriti, mediante aspirazione, la cavità interna deve essere bagnata con iniezioni d'acqua e alcol, un'operazione molto importante, per evitare una "costipazione" della miscela che bloccherebbe la reazione di espansione per mancanza d'acqua e per consentire, inoltre, un buon legame tra il consolidante e l'intonaco.

La miscela è generalmente iniettata all'interno del distacco con una siringa o una peretta, ma, nel caso si debba introdurre una forte quantità di prodotto, è opportuno sostenere con dei presidi lo strato d'intonaco trattato, a evitare che la pressione interna del consolidante, comunque moderata, possa ripercuotersi sull'assetto fisico del distacco, aggravandolo.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

I vantaggi del procedimento risiedono soprattutto nell'impiego di materiali inorganici, del tutto simili a quelli da consolidare e che si comporteranno analogamente nel corso dell'invecchiamento.

La malta consolidante ha caratteristiche meccaniche tali che, in caso di persistere di tensioni interne, sarà essa a cedere e non l'intonaco. Inoltre, l'idraulicità del composto ne permette l'impiego anche in ambienti umidi. Infine, i materiali utilizzati sono di basso costo, facilmente reperibili e non tossici.

Per contro, il procedimento è irreversibile e potrà rendere più difficile separare il consolidante dall'intonaco nelle eventuali operazioni di stacco degli affreschi, cosa che d'altra parte avverrebbe con qualsiasi altro trattamento consolidante destinato a vuoti interni dei distacchi. La bagnatura preliminare può porre qualche problema quando sull'intonaco esistono delle pitture sensibili all'acqua, mentre la presenza di sali solubili potrebbe dar luogo a delle efflorescenze in fase di essiccazione della malta consolidante. Per questo, la miscela bagnante consigliata è idroalcolica piuttosto che di sola acqua.

La tecnica non consente l'impiego di resine in soluzione o di prodotti idrofughi prima che la carbonatazione della malta abbia avuto termine (da quattro a sei settimane).

Vi sono, poi, alcune difficoltà d'esecuzione che richiedono l'impiego di operatori esperti.

Infatti, non è sempre facile valutare la giusta quantità d'acqua necessaria per l'impasto, perché se la miscela è troppo secca penetra male e si distribuisce irregolarmente, se è troppo liquida è poco stabile e la sabbia si deposita rapidamente sul fondo. È necessario assicurare una buona tenuta dei punti d'iniezione e delle fessure, per evitare la formazione di macchie di calce sulla superficie.

Per venire incontro a queste esigenze e ad altre difficoltà, verso la fine degli anni '90, ad opera soprattutto del restauratore Stephen Rickerby del Courtauld Institute of Art di Londra, fu sviluppata una variante interessante del procedimento. Alla miscela reattiva sopra menzionata a base di calce e polvere di alluminio veniva aggiunta una moderata percentuale di bianco d'uovo. La presenza di questo additivo migliorava alquanto il comportamento del consolidante, ritardandone la velocità di espansione così da facilitare il procedimento di iniezione, fluidificava la miscela e ne rendeva più omogenea la formazione delle bollicine di idrogeno e rendeva anche più efficace l'adesione della malta espansa alle superfici di intonaco. Il trattamento ebbe successo, in particolare, per il consolidamento di un affresco di Filippo Paladini a Malta, affetto da gravi deformazioni dell'intonaco pittorico, con numerosi distacchi.

### **ESPERIENZE**

Come si è accennato, il procedimento ha avuto sostanzialmente applicazioni sperimentali, anche se nella letteratura specialistica si fa riferimento a esperienze esecutive, di cui tuttavia non si forniscono indicazioni circostanziate, condotte da operatori di indubbia serietà e competenza professionale, soprattutto in Francia e a Malta, col citato intervento effettuato da Stephen Rickerby.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Antonelli E., Raddi Delle Ruote G. 1994; Matteini M., Lanterna G., Raddi A., Moles A. 1986; Giusti A. M., Raddi G., Frizzi P. 1987.  
(HRB)

<b>CSD 16</b>	<b>METODO DEL CASEATO DI CALCIO</b>
---------------	-------------------------------------

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICIALTRI TIPI DI CASENATI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

L'impiego della calce e della caseina risale a tempi remoti e fa parte della tradizione costruttiva europea. La sua utilizzazione nel campo del consolidamento degli intonaci, tuttavia, è un'estensione applicativa al mondo del restauro.

Dei due componenti del prodotto, la caseina è una fosfoproteina che si trova in sospensione nel latte dei mammiferi ed è ottenibile facendo precipitare del latte in un acido. Dopo raffinazione, si ottiene una polvere generalmente insolubile in acqua, alcol ed etere, ma che diventa solubile in presenza di una forte base. La calce, invece, è il normale grassello, o calce spenta ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), ottenuto dall'idratazione dell'ossido di calcio ( $\text{CaO}$ ), la cosiddetta calce viva.

La miscela serve essenzialmente da adesivo.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il caseato di calcio è impiegato come consolidante per iniezione per trattare i distacchi degli intonaci, sia tal quale che, nel caso di vuoti o fessure di dimensione consistente, rinforzato con una carica inerte (sabbia fine, polvere di marmo ecc.). Tuttavia, la sua utilizzazione più estensiva è nella ricollocazione in opera di affreschi staccati, per realizzare l'adesione tra la pellicola pittorica "strappata" e la tela di sostegno.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Fra le varianti conosciute per la preparazione di questa miscela, le due seguenti sono le più utilizzate.

1) Preparazione alla fiorentina:

- 700 g di caseina e 3 kg di grassello di calce (rapporto caseina/calce = 0,23);
- 300 g di colla di ossa, con aggiunta di 2 litri d'acqua.

2) Preparazione alla romana:

- 100 g di caseina e 900 g di grassello di calce (rapporto caseina/calce = 0,11);
- 160 g di dispersione d'acetato di polivinile (o, meglio, di dispersione acrilica).

Per la preparazione, si fa gonfiare la caseina nell'acqua, per circa 12 ore, e la si strizza in un panno. Quindi la si mescola alla calce e si filtra il tutto al setaccio fine, in modo da ottenere una pasta untuosa. Vi si aggiunge la colla ben gonfiata e calda, finché sia fluida, oppure, nell'altra formulazione la dispersione di resina vinilica, addizionandovi anche un fungicida, per prudenza. Il tutto, prestando attenzione che, se il caseato diventa gelatinoso, la miscela è rovinata e bisogna ricominciare tutto daccapo.

Il preparato sarà diluito per parti, man mano che serve all'impiego, in quanto può essere conservato per molti giorni, in recipienti ben chiusi e privi di parti metalliche, benché sia possibile anche prepararlo prima di ogni applicazione.

Nella ricollocazione di affreschi "strappati" l'adesivo viene prima steso a pennello sul retro della pellicola pittorica, poi, il giorno successivo, si applica anche alla tela di sostegno stesa su un supporto rigido. Si fa poi la giunzione, pressando manualmente con cura la tela alla pellicola

pittorica. Spesso segue l'applicazione di una seconda tela di sostegno fatta aderire alla prima con le stesse modalità.

Per il consolidamento degli intonaci, si ricorre di solito alle iniezioni per mezzo di siringhe con ago di diametro adatto al passaggio della miscela, ma proteggendo i fori con batuffoli di ovatta o della plastilina, perché ogni fuoriuscita di caseinato lascia una traccia indelebile.

Il procedimento richiede che, prima dell'iniezione del caseato, le cavità dei vuoti e delle fessure siano pulite dalle polveri e dai detriti (mediante aspirazione) e bagnate con iniezioni di acqua contenente dal 25 al 50% di alcol etilico, in quantità sufficiente a far comparire l'umidità in superficie.

Segue, quindi, l'immissione del caseato, facendo in modo da iniettare una quantità inferiore a quella necessaria per riempire il distacco e creando una leggera pressione dall'esterno, che serve a rimettere l'intonaco a contatto con il supporto (la durata della pressione è di 12-14 ore, secondo la quantità di prodotto iniettato).

Se il distacco è di una certa rilevanza, vale a dire mezzo centimetro o più, è bene aggiungere alla miscela una carica a base di polvere di marmo o di sabbia fine, per compensare il ritiro dovuto alla perdita dell'acqua.

### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Sebbene questa procedura sia stata e sia tuttora utilizzata dai restauratori, resta qualche dubbio sulla sua applicabilità alle superfici esterne. In effetti, benché sia un buon adesivo, la caseina forma un film non permeabile che resta tuttavia sensibile alle variazioni igrometriche e all'umidità, e inoltre ci si può domandare in quale misura la carbonatazione della calce può essere effettiva e completa dietro un centimetro o più d'intonaco generalmente trattato, in superficie, con resine che ne diminuiscono notevolmente la porosità. Ciò comporta che, nel caso di una carbonatazione incompleta, esiste il rischio di veder comparire in superficie delle parti solubili della calce.

Il procedimento, inoltre, comporta tutti i rischi legati alla presenza rilevante d'acqua, e i pericoli di colature e macchie.

A causa della lentezza della reazione, è necessaria grande cautela e molta esperienza da parte degli operatori, per ottenere un risultato omogeneo.

### ESPERIENZE

Rapallo, castello. Consolidamento di lacerti d'intonaco al parapetto della torre.

Asolo, villa Rinaldi. Trattamento delle superfici intonacate esterne.

Affreschi del Camposanto Monumentale di Pisa, stacco e riadesione su supporti rigidi varia natura; impiegato per alcuni decenni; recentemente rimpiazzata dall'impiego di altri tipi di miscele adesive a base di resine acriliche.

Cattedrale di Wells, intervento anteriore al 1995. I conci in calcare di *Doulling* della cattedrale sono stati consolidati e protetti con ripetute applicazioni di latte di calce.

Torre di Londra, 1980-90. I conci della pietra di *Raigate* sono stati protetti con il metodo della calce. Tale trattamento è ripetuto ogni 10-12 anni.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

L'argomento non possiede una letteratura specifica. La scheda è stata redatta sulla base di conoscenze ed esperienze dirette dell'autore.

(HRB)

### ALTRI TIPI DI CASENATI

La citata solubilità della caseina in alcali ne ha suggerito l'impiego sotto forma di altri tipi di caseinati utili per applicazioni di restauro: il **caseinato di ammonio** – caseina più ammoniacca, (NH<sub>4</sub>OH) – e il **caseinato di bario** – caseina più idrossido di bario Ba(OH)<sub>2</sub> – il primo, caseinato di ammonio, assai più noto e impiegato del secondo.

Il caseinato di ammonio è considerato da molti un buon prodotto da utilizzare come legante di pigmenti per il restauro pittorico dei dipinti murali. È una sostanza trasparente e quasi incolore di facile preparazione e che soddisfa alcune proprietà utile all'operazione di ritocco degli affreschi: reversibilità anche a distanza di tempo, riflettanza ottica non dissimile da quella naturale delle pitture murali. La preparazione non è critica; come nel caso del caseinato di calcio, la caseina

viene fatta rigonfiare in acqua qualche ora prima, dopodiché si aggiunge l'ammonio idrato concentrato in proporzione di circa il 3%. È stato impiegato in numerosissimi restauri di affreschi e tempere murarie.

Il caseinato di bario ha trovato più rara applicazione come fissativo in contesti in cui altri tipi di fissativi risultavano controindicati o creavano problemi (imbianchimenti, ecc.), sempre, ovviamente nell'ambito del restauro dei dipinti murali. Il procedimento prevede prima la preparazione del caseinato di ammonio come descritto sopra, a cui segue l'aggiunta di un 3% della soluzione satura acquosa di idrossido di bario. La base forte "bario idrossido" scaccia la base più debole e più volatile "idrato di ammonio e la sostituisce. Il caseinato di bario è un prodotto non facile da impiegare che in ogni caso va applicato con moderazione. Per evitare la tendenza a conferire una certa lucidità alle superfici trattate, l'operatore calibra con cura le concentrazioni (se necessario diluendo) ed eventualmente attenuandone col tampone la presenza in superficie. Come esempi significativi di applicazione possiamo citare il fissaggio delle tempere della volta della navata della Cattedrale di Cremona e, a Palermo, il fissaggio di alcune delle superfici graffite dai penitenti dell'Inquisizione nell'edificio confinante Palazzo Steri.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'applicazione di prodotti inorganici per gli interventi di consolidamento e preconsolidamento di matrici porose carbonatiche costituisce ancora oggi uno dei principali obiettivi della ricerca orientata alla messa a punto di metodologie innovative per il restauro.

Il metodo Ferroni-Dini (detto "del bario") ha segnato una tappa fondamentale. Il suo successo è legato alla possibilità di rimuovere i solfati, mentre non convince del tutto alcuni operatori in fatto di capacità consolidante. In effetti, la nuova fase  $\text{CaCO}_3$ , che si ottiene per doppio scambio, sembra comportarsi da *filler* piuttosto che da legante, mentre il  $\text{BaCO}_3$ , per quanto simile a quello di calcio, non ha le identiche caratteristiche cristallografiche.

Diversi anni dopo le prime applicazioni del metodo, il maestro Dini informò il professor Ferroni di un fatto inatteso: a distanza di anni le pitture murali trattate con il bario parevano prendere rinnovata vita, come effetto di reazioni a lungo termine. Il professor Ferroni si convinse che la possibile spiegazione risiedesse nei processi indotti dall'impiego del largo eccesso di acqua di bario solitamente applicata per convertire tutto il solfato di ammonio nell'innocuo solfato di bario, inerte. L'idrossido di bario doveva originare, infatti, reazioni di doppio scambio con il carbonato di calcio presente, e dare il meno solubile carbonato di bario e idrossido di calcio. Quest'ultimo poteva quindi riavviare un nuovo processo di presa (con notevole ritardo di tempo), responsabile del conferimento di una nuova compattezza all'intonaco, desolfatato e consolidato in precedenza con il bario.

Sfortunatamente, la scarsa solubilità in acqua (1,6 g/l), confrontata ad esempio con quella del  $\text{Ba(OH)}_2$  (39,9 g/l) a 20 °C, ha reso la strada delle soluzioni acquose sature non del tutto praticabile. L'acqua di calce manifesta, spesso, un potere legante modesto (a causa della sua bassa concentrazione) e deve essere applicata numerose volte per ottenere risultati apprezzabili. D'altra parte, le sospensioni in acqua di  $\text{Ca(OH)}_2$ , solitamente più concentrate, sono nettamente instabili e pertanto la loro applicazione su superfici dipinte è destinata a creare un velo bianco non del tutto rimovibile.

Si è cercato, pertanto, di ottenere sospensioni colloidali (con dimensioni delle particelle di scala micro e submicrometrica) di idrossido di calcio, utilizzando solventi non acquosi in modo da accrescere la stabilità cinetica delle sospensioni stesse. L'impiego di alcoli alifatici a catena corta, quali mezzi disperdenti, si è dimostrata una soluzione adeguata ai nostri scopi.

Il metodo si basa sull'applicazione delle sospensioni direttamente sulle superfici. Le particelle, veicolate dal solvente, devono penetrare all'interno delle porosità superficiali, in modo da originare un nuovo processo di presa all'interno della matrice porosa.

Il ruolo del solvente è essenziale, non solo perché ci consente di ottenere sospensioni stabili per tempi fino a 16-20 ore (rispetto all'acqua in cui l'idrossido decanta completamente dopo appena 30 minuti), ma anche perché conferisce al sistema interessanti proprietà utili ai fini applicativi. Alcoli come il n-propanolo o l'isopropanolo hanno valori di tensione superficiale molto bassi e pertanto presentano, rispetto ai supporti idrofili di intonaco, una notevole bagnabilità. Questo facilita la penetrazione rapida del solvente che così veicola le particelle all'interno. La viscosità è bassa e quindi non ostacola il processo; la tensione di vapore è molto simile a quella dell'acqua, pertanto mostra una buona volatilità. I solventi non sono tossici e non lasciano alcuna traccia all'interno della matrice porosa.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il metodo è stato messo a punto per interventi su pitture murali, con il preciso scopo di proporre un metodo alternativo per il consolidamento di affreschi. In linea di principio, tuttavia, il metodo appare adeguato per tutti i materiali a matrice carbonatica con un'apprezzabile porosità superficiale, e in tutti i casi in cui si applica acqua di calce.

Il trattamento deve essere considerato superficiale, poiché le particelle, per quanto piccole, non hanno la possibilità di penetrare molto in profondità. In effetti, l'obiettivo principale consiste nel conferire rinnovata compattezza e adesione allo strato pittorico, solitamente esposto al degrado più intenso. In particolare il metodo è adatto dove si manifestano effetti di *powdering* (polverizzazione) del colore. In questo caso deve essere ricostituita una struttura cristallina capace di assicurare l'adesione del pigmento al supporto, rigenerando un processo di vera e propria presa. L'impiego di idrossido di calcio è in questo modo non solo possibile ma anche auspicabile per ovvie ragioni di compatibilità chimico-fisica dei materiali. L'applicazione delle sospensioni può essere suggerita anche su strati pittorici con effetti di *flaking* (esfoliazione), allo scopo di favorire la riadesione del film al supporto.

Dato il meccanismo di azione, si comprende facilmente che il metodo è applicabile per interventi di preconsolidamento dello strato pittorico. In effetti, numerosi test sperimentali hanno mostrato che il trattamento migliora fino almeno al 50% le proprietà meccaniche dello strato pittorico, consentendo, ad esempio, interventi di pulitura su superfici altrimenti intrattabili.

Le sospensioni possono essere preparate a concentrazioni molto variabili, in funzione del tipo di intervento che s'intende realizzare. È buona norma partire da sospensioni abbastanza diluite. In altre situazioni è possibile spingersi fino a concentrazioni molto elevate, a ottenere una crema di una certa consistenza, adatta per applicazioni a iniezione su porzioni di intonaco o di strato pittorico che mostrino evidenti fenomeni di distacco.

Altre applicazioni sono state condotte, infine, su campioni di materiale lapideo (marmo, laterizio e alcune arenarie) e su stucchi a calce, per interventi di protezione. In questi casi si è cercato di creare microrivestimenti a base di idrossido di calcio caricato con polveri ben macinate, ricavate da materiali identici a quelli su cui si esegue l'intervento.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

##### *Per pitture murali*

Per quanto riguarda le pitture murali, le applicazioni sono eseguite a pennello su superfici protette con carta giapponese. Le quantità applicate sono molto variabili e dipendono esclusivamente dalla capacità manifestata dall'intonaco di assorbire la sospensione. Il trattamento si considera terminato al momento in cui la superficie muraria non assorbe più il mezzo disperdente della sospensione, il che equivale ad affermare che il sistema è arrivato a saturazione (in altre parole "a rifiuto"). La carta giapponese apposta a protezione della superficie viene di solito rimossa dopo circa un'ora dall'applicazione. Man mano che l'intonaco si asciuga, possono comparire sulla superficie tenui effetti di velatura dovuti alla frazione di particelle che non riescono a penetrare nella struttura. Può essere opportuno in questo caso intervenire con una pulitura a tampone con acqua deionizzata.

Normalmente alla prima applicazione ne segue dopo qualche giorno una seconda. Un'accurata stima delle quantità in volume applicate nelle due applicazioni, consente di evidenziare che nel corso della seconda si applica fino al 40% di sospensione in meno, e ciò documenta un iniziale effetto coesivo indotto dal primo trattamento. Al termine, sulla superficie perfettamente asciutta, è opportuna l'applicazione di un tampone a base di acqua deionizzata allo scopo di solubilizzare l'eventuale deposito superficiale di calce formatosi.

L'impacco in polpa di cellulosa di legno può essere applicato per tempi variabili fino a 6-12 ore.

##### *Per stucchi*

Data la particolare compattezza degli stucchi, sottoposti solitamente a levigatura, battitura e lucidatura, gli interventi presuppongono l'impiego di sospensioni molto diluite (fino a 10 volte meno concentrate delle analoghe per pitture murali). In questi casi sono state eseguite applicazioni di sospensione in forma di aerosol, mediante irroratore.

##### *Per materiali lapidei*

Su questo tipo di supporti s'impiegano sospensioni di concentrazione standard, addizionate da quantità variabili di campioni di pietra macinati o pestati, di granulometria variabile ma generalmente finissima, che funzionano come cariche inerti e conferiscono a questa micromalta la giusta colorazione allo strato di finitura. La miscela deve essere ben omogeneizzata e applicata dopo pochi minuti dalla sua preparazione, in quanto il sistema è poco stabile.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La metodologia delle sospensioni di idrossido di calcio non richiede procedure tecnico-operative molto complesse, sebbene esistano alcune limitazioni d'uso e siano opportuni taluni accorgimenti.

Il principale problema consiste nella possibile formazione di velature bianche. Queste possono emergere a distanza di poche ore dall'applicazione, ma sono facilmente rimovibili con spugnature di acqua distillata o con impacchi di acqua di alcune ore. La procedura prevede di applicare il prodotto fino a quando il supporto mostra capacità d'assorbimento. Quest'aspetto è essenziale, perché è solo la capacità di fermarsi un attimo prima della saturazione che permette di minimizzare il possibile effetto di imbianchimento. L'esperienza maturata in questi anni sembra suggerire, che minime quantità di idrossido di calcio, applicate in sospensione, siano sufficienti a produrre velature omogenee. Se anche riuscissimo a introdurre il 90%

dell'idrossido necessario, ma il rimanente trovasse dinanzi a sé una superficie umida (con forte tendenza a instaurare legami a idrogeno) e parzialmente saturata di particelle, essa rimarrebbe sulla superficie producendo un risultato esteticamente sgradito. In questo risiede la principale difficoltà operativa: è richiesta una notevole esperienza e capacità di osservazione per valutare quando sia opportuno interrompere il trattamento.

Terminata l'applicazione (eseguita in una, due, o più riprese) ed evitato il rischio di velatura con interventi (eventuali) di lavaggio, è necessario concedere al supporto almeno tre o quattro settimane affinché l'idrossido possa originare un nuovo processo di carbonatazione, e quindi di presa. Prima di questo termine è pressoché impossibile formulare valutazioni attendibili sulla bontà degli effetti.

Prima dell'intervento, è opportuno eseguire delle indagini preliminari per evidenziare eventuali formazioni saline presenti. Il trattamento non è assolutamente desalinizzante e quindi il consolidamento deve riguardare superfici già pulite. Il trattamento è sconsigliabile laddove si riscontrano la presenza di sporco grasso o proteico, in quanto potenzialmente solubile e quindi diffondibile all'interno della matrice porosa.

È, inoltre, necessario verificare se le superfici siano state precedentemente trattate con resine polimeriche sintetiche, usate, ad esempio, come protettivi, in quanto potrebbero interferire con le particelle ostacolandone la penetrazione.

L'utilizzo di solventi organici richiede una certa attenzione alle parti stese a secco, in quanto il medium organico potrebbe soffrire di fenomeni di parziale solubilizzazione, anche se normalmente i leganti organici si presentano, dopo secoli, pressoché mineralizzati.

Non esistono controindicazioni al fatto che l'intervento possa essere ripetuto a distanza di qualche anno. La ripetizione del trattamento, o l'eventuale applicazione di altri tipi di consolidanti, qualora ne siano trovati di più adeguati ed efficaci, è possibile, in quanto la porosità del sistema trattato con l'idrossido di calcio, pur diminuendo rispetto a quella riscontrabile prima del consolidamento, non è annullata.

L'azione consolidante non è così rapida ed elevata da consentire la riconsolidazione di frammenti del tutto distaccati. Se le esfoliazioni sono nell'ordine di pochi millimetri, come spesso si osservano sulle pitture murali, allora è effettivamente possibile ricreare una tessitura cristallina coerente e stabile tra le parti disgregate. In questi casi può essere utile l'applicazione per iniezione di sospensioni concentrate. Se le alterazioni sono macroscopiche il metodo non è adeguato.

L'applicazione della tecnica per la protezione di supporti lapidei comporta il rischio di una rapida carbonatazione a livello di superficie, con la possibile comparsa di imbianchimenti.

Il fenomeno è legato alla capacità del mezzo disperdente di penetrare all'interno. Trattandosi solitamente di materiali compatti, questo avviene sovente con una certa difficoltà. Per tali ragioni è opportuno eseguire l'intervento in più passaggi, applicando piccole quantità diluite, così da controllarne meglio gli effetti indotti sulla superficie.

In conclusione, questo metodo può essere applicato in numerosi casi, ma occorre un'attenta valutazione delle caratteristiche del supporto, in modo da individuare le condizioni operative più

opportune. In questo senso sono fortemente consigliati alcuni test preliminari finalizzati a stimare la quantità in volume di sospensione che il supporto è capace di assorbire fino a saturazione, e a determinare la giusta concentrazione di idrossido di calcio necessaria per minimizzare i possibili effetti di imbianchimento.

#### **ESPERIENZE**

Firenze, chiostro Verde della basilica Santa Maria Novella, particolari pittorici dal ciclo di pitture murali nel cappellone degli Spagnoli.

Firenze, controfacciata della cattedrale di Santa Maria del Fiore, particolari pittorici dagli affreschi di Santi di Tito (XV secolo), *Gli angioli musicanti*.

Siena, chiesa di San Francesco, affreschi in cappelletta del XIV secolo.

Fiesole (Firenze), chiesa di San Francesco, affreschi (XIX secolo) della cripta.

Egitto, tomba di Iuufa in Saqara, decorazioni pittoriche.

Inghilterra, chiesa di Pitstone, particolari pittorici.

Firenze, particolari pittorici nella volta del Cenacolo dell'Educatario, detto del "Fuligno".

Roma, chiesa di Santa Prisca in Aventino, interventi su campioni lapidei situati nell'abside.

Padova, abbazia di Vigonza, sperimentazioni su campioni di pietra di Nanto.

Susa (Torino), cattedrale di San Giusto, pitture murali in esterno.

Danimarca, chiesa medievale di Avnso nell'isola di Zealand, decorazioni pittoriche.

Siena, cappella di San Martino, decorazioni pittoriche sulla volta.

Prato, duomo, particolari pittorici situati all'interno della cappella Maggiore.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Per il restauro di affreschi:

Baglioni P., Giorgi R. 1999; Baglioni P., Dei L., Giorgi R. 2000, p. 154; Ambrosi M., Baglioni P., Dei L., Giorgi R., Neto C. 2001; Ambrosi M., Baglioni P., Dei L., Giorgi R., Neto C. 2001, pp. 4251-55.

Per il consolidamento di stucchi:

Dei L., Favaro M., Giorgi R., Portieri R. 2001, p. 557; Baglioni P., Cesari C., Dei L., Giorgi R., Grassi R., Lorenzetti M., Mauro M., Pinzani D., Ruffo P., Schonhaut G. 2001, p. 289.

Per la protezione di materiali lapidei:

Ambrosi M., Baglioni P., David P. R., Dei L., Giorgi R., Lalli C., Lanterna G., Mairani A., Matteini M., Rizzi, M., Schonhaut G. 1999, p. 873.

(GIO)



## CSD 18    RIADESIONE E CONSOLIDAMENTO DI STUCCHI

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

È l'operazione che riguarda la conservazione delle opere in stucco interessate da decoesione o nelle quali alcune parti abbiano perso l'adesione al supporto.

Le tecniche d'intervento applicate nel campo degli stucchi sono spesso comuni a quelle praticate per gli intonaci e per i materiali lapidei, cioè per ambiti che hanno in comune con gli oggetti in stucco, da un lato i materiali costitutivi e dall'altro il modellato. In questo testo si considerano gli stucchi più diffusi nella nostra cultura tecnologica, cioè quelli a base di calce e/o gesso insieme ad aggregati e additivi organici; non consideriamo ad esempio altre tecnologie alternative frequenti in altre zone geografiche che ricorrono ad esempio alla terra cruda come legante. I due fenomeni di degrado possono verificarsi ai diversi livelli della sequenza materica che caratterizza in genere l'esecuzione dello stucco, a partire dal supporto murario fino allo strato di finitura superficiale, passando dalle opere di armatura e primo abbozzo e dalla malta più grossolana.

La perdita di coesione si manifesta nella disgregazione dell'impasto che compone il corpo dello stucco: la materia è compromessa nella propria microstruttura e mostra un incremento della porosità specifica, con l'insorgere di micro collassi che conducono alla progressiva perdita delle parti disgregate. Il consolidamento deve perciò ripristinare, se non precisamente la coesione originaria, quantomeno una situazione di riaggregazione vicina alle caratteristiche iniziali supposte, mediante l'impregnazione dell'intera porzione di materia degradata con un liquido consolidante. In tale senso diventa importante la valutazione delle proprietà meccaniche del materiale trattato e in particolare della sua tenacia, infatti, se il risultato finale dell'operazione producesse un eccessivo incremento di questa caratteristica per la parte trattata, si determinerebbero all'interno del manufatto delle tensioni e delle differenze di porosità controproducenti per la conservazione stessa.

La materia consolidante di solito si trova in forma liquida e deve possedere proprietà che la rendono adatta a una tale applicazione:

- *la capacità d'impregnazione*, che indica l'idoneità del liquido consolidante a raggiungere omogeneamente tutta la sezione di materia interessata dal fenomeno;
- *il tempo di presa*, che incide sulla profondità dell'impregnazione;
- *il grado di consolidamento*, che dipende dalla natura della sostanza impiegata;
- *la compatibilità con la materia trattata*;
- *la stabilità chimica e fisica*, che assicura l'efficacia dell'intervento nel tempo;
- *la reversibilità del prodotto consolidante che permetta di rimediare ad errori esecutivi o quantomeno ne permetta la ritrattabilità*.

È il caso di precisare che la reversibilità è un parametro comunque discutibile, in quanto la natura invasiva dell'impregnazione porta a una serie di vincoli tra la materia originale e quella che ne ricostruisce la coesione, tali da rendere praticamente impossibile un ripristino totale delle condizioni precedenti l'intervento. Va in ogni modo rispettato il principio secondo il quale il metodo impiegato non deve rendere impossibile un nuovo intervento di restauro nel futuro.

Quando il problema disgregativo interessa anche la superficie, per il consolidante dovremo tenere presente, oltre alle sue *proprietà ottiche*, le capacità di *resistenza agli agenti atmosferici*, la tendenza all'*accumulo* e all'*adesione delle polveri*, e la biodegradabilità.

La *perdita di adesione*, invece, riguarda la macrostruttura del manufatto e si manifesta quando una porzione più o meno consistente del modellato, o di uno degli strati di cui è composto lo stucco, si distacca dallo strato sottostante. In questo caso parleremo di *consolidamento strutturale*, che si risolve nel ripristino dell'adesione tra i frammenti, in modo che tornino in contatto secondo un

vincolo stabile, permanente o reversibile. Generalmente si tratta di un'adesione ottenuta con una sostanza filmogena, tal quale o con l'aggiunta di un addensante in forma di solido in polvere, capace di stabilire legami di tipo intermolecolare e collocata precisamente nella sede della rottura. Solitamente l'adesivo è una materia fluida, o resa fluida, che va introdotta nella sede del distacco, dove poi, in seguito a diversi meccanismi di presa, acquista solidità. Se la sede del distacco è in forma di una vera e propria cavità (denominata tasca), l'adesivo assumerà le caratteristiche di una malta fluida, composta con diversi materiali, atta a riempire del tutto o in parte lo spazio del distacco. In questo caso, si parla impropriamente di adesivo, poiché la malta fluida si può assimilare più a uno stucco, anche se, di fatto, a volte può contenere un adesivo nella sua composizione e quindi acquista proprietà adesive.

Parametri importanti per la scelta della materia adesiva sono la *forza del giunto*, che dipende dal rapporto tra la superficie di giunzione e le masse da riconnettere; l'*elasticità*, che deve assecondare le minime variazioni dimensionali alle quali è normalmente soggetto del manufatto; un'eccessiva rigidità meccanica provocherebbe, in seguito a sollecitazioni meccaniche determinate da eventi traumatici, la rottura del materiale originale anziché del giunto.

Infine, nonostante le riserve e i dubbi sull'argomento, la *reversibilità* dell'adesivo permette un eventuale smontaggio della giunzione e la sostituzione dell'adesivo stesso. Il procedimento è realizzabile in pratica quando si tratta di un'area accessibile dall'esterno, mentre per la riadesione ottenuta con iniezioni di adesivi o di malte, l'operazione richiederebbe uno stacco del pezzo interessato e l'eliminazione del materiale iniettato.

Nel caso di stucchi ad altorilievo o siti in soffitti, in cui perciò il pezzo pericolante sia di una certa entità e peso e sia soggetto al pericolo di caduta, l'adesivo si accompagna ad un pernio che garantisca la permanenza in opera del pezzo riportato a contatto lungo la superficie di rottura. Il materiale dei perni è in genere indeformabile e inalterabile da un eventuale contatto con l'acqua d'infiltrazione e deve essere ben saldato alle due parti da riconnettere, che per questo devono essere solide o ben consolidate prima dell'inserzione, al fine della sua tenuta.

#### CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica di consolidamento investe le varie tipologie di stucco architettonico, vale a dire un genere di manufatti destinati a soluzioni decorative dell'apparato murario e ad esso strettamente legati per l'esistenza di elementi d'ancoraggio, più o meno consistenti, che determinano una continuità materica e comportano spesso la migrazione dei fenomeni di degrado dall'uno all'altro dei diversi elementi.

L'oggetto degli elementi in stucco può essere assai variabile: dallo "stacciato" donatelliano al tutto tondo.

Le procedure d'intervento devono perciò tener conto delle tecniche di realizzazione di questi manufatti che comportano l'utilizzo di impasti plastici, adatti a essere plasmati secondo diverse procedure. Il tipo di stucco utilizzato e la forma che va a realizzare richiedono diverse tecnologie di fabbricazione: ad impasto umido sino al momento della rifinitura superficiale, oppure con finiture da farsi ad impasto secco; con l'ausilio di modani (sagome scorrevoli su binari) o con le sole spatole metalliche di diversa foggia e le mani che manipolino direttamente la materia. La composizione degli impasti in genere prevede in diverse percentuali la presenza come leganti di calce e/o gesso e di aggregati (sabbia, polvere di marmo, coccio pesto i più comuni), a volte si trovano anche materiali accessori, come sostanze oleose, proteiche, fibre vegetali, ecc al fine di rendere la massa più plasmabile o più resistente alle condizioni di esposizione.

Se l'oggetto dei volumi è consistente di solito è presente anche un'armatura di sostegno fatta in tenoni in ferro o con aste di legno, o arelle palustri, oltre a materiali riempitivi o di rinforzo: pezzi di mattone, paglia, tela, corde, fili metallici, ecc.

Il degrado di simili manufatti dipende dalla bontà tecnologica e dalla qualità dei materiali impiegati, dall'ambiente di conservazione e dalla storia conservativa. In alcune circostanze le infiltrazioni d'acqua, l'umidità di condensa, la mancanza di protezione dalla pioggia, dal vento e dall'irraggiamento solare, oppure i traumi subiti dalla struttura architettonica, o infine un intervento antropico mancato o sbagliato, possono innescare fenomeni di degrado che conducono alla perdita di coesione e di adesione in zone più o meno estese dello stucco.

Forme di degrado sono legate all'apporto di soluzioni saline e al trasporto dovuto all'acqua e quindi alla comparsa di efflorescenze sulla superficie, che portano alla disgregazione della malta di

finitura, oppure anche per effetto della sola acqua sul gesso contenuto negli impasti o aggiunto allo stucco durante un restauro. La stessa crescita di cristalli salini può invece assestarsi sotto la superficie, contribuendo al distacco tra gli strati mediante la disgregazione del materiale più interno; la permanenza prolungata d'acqua nelle malte stratificate provoca rigonfiamenti e quindi distacchi, così come repentine escursioni termiche, vibrazioni e movimenti dell'apparecchio murario causano la comparsa o l'allargamento di fessurazioni e fratture. Si configura, in tal modo, una prima condizione per l'ingresso facilitato dell'acqua, che raggiungendo gli elementi dell'armatura li degrada: chiodi, tondini, tenoni, fili di ferro, si ossidano aumentando di volume, provocando perciò rigonfiamenti e distacchi; i fili di rame invece si alterano provocando macchie verdi dovute ai sali di rame in superficie perdendo la propria funzione di ancoraggio; segmenti lignei, intrecci o fasci di arelle, tele e spaghi vari, rigonfiano e col tempo marciscono perdendo la capacità di sostenere lo stucco.

Per le opere esposte all'esterno in particolare, l'azione dilavante della pioggia acida può portare a un impoverimento del legante della malta e all'erosione progressiva del modellato, all'ossidazione veloce dell'armatura metallica interna (nel momento in cui i ferri non sono più difesi dal pH alcalino dovuto alla calce fresca) fino al suo completo disfacimento con conseguente perdita del modellato circostante.

#### **APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

I metodi d'intervento vanno innanzitutto distinti in due categorie, rispettivamente attinenti al campo della riadesione e a quello del consolidamento, anche se esistono materiali usati per entrambe le situazioni, pur nella diversità delle procedure d'applicazione. Infatti, vi sono adesivi che possono diventare consolidanti con l'aumentare della loro diluizione e, di conseguenza, della loro capacità di penetrazione, come è per alcuni polimeri organici sintetici.

L'intervento teso a ridare coesione alla sezione superficiale dello stucco si colloca spesso in una fase precedente alla pulitura, in quanto vi sono casi di disgregazione così gravi per cui il minimo contatto porterebbe alla perdita del modellato: con il consolidamento preventivo si rende perciò possibile l'effettuazione delle successive operazioni sulla superficie stessa.

A tale scopo sono impiegati, ancora nella maggioranza dei casi, i polimeri acrilici o vinilici (Primal AC33®, Vinavil NPC®, Vinnapas®) in dispersione acquosa a diverse percentuali, oppure polimeri naturali quali la caseina, nebulizzati o distribuiti a pennello fino ad impregnazione, su strati protettivi di carta giapponese (qualora non sia possibile nemmeno la pressione del pennello), oppure ancora polimeri acrilici in solventi organici (Paraloid B72®), a volte con l'aggiunta di una resina silicica (v. CSD01 - Preconsolidamento di superfici decoese).

Un altro prodotto molto utilizzato è il silicato d'etile (composto organico dell'acidosilicio), somministrato sino a rifiuto alla materia disgregata, a pennello o a iniezione per raggiungere gli strati più interni, oppure ancora con un sistema di fleboclisi in una situazione molto grave (v. CSD28 - Consolidamento per impregnazione mediante fleboclisi). Attendendo un certo tempo perché il prodotto perda l'idrorepellenza ed espliciti la sua funzione consolidante, è possibile proseguire le operazioni di restauro; la materia è consolidata per la formazione finale di ossido di silicio all'interno della microstruttura e agganciato alla matrice silicatica dell'impasto. Più raro è il ricorso a prodotti inorganici, come l'idrossido di bario (v. CSD21 - Desolfatazione e consolidamento col metodo del bario) a impacco e l'idrossido di calcio (v. CSD17 - Metodo dell'applicazione di sospensioni stabili di idrossido di calcio) sotto la forma di soluzione satura di calcio idrossido filtrata e distribuita a pennello. Per quest'ultimo materiale, registriamo un'applicazione sperimentale in dispersione alcolica, a spray o a pennello su impacco di carta giapponese sino a rifiuto, quindi la superficie dopo 24 o 36 ore poteva essere lavata con acqua e spugna.

Alcune volte il consolidamento viene effettuato alla fine dell'intero processo di restauro, ma in questo caso, tranne che per l'uso dell'idrossido di bario con il quale si può cercare di ripristinare una certa compattezza superficiale, tale tipo di intervento si configura piuttosto come una protezione finale dello stucco da eventuali future aggressioni atmosferiche. I materiali utilizzati possono essere ancora resine sintetiche, siliconi, o altri tipi di composti con caratteristiche idrorepellenti.

Più difficile il caso in cui la disgregazione tocchi gli strati più profondi. Tale degrado si concretizza nella perdita di adesione dello strato soprastante più superficiale, ma è difficile l'estrazione del

materiale disgregato per permettere la buona penetrazione dell'adesivo liquido o della malta introdotti per il consolidamento o la fermatura.

Per ripristinare l'adesione si ricorre infatti per lo più a sistemi ad iniezione, onde collocare l'adesivo nella sede del distacco (fig. 1).

Ciò che determina la scelta dell'adesivo da impiegare, oltre all'entità del problema (posizione, peso ecc.), è la conformazione del distacco: se le due superfici della rottura sono perfettamente combacianti o se c'è, al contrario, molto spazio di separazione o se le superfici di contatto sono frammentate.

In vari casi troviamo l'uso di resine epossidiche per creare giunti molto sottili e resistenti, oppure resine sintetiche termoplastiche (acriliche e viniliche: v. CSD04 - Consolidamento superficiale mediante Impregnazione con resine) a varie concentrazioni o pure.

L'esigenza invece di colmare profili di separazione più ampi, o di riempire un vuoto prodottosi nella massa, porta necessariamente all'uso di un adesivo contenente aggregati solidi che compensino il ritiro volumetrico dell'impasto con l'asciugatura, oppure di una vera e propria malta fluida (fig. 2, fig. 3).

Ancora frequentissimo è l'uso dei polimeri acrilici e vinilici in emulsione (Primal AC33®, Vinavil®, Vinnapas® SAF54) a diverse concentrazioni e mescolati ad additivi per dare corpo all'adesivo: polvere di marmo, latte di calce, grassello, gesso scagliola, microlite® (microsfere cave di vetro). Altre volte le stesse resine sintetiche sono aggiunte alle malte fluide da iniezione per migliorarne le caratteristiche adesive o per evitare la veloce dispersione dell'acqua dell'impasto attraverso la porosità della tasca.

Tra le malte ancora più usate, la cosiddetta malta ICCROM: calce idraulica, pozzolana o cocchiopesto, gluconato di sodio (fluidificante) e Primal AC33®; oppure altre malte ugualmente composte in cantiere miscelando empiricamente leganti e aggregati idonei; calce aerea, pozzolana, polvere di marmo, Primal®, o ancora calce aerea e pozzolana, calce idraulica e Primal®, oppure ancora degli impasti premiscelati a secco disponibili sul mercato: PLM®, LedanTB1®, Ledan SM02®, Leit 01®, conglomerato C30®, nei quali di norma non è previsto l'inserimento di una resina che ne aumenti l'adesività.

Ancora una variante per l'impasto è quella nata dalla ricerca di una malta a espansione per l'allettamento sul nuovo supporto di mosaici staccati: si tratta di un miscuglio di calce aerea, cocchiopesto, Primal AC33®, e polvere d'alluminio metallico (v. CSD20 - Consolidamento con Iniezione o colatura di malta a espansione). Dalla reazione che si svolge nell'impasto tra l'alluminio e la calce si sviluppa l'idrogeno che crea l'espansione della massa dell'impasto, perciò la malta è adatta a riempire vuoti di una certa ampiezza, senza appesantire lo stucco.

La caratteristica di molti di questi impasti è l'abbinamento dei componenti (legante + aggregati) in modo che la malta possa indurire in tempi relativamente brevi e in condizioni di scarso apporto d'aria, cioè di anidride carbonica, elemento fondamentale invece per la carbonatazione del legante aereo, quale è la calce spenta, tra le materie più frequenti dell'impasto per lo stucco.

In ogni combinazione di materiali è fondamentale la presenza di un componente con proprietà idrauliche, che possa cioè reagire con l'acqua dando luogo a prodotti, in particolare gli alluminati idrati e i silicati idrati di calcio, responsabili della presa della malta. Il legante è in forma di calce idraulica, o aggregati in forma di polveri di materiali a comportamento pozzolanico: pozzolana, polvere di mattone (o "coccio pesto"), pomice.

Queste malte sono iniettate in forma fluida attraverso fessure o fori appositamente prodotti con piccoli trapani manuali o elettrici, a vari livelli nella sezione del manufatto, e quando sia possibile viene aspirata o soffiata la polvere interna e viene quindi bagnata la cavità con una quantità d'acqua variabile, ma che basti per inumidire le pareti della tasca e così la malta non perda troppo velocemente prima della presa la propria acqua costitutiva.

Nella composizione invece dei premiscelati in commercio sono presenti anche agenti di ritenzione, in forma di derivati della cellulosa, che svolgono un'azione fluidificante per migliorarne la scorrevolezza a parità di contenuto d'acqua e che trattengono l'acqua nell'impasto. Per il loro impiego, perciò, non è richiesta un'abbondante bagnatura, tranne che per pulire le vie d'ingresso e inumidire la polvere rimasta all'interno, affinché non impedisca l'adesione della malta alle pareti della tasca.

Spesso, durante l'asciugatura degli impasti, se è necessario mantenere a contatto i pezzi distaccati, si utilizzano dei puntelli in metallo o in legno perché l'inizio della presa non è immediato.

Se la massa dello stucco distaccata è di una certa dimensione ed è pericolante, oppure se è sottoposta a particolari sforzi, la malta o l'adesivo non sono sufficienti per la tenuta e perciò si ricorre a dei perni interni che fungano da vincoli tra un pezzo all'altro. I materiali più usati per tale funzione sono: vetroresina, acciaio inox, teflon, PVC, ancorati a entrambe le parti di stucco solitamente con resina epossidica e inglobati poi in una malta di solito additivata con polimeri acrilici o vinilici. Il problema è particolarmente sentito per gli apparati decorativi di soffitti e volte.

Quando il degrado è avanzato, la solidità dello stucco è compromessa fino alla parte più interna, così che la struttura portante o i vincoli puntuali delle armature diventano inefficienti. In questo caso si opta per la sostituzione dei chiodi o delle barre di ferro, se possibile, oppure legando con resina epossidica un nuovo elemento di sostegno al vecchio. A volte, per prudenza, durante questa operazione la superficie esterna è protetta con velatino di cotone incollato con adesivi organici (colla animale o acrilici in soluzione), oppure più recentemente con Ciclododecano (idrocarburo ciclico simile a cera, ma dotato della proprietà di sublimare a temperatura ambiente).

Nei casi in cui il pezzo mancante di adesione è indebolito al punto da necessitare di un consolidamento dal retro, si può scegliere di staccare il pezzo, intelandolo e costruendo una controforma di gesso per non rischiare la frantumazione e quindi, rimuovendolo, previa incisione dei contorni e ripulendo il retro, si può procedere poi al consolidamento, al rinforzo e infine alla sua ricollocazione.

Un caso particolare è costituito dagli apparati collocati su soffitti centinati e supportati da un apparecchio di travetti, centine di legno, arelle a incroci ortogonali palustri o liste di legno poggianti sulle travi, in cui la struttura su cui poggia lo stucco è vincolata ai travetti per mezzo di chiodi di ferro a testa larga. Il degrado può derivare dal rilassamento di questa struttura portante a contatto con l'intonaco per la sensibilità degli elementi vegetali all'umidità (di solito per infiltrazione dalle coperture), oppure per l'ossidazione dei chiodi, oppure per eventi traumatici occorsi alla struttura (eventi sismici). La soluzione adottata è stata, in qualche caso, di creare fasciature continue all'estradosso con resina epossidica e fibra di vetro; in altri, l'uso della vetroresina è stato più sporadico, oppure si è optato per l'inserimento di tiranti passanti dalla superficie fino alla trave di legno (v. INT14 - Integrazione e consolidamento di controsoffitti).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Uno dei problemi da considerare riguarda la quantità finale del consolidante accumulato in un materiale disgregato dopo le operazioni di impregnazione: è preferibile aumentare il numero delle somministrazioni diluendo il prodotto per migliorare la penetrazione ed evitare la formazione di una pellicola nella prima porzione della superficie. L'eccesso potrebbe portare a degli scompensi nel comportamento generale del manufatto rispetto alle sollecitazioni ambientali, soprattutto per i passaggi dell'acqua liquida e in forma di vapore dall'esterno all'interno e viceversa.

È importante, soprattutto nel caso dei polimeri sintetici, che questi non permangano sulla superficie, perché porterebbero ad alterazioni cromatiche, con un ingrigimento prodotto dall'accumulo e dall'adesione della polvere e dall'eventuale chiusura della porosità.

L'uso del silicato d'etile si rivela molto utile, ma è soprattutto efficace in presenza di un materiale a base silicatica (ad es. la sabbia), con il quale l'acido silicico formatosi *in situ* forma dei legami chimici; inoltre, non è possibile la sua applicazione in ambienti con alti valori d'umidità nei quali la silice di nuova formazione potrebbe accumularsi verso la superficie determinando un "effetto crosta". Alcuni prodotti commerciali della famiglia degli alchilsilicati contengono additivi siliconici che ne migliorano l'adesività, ma ne aumentano l'idrorepellenza.

Per le malte premiscelate, le case produttrici indicano un intervallo da rispettare per la percentuale di diluizione minima e massima, pena la perdita delle prestazioni del prodotto. Purtroppo, nella pratica di cantiere prevale la tendenza ad adattare l'impasto per ogni esigenza, ad esempio diluendolo eccessivamente, oppure usandolo per distacchi di ampiezza eccessiva per le potenzialità del prodotto. Anche la necessità di miscelare ad alta velocità e filtrare la malta non va trascurato per realizzare un impasto ben omogeneo. Per le malte composte in cantiere partendo dai singoli materiali, è bene prestare attenzione alla qualità della calce idraulica, tenendo conto della durezza conferita alla malta e della quantità di sali che potrebbe rilasciare nel manufatto. Quest'ultimo tipo d'impasti può manifestare il difetto di una sedimentazione differenziata con l'asciugatura all'interno della tasca; specialmente se usati abbastanza fluidi e per distacchi troppo

ampi: l'assenza di additivi particolari può lasciare libero corso alla separazione dei componenti, in ragione del rispettivo peso specifico, vanificandone le prestazioni complessive.

L'aggiunta eccessiva di adesivi resinosi all'impasto può portare, in generale, alla creazione di una massa interna impermeabile all'acqua, con conseguente tendenza a isolarsi e a distaccarsi nel tempo rispetto al materiale originale.

Nel caso invece di stucchi particolarmente ammalorati per il contenuto di sali, è bene non esagerare nella bagnatura in profondità, per non causare una sorta di infiltrazione con migrazione dei sali verso la superficie e conseguenti efflorescenze che possono disgregare ulteriormente lo stucco.

Naturalmente, il grosso limite del sistema a iniezione sta nell'impossibilità di constatare come effettivamente la malta o l'adesivo si dispongono nella cavità: la sola percussione manuale è spesso l'unica verifica del riempimento che può essere fatta in cantiere.

Per l'ossidazione dei ferri interni la cui pressione di crescita ha provocato la caduta dello stucco fino alla messa in luce del ferro stesso, è bene, dopo la rimozione meccanica dell'ossido, ricorrere all'uso di un *primer* superficiale convertitore o stabilizzatore di ruggine (trasforma la ruggine in fosfato o tannato di ferro, vale a dire in composti stabili), oltre al rivestimento del ferro con una resina sintetica (Primal AC33 e Paraloid B72) per evitarne altre ossidazioni.

Per quanto riguarda la foderatura continua dei soffitti centinati con vetroresina, è stato rilevato come una simile procedura può innescare dei fenomeni di ristagno dell'umidità nella malta degli stucchi, quali alla quale è impedita l'evaporazione dall'estradosso, e come può irrigidire l'insieme della struttura facendo sì che l'intradosso decorato risenta maggiormente dei movimenti dell'apparato ligneo soprastante.

Infine, nel periodo successivo all'intervento di restauro, andrebbero previste delle fasi di periodico controllo della tenuta degli interventi di ripristino e di quelle zone che durante l'ispezione dell'opera sono state individuate come prossime al degrado per distacco.

L'inserzione di adesivi epossidici per l'incollaggio, di forte tenuta ma sostanzialmente diversi dalla materia dello stucco, potrebbe determinare nel tempo la perdita di tenuta e la necessità di asportare il materiale collante insieme a parte di materiale originale inglobato, così anche per i perni inseriti in un materiale soggetto ancora a decoesione, potrebbero perdere l'aggancio al corpo dello stucco con pericolo di caduta del pezzo incollato.

## ESPERIENZE

Venezia, chiesa di S. Francesco della Vigna, cappella Sagredo.

Venaria Reale, Torino, seconda metà anni '80, chiesa di Sant'Uberto.

Roma, 2000, sottoportico del Vittoriano.

Roma, 1986-87, Anfiteatro Flavio, ingresso nord.

Genova, 1987, chiesa della Santissima. Annunziata del Vastato.

Conversano (Ba), 1997, chiesa dei Santi Medici.

Firenze, 1985, San Lorenzo, sacrestia vecchia.

Roma, 1985-86, cortile di palazzo Spada.

Palermo, 1988, *muqarnas* della Cuba.

Venezia, chiesa di San Giovanni Evangelista, cappella della Madonna di Lourdes.

Bergamo, chiesa del Monastero, *Matris Domini*.

Roma, 1988-89, chiesa di Santa Caterina dei Funari, cappelle Torres e Ruissi.

Roma, 1990, loggia del Palazzo di Firenze.

Roma, anni '80, ninfeo di villa Giulia.

Firenze, anni Novanta-2008, *Sale dei Pianeti*, Palazzo Pitti.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV., *Il consolidamento degli apparati architettonici e decorativi. Conoscenze, Orientamenti, Esperienze*, Atti del Convegno di Studi, Bressanone, 2007.

AA. VV., *Lo stucco. Cultura, tecnologia, conoscenza*, atti del Convegno di Studi, Bressanone, 2001.

BERTORELLO C., *Un sistema di vincoli mobile per l'assemblaggio di sculture lapidee frammentate*, in *Materiali e Strutture*, II, n. 2, 1992, pp. 67-72.

BIÇER-SIMSIR B., GRIFFIN I., PALAZZO-BERTHOLON B., RAINER L., *Lime-based injection grouts for the conservation of architectural surfaces*, in *IIC Reviews in Conservation*, n. 10, 2009, pp. 3-17.

GIOLA V., *Cementi decorativi liberty*, Roma, 2009.

GRIFFIN I., *Pozzolanas as Additives for grouting*, in "*Studies in Conservation*", 49, 2004, pp. 23-34.

QUAGLIARINI E., D'ORAZIO M., *Recupero e conservazione di volte in "camorcanna". Dalla "regola d'arte" alle tecniche d'intervento*, Firenze, 2005.

TORRACA G., *Materiaux de construction poreux, Science des materiaux pour la conservation architecturale*, Roma, 1986.

Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 2001; Ferragni D., Forti M., Majllet J., Mora P., Teutonico J. M., Torraca G. 1984; Matteini M., Lanterna G., Raddi A., Moles A. 1986; Mora P., Mora L., Philippot P. 1999; Torraca G. 1986.



Figura 1 • Caduta di parte del modellato per effetto dell'ossidazione dell'armatura: è in vista il riempimento con pezzi di laterizio. (OPD)



Figura 2 • Perdita totale del modellato e disgregazione dell'impasto nelle parti scoperte dalla caduta. (OPD)





Figura 3 • Efflorescenza con effetto disgregativo (impasto di cocciopesto). (OPD)

<b>CSD 19</b>	<b>SOSTITUZIONE DEL SUPPORTO DI AFFRESCHI</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Generalmente, il consolidamento degli affreschi degradati o minacciati da processi di degrado è realizzato *in situ*, operando sullo strato pittorico, sull'intonaco di supporto e, se necessario, anche sulla muratura sottostante. Qualora, però, le cause del degrado non siano eliminabili con questi mezzi e risiedano negli strati di supporto dell'opera, può accadere che l'unica soluzione praticabile sia di isolare l'affresco dal vecchio sostegno, ricollocandolo su nuovi materiali. In sostanza, il principio che guida l'intera procedura è il criterio della separazione dello strato pittorico dal suo supporto originario, perché non è possibile consolidarlo o sottrarlo a fenomeni di degrado che si ripercuotono sulla pellicola dell'affresco.

Un affresco, che in sintesi è costituito dal muro come supporto e dall'intonaco come parte integrante dello strato pittorico, diviene, con la separazione dal suo supporto iniziale, qualcosa di molto complesso e non più riconducibile ad alcun modello di tecnica pittorica.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è considerata dagli esperti una soluzione estrema, da adottare quando è accertata l'impossibilità di sottrarre la pittura murale alle condizioni distruttive determinatesi nell'ambiente e nella muratura sottostante. Essa prevede, infatti, il distacco del dipinto dal supporto originario e il suo successivo montaggio su un nuovo strato di sostegno.

L'operazione può essere condotta in modo da causare il distacco del solo strato pittorico (v. SMG06 - Trasferimento delle pitture murali: lo stacco e lo strappo, SMG07 - Rimozione e ricollocazione in situ dei mosaici) o anche del primo strato d'intonaco o, ancora, di tutti gli strati di preparazione e di sottofondo (v. SGM05 - Stacco a massello delle pitture murali).

La tecnica del distacco dei dipinti murali presenta problemi tecnici che non si possono ancora considerare risolti in modo soddisfacente.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Occorre in primo luogo valutare l'entità del danno che l'operazione può arrecare allo strato pittorico, come conseguenza di una possibile trasformazione del suo equilibrio cromatico e materico.

Questo danno consiste essenzialmente nella modificazione delle proprietà ottico-visive prodotte da:

- a) variazioni locali dello spessore della pellicola pittorica;
- b) variazione della capacità di riflessione dello strato sottostante la pellicola pittorica;
- c) presenza nella pellicola pittorica di sostanze adesive assorbite durante le diverse fasi dell'operazione.

Oltre a ciò, è importante che la conservazione del dipinto distaccato sia effettivamente assicurata montandolo su un supporto realmente protettivo e adeguatamente stabile.

Il supporto ideale deve presentare stabilità dimensionale e rigidità adeguate, una buona resistenza agli attacchi da muffe o batteri, un'agevole trasportabilità, compatibilmente con le dimensioni e il peso del sistema supporto/affresco.

Il supporto, inoltre, deve permettere di poter trasferire, quando necessario, il dipinto su un nuovo supporto, senza interventi che metterebbero in pericolo l'integrità dello strato pittorico.

In realtà, in quasi tutti i tipi di supporto realizzati fino ad oggi, esiste uno strato biologicamente attaccabile che si trova a diretto contatto con il colore. Esso è in genere costituito da una tela sottile incollata con caseato di calcio. Recentemente si è tentato di sostituire il caseato di calcio con un polimero acrilico, ma i risultati non sono ancora soddisfacenti.

Dato che la pellicola pittorica è costituita prevalentemente da carbonato di calcio, la sua capacità di assorbire urti è molto piccola; si tratta, in altre parole, di un materiale che tende a rompersi anche con sforzi di modesta entità.

Il supporto deve quindi offrire una protezione meccanica efficiente contro qualsiasi azione tendente a deformare la pellicola pittorica, e con un coefficiente di dilatazione termica simile a quello ipotizzato per la pellicola pittorica. Quest'ultimo accorgimento tende ad impedire che la pellicola pittorica stessa possa staccarsi dal nuovo supporto per effetto di variazioni della temperatura ambientale.

Il supporto infine deve, secondo i sostenitori del "poro chiuso", isolare il dipinto staccato dalla parete sulla quale è posto. Esso, cioè, deve essere impermeabile sia all'acqua allo stato liquido sia al vapore. Mentre, secondo altri, i sostenitori del "poro aperto", il dipinto dovrebbe avere un supporto che permetta all'affresco di respirare.

### *Supporti*

Le procedure di applicazione variano con il tipo di supporto adottato, che può essere:

- un supporto rigido di tipo tradizionale per stacco a massello o stacco di una porzione di intonaco sufficientemente spessa;
- un telaio con tele tese per stacco di una porzione sottile di intonaco, strappo;
- un supporto rigido realizzato con resine sintetiche.

### *Supporti rigidi di tipo tradizionale*

Questi supporti sono essenzialmente dei telai di legno o di ferro ricoperti di malta di calce o di gesso che sostengono il dipinto e gli strati di intonaco staccati a massello, in modo tale da garantirne la rigidità.

Questo sistema è oggi ormai in disuso perché presenta notevoli inconvenienti:

- i supporti di gesso assorbono umidità e tendono a perdere coesione con l'intonaco dello strato pittorico;
- i telai di legno sono soggetti ad attacchi di tipo biologico e alle deformazioni provocate dalle variazioni di umidità e temperatura, che possono trasmettersi alla superficie pittorica.

La sola forma di supporto rigido di tipo tradizionale che è ancora utilizzata, per lo stacco e lo stacco a massello quando le dimensioni della pittura sono limitate, è il telaio metallico con rete e malta di calce. Tale telaio ha una maglia quadrata di circa 50 cm di lato, realizzata con profilati a L e a T, la cui sezione è proporzionata alle dimensioni del dipinto da staccare, e sul quale si tende una rete metallica. Tutte le parti metalliche saranno trattate con prodotti che inibiscono la formazione di ruggine.

L'applicazione su di un supporto di tipo tradizionale avverrà con la seguente successione di operazioni:

- regolarizzare lo strato di intonaco staccato;
- consolidare l'intonaco sul retro del dipinto mediante un'emulsione acrilica molto diluita;
- applicare la rete di supporto con malta di calce e di sabbia con aggiunta di caseina o di un'emulsione di acetato di polivinile. La rete dovrà essere ricoperta da uno strato di circa un centimetro di malta compressa;
- bagnare la superficie della malta, quando comincia a fare presa, e ricoprirla di sabbia secca ben pulita.

### *Backing di tela per stacco e strappo*

Per le pitture di notevoli dimensioni rimosse con lo stacco o lo strappo, la sostituzione del supporto è realizzata con l'applicazione di una *backing* di tela garza o di canapa.

L'applicazione della tela prevede le seguenti operazioni:

- deporre la pittura staccata su di un tavolo da lavoro rigido;
  - consolidare il retro del dipinto con un'emulsione acrilica molto diluita;
  - fissare la tela al tavolo da lavoro con alcuni chiodi;
  - applicare la tela al retro del dipinto con caseato di calce e acetato di polivinile (circa il 10%).
- L'uso del caseato di calce rende però il dipinto sensibile alle variazioni di umidità e a quelle di temperatura. La secchezza eccessiva porta il dipinto a contrarsi, mentre l'umidità può provocare efflorescenze di carbonato di calcio;
- tendere la tela su un telaio nel quale la tensione della tela possa essere regolata per mezzo di viti e molle;

### *Supporti rigidi di materia sintetica con strato d'intervento*

Questo supporto rappresenta un'evoluzione del supporto rigido e del sistema del *backing*, e prevede l'introduzione, tra la pittura munita del *backing* di tela e il nuovo supporto, di uno "strato di intervento". Questo ha la funzione di permettere il distacco della tela senza sottoporre quest'ultima a sforzi e tensioni. Lo strato di intervento di circa 4 mm è composto da uno strato di polistirolo, di poliuretano o di cloruro di polivinile espanso. In passato sono state sperimentate quattro diverse varianti di questo sistema:

- telaio di ferro o di alluminio e fogli di masonite;
- fibra di vetro e resina;
- struttura sandwich contenente un'anima a nido d'ape di fibra di vetro o di cartone, o di poliuretano espanso tra due strati di fibra di vetro impregnati di resina epossidica o poliestere;
- resina espansa rigida (cloruro di polivinile).

Negli ultimi anni sono stati realizzati anche supporti in fibra di carbonio, fissata con resina epossidica. I pannelli così composti vengono fissati su una griglia irregolare applicata sulla parete, costituita da profilati d'alluminio traforati; l'intercapedine che viene così a formarsi permette la libera circolazione dell'aria che contribuisce a mantenere la superficie dipinta alla stessa temperatura dell'ambiente.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le emulsioni acriliche presentano notevoli vantaggi e alcuni svantaggi rispetto al caseato di calcio: restano più a lungo elastiche e sono più resistenti alle variazioni di umidità, ma una volta asciugate possono scurire influenzando gradualmente anche il tono del dipinto.

Alcuni restauratori le sostituiscono con una resina disciolta in benzene o acetone e caricata di carbonato di calcio che a differenza del caseinato e delle emulsioni non contiene acqua.

Nell'utilizzo del caseinato di calcio occorre inoltre porre molta attenzione alla sua concentrazione, se è troppo liquido infatti tende a penetrare e a creare indelebili sbiancamenti sulla superficie dipinta. Questo soprattutto se la materia dell'affresco è molto sottile e porosa. Anche senza usare le resine acriliche è possibile usare una prima stesura di caseinato d'ammonio per fissare il colore dal retro e solo in un secondo tempo incollare la tela con il caseinato di calcio.

Altro tema da non sottovalutare è quello dell'uso della tela sul retro del dipinto strappato. Se l'affresco è molto sottile la tela può segnare con la sua trama la superficie pittorica creando effetti deleteri. È stata sperimentata con buoni risultati sia la carta giapponese in doppio spessore sia vari tipi di tessuto non tessuto.

I telai mobili hanno il vantaggio di permettere di sostituire il telaio con un nuovo supporto più "adatto" in qualsiasi momento. Tale sistema presenta però anche notevoli inconvenienti: la tensione della tela appiattisce la superficie, modificandone notevolmente le caratteristiche di assorbimento e riflessione della luce; la difficoltà di mantenere la tensione della tela sempre costante.

**ESPERIENZE***Supporto rigido*

Firenze, 1952: *Trinità* di Masaccio.

Tomba cosiddetta delle Olimpiadi, 1957.

Tarquinia, 1960: tomba etrusca detta della *Scrofa Nera*.

Spoletto, 1963: affreschi della cripta di S. Ansano.

Roma, 1966: villa Farnesina, peduccio nella sala della Galatea.

Roma, 1965: abside dell'Aula Isiaca.

Pisa, 1945-1960: affreschi del Camposanto di Pisa

*Supporti di polivinile (CPV)*

Milano, 1961: volta della cappella di Santa Corona in Santa Maria delle Grazie di Milano.

Brescia, 1964: affreschi di Vincenzo Foppa nella chiesa del Carmine.

Milano, 1963: presbiterio di San Bernardino alle Monache.

Milano, 1963-64: cappella di San Maurizio al monastero Maggiore.

Milano, 1964: sagrestia di Santa Maria della Passione.

Roma, 1965: pareti dell'Aula Isiaca.

*Supporto masonite*

Firenze, anni '60: lunetta di San Tommaso nel convento di San Marco.

Firenze, 1954: storie di Sant'Antonino, chiostro di Sant'Antonino museo di San Marco.

*Supporti curvilinei in poliestere armato*

Lodi, duomo.

*Supporto vetroresina*

Firenze, 1987: storie di Sant'Antonino, chiostro di Sant'Antonino museo di San Marco.

*Sostituzione di supporti di vecchia generazione**Supporto in fibra di carbonio su telaio di alluminio*

Pisa, 1980-2008: affreschi Camposanto di Pisa

*Supporto di Frigolit su telaio di legno*

Venezia, 1999-2000 affreschi di Ca' Rezzonico

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Baracchini C., Calca A. 2007; Danti C., Matteini M., Moles A. (a cura di) 1990; Mazzini F., Brambilla Barcilon P. 1965; Mora P., Mora L., Philippot P. 1999; Urbani G., Mora P., Torraca G. 1965.

(ARC)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Le malte con l'aggiunta di alluminio in polvere sono state messe a punto dai laboratori dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze per la ricollocazione dei mosaici staccati su nuovo supporto. In seguito, per le loro caratteristiche di leggerezza e capacità di espansione, sono state utilizzate anche come consolidanti in mosaici interessati da distacco e rigonfiamento delle superfici musive.

Le componenti fondamentali di questo tipo di malta sono costituite da una carica (sabbia fine, marmo in polvere, pomice, pozzolana, ecc.), da un legante reattivo (calce idrata) e dal reattivo per l'espansione costituito dall'alluminio in polvere.

La reazione della lievitazione si basa sulla componente d'alluminio metallico che, in ambiente alcalino, reagisce con la calce producendo idrogeno gassoso. Ne deriva una massa spugnosa il cui grado d'espansione, ossia la densità dei vuoti cellulari, può essere regolato dalla quantità d'alluminio in polvere aggiunto all'impasto.

La struttura altamente porosa di questo tipo di malta ha buone caratteristiche di resistenza, anche se queste sono inferiori a quelle della stessa malta in forma compatta, senza cioè l'aggiunta di alluminio. Pertanto, per controbilanciare la diminuzione della tenacia dell'impasto può essere aggiunta una modesta percentuale di resina acrilica.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il consolidamento con malta a espansione mediante iniezioni a pressione, oppure mediante colatura con tubicini, si utilizza sia per i rigonfiamenti dei mosaici pavimentali sia per i distacchi dei mosaici parietali.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La preparazione dell'impasto prevede un'accurata miscelazione di tutti i componenti sino a completa dispersione. L'aggiunta della polvere d'alluminio deve avvenire per ultima e va attuata molto velocemente, perché la reazione di rigonfiamento comincia subito dopo. L'inserimento della malta deve essere eseguito immediatamente, e completato prima della lievitazione completa dell'impasto.

La reazione di rigonfiamento, che porta il volume a un aumento del 50%, si sviluppa in 10-15 minuti, con un lieve riscaldamento della malta (circa 15 °C), mentre la carbonatazione avviene in 7-10 giorni e può essere considerata completata solo dopo due settimane circa. Questi dati, tuttavia, sono semplicemente indicativi, in quanto dipendono dalla temperatura del luogo in cui si opera e dalla possibilità che la malta venga a contatto con l'aria.

*Consolidamento mediante iniezione*

Il consolidamento con iniezioni a pressione va effettuato con siringhe a foro largo (o anche con perette o con piccoli tubi di cateteri), per consentire il passaggio della malta.

Dopo aver individuato le aree da trattare, si stabiliscono i punti esatti di iniezione, che vanno scelti sfruttando le lacune preesistenti o estraendo porzioni limitate di mosaico (da una a quattro tessere), in zone strategicamente utili per la penetrazione della malta (fig. 1).

Una volta pulita da polvere e detriti mediante aspirazione, la superficie va bagnata con acqua ed eventualmente, per facilitare la penetrazione della malta, con solventi volatili (tipo acetone, da

miscelare all'acqua in percentuali da stabilire di volta in volta, per evitare l'inesco di pericolose circolazioni di sali).

Nei mosaici pavimentali, in alcuni casi, i rigonfiamenti per i quali può verificarsi la perdita di tessere sono di spessore esiguo e pertanto l'iniezione a pressione manuale non è sufficiente a far penetrare la malta all'interno delle intercapedini, in quanto i vuoti si saturano immediatamente. A tale inconveniente si può ovviare utilizzando un sistema di "aspirazione" della malta sotto lo strato di tessere, per certi versi assimilabile al consolidamento sottovuoto. In particolare, si praticano dei piccolissimi fori per creare punti di accesso all'intercapedine a distanze relative calcolate e, mediante un aspiratore elettrico applicato alternativamente ai vari fori, si "attrae" la malta che contemporaneamente viene inoculata da altri accessi, garantendo così il riempimento di ogni area distaccata.

#### *Consolidamento mediante colatura*

Nel consolidamento delle intercapedini o dei rigonfiamenti mediante colatura con tubicini collegati a imbuti, valgono le stesse procedure di preparazione della malta illustrate per l'iniezione a pressione. Anche in questo caso, bisogna individuare i punti più idonei per la colatura dell'impasto e, generalmente, per inserire il maggior quantitativo di malta, si utilizza il foro attraverso il quale è stato individuato e misurato il distacco. È poi necessario praticare altri fori a distanza ragionata, possibilmente sui fondi monocromi e non sulle parti figurate.

L'impasto va poi versato tramite il tubicino di plastica flessibile collegato a flebo o ad un imbuto. Nel consolidamento dei mosaici parietali la malta deve essere inserita cominciando dai fori più in basso verso quelli in alto, tamponando i fori sottostanti per evitare la fuoriuscita della miscela. È opportuno ripetere dopo qualche giorno le applicazioni, per permetterne un primo essiccamento che comunque avviene in modo definitivo entro 15-20 giorni dall'inizio dell'intervento (fig. 2).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per l'utilizzo della malta a espansione sono necessarie particolari attenzioni durante la preparazione in cantiere, in quanto solo rispettando esattamente le dosi prescelte si ottiene l'aumento di volume desiderato. In caso contrario si può verificare un aumento incontrollabile dell'espansione che può provocare spinte dall'interno della lente di distacco e conseguenti fessurazioni nella superficie musiva.

Per ottenere l'aumento di volume adatto a ogni caso specifico, bisogna ben dosare la polvere d'alluminio, in quanto è sufficiente una piccolissima variazione nella quantità utilizzata per modificare il volume finale e la velocità della reazione di espansione. Oltre che dalla percentuale di polvere d'alluminio, la capacità d'espansione di queste malte dipende anche dalla fluidità dell'impasto determinata dalla consistenza del grassello di calce utilizzato.

Infatti, solo se la malta è adeguatamente fluida, il gas sviluppato nella reazione rimane all'interno, mentre in un formulato troppo liquido il gas tende a fuoriuscire e a diffondersi nell'ambiente prima della carbonatazione. Invece, se l'impasto è troppo denso, si ha la formazione di bolle con dimensioni e distribuzione irregolari.

Infine, la composizione della malta va definita con prove effettuate sul posto in quanto l'impasto risente delle caratteristiche del microclima (temperatura, pressione, umidità).

Ai componenti della malta può essere aggiunto dell'idrossido di bario, in quanto quest'ultimo è in grado di velocizzare ulteriormente la reazione di espansione della malta (soprattutto in alcuni periodi freddi dell'anno).

Si riportano di seguito alcune composizioni di malta a espansione utilizzate sia per il riempimento di spaccamenti nei mosaici pavimentali sia per il riempimento dei distacchi nei mosaici parietali nei quali è previsto l'uso dell'idrossido di bario.

<b>(L. Pellegrino)</b>		
<b>1. Malta a espansione con pozzolana</b> - gr. 300 grassello di calce - gr. 300 carbonato di calcio micronizzato - gr. 300 pozzolana - gr. 7 polvere di alluminio - gr. 7 idrossido di bario - ml. 200 acqua deionizzata	<b>2. Malta a espansione con pomice</b> - gr. 300 idrossido di calcio - gr. 300 carbonato di calcio micronizzato - gr. 300 pomice - gr. 7 polvere di alluminio - gr. 7 idrossido di bario - ml. 450 acqua deionizzata	<b>3. Malta a espansione con carbonato di calcio</b> - gr. 300 grassello di calce - gr. 300 idrossido di calcio - gr. 100 carbonato di calcio micronizzato - gr. 7 polvere di alluminio - gr. 7 idrossido di bario - ml. 200 acqua deionizzata
<b>1. - 2.</b> Malte a espansione utilizzate in porzioni di mosaico pavimentale del triclinio della villa romana del Casale di Piazza Armerina, dove sono state effettuate varie operazioni di consolidamento in profondità per la presenza di estesi fenomeni di spanciamento dovuti alla umidità di risalita capillare.		<b>3.</b> Malta a espansione utilizzata in porzioni di mosaico parietale della Cappella Palatina del palazzo dei Normanni a Palermo.

Per il controllo dei risultati ottenuti con il consolidamento mediante l'utilizzo di malta a espansione, molto efficaci si sono rivelate le misurazioni termografiche effettuate prima e dopo l'inserimento della malta.

Attualmente, tuttavia, il metodo è di difficile attuazione per la difficoltà di reperire la polvere di alluminio, considerata una sostanza potenzialmente pericolosa (in quanto utilizzata per la produzione di esplosivi industriali).

#### **ESPERIENZE**

Firenze, battistero di San Giovanni, fregio decorativo raffigurante foglie, racemi e volti, parete sud-ovest, mosaico; colatura con imbuti, 1993;  
 coretto delle Gerarchie Angeliche, 1998-1999.

Madaba, mosaico pavimentale, lavoro condotto dall'Opificio delle Pietre Dure; iniezioni a pressione, 1997.

Palermo, Giardino monumentale di Villa Giulia, "Palchetti della Musica"; iniezioni a pressione controllate manualmente e a lenta inoculazione tramite flebo e cateteri, 2003-2004.

Palermo, Palazzo dei Normanni, Cappella Palatina, mosaico parietale; iniezioni a pressione controllata manualmente e controllo dei risultati mediante misure termografiche prima e dopo il consolidamento, 2007.

Sito archeologico di Piazza Armerina (Enna), Villa romana del Casale, mosaico pavimentale del triclinio; iniezioni a pressione controllata manualmente, 2007-2010.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Antonelli E., Raddi Delle Ruote G. 1994, pp. 134-43; Giusti A. M., Raddi G., Frizzi P. 1987, pp. 99-107; Matteini M., Lanterna G., Raddi A., Moles A. 1986, pp. 54-56.

#### **CREDITI FOTOGRAFICI**

L. PELLEGRINO: Lorella Pellegrino, restauratrice diplomata all'OPD, Laboratorio di restauro manufatti di origine organica. Assessorato dei Beni culturali e dell'Identità siciliana.





Figura 1 • Mosaico pavimentale: consolidamento della sconnessione del manto tassellare mediante l'iniezione di malta ad espansione o "lievitante". (L. PELLEGRINO)



Figura 2 • Mosaico parietale: consolidamento del distacco della malta di allettamento dalla struttura muraria, mediante l'inserimento di malta a espansione o "lievitante", sino al raggiungimento della saturazione dei vuoti. (OPD)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Il consolidamento *in situ* dei dipinti murali mediante l'applicazione del bario idrossido in soluzione è una metodologia proposta e messa a punto dal prof. Enzo Ferroni, dell'Istituto di Chimica Fisica dell'Università di Firenze, insieme al restauratore di pitture murali Dino Dini.

Il procedimento fu proposto ufficialmente per la prima volta nel 1969 ad Amsterdam, in occasione della Conferenza Internazionale dell'ICOM, sulla base di risultati sperimentali incentivati dalla ricerca di un metodo per la rimozione del solfato di calcio biidrato, un problema impellente per Firenze dopo l'alluvione del 1966. Da quel momento, è stato più volte utilizzato principalmente in area toscana ma anche in altre regioni d'Italia e in Paesi europei.

Il prof. Ferroni e il suo gruppo valutarono prima il contatto diretto tra gesso e idrossido di bario, scoprendo che la reazione che avveniva era confinata alla sola superficie della massa del gesso, con la formazione di una crosta di bario solfato, mentre era ben più risolutiva se prima veniva compiuto il passaggio con ammonio carbonato che trasformava tutto il gesso in solfato di ammonio che poi col bario veniva convertito completamente in solfato di bario. L'équipe di Dino Dini trovò poi il modo di far accadere queste reazioni sulla parete, sfruttando in un primo tempo le proprietà solventi della soluzione di ammonio carbonato per poi far seguito, dopo qualche tempo, l'applicazione della soluzione di bario idrossido, il tutto supportato dalla pasta cellulosica allora giunta a Firenze dalla Germania, in forma di aiuto tecnologico per l'alluvione.

L'Opificio delle Pietre Dure di Firenze, dal momento della sua fondazione come istituto di restauro negli anni Settanta del secolo scorso, ne ha subito condiviso i principi e lo ha adottato per molti interventi su pitture murali solfatate o decoese.

Il "metodo del bario" è una tecnica nota quindi principalmente per contrastare l'azione di degrado operata dal gesso sugli strati pittorici e sull'intonaco sottostante. Fin dall'inizio se ne constatò tuttavia l'importante azione consolidante che è venuta a rivoluzionare le procedure consuete che si fondavano sull'uso di fissativi materiali polimerici naturali o di sintesi.

L'azione consolidante vera e propria si sviluppa, secondo cinetiche e quantità non precisamente individuabili *in situ*, prima per una reazione diretta tra il carbonato di calcio presente e l'idrossido di bario e poi per un lento processo reattivo naturale che trasforma gradualmente l'idrossido di bario in carbonato di bario. Il processo di carbonatazione è reso possibile dall'anidride carbonica che, presente in piccola percentuale nell'atmosfera, penetra nelle porosità dell'intonaco sciolta nell'acqua atmosferica, analogamente a quanto accade per la carbonatazione della calce (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4).

L'azione consolidante si fonda quindi in particolare sull'alta compatibilità chimico-fisica del carbonato di bario, che si forma in seguito al trattamento e al di là della presenza degradante del gesso, con i componenti costitutivi delle pitture murali che sono per la maggior parte di costituzione fondamentalmente minerale. Il metodo si pone come alternativo all'uso di fissativi organici naturali, quali le misture d'olio e uovo o di altri "beveroni" artigianali, oppure di fissativi polimerici artificiali, considerati poco compatibili con il substrato inorganico delle pitture murali e soggetti con il tempo a un degrado di tipo fisico-chimico, benché essendo chimicamente reversibili godano di fiducia da più parti nel mondo della conservazione.

Il carbonato di bario viene a formarsi gradualmente (da una settimana ad alcuni mesi) e in maniera naturale all'interno delle porosità dell'intonaco e sulla superficie, determinando così un'equilibrata azione coesiva ed è una sostanza minerale chimicamente compatibile con i materiali costitutivi

della pittura murale e cristallograficamente simile a quella del carbonato di calcio presente nel materiale litoide. In questo modo la porosità del sistema, di solito aumentata dal degrado, è riportata verso valori maggiormente vicini alle condizioni di partenza.

Il trattamento con il bario gode inoltre di maggior durevolezza rispetto ai trattamenti con i consolidanti organici, in quanto la sua natura minerale garantisce una migliore stabilità e resistenza all'invecchiamento.

Si tratta però di un intervento difficilmente reversibile ma che comunque permette la ritrattabilità della superficie essendo garantite l'idrofilia e la permeabilità ai liquidi perciò è sempre possibile effettuare nuovi trattamenti consolidanti e/o protettivi con lo stesso "bario" o con altre metodologie qualora ne fossero trovate di più adeguate ed efficaci.

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il consolidamento con il "metodo del bario" trova la sua principale utilizzazione per il consolidamento delle pitture murali e degli intonaci, particolarmente nei fenomeni di degradazione provocati dalla solubilizzazione e cristallizzazione del gesso in materiali di natura minerale, che costituiscono per la loro porosità una sede favorevole di interazione con le sostanze inquinanti dell'atmosfera. Il risultato di tale interazione è la formazione del solfato di calcio biidrato, cioè gesso, che cristallizzandosi provoca fenomeni di sollevamento, frammentazione e perdita del film pittorico, oltre che dello strato più superficiale dell'intonaco.

Questo metodo tuttavia si può applicare con successo anche nei casi in cui la decoesione della pellicola pittorica sia dovuta a fenomeni diversi dalla solfatazione, ad esempio in seguito alla scarsa cura esecutiva o all'imperizia che avessero portato ad una scarsa presenza di legante all'interno del film pittorico.

Il bario si mostra inefficace invece in tutti i casi in cui il degrado sia dovuto alla perdita di adesione della pellicola pittorica col supporto che si manifesta in forme di scaglie di una certa estensione per cui sia quindi necessaria un'azione adesiva e non consolidante.

Il consolidamento diretto con idrossido di bario si applica anche nella conservazione del materiale lapideo in presenza di patine (films a ossalato di calcio ecc.) al di sotto delle quali si riscontrano fenomeni di solfatazione. In questi casi il trattamento consolidante ne aumenta l'aderenza alla superficie lapidea e le rende più compatte e stabili nei confronti di eventuali sollecitazioni meccaniche. Ciò è possibile grazie alle numerose microlacune (cariature, microfessurazioni, forellini ecc.) presenti su queste stratificazioni, che permettono al prodotto di arrivare sino al substrato in pietra.

Il trattamento con il bario può inoltre essere talvolta utilizzato come preconsolidante in pitture in cui siano presenti in superficie polimeri di sintesi applicati in precedenti restauri e che dopo alcuni decenni tornino a manifestare fenomeni di degrado come la solfatazione o comunque la disgregazione. In casi di questo genere risulterebbe assai difficile la rimozione dei fissativi conservando la pellicola pittorica sottostante semplicemente provocando la solubilizzazione del polimero. Il "bario" in questi casi può arrivare a penetrare attraverso le micro rotture dello strato di resina e può così implementare la coesione del film pittorico, agevolando l'operazione di rimozione dei polimeri mediante l'impiego ad esempio dei solventi organici o altro.

Alcune sperimentazioni e applicazioni del bario sono state effettuate anche su manufatti lapidei affetti da decoesione provocata da presenza di gesso. In tali casi di compromissione microscopica della coesione (che si manifesta con disgregazione dei granuli di calcite sotto minime sollecitazioni meccaniche e polverizzazione spontanea), il consolidamento ha ristabilito una certa coerenza agli strati più superficiali. Il bario è stato applicato seguendo la metodologia "ammonio-bario", che somma all'azione antisolfatante quella consolidante. Tali applicazioni tuttavia, non hanno avuto per il momento la stessa diffusione che il metodo del bario ha avuto nel caso degli affreschi.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

##### *Pitture murali*

La tecnica consiste nell'applicare in due fasi successive, mediante impacco, due differenti sostanze in soluzione: di carbonato di ammonio prima e di idrossido di bario poi, nome con il quale ormai s'identifica l'intero procedimento.

Prima di procedere all'applicazione dell'impacco di carbonato di ammonio, in alcuni casi (pitture ricoperte di nerofumo e altre polveri) è opportuno procedere a una pulitura preventiva con acqua

deionizzata (v. PLT10- Lavaggio con acqua demineralizzata o deionizzata); infatti, l'uso diretto del carbonato di ammonio porterebbe alla solubilizzazione delle sostanze superficiali di natura lipidica (nerofumo), che, veicolate dall'acqua, migrerebbero irrimediabilmente all'interno della struttura capillare muraria, provocando macchie e variazioni cromatiche sulla superficie dipinta.

Per quanto riguarda le procedure d'applicazione dell'impacco di carbonato di ammonio (utilizzo di carta giapponese, tempi di posa, rimozione del reagente ecc.), si fa riferimento alla scheda relativa.

Sono tuttavia necessarie alcune considerazioni su questa prima fase, piuttosto delicata, dell'applicazione della soluzione di carbonato d'ammonio in acqua. La concentrazione e i modi di applicazione della soluzione variano, secondo le condizioni della pittura murale perfetta e il grado di solfatazione, e sono stabilite in base a piccoli saggi che consentono di individuare il grado di pulitura facendo salvi i materiali originali. Come supportante si usa la pasta cellulosica in fibre di diversa lunghezza, che è ben modellabile e in grado di trattenere le soluzioni acquose a cui viene mescolata e il suo contatto con la parete è mediato dalla presenza di uno o più fogli di carta giapponese.

La pulitura eseguita con questo reagente trasforma il gesso in due sostanze. Una di queste è il carbonato di calcio che, quando è ancora allo stato umido in seguito all'impacco, si presenta sotto forma di un gel incoerente e non bene individuabile, perché quasi perfetta mente trasparente e incolore. È necessario perciò eliminarlo accuratamente durante la rimozione meccanica delle sostanze presenti sopra la superficie originale, per evitare che dopo l'essiccamento si possa trasformare in una patina biancastra permanente. Grazie al trattamento con il carbonato di ammonio, dalla reazione con il gesso si forma anche il solfato di ammonio, sale ben più solubile in acqua che in parte è assorbito dall'impacco e quindi eliminato direttamente, in parte rimane sulla superficie del dipinto murale, continuando a costituire fonte di inquinamento salino e di possibile futura solfatazione. È proprio per eliminare questa presenza residua che si applica, sempre mediante impacco, la soluzione d'idrossido di bario, la quale provoca la definitiva trasformazione dei solfati in un'altra specie chimica, il solfato di bario, che è inerte e insolubile.

Prima di applicare l'impacco di bario, è necessario rilavare l'affresco tamponando con acqua deionizzata, per eliminare residui di materiale ancora presenti dopo il trattamento con il carbonato di ammonio. Tale operazione va effettuata con estrema delicatezza, per non asportare frammenti di colore.

Nei casi in cui la superficie pittorica sia fortemente degradata, sarà opportuno eseguire l'operazione di pulitura mediante tamponamento interponendo fogli di carta giapponese.

Dopo la pulitura e dopo aver atteso l'evaporazione completa del carbonato d'ammonio residuo, si potrà procedere all'applicazione dell'impacco che va preparato con pasta cellulosica imbibita di soluzione di bario idrossido. La percentuale di quest'ultimo, che si presenta in forma di solido cristallino bianco, può essere calcolata dal 5 al 10% in peso rispetto all'acqua o alla pasta cellulosica bagnata. Il grado di bagnatura della pasta di legno va stabilito, invece, in base alla capacità d'assorbimento della parete e andrà preventivamente valutata con apposite e oculate prove.

Sarebbe opportuno effettuare il consolidamento dopo i mesi estivi, quando i muri sono più asciutti e tendono ad assorbire più in profondità l'umidità presente in superficie. Ciò dovrebbe consentire alla soluzione di bario di penetrare più a fondo.

I diversi componenti dell'impacco vanno ben amalgamati (prendendo le opportune precauzioni per la pericolosità della polvere di bario che irrita le mucose delle vie respiratorie e per la causticità dell'impasto che può danneggiare per contatto l'epidermide e gli occhi, oppure per ingestione l'apparato digestivo), sino a ottenere un impasto che di solito viene applicato sulla superficie del dipinto murale procedendo dal basso verso l'alto, secondo uno spessore il più possibile omogeneo, in modo da fornire un'uguale quantità di soluzione satura d'idrossido di bario per tutta l'area trattata. L'impacco dovrà restare in opera fino ad asciugatura, secondo tempi dettati per ogni singolo caso, dalla bagnatura iniziale, dalla capacità di assorbimento della parete, dalla temperatura e dalla ventilazione ambientale.

La rimozione dell'impacco di bario va eseguita quando questo ha raggiunto una giusta asciugatura che è il segno dell'avvenuto assorbimento della soluzione da parte della parete; una rimozione precoce potrebbe significare scoprire la superficie troppo bagnata di soluzione di bario e quindi generare fenomeni di rapida carbonatazione sopra la pellicola pittorica e perciò di imbiancamenti;

una rimozione ritardata invece può comportare il rischio di strappi della pellicola pittorica ad opera della pasta cellulosica troppo aderita alla superficie. Andrà comunque rimosso con precauzione per porzioni limitate consecutive, sollevando i fogli di carta giapponese precedentemente interposti fra la superficie pittorica e l'impasto o consumando la pasta stessa nei casi in cui la pellicola pittorica è più a rischio di strappo.

Infine, trascorso un tempo adeguato per la completa asciugatura della parete, si potrà lavare la superficie pittorica tamponandola accuratamente con spugne naturali e acqua deionizzata.

Sino a questo punto, l'idrossido di bario ha svolto una funzione fundamentalmente antisolfatante.

#### *Manufatti in marmo o pietra*

Anche in questo caso, il consolidamento diretto con il bario idrossido si effettua mediante impacco. Come prima operazione, si fa aderire alla superficie lapidea, mediante un pennello bagnato con acqua distillata una velina di carta giapponese, in modo da facilitare la rimozione dell'impacco ed evitarne il contatto diretto con la pietra. Dopo questa fase preliminare si procede alla preparazione dell'impacco costituito da idrossido di bario sciolto in soluzione acquosa satura, disperso in un supportante: generalmente è utilizzata pasta di cellulosa a fibre di lunghezza variabile (lunga e media) miscelate opportunamente tra loro.

L'impacco deve avere uno spessore pressoché omogeneo (sui 3-4 mm), per consentire una distribuzione il più possibile uniforme della soluzione all'interno della pietra. I tempi d'applicazione possono variare con le caratteristiche climatiche che condizionano la quantità d'evaporazione dell'acqua e con la maggiore o minore porosità del materiale lapideo.

Nel caso si operi con temperature elevate e in ambiente con scarsa umidità relativa, l'impacco può essere protetto con una pellicola impermeabile in modo da impedire un'evaporazione troppo veloce dell'acqua durante la permanenza sull'oggetto e al momento della sua rimozione evitare che sia troppo asciutto, perché ciò potrebbe provocare strappi di materiale dalla superficie.

D'altro canto bisogna porre attenzione a che non sia troppo bagnato, in quanto scoprendo la superficie troppo bagnata della pietra, potrebbe provocare a contatto con l'aria dei lievi imbianchimenti dovuti a una carbonatazione troppo veloce e troppo superficiale.

L'operazione di consolidamento può essere ripetuta, se necessario, con le stesse procedure. Fra un impacco e l'altro è necessario eseguire una leggera pulitura tamponando con acqua deionizzata.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La metodologia del bario richiede una procedura tecnico-operativa abbastanza complessa, che richiede competenza ed esperienza, a partire dalla fase della sperimentazione fino al lavaggio finale. L'esperienza di restauratori qualificati, permette di individuare, caso per caso, le condizioni operative più opportune: la concentrazione del reagente, il grado di bagnatura della pasta, il momento per la rimozione.

In primo luogo sarà stato importante aver eseguito delle indagini preliminari per analizzare a fondo le condizioni generali dell'opera (proprietà-chimico fisiche dello strato pittorico e della malta, tipo di degradazione); sarà anche necessario procedere prima del trattamento a misure della qualità cromatica della pittura per documentare oggettivamente le variazioni prodotte dal bario stesso. Tale esame viene normalmente fatto con l'uso di un cromatografo che fornisce l'identità di ciascuna tinta nello spazio-colore convenzionalmente riconosciuto.

Il metodo è applicabile normalmente ai dipinti murali a "buon fresco" e anche a quelli quasi del tutto privi di leganti organici (mezzo fresco), tuttavia bisogna avvertire dell'esistenza di molti limiti e di alcune forti avvertenze per una buona riuscita del consolidamento con soluzione di bario idrossido. Riguardo alla tecnica pittorica del dipinto murale, potrebbe provocare fenomeni di ammorbidimento, rigonfiamento e solubilizzazione dei leganti organici. Tale problema tuttavia, nella maggior parte dei casi riguardanti pitture di una certa antichità, non sussiste, in quanto i materiali utilizzati nella realizzazione dell'opera (uovo o altro tipo di colla animale) sono ormai diventati, per lentissimi processi di mineralizzazione, dei prodotti inorganici e stabili, e pertanto insensibili all'azione di sostanze alcaline. Più problematico potrebbe invece essere il caso di applicazione per dipinti relativamente moderni realizzati in tutto o in parte con l'aiuto di leganti organici.

Anche nel caso di aree dipinte con pigmenti di rame, in particolare la malachite e l'azzurrite, l'uso del "metodo del bario" potrebbe essere impedita e dalla presenza del legante e dalla sensibilità di questi pigmenti al bario che li può alterare in idrossidi di rame.

In tali aree, qualora si decida di procedere ugualmente con questo metodo, sarà necessario fare dei piccoli test per vedere la reazione dei pigmenti di rame e optare semmai per tempi di contatto abbreviati, oppure sarà il caso di proteggere queste aree con resina acrilica prima dell'applicazione dell'impacco.

Nel caso invece di un forte inquinamento salino dell'intonaco di supporto con nitrati, cloruri, solfati di magnesio, esistono buone probabilità perché non si formi perfettamente il carbonato di bario secondo il meccanismo noto, ma interagendo con questi sali, l'idrossido può dare origine a composti solubili e dannosi per l'intonaco stesso, come il nitrato di bario o il cloruro di bario.

Inoltre, bisogna porre attenzione ai possibili imbianchimenti della superficie, che si verificano in caso di per esempio per un'errata esecuzione dell'impacco, oppure più frequentemente per l'interazione del bario con residui di sporco, cioè con parti non rimosse con la pulitura.

Infine bisogna considerare che il carbonato di bario non può certo essere considerato un vero e proprio protettivo nei confronti di acidi e alcali. Le pitture trattate una prima volta, se esposte a ulteriori atmosfere inquinate, possono ancora degradarsi per la formazione di gesso nella pellicola pittorica, proprio per la porosità che il trattamento garantisce e per la scarsa resistenza all'attacco acido che offre il carbonato di bario, come il carbonato di calcio (Matteini, Moles 1990). Per rispondere ai bisogni protettivi della superficie sarà necessario ricorrere ad altri materiali, anche se la presenza di uno strato di carbonato di bario, più o meno consistente (sono possibili anche due trattamenti per superfici esposte all'esterno), fornisce comunque uno strato di sacrificio che preserva la pellicola pittorica dal dilavamento per un certo tempo.

Per quanto riguarda l'applicazione della tecnica per il consolidamento dei manufatti lapidei, il rischio maggiore è quello di un'errata esecuzione del metodo, che potrebbe provocare una carbonatazione incontrollata in superficie, con la conseguente comparsa di imbianchimenti.

Per questo motivo vanno valutati attentamente, secondo i casi, i tempi di posa dell'impacco, la concentrazione della soluzione ecc.

Nei manufatti esposti all'aperto può essere opportuno procedere all'applicazione di un prodotto finale che garantisca la protezione dall'acqua, in quanto il consolidamento con il bario non rende idrorepellente la superficie lapidea.

Il trattamento è inoltre sconsigliabile laddove si riscontrino, al di sopra delle patine nobili, depositi di tipo organico non rimossi con la pulitura (cere, gomma lacca, materiali proteici ecc.). In questi casi, il bario potrebbe non arrivare alla superficie lapidea e la carbonatazione potrebbe verificarsi esternamente alle patine, rendendo inutile vana l'intera operazione e rischiando l'imbianchimento della superficie stessa.

In conclusione, questo tipo di consolidamento può essere applicato dopo attenta valutazione con test preliminari e indagini specifiche sul tipo di substrato su cui si va a operare.

## ESPERIENZE

L'applicazione dell'idrossido di bario alle pitture murali riguarda numerosi casi di interventi di restauro, specialmente in Toscana, tra i quali si citano i seguenti:

Firenze, 1968, refettorio della Santissima Annunziata, affresco di Giovanni Domenico Ferretti, secolo XVIII,

Firenze, 1968, sala capitolare del convento di San Marco, *Crocifissione del Beato Angelico*, secolo XV.

Firenze, 1968, convento di San Marco, affresco di Giovanni Antonio Sogliani, secolo XVI.

Firenze, 1968; 1983-85, S. Maria Novella, affreschi del Ghirlandaio, anni Novanta del secolo XV.

Arezzo, 1994-1999, basilica di San Francesco, *La leggenda della vera croce* di Piero della Francesca, seconda metà del secolo XV.

Prato, 1995, Duomo, cappella della Cintola, *Storie della Vergine*, Agnolo Gaddi, secolo XIV.

Firenze, 1999, chiesa di Santa Maria Novella, cappella Strozzi (alcune pareti), Filippino Lippi, inizi secolo XVI.

Firenze, 2000, chiesa di Santa Maria Novella, *Trinità* di Masaccio, 1426.

La Verna (AR), santuario francescano, *Storie di San Francesco* (alcune scene), Baccio M. Bacci, anni Trenta del secolo XX.

Bergamo 2009, chiesa di Santa Grata, sala della canonica, Storie mitologiche, secolo XVI.  
 Firenze, 2005-2009, chiesa di Santa Croce, Leggenda della Vera Croce, Agnolo Gaddi, secolo XIV.

La sperimentazione e applicazione del consolidamento di patine artificiali mediante il bario è stata condotta dalla Sovrintendenza ai beni ambientali, architettonici e artistici di Pisa.

Alcuni interventi di consolidamento eseguiti con questa tecnica sono i seguenti.

Pisa, 1990-1992, Camposanto, sepolcro dei Conti della Gherardesca (secolo XIV), marmo bianco apuano.

Lucca, 1989, chiesa di San Michele in Foro (secolo XII), superficie esterna dei due bracci del transetto, marmo.

Lucca, 1983, duomo di San Martino (secolo VI), marmi bicromi.

Pistoia, 1994, chiesa di San Paolo, statua di San Jacopo (secolo XIV) marmo bianco. Sperimentazione del metodo "ammonio-bario".

Firenze, 1994, cimitero degli Inglesi, tomba di Giacomo Smiti (secolo XIX), tomba di Gustaf Benedicks (secolo XIX), marmo bianco. Sperimentazione del metodo "ammonio-bario".

Firenze, 1981, museo di San Marco, *Puttino a cavallo di un animale marino* (secolo XVII), marmo. Sperimentazione del metodo "ammonio-bario".

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Botticelli G., Danti C., Giovannoni S. 1984; Botticelli G. 1987; Dini D., Scudieri M. 1990; Ferroni E. 1982, pp. 265-69; Ferroni E., Dini D. 1981, pp. 559-66; Giovannoni S. 1990; Matteini M., Moles M. 1987, pp. 33-41; Matteini M., Moles M. 1990, pp. 296-302; Matteini M., Nepoti M. R. 1996; Paternoster M. 1997; Santori Merzagora A. 1987, pp. 215-20; Schnabel L. 1992, pp. 1063-72; Spampinato M. 1990; Twilley J. 1984, pp. 79-85.

Baldini U., *Il "metodo del bario" nel restauro degli affreschi*, in "Critica d'Arte", 1979, pp. 166-168.

Bandini F., Botticelli G., Matteini M., Moles A., *Dipinti murali: riflessioni sulle scelte metodologiche per la conservazione*, in Danti C. Matteini M. Moles A. (a cura di), *Le pitture murali*, Firenze, 1990, pp. 241-246.

Botticelli G., Botticelli S., *Lezioni di restauro Le pitture murali*, Firenze, 2008, pp. 121-137.

Church A., *Conservation of historic buildings and frescoes*, in Notices of the Proceedings of the Meetings of the Members, Roy Institution of Great Britain, 18, 1907, pp. 597-608.

Ericani G. (a cura di), *Feltre città dipinta. Il progetto Leader II "Riqualficazione fronti urbane a Feltre"*, Treviso, 2001.

Ferroni E., Malaguzzi Valerj V., Rovida G., *Experimental Study by diffraction of heterogeneous systems as a preliminary to the proposal of a technique for the restoration of gypsum polluted murals*, in Proceedings of ICOM Conference, Amsterdam, 1969.

Ferroni E., *Restauro chimico-strutturale di affreschi solfatati*, in *Metodo e Scienza, operatività e ricerca nel restauro*, Firenze, 1982, pp. 265-269.

Matteini M., Moles A., *Twenty years of application of "barium" on mural paintings: Fundamental and Discussion on the Methodology*, in ICOM Committee for Conservation, 7th Meeting, Copenhagen, 1984.

Matteini M., Moles A., *La metodologia del bario in relazione ai problemi di solfatazione e di decoesione che interessano i dipinti murali*, in *Il restauro nelle opere d'arte*, Atti del Convegno, Mantova, 1987, pp. 33-41.

Matteini M., Moles A., *Aspetti critici del trattamento fondato sull'impiego di idrato di bario*, in Danti C., Matteini M., Moles A. (a cura di), *Le pitture murali*, Firenze, 1990, pp. 297-302.

Matteini M., Nepoti MR., *Controllo analitico dei metodi di desolfatazione per la rimozione del gesso nelle pitture murali e in altri manufatti litici*, in "OPD Restauro", 8, 1996, pp. 66-79.

Matteini M., *The conservation of mural paintings: A challenge for conservators*, Atti del convegno, *Ninth Seminar on the Conservation of Asian Cultural Heritage*, Tokyo, 1999, pp. 134-148.

Matteini M., *Consolidanti e protettivi di natura minerale in uso sui manufatti di interesse artistico ed archeologico costituiti da materiali porosi*, in *Consolidanti e protettivi in uso sui materiali inorganici porosi di interesse artistico ed archeologico*, Atti del Convegno, Trento 1999, Trento 2000, pp. 49-83.

*Facciate dipinte. Verifiche sui protettivi e metodologie innovative di pulitura a Feltre e nel Veneto orientale*, Giornata di studio, Feltre 25 nov. 2005, Padova, 2006.

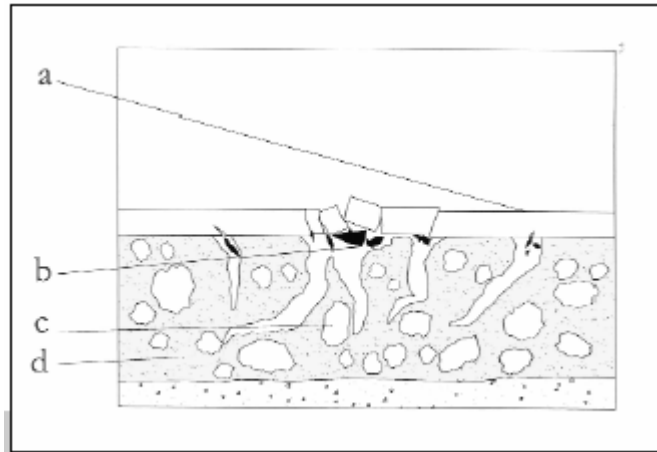


Figura 1 • L'intonaco è solfatato da gesso: lo strato pittorico è sollevato e la coesione è compromessa.  
a) strato pittorico, b) gesso, c) sabbia, d) calcio carbonato. (CAF)

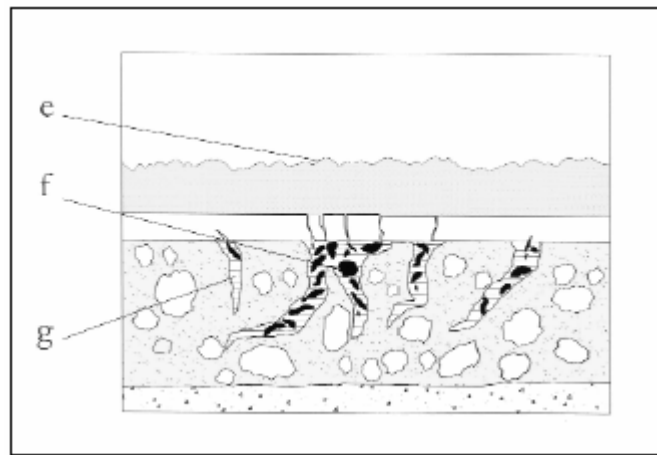


Figura 2 • L'impacco di ammonio carbonato trasforma il gesso in ammonio solfato (solubile) in parte diffuso nell'intonaco e in parte assorbito dall'impacco stesso. Si riforma del calcio carbonato. Lo strato pittorico torna nella sua sede.

e) impacco di ammonio carbonato, f) calcio carbonato, g) ammonio solfato. (CAF)



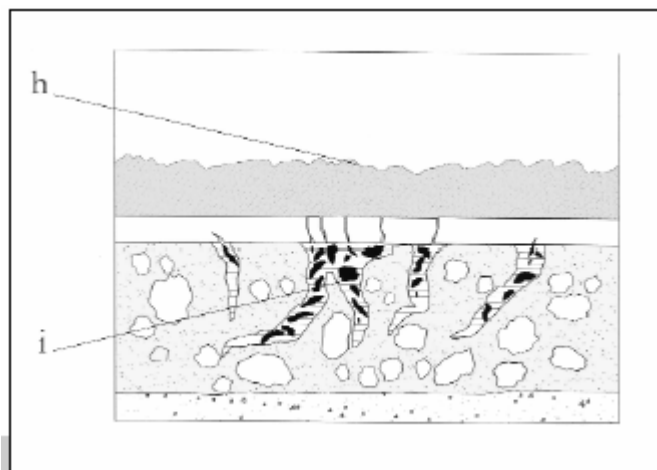


Figura 3 • L'impacco di bario idrossido fissa l'ammonio solfato nel composto inerte e insolubile del bario solfato nell'intonaco; rimane del bario idrossido in eccesso. La solfatazione è bloccata in una forma inerte.  
h) impacco di bario idrossido, i) bario solfato. (CAF)

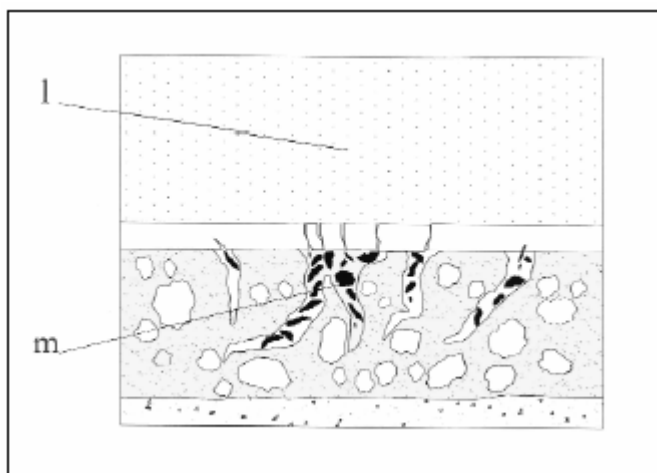


Figura 4 • L'anidride carbonica contenuta nell'aria trasforma il bario idrossido in un forte legante, il bario carbonato. La coesione è ristabilita.  
l) anidride carbonica, m) bario carbonato. (CAF)

<b>CSD 22</b>	<b>FISSAGGIO DELLA GRISAGLIA CON RESINE O CERE</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Lo scopo di questa tecnica è di fissare preventivamente le parti di grisaglia (ed eventualmente di pittura a freddo) parzialmente distaccate, prima dell'intervento di pulitura del manufatto, onde evitarne la caduta dal supporto vitreo.

Spesso, in sede di restauro, ci si trova di fronte a due materiali di tipo diverso, la grisaglia e le pellicole superficiali delle ridipinture a freddo. Mentre la prima è parte integrante del manufatto originale, le seconde, spesso frutto di successivi restauri, possono trovarsi applicate direttamente sul supporto vitreo o su velature di grisaglia sottostanti. Il problema sta nel mantenere le patine in adesione al vetro sottostante, così com'è richiesto per le grisaglie.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è adoperata in interventi di restauro sulle vetrate dipinte, in cui ci si trovi di fronte a un più o meno incipiente distacco delle velature e della trama pittorica.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La vetrata va esaminata e le parti in cui grisaglia e dipinture a freddo sono in fase di distacco vanno fissate tramite l'applicazione di resina o cera prima dello smontaggio del pannello.

Prima dell'intervento, è necessario eseguire un'accurata pulitura delle superfici, spennellandole delicatamente ed eventualmente trattandole con mezzi chimici (mai meccanici), evitando di toccare le parti a grisaglia. Per quel che riguarda i trattamenti chimici, si può far ricorso a puliture con polifosfati, bicarbonato d'ammonio o varie soluzioni acquose.

*Fissaggio con resine*

Il fissaggio è eseguito con l'applicazione di resine di diversa natura sul materiale degradato.

Dovranno essere applicati due strati sottili di materiale consolidante e, se possibile, è consigliato lo smontaggio del manufatto e il suo trattamento in laboratorio.

Si può adoperare una soluzione di resina epossidica in acetone (al 10%) o di resina acrilica in tricloroetano (dal 2,5% al 3-5%, secondo i casi), anche addizionata a prodotti siliconici; oppure una soluzione di resina poliuretanicca, diluita in acetato di etile (al 5%).

Altri tipi di resina come i cianacrilati e alcune soluzioni di polimetacrilato in toluene, si sono rivelate, dopo varie prove sperimentali, assolutamente non idonee.

*Fissaggio con cere*

Il prodotto usato è una cera microcristallina con un punto di fusione intorno agli 85 °C eventualmente addizionata a un prodotto indurente, sempre a base di cera, con punto di fusione tra 98 °C e 108 °C (in genere, una parte di indurente al politene e quattro parti di cera, in peso). Questa cera è solubile in particolari solventi e può, se necessario, essere facilmente rimossa dal supporto vitreo.

La soluzione cera-indurente, resa fluida con un'opportuna quantità di alcol, è applicata con un pennello fine. Il tutto va coperto con uno strato di Melinex e sulla superficie va operata, infine, una leggera pressione per mezzo di una spatola riscaldata a una temperatura di almeno 120 °C. A questo punto, il pannello può essere smontato e le tessere vitree sottoposte ai successivi trattamenti. Dopo il restauro, si può estendere alle rimanenti parti dipinte il medesimo trattamento,

riscaldandole con un getto di aria calda per consentire alla cera di fluire senza solidificare sulla superficie fredda del vetro. L'alcol evapora in circa 24 ore e lo strato di Melinex può essere staccato facilmente dall'area trattata. A questo punto, si procede alla pulitura delle parti dove si trovano residui di cera indurita.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Molti autori sconsigliano l'applicazione di questa tecnica a causa dei numerosi risultati sperimentali risoltisi in modo negativo. L'irreversibilità di questi prodotti, il differente coefficiente di dilatazione rispetto al vetro e il loro viraggio cromatico nel tempo, sono sicuramente buoni motivi per non abbandonare la ricerca di metodologie meno invasive.

Se oltre alla grisaglia ci si trova di fronte alla presenza di pellicole superficiali di ritocco, disseccate e in fase di distacco, si procede anche al loro fissaggio. Si applicano dei piccoli fogli di carta giapponese e si fanno aderire aiutandosi con pennelli, cotone e spugne. I solventi e reagenti usati sono di solito carbonato di ammonio (al 5%) e diluente alla nitrocellulosa.

Questi prodotti operano un'azione rigonfiante sulle resine e sulle pellicole pittoriche di ritocco, agendo sul legante e riattivandone l'originaria funzione.

La carta giapponese, fatta asciugare all'aria, si solleverà spontaneamente; le vecchie resine e la grisaglia sono riattaccate al supporto vitreo. A questa operazione, detta "fissaggio di stiratura", segue la pulitura e quindi l'applicazione di resine consolidanti già descritta.

Alcuni sconsigliano l'applicazione di carta giapponese o altre veline, sopra la grisaglia, perché la loro rimozione reca danno a quanto resta della velatura pittorica.

Nei casi di grisaglia in fase di distacco, circoscritta a zone ben delimitate, si è usata, per il fissaggio, una resina acrilica applicata tramite un capillare, cercando di far colare la resina sotto la pittura e ripetendo l'operazione più volte, se necessario. Se il trattamento con cera è eseguito quando le tessere vitree sono già smontate e separate dai piombi, è bene non usare alcun tipo di cemento liquido per il rimontaggio dei pannelli, per non vanificare i benefici del trattamento. È invece opportuno adoperare un mastice o un prodotto simile tra piombi e vetro per ottenere un effetto idrorepellente.

In alternativa alla cera microcristallina si può usare un composto di cera d'api con carnauba (50-75%), previo trattamento con silani (Muller, Drachenberg e Pouillon). Secondo alcuni autori la cera andrebbe applicata solo sulla dipintura e non sulla superficie libera del vetro.

#### **ESPERIENZE**

Bologna, 1983, vetrata di S. Giovanni in Monte.

Milano, 1986, vetrate di S. Giovanni Evangelista, duomo.

Galleria Nazionale dell'Umbria, 1987, vetrata di Giovanni Bonino.

Canterbury, 1989, vetrate della cattedrale.

Venezia, 1991, vetrata di S. Giovanni e Paolo.

Perugia, duomo.

Orvieto, cattedrale.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1987, *Il restauro...*; AA.VV. 1991, *Vetrate...*; Becattini A. 1989; Brivio E. 1981; Brivio E. 1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994; Nonfarmale O. 1982; Pirina C. (a cura di) 1986; Vilucchi S. 2000.

Funaro G. e Rivelli R., *Il restauro della vetrata di Giovanni di Bonino della Cattedrale di Orvieto*, 1992

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica del doppiaggio consente di consolidare le tessere vitree deteriorate, fratturate o instabili che compongono una vetrata istoriata, sovrapponendovi, sul lato esterno, un nuovo vetro di supporto molto sottile. Il vetro originale, eventualmente ricomposto con incollaggi di testa (v. RCP08 - Incollaggio di materiali ceramici e vitrei), è unito a quello utilizzato come rinforzo e supporto, con un ancoraggio perimetrale realizzato con resina siliconica, e la tessera così consolidata è inserita in un listello di piombo a sezione più ampia.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I manufatti ai quali la tecnica si applica sono essenzialmente le vetrate e i pannelli costituiti da lastre di vetro piombate, monocrome o policrome. Si ricorre in genere al doppiaggio per riparare tessere vitree plurifratturate, specie se presentano rotture a stella o comunque complesse, e se la vetrata non è conservata in un museo, ma è esposta all'azione dei venti e di altri agenti aggressivi dell'ambiente esterno.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per evitare che l'accoppiamento della tessera ammalorata con il vetro protettivo provochi un dannoso "effetto lente", il "doppiaggio" delle parti frammentate va eseguito sagomando a caldo l'elemento di supporto.

L'intero processo prevede, schematicamente le seguenti fasi:

1. Inizialmente, si procede alla formatura del calco della superficie da rinforzare, utilizzando un impasto ottenuto combinando una parte di gesso da forma e due di terra refrattaria. Il vetro antico, avvolto in un sottile foglio di nylon (fig. 1a), deve essere pressato sul gesso fresco, con la sua faccia esterna rivolta verso l'impasto. In alternativa, si può prima improntarlo nella creta, e dal calco così ottenuto si ricava in seguito la forma di gesso necessaria alla formazione del vetro di supporto. Sul calco saranno impresse tutte le irregolarità e i contorni precisi del vetro antico assicurando che il nuovo vetro aderisca a esso perfettamente e ne rispetti le caratteristiche e le peculiarità (fig. 1b).
2. Dopo la sua completa essiccazione, la forma così predisposta è cotta in muffola, cioè senza il contatto con il fuoco, a circa 850 °C.
3. Successivamente, si prepara una sagoma per il nuovo vetro destinato a placcare quello antico. A tal fine quest'ultimo è posto su di un cartoncino sul quale si disegna la sua sagoma che sarà poi ritagliata (fig. 1c). Il cartoncino sagomato serve da modello per tagliare il pezzo di vetro nuovo, trasparente e sottile come quello dei vetrini da microscopio (fig. 1d).
4. Per conferire al nuovo vetro i contorni e le caratteristiche superficiali il più possibile simili a quelli del vetro antico, lo si pone sulla forma e poi in forno, ove è cotto alla temperatura di circa 780 °C. In tal modo, il vetro assume la plasticità necessaria per adagiarsi perfettamente sulla forma stessa, divenendone l'impronta esatta (fig. 1e).
5. Terminata la preparazione del vetro di supporto, lo si fa combaciare con la tessera ricostituita, sigillandone il contorno con silicone trasparente e inserendo il tutto in un profilo di piombo più ampio dell'originale (fig. 1f).

L'incollaggio perimetrale dà, nel tempo, buone garanzie di durata, se la vetrata è protetta dagli agenti esterni; diversamente, l'umidità e l'acqua piovana possono penetrare nell'intercapedine

comunque esistente tra le due lastre, danneggiando il vetro antico. Uno studioso dell'Università di Leicester nel 1986 ha proposto, a tale proposito, di inserire nell'intercapedine un gel inerte tixotropico con lo stesso indice di rifrazione del vetro. Questo gel riempirebbe lo spazio altrimenti occupato dall'aria e la sua natura idrofobica impedirebbe l'accesso dell'umidità dall'esterno. Eventuali tracce di lesioni, come l'interruzione della grisaille e delle velature nel vetro sottoposto a riparazione, possono essere eliminate mediante ritocchi con smalti speciali a freddo per vetri, praticati preventivamente sulla faccia esterna della tessera, di norma esente da trattamenti di grisaille, o su quella del vetro protettivo a essa accoppiato (fig. 1).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Una variante di questa tecnica prevede l'utilizzo del doppiaggio delle tessere vitree per integrare le lacune dovute alla caduta della grisaglia (dette anche "buchi di luce"), mediante la sovrapposizione di nuovi vetri colorati alle tessere degradate e alle loro discontinuità.

L'integrazione mediante filtri si pone come alternativa alla tecnica di ritocco con ridipinture a freddo. Quest'ultima infatti si è spesso dimostrata di scarsa durata e dannosa per la grisaglia, che è letteralmente "strappata" dal supporto vitreo nel momento in cui le ridipinture, essiccandosi, si distaccano a loro volta dal vetro.

L'integrazione con filtri permette invece di restaurare la tessitura figurativa della vetrata, integrandone le parti mancanti, senza toccare quelle originali e senza aggiungere nulla alla materia antica.

Le ombreggiature nero-bruno-rossicce, così come i principali tratti del disegno delle vetrate antiche, erano generalmente ottenute mediante l'applicazione della *grisaglia* o *bistratura*. La grisaglia, composta da polvere di vetro e pigmenti colorati, stemperata in medium organico (chiara d'uovo e simili), veniva stesa sul vetro tramite pennelli e fissata tramite cottura della tessera in appositi fornelli. Il riscaldamento del vetro fino alla temperatura di rammollimento dello stesso (600 °C), permetteva la fusione e, di conseguenza, l'integrazione definitiva della grisaglia alla tessera vitrea. La scarsa aderenza della grisaglia alla lastrina di supporto, dovuta principalmente a errori di fabbricazione, e accentuata dalle alterazioni provocate da fattori esterni, determina frequentemente il suo distacco per esfoliazione e polverizzazione.

Gli elementi vitrei per l'integrazione delle lacune devono in ogni caso essere realizzati con vetri leggermente colorati in pasta. La colorazione deve essere realizzata in modo che il tono e l'intensità del colore siano molto simili alla "velatura di una grisaglia su fondo incolore".

Per rendere omogenea la diffusione attraverso di essi dei raggi luminosi, questi vetri devono inoltre essere opacizzati tramite una velatura a fuoco, ossia una colorazione omogenea che viene data alla tessera vitrea mediante applicazione di pigmenti colorati e successiva cottura. L'applicazione dei filtri alle vetrate, infatti, ha essenzialmente il compito di ridurre l'eccesso di luce proveniente dalle loro eventuali lacune, ripristinando le condizioni di migliore resa e di leggibilità delle immagini da esse costituite.

In sostituzione del vetro, per la realizzazione dei filtri, si possono utilizzare anche altri materiali dotati di caratteristiche di maggiore duttilità, di leggerezza, e di gamma cromatica, come sono ad esempio gli acrilati e i policarbonati.

Le tessere plurifratturate delle vetrate della chiesa di San Giovanni e Paolo, a Venezia, ad esempio, non sono state protette con un nuovo vetro di placcaggio, ma con un film di Paraloid B72 diluito al 50%. Questa tecnica non dà tuttavia sufficienti garanzie di durata, specie se il manufatto non è protetto da una ulteriore vetrata esterna.

#### **ESPERIENZE**

Milano, 1965-80, duomo. Le tessere plurifratturate sono state ricomposte e inserite entro due sottili vetri trasparenti incollati, lungo tutto il perimetro, alla tessera antica mediante resina siliconica.

Bologna, 1983, chiesa di San Giovanni in Monte. Le tessere sono quindi state provviste di un sottile vetro di supporto, per dare all'incollaggio maggiore solidità. I vetri di supporto sono stati uniti agli originali solo lungo il perimetro esterno, evitando incollaggi estesi alla loro intera superficie, in quanto difficilmente rimuovibili. Dove la grisaglia si era troppo assottigliata o le ridipinture a freddo erano cadute, si è intervenuti sovrapponendo a quelle antiche degradate nuove tessere velate a fuoco, dove necessario, e racchiuse in trafilé di piombo separate per permettere il passaggio dell'aria tra i vetri.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1987; Beccattini A. 1989, pp. 32-37; Brivio E., 1981 pp. 109-17; Corallini A., Bertuzzi V. 1994; Marchini G. (a cura di) 1977, pp. 190-94; Pirina C. (a cura di) 1986; Vilucchi S. 2000.

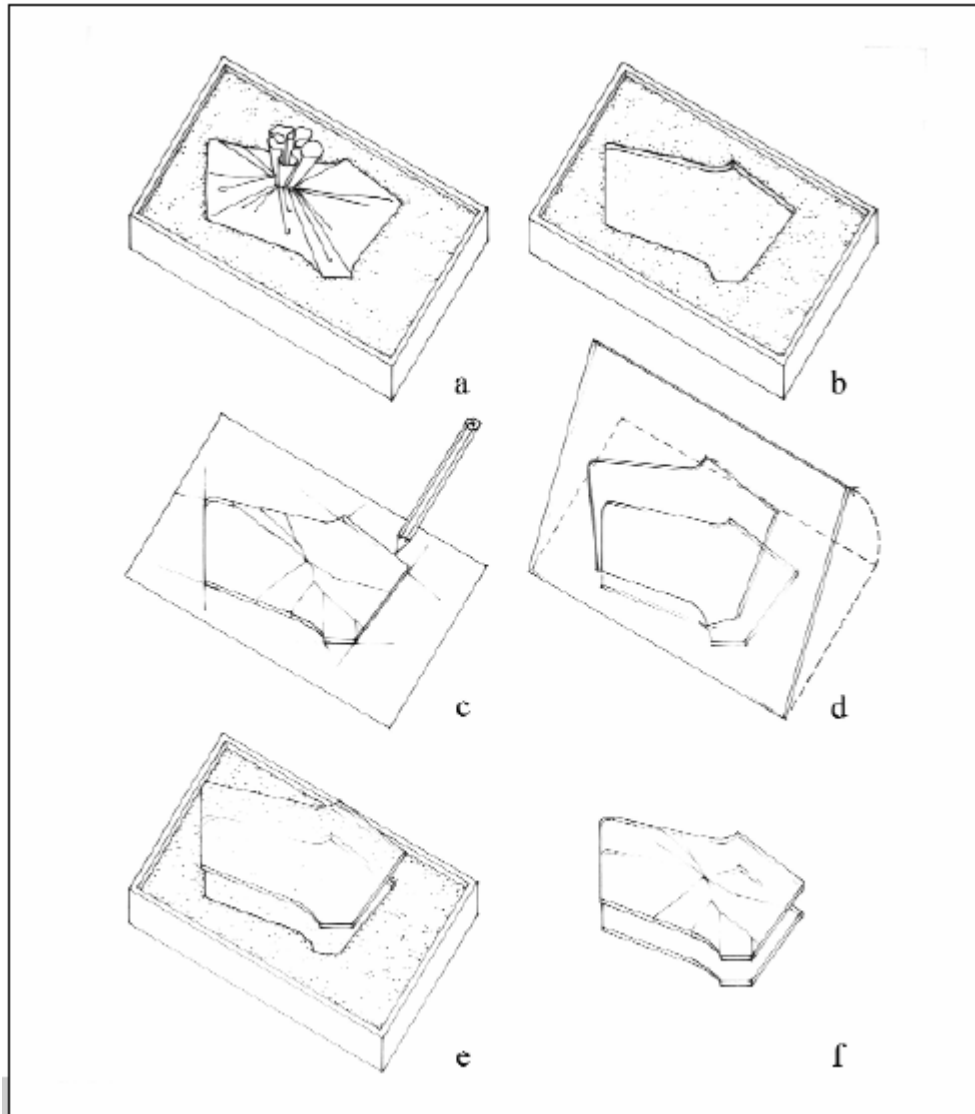


Figura 1 • a) Il vetro antico, avvolto in un sottile strato di nylon, viene pressato sull'impasto di gesso e terra refrattaria, con la faccia esterna rivolta verso il basso.

b) Dopo l'essiccazione, la forma è cotta in muffola, cioè senza il contatto con il fuoco, a circa 850 °C.

c) Si prepara una sagoma per il vetro di raddoppio, ponendo il vetro antico su di un cartoncino e ricalcandone i contorni.

d) Il cartoncino sagomato serve da modello per tagliare il pezzo di vetro nuovo.

e) Il vetro nuovo, trasparente e sottile (8-10 mm) come quello delle lastre da microscopio, è posto sulla forma precedentemente preparata e poi in forno, alla temperatura di circa 780 °C. In tal modo, il vetro assume la plasticità necessaria per adagiarsi perfettamente sulla forma stessa divenendone l'impronta esatta.

f) Infine, si fa combaciare il vetro di supporto al vetro antico, sigillandone il contorno con silicone trasparente e inserendo il tutto in un profilo di piombo più ampio dell'originale. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Quando due strati di un manufatto perdono di coesione e di aderenza, determinando aree di separazione più o meno localizzate o estese, un rimedio possibile risiede nell'inserire tra le facce del distacco un materiale in grado di ricostruire, sia pure artificialmente, la continuità tra gli strati e di restituire all'oggetto la monoliticità perduta o minacciata. L'adesivo impiegato dovrà avere, naturalmente, caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche compatibili con i materiali dell'oggetto da consolidare, restituendogli una resistenza adeguata alle sollecitazioni cui esso è sottoposto. Ma il principio applicativo di questa metodica risiede anche nell'impiegare sostanze adesive di fluidità tale da consentire una penetrazione profonda negli interstizi più remoti dei distacchi e nei pori del materiale ceramico.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I problemi di degrado riscontrati più frequentemente su materiali ceramici smaltati derivano dal deperimento e dalla caduta dello smalto. Tra le cause, vi possono essere:

- a) fattori "esterni", come i sali solubili, l'acqua, il gelo;
- b) non perfetti processi di cottura: lo smalto si può ritirare durante la cottura, o la sua dilatazione può essere minore di quella del biscotto.

I materiali che sono impiegati per riassicurare l'aderenza smalto-biscotto devono avere determinati requisiti:

- a) iniziale bassa viscosità e alta capacità di penetrazione;
- b) buone caratteristiche meccaniche;
- c) buona adesione;
- d) ritiro molto basso.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

I prodotti solitamente impiegati sono le resine acriliche (ad esempio il Paraloid B72) in quanto reversibili, hanno buona adesione e resistenza all'ingiallimento, caratteristiche non proprie dei consolidanti epossidici.

L'applicazione può avvenire per immersione, per iniezione o a pennello, secondo i casi. Ad esempio, se il pavimento maiolicato su cui si opera è "smontabile", le singole piastrelle saranno immerse nel prodotto diluito in un appropriato solvente (tricloretoano, xilene, acetato di amile) in percentuale variabile da 1 a 3%, altrimenti si procederà imbibendo a pennello il materiale fino a rifiuto; in questo caso la concentrazione del prodotto deve essere all'inizio molto bassa per garantire una penetrazione più profonda, poi sarà aumentata per far sì che la resina espleti le sue funzioni adesive e rinforzanti.

Ultimamente, nei restauri di materiali ceramici è stata utilizzata con buoni esiti una resina siliconica. La miscela è denominata BS 44 e contiene un monomero silanico e un oligomero silossanico. Questa, essendo un liquido molto fluido, penetra nei pori del materiale rendendoli idrofobici e impedendo ai sali di cristallizzare; essa ha anche la capacità di disperdere le colonie di alghe presenti nelle bolle non aperte e inoltre non mostra la tendenza ad ingiallire, cosa che

avviene dopo un paio di anni quando si impiegano resine tipo Paraloid B72, a causa dell'evaporazione del solvente.

I tempi e le procedure d'applicazione sono quelli degli altri prodotti; se però il distacco dello smalto è grande si aggiunge silice micronizzata per rendere più denso il BS 44 e si procede per iniezione, impiegando siringhe ipodermiche.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

A volte la superficie, al termine dell'intervento, è troppo lucida; per ovviare a questo inconveniente è necessario tamponare il rivestimento con il medesimo solvente impiegato per la resina.

Nonostante la tecnica fornisca spesso buoni risultati, è opportuno tener presente che essa si basa sull'aggiunta di un materiale, di natura organica, del tutto estraneo alla struttura inorganica degli oggetti ceramici e con caratteristiche meccaniche molto diverse. Di conseguenza, gli interventi dovranno tener conto dei possibili mutamenti di colore della resina e, soprattutto, della precarietà dell'effetto consolidante sulle superfici pavimentali esposte alle sollecitazioni dinamiche del calpestio, della caduta accidentale di oggetti duri e pesanti, dei carichi concentrati indotti dal mobilio.

#### **ESPERIENZE**

Piastrelle maiolicate di rivestimento a palazzo Giustiniani - Genova

Chiostrino maiolicato di Santa Chiara - Napoli

Pieve di S. Giusto in Piazzanese - Prato

Pavimentazione maiolicata di San Michele, Anacapri

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Agnini E. 1986; Bandini G. 1995; Boccia Paterakis A. 1999, pp. 147-56; Fabbri B., Ravanelli Guidotti C. 1993; Scotti B. I. 1992.

CHERIDO M.M., BOEL S., *Restauro conservativo della pavimentazione maiolicata della chiesa di S. Michele in Anacapri*, in *Pavimentazioni Storiche. Uso e conservazione*, Atti del convegno di studi Bressanone, Venezia 2006



**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

L'operazione di *consolidamento* si basa sulla capacità di un materiale di ristabilire la coesione perduta tra i vari elementi microstrutturali che costituiscono uno stesso composto. Quando invece il manufatto presenta problemi a livello superficiale, come ad esempio il distacco tra i vari strati, si rende necessaria un'operazione di *fissaggio* o *fermata*, possibile grazie alla capacità di un materiale di far riaderire e dunque unire nuovamente le varie parti riportandole alla posizione originaria. Nel primo caso faremo uso di un *consolidante* mentre nel secondo di un *adesivo*, materiali con caratteristiche peculiari e prestazioni molto diverse.

I consolidanti in linea generale vengono applicati allo stato liquido all'interno di un corpo poroso entro cui, passando allo stato solido, ristabiliscono una congrua coesione. Essi devono per tanto avere proprietà bagnanti per potersi diffondere e penetrare meglio, garantendo così una buona capacità d'impregnazione. Gli adesivi sono materiali che grazie alle loro caratteristiche permettono di creare particolari forze tra due superfici. Infatti attraverso la formazione di un film (giunto) vengono generate quelle forze attrattive che ristabiliscono la vera e propria adesione tra le due superfici messe così a contatto. Questa operazione non dovrebbe essere mai invasiva ma interessare sempre e solo l'interfaccia e non la microstruttura. Risulta implicito che le caratteristiche di un adesivo dovranno assicurare una minor penetrazione rispetto ad un consolidante ed è dunque necessario che esso abbia alti valori di tensione superficiale e una media viscosità.

I meccanismi di adesione dipendono, come quelli di consolidamento, dal tipo di materiale utilizzato. Possiamo per tanto osservare, nel nostro caso, meccanismi di presa dovuti principalmente all'evaporazione di un solvente nel caso di soluzione o emulsione (resine acriliche e viniliche, colle animali o vegetali) o a processi di fusione e solidificazione caratteristici nel caso di resine termoplastiche.

**CAMPI DI APPLICAZIONE***Dorature su gesso e stucco*

La caratteristica formulazione dei manufatti in gesso e in stucco, basata su una miscela minerale composta da un legante e una carica inerte a granulometria variabile, può subire a causa di fattori esterni un deterioramento in cui l'impasto stesso perde di coesione, provocando disgregazioni e microfratture o addirittura una sua parziale solubilizzazione. Tale tipo di degrado non può che influenzare direttamente la doratura e la sua preparazione posta immediatamente al di sopra dell'impasto.

Dunque gli interventi necessari riguardano di norma il consolidamento della composizione microstrutturale dell'impasto decoeso e successivamente la fermata localizzata di quelle parti sollevate che interessano solo la superficie del manufatto. Nel primo caso si dovrà fare uso di un materiale consolidante mentre, nel secondo sarà necessario utilizzare un adesivo. Si ribadisce qui l'importanza di individuare e distinguere l'operazione di consolidamento da quella di adesione in modo tale da intervenire consapevolmente secondo la necessità.

*Dorature su pietra*

Le problematiche di una doratura eseguita su un supporto lapideo naturalmente dipendono in parte dal tipo di supporto ma anche e soprattutto dal tipo di tecnica usata (doratura eseguita a guazzo o con vari tipi di missione ma talvolta anche con cera o altre tecniche particolari) e ovviamente dal degrado che i materiali costitutivi hanno subito.

Prima di effettuare il consolidamento della doratura di un manufatto lapideo si dovrà provvedere, dove necessario, a risolvere i problemi di decoesione microstrutturale della pietra (vedi scheda specifica) attraverso una metodologia e con materiali che non interagiscono con la doratura. In presenza di sollevamenti a scaglie delle parti dorate, si dovrà procedere alla riadesione delle stesse tenendo presente le caratteristiche specifiche del manufatto, dal momento che la natura di tali sollevamenti si differenzia anche in base alla tecnica utilizzata per l'esecuzione della doratura e alla presenza o meno di uno strato preparatorio tra la foglia metallica e la pietra.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

### ***La doratura su gesso e stucco***

#### *Il consolidamento*

Considerando il manufatto nella sua globalità bisogna prima di tutto preoccuparsi del degrado strutturale provvedendo, se necessario, al vero e proprio consolidamento della struttura dove e quando vi siano evidenti fenomeni di decoesione. Tale procedimento deve avvenire valutando la sensibilità al mezzo acquoso del manufatto nella sua interezza, in modo tale da poter scegliere di conseguenza un consolidante adatto a tale contesto.

A seconda della gravità della decoesione sarà necessaria una velinatura precauzionale eseguita con carta giapponese onde evitare che frammenti superficiali poco stabili si perdano o si sollevino ulteriormente.

Nel caso di manufatti in gesso, per facilitare una maggiore penetrabilità e diffusione del consolidante proteico (colle animali), è bene far precedere all'intervento di consolidamento vero e proprio, alcune infiltrazioni di un veicolante idroalcolico.

Il calore diffuso dal termocauterico oltre a diminuire la viscosità del consolidante e dunque ad aumentarne la penetrabilità, elimina l'umidità residua indotta sia dal veicolante sia dal consolidante stesso, facilitandone l'evaporazione.

Nel caso in cui il manufatto si sia dimostrato particolarmente sensibile al mezzo acquoso dovremo orientare la nostra scelta verso le resine in soluzione, scegliendo il solvente idoneo al caso specifico.

L'applicazione risulta alquanto simile, anche in questo caso andrà valutata con estrema attenzione la temperatura del termocauterico, da regolarsi in relazione al tipo di resina scelta.

Per quanto riguarda invece il caso di manufatti in stucco, se presente un fenomeno di decoesione grave al di sotto della doratura, si può valutare di effettuare un consolidamento mediante micro iniezioni di idrossido di calcio nanofasico, disperso in soluzione alcolica. Gli studi più recenti hanno mostrato ottimi risultati con l'utilizzo di alcol isopropilico, anche in presenza di sali.

#### *La fermatura*

L'operazione di fermatura si pone un obiettivo molto diverso rispetto a quella del consolidamento. Il materiale utilizzato dovrà ricreare una adesione tra superfici distaccate mediante la formazione di un giunto. Se la precarietà del sollevamento o del frammento lo richiede è consigliabile eseguire sempre una velinatura provvisoria.

Valutata la sensibilità del manufatto al mezzo acquoso sceglieremo l'adesivo idoneo.

Le colle animali o le resine in emulsione andranno preparate con una concentrazione tale da non farle penetrare in modo eccessivo. Potrebbe essere necessario, anche in questo caso la veicolazione di una soluzione idroalcolica prima di iniettare l'adesivo o attraverso le fenditure esistenti oppure aprendo due piccoli fori, uno per l'entrata e l'altro per l'uscita. Successivamente, interponendo un foglio di carta distaccante immetteremo calore sulla zona così trattata attraverso l'uso del termocauterico. In questo modo si solleciterà l'evaporazione dell'umidità indotta dal veicolante e dall'adesivo, favorendo anche la formazione di un giunto sottile in grado di far riaderire

le due superfici distaccate. L'operazione di asciugatura e di riposizionamento delle scaglie deve avvenire in questo caso contemporaneamente.

Nel caso in cui si sia optato per una resina in soluzione, a causa di una eccessiva sensibilità del manufatto al mezzo acquoso, si sfrutteranno senza dubbio anche quelle caratteristiche peculiari di tali materiali come ad esempio il loro carattere termoplastico. Eseguita, se necessaria, una velinatura, si procederà ad una veicolazione con lo stesso solvente con cui è disciolta la resina. Immediatamente dopo si potrà iniettare l'adesivo. A quel punto, considerando le specifiche caratteristiche del solvente se ne attenderà la totale evaporazione. Con il termocauterio regolato ad una temperatura che è specifica per ogni prodotto termoplastico, si andrà a "riattivare" la resina che, a contatto con il calore, ritornerà allo stato fluido permettendoci di lavorare sul giunto in modo da riposizionare i singoli frammenti e riadagiare i sollevamenti.

### **La doratura su pietra**

#### *Il consolidamento e la fermatura*

Nel nostro caso, quando e se esiste un problema di decoesione, di norma interessa principalmente il substrato lapideo che a sua volta è poi in grado di generare altri tipi di degrado correlati però normalmente a problematiche di adesione piuttosto che di coesione. È dunque importante capire e distinguere il tipo di degrado e se necessario eseguire un consolidamento strutturale del materiale lapideo (vedi scheda specifica) tenendo bene in considerazione l'interazione di quel consolidante con la doratura lì presente.

Il caso applicativo più frequente su una doratura eseguita su pietra è senza dubbio la fermatura di scaglie e sollevamenti che interessano solo gli strati componenti la doratura e che richiede l'uso esclusivo di adesivi.

In ogni caso è necessario prima di tutto valutare la sensibilità della doratura al mezzo acquoso. Nel caso di una doratura a guazzo avremo probabilmente la necessità, durante gli interventi, di fornire il minor apporto di acqua, mentre una doratura a missione, in linea generale, manifesterà una sensibilità inferiore proprio per la composizione particolare e specifica della missione stessa.

Se la superficie interessata al sollevamento risulta poco o per nulla sensibile al mezzo acquoso si potrà utilizzare come adesivo un materiale proteico naturale o una resina in emulsione. La dimensione della scaglia o del sollevamento o ancora della bolla presente, determina il tipo di applicazione dell'adesivo scelto. Se il sollevamento è di media grandezza può permettere l'iniezione dell'adesivo mediante siringa, mentre ciò non risulta possibile ogni qual volta i sollevamenti sono troppo diffusi e microscopici. In questo caso, in realtà non così raro, risulta necessario provvedere alla stesura dell'adesivo in modo molto meno selettivo rispetto al caso precedente. In tale casistica infatti l'adesivo viene steso a pennello o vaporizzato, facendo così in modo che esso si depositi sulle superfici attraverso gocce microscopiche. Può essere utile interporre un film plastico protettivo e con funzione distaccante per poter far riadagiare con stecca d'osso le scaglie sollevate. In entrambi i casi sarà comunque consigliabile l'apporto controllato di calore mediante l'uso del termocauterio che, rendendo più fluidi i collanti, permetterà la loro penetrazione attraverso le microfessure superficiali della doratura. È importante, ad asciugatura avvenuta, asportare dalla superficie ogni residuo di adesivo che con il tempo potrebbe dar luogo a tensioni e vistose alterazioni non solo cromatiche.

Nel caso di una eccessiva sensibilità della doratura al mezzo acquoso, dovremo indirizzarci verso un adesivo che non immetta sulla superficie tale elemento facendo uso di resine in soluzione.

Sarà comunque necessario veicolare parzialmente l'adesivo mediante lo stesso solvente che lo discioglie e che non dovrà interagire con il substrato, per poi iniettare il vero e proprio adesivo nel luogo che ne richiede la presenza. Una volta evaporato il solvente, si riattiverà la resina attraverso il calore del termocauterio, interponendo sempre una pellicola distaccante. La temperatura indotta su quel punto dovrà essere calibrata a seconda del tipo di resina termoplastica utilizzata.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

#### *Dorature su gesso e stucco*

Oltre a ribadire la necessità di distinguere una operazione di consolidamento da quella di sola adesione, si vuole qui sottolineare l'importanza che si deve sempre porre nella preparazione dei

materiali prescelti. Abbiamo visto che spesso si può usare una resina in emulsione sia per eseguire un consolidamento sia per effettuare una fermatura, pur essendo operazioni molto diverse. La differenza dunque sta solo ed esclusivamente nella preparazione e nella capacità dell'operatore di calibrare e variare le proprietà del materiale. Capacità bagnante e dunque tensione superficiale, viscosità e quindi concentrazione del prodotto, evaporazione del solvente e temperatura indotta saranno quei parametri da tenere in considerazione proprio perché in grado di variare anche completamente le proprietà del prodotto scelto.

Accorgimenti e varianti dipenderanno quindi proprio da queste caratteristiche oltre che dalla sensibilità del manufatto al mezzo acquoso che, come abbiamo visto può influenzare la possibilità di impiego di tali prodotti.

Tra i limiti più significativi dobbiamo indicare la difficoltà di eseguire un consolidamento in modo omogeneo e in profondità oltre alla sua discussa reversibilità. Tali problematiche risultano implicite però per tutti i casi di consolidamento. Più specifici risultano invece i limiti caratteristici di ogni materiale utilizzato sia come consolidante sia come adesivo. Per le colle animali esiste il reale problema dell'attacco biologico mentre per le resine sintetiche quello della loro alterazione cromatica. Per entrambe, tali problematiche si manifestano in particolari condizioni che vanno dunque conosciute e preventivamente affrontate, senza rendere necessaria l'esclusione arbitraria di tali materiali.

### *Dorature su pietra*

Tra gli accorgimenti necessari al fine di una buona riuscita non solo tecnica ma anche estetica vi è sicuramente la considerazione della possibile interazione tra il consolidante usato per il substrato (la pietra) e la doratura sovrastante. Un'altra avvertenza da considerare per un qualsiasi trattamento da eseguirsi su un manufatto lapideo è la sua ubicazione in ambienti esterni. Tale elemento non potrà che influenzare le nostre scelte metodologiche, portandoci a considerare con particolare attenzione la sensibilità dei materiali da noi utilizzati a quello specifico ambiente in modo da cercare di prevenire il degrado degli stessi.

Un ulteriore accorgimento per evitare di peggiorare un degrado che il nostro intervento dovrebbe attenuare o debellare è quello di conoscere e valutare con precisione la forza del giunto adesivo da creare nello specifico caso. Ricordiamo per tanto che la forza richiesta al giunto dipende sempre e soprattutto dal tipo di superficie che esso deve unire. Ad esempio per corpi laminari di materiali leggeri il giunto sarà sempre, già per sé stesso, più spesso rispetto alle masse da unire e quindi sarà sufficiente l'utilizzo di un adesivo piuttosto debole. Bisogna considerare infatti che se eccessivamente forte esso potrebbe o deformare le superfici dei corpi laminari oppure creare delle tensioni tra il giunto stesso e le sue parti più periferiche determinando in fase di asciugatura addirittura altre rotture.

Oltre a tali problematiche come abbiamo espresso nell'esposizione dell'applicazione, a volte non risulta semplice eseguire l'operazione di fermatura in modo localizzato e di conseguenza risulta difficile rendere l'intervento poco invasivo. Questo limite può però essere ovviato cercando di limitare l'eccesso di adesivo tenendo in considerazione, oltre a tutti gli altri parametri già descritti, anche quello della concentrazione cioè la specifica quantità di soluto nel solvente.

## **ESPERIENZE**

### *Dorature su pietra*

Asti parrocchiale di Maria Ausiliatrice, *Incoronazione della Vergine*, scultura in arenaria policroma (primo decennio XV secolo).

Torino, Duomo. Monumenti funebri dei Vescovi di Romagnano (1497 - 1510).

Milano, Museo del Castello Sforzesco. Analisi ed interventi preliminari sul Monumento equestre di Bernabò Visconti (1360 circa).

### *Doratura su gesso e stucchi*

Chiusa Pesio, Cuneo, Certosa. Affreschi e stucchi sec.XVI -XVII del presbiterio, della volta, del catino e della navata.

Torino, Castello del Valentino, Aula magna: affreschi dei Fratelli Bianchi e stucchi dorati. Sala

Verde: affreschi e stucchi dipinti e dorati.

Masserano, Vercelli. Palazzo comunale. Affreschi e stucchi sec. XVII.

Torino, Palazzo Reale. Salotto Cinese. Dipinti ad olio di Francesco Beaumont sulla volta con stucchi dorati.

Vicoforte, Cuneo, Santuario. Affreschi, decorazioni e dorature della cupola e del cupolino, sec XVIII.

Torino, Duomo. Cappella di San Giovanni affreschi del Casella e stucchi seicenteschi ridorati a foglia nel XIX sec.

Torino, Museo del Risorgimento. Sala del Parlamento Subalpino, affreschi, stucchi e dorature della volta e delle pareti, sec XIX.

Torino, Palazzo Carignano. Appartamento dei Principi. Affreschi di Stefano Maria Legnani, stucchi dipinti e dorati e boiserie.

Torino. Castello del Valentino. Sala del Valentino. Affreschi di Isidoro Bianchi e stucchi dorati alla mecca.

Torino. San Francesco da Paola. Stucchi dipinti e dorati del Gautier, 1824.

Torino. Chiesa di San Massimo. Cappella di San Giuda Taddeo e Cappella della Consolata. Decorazioni a finto marmo con stucchi dorati, sec XIX.

Torino, Villa della Regina. Appartamento di Sua Maestà, Camera da letto verso. Pitture murali ad olio di Claude Beaumont e Stucchi dorati.

Torino, Villa della Regina. Appartamento di Sua Maestà, Gabinetto verso mezzanotte e Ponente alla China – Stucchi dorati, dipinti murali, boiserie laccate e dorate, Pietro Massa.

Torino, Palazzo Madama. Sala Guidobono, affreschi della volta firmati e datati 1714 e degli sguinci delle finestre con decorazioni a lamina d'oro.

Torino, Palazzo Madama. Sala Quattro Stagioni, stucchi e dipinti a tempera e ad olio della volta con dorature a foglia, sec XVIII.

Torino, Palazzo Madama. Veranda Sud, affreschi e stucchi della volta con dorature a foglia, sec. XVIII.

Torino, Palazzo Madama. Gabinetto Rotondo. Decorazioni e stucchi ridorati della volta, boiserie, sec. XVII- XVIII.

Torino, Palazzo Madama. Camera della Galleria. Stucchi con dorature del cornicione, boiserie sec XVIII- XIX.

Torino, Teatro Carignano – Plafone, palchi e loggione. Dorature su legno, cartapesta, stucco, sec XIX.

Maretto, Asti. Confraternita di Santa Croce. Altare in stucco policromo e dorato, sec XVII.

Cervasca, Cuneo. Chiesa Madonna degli Alpini. Altare in stucco policromo e dorato, sec XVIII.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

La bibliografia non prevede volutamente testi sulla tecnica artistica ma si limita a proporre degli approfondimenti sui materiali e sulle operazioni di consolidamento e di adesione tradizionalmente utilizzati nelle casistiche più diffuse e dunque, pur non essendo esplicitamente citate, comprendenti anche quelle da noi trattate.

Houwink R., Salomon G., *Adhesion and adhesives*, 2 voll., Elsevier Pub. Co., Amsterdam 1967.

Berger G., *Testing adhesives for the consolidation of paintings*, in "Studies in Conservation", 17, 1972, pp. 173-194.

Feller R.L., *Studies on the photochemical stability of thermoplastic resins*, in ICOM, 4<sup>th</sup> Triennial Meeting, Venezia 1975, 75/22/3.

Skeist I., *Handbook of Adhesives*, 2<sup>nd</sup> ed., Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1977.

AA.VV., *Tecniche di esecuzione e materiali costitutivi, Corso sulla manutenzione di dipinti murali, mosaici, stucchi*. DIMOS parte I, 1978, ICR, Roma.

Mark H. F., *Cohesive and adhesive strenght of polimers*, Part. 1°, in "Adhesives Age", 22, 1979, pp. 35-38.

Feller R. L., *Thermoplastic polymers currently in use as protective coatings and potential directions for further research*, "ICCOM Bulletin", 10, 1984, pp. 5-18.

- Matteini M., *Le problematiche generali per il consolidamento e l'adesione nel restauro di pitture su supporti diversi*, Quaderni di SKILL - ENAIP Lombardia, 1988, pp. 20-31.
- Turco A., *Il gesso: lavorazione, trasformazione impieghi: forme, stampi, impronte, marmo artificiale, conglomerati leggeri, gesso espanso, lastre e pannelli, intonaci per l'edilizia, prefabbricati, pavimentazioni, bassorilievi, stucchi*, Hoepli, Milano, 1990.
- Arcolao L., *Le ricette del restauro: malte, intonaci, stucchi dal XV al XIX secolo*, Marsilio, Venezia 1998.
- Nicola A. R., Pisano N., Parodi V., *Indagini e interventi preliminari per la conoscenza e il restauro dell'arca di Bernabò Visconti*, in AA.VV. "L'arca di Bernabò Visconti al Castello Sforzesco di Milano", Ed. Silvana Editoriale, Novembre 2001.
- Dei L., Salvadori B., Arlango E., Pietropoli F., Scardellato C., *Gli affreschi del XIII e XIV secolo nella cripta di san Zeno a Verona: la sperimentazione della nano calce dispersa in alcol isopropilico durante l'intervento conservativo*, Atti convegno Scienza e beni culturali XXI, 2005.
- Dei L., Macherelli A., Moret E., Salvadori B., *Idrossido di calcio nanofasico per il consolidamento di affreschi e lapidei carbonatici: risultati e prospettive di studio*. IV congresso nazionale IGIC- Lo stato dell'Arte, Siena, 28-30 Settembre 2006.
- Nicola A. R., Parodi V., *Il gabinetto verso Mezzanotte e Ponente alla China - note sul restauro*, in AA.VV. Villa della Regina "Il riflesso dell'oriente nel Piemonte del Settecento" a cura di Lucia Caterina e Cristina Mossetti, Ed. Umberto Allemandi &C, Torino, Dicembre 2005.
- Anna Rosa Nicola e Nicola Pisano *"Rielaborazione di procedimenti per il fissaggio e la pulitura adottati per il restauro della volta della Sala Quattro Stagioni, nel Palazzo Madama di Torino"* in AA.VV. Lo Stato dell'Arte. Atti del IV Congresso nazionale IGIC, Nardini Editore, Siena Settembre 2006.
- Nicola A. R., *Il restauro delle verande*, pp.238-240; *Sala Quattro Stagioni: un restauro complesso*, pp.254-257) *Sala Guidobono: il restauro della volta*, pp.270-273; in AA.VV. "Palazzo Madama a Torino. Dal restauro al nuovo museo, a cura di Enrica Pagella e Carlo Viano", Silvana Editoriale, Cinisello Balsamo, Milano, Ottobre 2010.

## Sommario

PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE

In un manufatto ligneo il consolidamento della superficie dorata è un'importante operazione da compiersi quando si riscontrano fenomeni di decoesione e distacco della doratura.

Tali condizioni sono gli effetti di una serie variabilmente complessa di fattori ambientali, costitutivi, antropici ecc., che potrebbero condurre a più gravi deterioramenti, con caduta e perdita di porzioni di doratura. Il procedimento di consolidamento intende restituire una diffusa stabilità a un insieme polimaterico complesso, nel quale si ritrovano in strati anche di minimo spessore materiali chimicamente e fisicamente diversi fra loro, come gesso e bolo (argilla di vari colori costituita da silicati più o meno ferrosi di alluminio) uniti a colle animali, ma anche, come componenti utilizzati nella tecnica a "missione": oli siccativi, vernici naturali, cere, oltre che la lamina metallica.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

In qualsiasi opera lignea dorata si può procedere al consolidamento, ma si devono prevedere particolari accorgimenti connessi con la configurazione della superficie, che può essere piana, modanata, modellata dal bassorilievo al tutt'otondo e alla tecnica di esecuzione della doratura stessa, vale a dire "a guazzo", oppure "a missione".

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La tecnica non prevede un protocollo unico, ma, fatti salvi criteri metodologicamente accettati e consueti, si cambia in ragione della complessa variabilità tipica degli interventi di restauro. Nella scelta operativa e dei possibili consolidanti hanno rilevanza la valutazione delle condizioni dell'opera, l'individuazione dei fattori di deterioramento, oltre al riconoscimento della tecnica applicativa della lamina.

Infatti, ai fini di un intervento corretto, si deve tenere conto della maggiore sensibilità della doratura a guazzo e di quella a missione, rispettivamente nei confronti di acqua e di calore.

Il consolidamento dovrà agire prevalentemente sullo strato di gesso e colla (ammannitura) conferendone coesione e adesione e potrà compiersi per *inoculazione* di consolidanti fluidi, per *penetrazione* di consolidanti termoplastici o fluidi, oppure per penetrazione di consolidanti fluidi con la *tecnica del sottovuoto*.

Questi tre metodi potranno essere applicati singolarmente, oppure in modo complementare. La procedura per *inoculazione* è la più sperimentata e consueta ed è valida sia per la doratura a guazzo che a missione.

Utilizzando microsiringhe s'iniettano quantitativi di consolidante direttamente all'interno delle fessurazioni o dei microsollevarimenti, in modo da poter diffondere l'adesivo prescelto nella zona compresa fra l'ammannitura e il substrato ligneo (fig. 1). Per garantire un contatto diffuso si deve esercitare una leggera pressione utilizzando un tampone di cotone idrofilo, agendo sulla parte interessata; si deve poi avere cura di rimuovere le eventuali fuoriuscite del consolidante, sempre tamponando, e valutare l'opportunità di disporre sulla zona trattata e protetta con carta giapponese (o *Melinex*) dei piccoli pesi di grammatura adeguata, per un periodo sufficiente all'effettiva adesione del materiale impiegato (fig. 2).

Per il metodo dell'*inoculazione* possono essere scelti diversi consolidanti seguendo criteri di efficacia e compatibilità e avendo cura di verificare i parametri di concentrazione in soluzione e la temperatura di utilizzo.

Tale scelta può riguardare materiali naturali e sintetici: colle animali (colletta), resine, alcoli polivinilici (fig. 3).

Le colle animali (coniglio, pelli, pesce) sono da prepararsi con percentuali variabili dal 10% al 24% circa del peso secco in litro di acqua, da sciogliere a bagnomaria e utilizzare a temperatura tiepida intorno ai 40 °C. Per le resine acriliche esistono schede tecniche, le quali indicano oltre alle caratteristiche del prodotto anche i metodi della loro solubilità; possono essere, infatti, miscelabili in acqua oppure in solvente organico e utilizzate a temperatura ambiente.

Ad esempio il Primal AC33 (o Primal B60A) è un'emulsione acrilica miscibile in acqua, mentre Plexisol P550 è una resina acrilica miscibile in benzina.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per un consolidamento che presenti problemi legati al fattore umidità può essere utilizzato alcol-polivinilico (resina ottenuta per saponificazione del polivinile-acetato).

La procedura per penetrazione di un consolidante anche termoplastico è preferibile nel caso si riscontrino sollevamenti chiusi, a bolla, e prevede l'utilizzo di un termocauterio (o spatola calda) il cui calore è regolato tramite termostato e diffuso da un piedino metallico, di forme e dimensioni variabili e dunque adattabile a diversi tipi di superficie. Con opportuna regolazione, intorno a 70 °C, questo piccolo piede serve a far sciogliere la "cera-resina", un composto di cera d'api addizionata con resina *dammar* o mastice o colofonia, che pur essendo solido a temperatura ambiente, è termoplastico. Questa "cera-resina" è ridotta in scaglie di piccole dimensioni e di volta in volta apposta su carta giapponese e fatta liquefare sulla superficie da trattare, dal contatto col piedino caldo, in modo che si diffonda in profondità.

In questa fase è importante anche la modulazione dell'appoggio del piedino, il cui sfregamento è ammortizzato dalla carta giapponese, che svolge, in sicurezza, un'azione di leggera compressione sui possibili sollevamenti. Nelle ore successive al termine dell'operazione le eccedenze di "cera-resina", incluse nella carta giapponese, possono essere rimosse utilizzando un tampone di cotone idrofilo con essenza di petrolio.

Complessivamente questa procedura è consigliabile su superfici dorate con la tecnica del guazzo; inoltre l'utilizzo del termocauterio può essere utile per facilitare la fermatura di sollevamenti trattati con "colletta", soprattutto su superfici verticali (fig. 4).

Infine, il sistema del sottovuoto prevede la conoscenza e messa a punto di una complessa apparecchiatura che crea un sistema di decompressione all'interno di un sacco di nylon, contenente l'opera da trattare, nel quale affluisce un consolidante liquido che penetrerà così in modo omogeneo all'interno della struttura fisica del manufatto. I consolidanti utilizzabili possono essere sia "colletta", che resine acriliche come Plexisol 550.

Tale metodica presuppone una grande padronanza di utilizzo della strumentazione, dove è fondamentale l'accurata preparazione del sacco, ma soprattutto la corretta regolazione della pressione, che modulata in maniera non idonea, potrebbe produrre sia macro-stress, con fratture strutturali del supporto ligneo, sia micro-stress a carico della pellicola dorata, che potrebbe subire modificazioni e avvallamenti, in corrispondenza delle zone erose dagli insetti xilofagi.

È d'altra parte il metodo che garantisce la capillare diffusione del consolidante, ma in considerazione della complessità delle fasi operative questa è una procedura che si attua soprattutto in situazioni di diffuso e grave stato di decoesione o distacco dello strato preparatorio, oppure quando si riscontra una presenza simultanea di parti dorate e dipinte, come nelle tavole a fondo oro. L'intervento invece può diventare eccessivamente complesso nel caso di opere con volumi accentuati di intaglio o tuttotondo.

### **ESPERIENZE**

Fra gli innumerevoli interventi di restauro eseguiti su opere lignee dorate, segnaliamo i seguenti: Firenze, Museo nazionale del Bargello, *Santo Vescovo*, scultura lignea, secolo XIV.

Manciano (GR), Ciborio di Montemerano, legno dorato e policromo.

Lorenzo di Bicci, *Gli Evangelisti Giovanni, Matteo, Marco*, tavole lignee quadrilobate dipinte a fondo oro.

Croce dipinta delle Montalve, secolo XIII, dipinto su tavola.



**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Berger G. 1972, pp. 173-94; Feller R. L. 1975; Houwink R., Salomon G. 1967; Mark H. F. 1979, pp. 35-38;

Matteini M. 1988, pp. 20-31; Nakhla S. M. 1986, pp. 38-41; Skeist I. 1977.

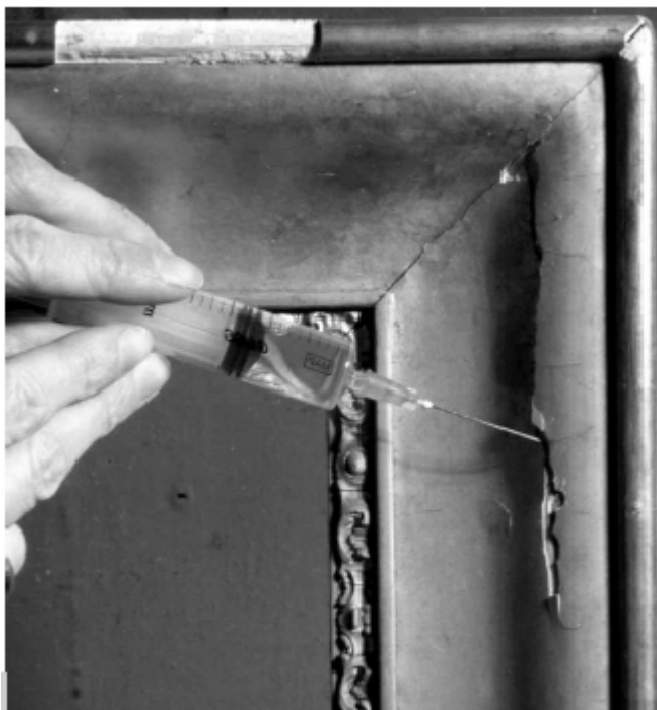


Figura 1 • Cornice lignea gessata e dorata. In via preliminare, si inietta un veicolante idroalcolico per facilitare la penetrazione e la diffusione del consolidante. (NIP)

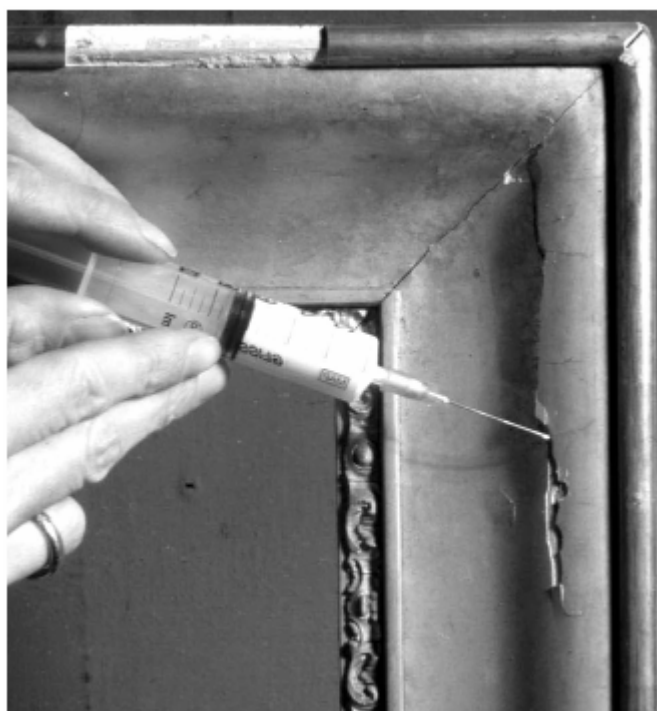


Figura 2 • Dopo il veicolante idroalcolico si inietta il consolidante (in questo caso, di sintesi) in emulsione acquosa. (NIP)



Figura 3 • Consolidamento di doratura per inoculazione di colla animale. (OPD)

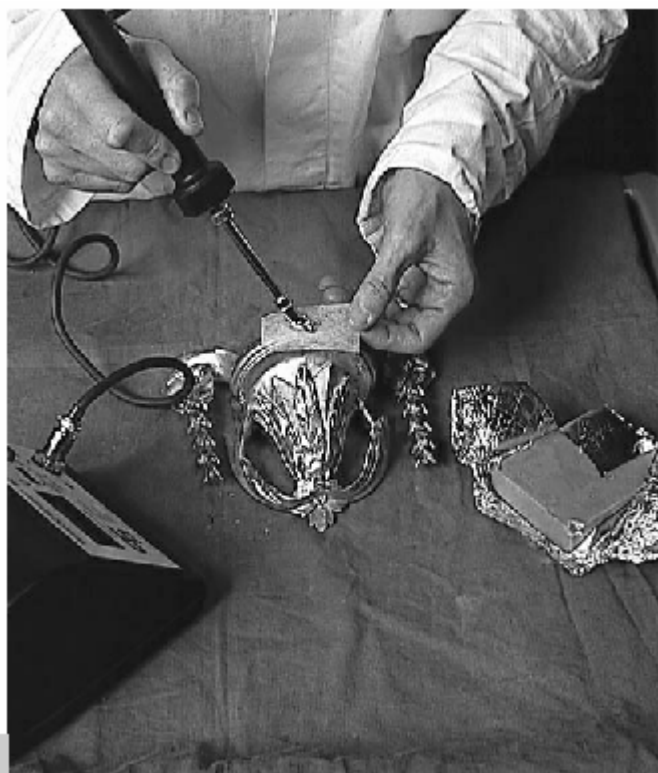


Figura 4 • Consolidamento di doratura con l'ausilio di termocauterio. (OPD)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Solitamente con il termine consolidamento sono intesi tutti gli interventi di tipo conservativo in grado di restituire solidità e compattezza al manufatto. In realtà il *consolidamento* è quell'operazione in grado di ridare coesione agli elementi microstrutturali di un unico composto, in questo caso il gesso e la colla costituenti la preparazione, mentre il ripristino dell'adesione tra due composti singoli e separati, come il legno e lo strato di preparazione oppure tra lo strato di preparazione e la foglia metallica della doratura, è detto *fissaggio* o *fermatura*.

Queste operazioni prevedono nel primo caso l'utilizzo di un *consolidante* che dovrà avere una buona capacità di penetrazione in grado di assicurarne una diffusione il più possibile omogenea; nel secondo caso invece si dovrebbe prevedere l'uso di un *adesivo* capace di rimanere maggiormente in superficie per non compromettere caratteristiche e peculiarità dei due composti da far riaderire.

Spesso, in queste specifiche circostanze, le uniche differenze tra consolidante e adesivo sono la *viscosità* e la *tensione superficiale*, vale a dire quei due parametri che determinano la capacità di bagnare una superficie e dunque di penetrarla. Un terzo parametro è sicuramente la concentrazione del prodotto. Ciò non esclude di conseguenza che uno stesso materiale opportunamente diluito possa essere utilizzato sia come consolidante sia come adesivo. La tensione superficiale è una forza che tende a far contrarre per motivi fisici le superfici dei liquidi, dunque appare chiaro che maggiore è la contrazione del liquido, minore è la sua capacità di bagnare una superficie e viceversa. A valori di tensione superficiale molto alti corrisponderà una bassa proprietà bagnante. Ogni liquido ha un valore specifico e caratteristico di tensione superficiale che però può essere ridotto attraverso l'aggiunta di un tensioattivo, il quale per peculiari proprietà è in grado di aumentare la proprietà bagnante del liquido.

La viscosità è una grandezza specifica di ogni liquido e soluzione e individua l'attrito che si genera tra i piani intermolecolari dello stesso, a causa di un movimento indotto. Essa dipende dalla grandezza delle molecole e dalle loro forze di attrazione ed è sempre molto sensibile alle variazioni di temperatura: infatti, all'aumentare della temperatura diminuisce la viscosità.

Nel caso in cui dovremo provvedere a consolidare la preparazione, utilizzeremo un materiale che avrà forti proprietà bagnanti e dunque una minore tensione superficiale, ma anche una bassa viscosità che, a seconda del materiale, potrà essere determinata dall'aumento della temperatura e dalla concentrazione.

Per il fissaggio o fermatura, l'adesivo scelto dovrà possedere valori di tensione superficiale piuttosto alti, dunque un minor potere bagnante e una maggiore viscosità.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Un manufatto di legno dorato subisce spesso gravi fenomeni di degrado principalmente a causa di fattori termoigrometrici che determinano dilatazioni e compressioni della fibra lignea, in seguito all'assorbimento e al rilascio di umidità da parte di materiali fortemente igroscopici, come il gesso e il bolo. Queste condizioni provocano svariate conseguenze come ad esempio la rottura della preparazione che, non essendo un materiale particolarmente elastico, non segue i movimenti del legno e quindi determina cadute e rotture della superficie dorata. La stessa preparazione, in seguito all'assorbimento di umidità, tende a dilatarsi e dunque ad aumentare di volume provocando nuove tensioni e fratture. Oltre a ciò l'assorbimento d'acqua può generare un vero e proprio dilavamento, determinando un indebolimento anche radicale del legante proteico della

preparazione e talvolta anche una sua alterazione in seguito all'attacco di microrganismi. Di conseguenza lo strato preparatorio non si rompe ma sfarina, perdendo di compattezza. Spesso tale circostanza tende a interessare anche lo strato del bolo.

Nel primo caso, con il manifestarsi di rotture e cadute che interessano la superficie dorata e la preparazione, si provvederà a eseguire il fissaggio o fermatura facendo riaderire le varie parti interessate al distacco. Nel secondo caso, di fronte a uno sfarinamento vistoso del gesso e del bolo, si dovrà procedere a un vero e proprio consolidamento cercando di ripristinare, per quanto possibile, la coesione tra i componenti della preparazione.

L'interazione tra i fattori di degrado determina spesso nella pratica l'interazione delle stesse operazioni appena descritte.

In alcuni casi il prodotto usato per il consolidamento può avere un effetto adesivo sufficiente per una fermatura, mentre la scarsa penetrabilità di un adesivo non permette mai di ottenere un'adeguata azione consolidante.

Elemento discriminante per la scelta dei prodotti da utilizzare è senza dubbio la sensibilità che i materiali costitutivi del manufatto hanno nei confronti del mezzo acquoso.

Dal momento che il gesso, la colla animale e il bolo sono intrinsecamente sensibili all'acqua, dovranno essere adottati idonei accorgimenti anche nella metodologia applicativa. In molti casi, infatti, il mezzo acquoso risulta, per svariati motivi, preferibile all'utilizzo di resine dissolte in solventi.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Affinché gli interventi di consolidamento negli strati preparatori e il fissaggio della foglia d'oro abbiano successo e durata, è indispensabile che il supporto ligneo di base risulti stabile e dunque, se necessario, sia stato adeguatamente risanato (v. CSD 05 - Impregnazione con resine stese a pennello).

La presenza di rotture e fenditure insieme all'attacco da parte di insetti xilofagi, determina, infatti, un'instabilità e una perdita di consistenza del legno, compromettendo la tenuta del consolidamento della preparazione e di conseguenza del fissaggio della foglia dorata.

È difficile pensare a un consolidamento uniforme e generalizzato su tutta la preparazione, in quanto essa è quasi interamente nascosta sotto alla lamina metallica. Oltre ovviamente a sfruttare le fenditure già esistenti, qualora se ne verificasse la necessità, sulla superficie si possono eseguire in più zone due fori, uno per l'entrata e l'altro per l'uscita del liquido, affinché il materiale iniettato raggiunga in ogni caso e in più punti la preparazione. Qualora necessario, l'intervento dovrà essere preceduto da velinature interinali per impedire ulteriori fratture o il distacco delle scaglie sollevate.

Nel caso in cui si sia scelto di operare con mezzi acquosi, si potranno utilizzare colle animali (come colla di coniglio, di pesce, di storione ecc.) oppure resine acriliche o viniliche in emulsione e opportunamente diluite.

Per migliorare la penetrazione e diffusione del consolidante, è opportuno iniettare una piccola quantità di soluzione idroalcolica addizionata di qualche goccia di tensioattivo in modo da aumentare la capacità bagnante del coesivo. La componente alcolica permette una più rapida evaporazione limitando i rischi derivanti dall'apporto di acqua.

L'impiego del termocauterico, a temperatura controllata e diversificata in relazione al tipo di consolidante e di manufatto, migliora la penetrazione del consolidante diminuendone la viscosità e allo stesso tempo, favorisce l'evaporazione dell'umidità apportata durante l'intervento ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#)).

Nel caso in cui si sia scelta una resina acrilica o vinilica in emulsione, l'applicazione andrà opportunamente modificata, tenendo in considerazione le caratteristiche specifiche di ciascun prodotto.

Seguendo la "via non acquosa" la gamma dei materiali da impiegare si restringe alle sole resine in soluzione, in cui la scelta del solvente dipenderà dallo specifico caso. Se per i mezzi acquosi si era parlato di tensione superficiale e viscosità, per le resine in soluzione dovremo tenere in considerazione altri importanti fattori come la volatilità e la ritenzione del solvente.

Come veicolante, in questo caso andranno ovviamente utilizzati o lo stesso solvente della soluzione consolidante o altri compatibili con la situazione specifica derivante dalle caratteristiche intrinseche del manufatto.

Affinché il consolidante penetri e si diffonda in profondità, andrà dissolto in un solvente non eccessivamente volatile, in grado di evaporare sempre in modo totale ma più lentamente.

Anche il fissaggio o fermatura, così come il consolidamento, può essere eseguito utilizzando materiali in soluzione ed emulsione acquosa come le colle animali, le resine acriliche e viniliche oppure con resine dissolte in solventi organici.

In entrambi i casi le caratteristiche applicative sono simili a quelle descritte per il consolidamento; l'obiettivo risulta tuttavia diverso, dal momento che per il fissaggio il materiale dovrà svolgere la funzione di adesivo e non di consolidante. I valori di tensione superficiale e di viscosità dovranno essere alti e per la resina in soluzione dovrà essere scelto un solvente relativamente volatile.

Dobbiamo anche soffermarci brevemente sul carattere termoplastico di alcune resine sintetiche che spesso, proprio per l'operazione di fermatura, danno buoni risultati. Tali materiali passano facilmente e reversibilmente dallo stato solido a quello fluido con modeste variazioni di temperatura. Inoltre esse rendono possibile un graduale ammorbidimento delle scaglie consentendone un corretto riposizionamento *in situ*. Ciò riduce, di conseguenza, i rischi di frattura derivanti dalla rigidità e dalla deformazione dei sollevamenti spesso causati da un diverso assorbimento di umidità della foglia dorata rispetto alla preparazione.

Anche in questo caso l'uso adeguato della punta termica del termocauterio, specificatamente regolata nella temperatura in funzione del materiale impiegato, consentirà il raggiungimento dell'obiettivo (fig. 4).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le varianti e gli accorgimenti, relativi alla metodologia applicativa, ai materiali e alle caratteristiche del manufatto da trattare, sono innumerevoli e necessitano di conseguenza di accorgimenti specifici.

Le caratteristiche del manufatto possono essere molto variabili, sia dal punto di vista tecnico sia materico. Con il termine "doratura" si può intendere, infatti, l'applicazione di una foglia d'oro zecchino, ma anche di altre lamine metalliche più o meno preziose come l'argento, lo stagno, il rame, o altre leghe a imitazione dell'oro, talvolta trattate in superficie con vernici colorate (doratura alla mecca). Molto eterogenei sono anche gli strati preparatori, le tecniche e i materiali utilizzati per l'applicazione delle lamine metalliche, materiali che vanno dalla colla animale, all'albume, all'aglina, alle sostanze oleoresinose, alle vernici, alla cera, alla missione sintetica.

È chiaro quindi che ogni caso andrà esaminato e affrontato nella sua specificità. La scelta e l'utilizzo di solventi, ad esempio, andrà attentamente valutata ed eventualmente scartata in presenza di meccature o di dorature applicate con adesivi sensibili ai solventi stessi.

D'altro canto, nell'impiego di colle animali ed emulsioni acquose, andrà posta particolare attenzione laddove la doratura non fosse protetta da vernice, tenendo presente l'idrosolubilità del bolo e l'igroscopicità della preparazione.

La scelta del prodotto, inoltre, deve tenere in considerazione il sistema ambientale – umidità, temperatura, luce, aerazione – in cui il manufatto sarà conservato dopo il restauro.

Anche la fenomenologia del degrado e la presenza di restauri eseguiti in passato possono determinare incognite e varianti che richiedono opportuni accorgimenti.

Può succedere che il restringimento del legno di supporto o la diminuzione del volume dello strato preparatorio, in seguito alle variazioni termoigrometriche, renda necessarie alcune operazioni che riportino l'equilibrio perduto, consentendo di ricreare lo spazio e la superficie necessaria per il corretto riposizionamento dei sollevamenti *in situ*.

Un accorgimento indispensabile, come già detto, è il consolidamento strutturale del legno, antefatto fondamentale che se ignorato può annullare l'efficacia di qualsiasi altro intervento sugli strati sovrapposti.

È evidente quindi che solo la conoscenza approfondita delle tecniche e dei materiali e del loro comportamento al degrado, implicita nella professionalità del restauratore, determina le scelte e dunque le varianti.

Uno dei limiti impliciti nell'intervento di consolidamento è rappresentato dalla obiettiva difficoltà di ottenere un'impregnazione omogenea e ben distribuita in profondità del consolidante. Un consolidamento parziale e disomogeneo genera sempre tensioni localizzate che con il tempo possono determinare contrazioni e distacchi.

Altra problematica molto discussa è il concetto di reversibilità che in un intervento di questo tipo risulta assolutamente incongruente.

Nello specifico invece possiamo sottolineare impliciti limiti di alcuni dei materiali utilizzabili per il consolidamento e per la fermatura. I materiali di origine animale come le colle di pesce e di coniglio, da un lato preferibili poiché perfettamente compatibili con i materiali costitutivi dell'opera, sono d'altro canto fortemente suscettibili all'attacco biologico che come sappiamo è favorito da determinati parametri ambientali (luce, temperatura e umidità).

Tale attacco può essere bloccato mediante l'uso di biocidi che ne impediscono l'azione, anche se per tempo limitato.

Per quanto riguarda invece le resine sintetiche in emulsione e in soluzione, i limiti sono rappresentati dalla non completa conoscenza del loro comportamento nel tempo e quindi dalla possibile alterazione strutturale e cromatica. La presenza di una vasta gamma di prodotti contrassegnati solamente da nomi commerciali, oltre a generare confusione, rende indispensabile un approfondimento tecnico e specifico del singolo prodotto. A tal proposito si rimanda dunque a una letteratura specifica sull'argomento.

### ESPERIENZE

Torino: 1984, Museo Egizio, sarcofagi dorati di Kha e di Mirit.

Spotorno (SV): 1985-86, cassa processionale *L'Annunciazione* di Anton Maria Maragliano.

Torino: 1988-2001, galleria Sabauda, più di 200 cornici della quadreria.

Torino: 1990-91, palazzo Carignano, appartamento dei Principi, boiserie dorate delle pareti.

Torino: 1995, palazzo Madama, altare portatile fondo oro con sculture dorate di maestro svevotirolese; dipinti su tavola fondo oro *double face* di Defendente Ferrari.

Torino: 1996, palazzo Madama, polittico fondo oro di Petrus de Alba.

Torino: 1999-2000, palazzo Civico, boiserie laccate e dorate della volta della sala consigliare.

2000-2001 Montegrazie (IM): polittico fondo oro *Madonna con Bambino tra angeli e Santi* di Carlo Braccesco.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Baldini U. (a cura di) 1983, pp. 54-58; Casazza O. 1992; Perusini G. 1989, pp. 229-233; Maltese C. (a cura di) 1993.



Figura 1 • Scultura lignea intagliata e dorata. Iniezione preliminare di una soluzione idroalcolica veicolante per facilitare la penetrazione e la diffusione del consolidante. (NIP)



Figura 2 • Iniezione con consolidante sintetico in emulsione acquosa con caratteristiche termoplastiche, capace di penetrare nella preparazione a gesso e colla affinché avvenga il consolidamento. (NIP)



Figura 3 • La superficie viene leggermente riscaldata per aumentare la fluidità del consolidante e permetterne una maggiore penetrazione. (NIP)



Figura 4 • Creazione di un giunto adesivo mediante applicazione a pennello di un collante sintetico termoplastico. Dopo il corretto riposizionamento del distacco, la superficie sarà leggermente riscaldata per permettere una penetrazione dell'adesivo in profondità e garantire una migliore tenuta. (NIP)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITINORME TECNICHE DI RIFERIMENTOESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il metodo sfrutta un deflussore, comunemente impiegato in campo sanitario per l'introduzione lenta e continua di soluzioni fisiologiche nell'organismo umano o animale.

Con questo sistema, il fluido consolidante è immesso nel legno (o in altri materiali caratterizzati da porosità aperta e interconnessa), goccia a goccia e con continuità, cosa che impedisce l'essiccazione della resina e la conseguente formazione di incrostazioni sulla superficie delle cavità interne del manufatto. Tali incrostazioni, infatti, potrebbero interrompere l'assorbimento del consolidante pregiudicandone la corretta diffusione e l'efficacia. Inoltre, il ridotto contatto della resina con l'aria riduce la velocità di evaporazione del solvente e rende possibile un'efficace ed uniforme distribuzione del prodotto all'interno dell'oggetto.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Nelle applicazioni di laboratorio, il metodo si è dimostrato adatto al consolidamento di pressoché tutti i manufatti di legno, compresi quelli che presentano una superficie dipinta, dorata o variamente decorata e superficialmente trattata; infatti, l'introduzione del consolidante direttamente all'interno del manufatto, utilizzando ad esempio i fori di sfarfallamento dei tarli o altre cavità esistenti o appositamente praticate, estingue quasi completamente il rischio di contatto tra il consolidante e la superficie decorata, riducendo così i pericoli di esiti potenzialmente negativi per la tutela del manufatto. Tale metodo si presta inoltre, in alcuni casi, a essere applicato anche *in situ*, purché vi sia lo spazio sufficiente, intorno al manufatto, per accedervi agevolmente, per allestire l'apparecchiatura necessaria e per consentire a un operatore di seguire e controllare il processo di consolidamento.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Di seguito sono descritte le principali fasi esecutive dell'intervento.

- 1) Poiché il consolidante è generalmente immesso nel manufatto attraverso i fori di sfarfallamento dei tarli (o sfruttando altre discontinuità già presenti), occorre in primo luogo scegliere quelli che danno accesso a gallerie profonde, poiché queste garantiscono un'efficace distribuzione del prodotto. La scelta, in genere, avviene per tentativi, iniettando all'interno dei fori sostanze "di prova" che non danneggino il manufatto, e valutando i tempi e i modi di fuoriuscita del liquido introdotto, quando si sia giunti alla saturazione delle cavità interne.
- 2) Si stuccano quindi accuratamente gli altri fori e tutte le eventuali fessure da cui potrebbe fuoriuscire in modo incontrollato la soluzione consolidante.
- 3) Al di sopra dell'oggetto da consolidare, sono sospesi alcuni contenitori, con capacità tra i 25 e i 50 cl, dotati di apposite chiusure che permettono il deflusso controllato e graduabile della soluzione consolidante e il passaggio d'aria all'interno dei contenitori stessi. In uno di questi fori, protetto da una membrana, è inserito un tubicino flessibile di materiale plastico, munito di un perforatore a becco di flauto, che penetra nella membrana consentendo il deflusso del liquido dal contenitore. I tubi, generalmente lunghi 1-1,5 m, devono essere muniti di vaschette contagocce trasparenti, che permettono di osservare la velocità di deflusso del consolidante e di un regolatore (semplicemente una graffetta), con il quale si può regolare la velocità del flusso di consolidante in relazione alla capacità d'assorbimento del legno. All'estremo opposto, per immettere il fluido all'interno del

manufatto, il tubo è dotato di un ago munito di specillo, ossia di un filo d'acciaio che ne impedisce l'otturazione (fig. 1, fig. 2).

4) L'operatore deve costantemente controllare che gli aghi non si occludano e che la resina non defluisca troppo rapidamente, in quanto potrebbe fuoriuscire dal foro d'immissione e danneggiare la superficie dell'oggetto. Qualora il consolidante defluisca con eccessiva rapidità, occorre regolare il flusso agendo sulla graffetta per restringere la sezione del tubo.

5) Eventuali colature che si dovessero verificare, per fuoriuscita del fluido dal tubo o per riflusso dal foro di iniezione, devono essere rimosse con attenzione e tempestività. In alcuni casi, s'impiegano alcuni batuffoli di cotone imbevuti di solvente, messi intorno all'ago e utilizzati per assorbire la resina eccedente, sapendo tuttavia che ciò può rendere difficoltoso il controllo del grado di impregnazione raggiunto (fig. 3, fig. 4).

6) Quando si ritiene raggiunto il grado di impregnazione desiderato, si ferma il flusso della resina e si rimuovono gli aghi, provvedendo ad assorbire eventuali fuoriuscite di resina con tamponi imbevuti di solvente. Infine, i fori vanno stuccati e occlusi.

La valutazione del grado di impregnazione, deve essere considerata una fase critica, in quanto è solitamente condotta in modo empirico, confrontando, ad esempio, il volume di consolidante utilizzato e il volume dei vuoti da riempire, oppure interpretando la fuoriuscita di consolidante dai fori di immissione come un segno della saturazione dell'oggetto.

Una più rigorosa valutazione di tale dato, dovrebbe essere preceduta dalla quantificazione e distribuzione dimensionale dei vuoti esistenti, condotta ad esempio con la porosimetria a mercurio. Il tempo occorrente per consolidare un manufatto secondo tale metodo e il grado di penetrazione della resina al suo interno dipendono dalle proprietà del consolidante, dal tipo di legno (o in genere di materiale trattato) e dal suo stato di conservazione, dalle posizioni in cui sono inseriti gli aghi e dalle dimensioni dell'oggetto trattato.

Il metodo è associabile sia ad altre tecniche d'impregnazione, come ad esempio quella a pennello o quella a iniezione (v. CSD03 - Consolidamento con iniezioni, CSD04 - Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine), con le quali può essere impiegata contemporaneamente, sia a ulteriori interventi di riparazione o di integrazione.

Altre tecniche d'impregnazione possono inoltre essere impiegate per consolidare parti separate dal manufatto, prima della loro ricollocazione in opera, come il metodo per immersione, per contatto, o sottovuoto (v. CSD04 - Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine, CSD05 - Consolidamento di manufatti mediante impregnazione sottovuoto).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per accelerare le operazioni di immissione del prodotto consolidante nel manufatto conviene usare più sistemi d'imbibizione contemporaneamente, mentre non è consigliabile aumentare la velocità di deflusso al di sopra delle velocità d'assorbimento naturale del legno, in quanto la resina uscirebbe dai fori di immissione danneggiando la superficie e creando inconvenienti tali da rallentare le medesime operazioni di consolidamento.

Onde evitare che il solvente danneggi le finiture esterne del manufatto, è opportuno verificare preventivamente che esso sia innocuo per le vernici, le coloriture o le eventuali altre finiture, tenendo conto che, in molti casi, una resina è diluibile con più di un solvente (ad es. il Paraloid B72 si scioglie nel tricloretoano o clorotene, nel diluente nitro, nell'acetone).

Le sostanze per l'impregnazione del legno appartengono in generale al gruppo dei polimeri di sintesi e in particolare alle resine acriliche, come il Paraloid B72.

In generale è opportuno sottolineare che, poiché l'evaporazione del solvente è più rapida all'esterno che non all'interno del manufatto, esiste il rischio che si formi uno strato di resina indurita nelle parti più prossime alla sua superficie, che rallenta l'evaporazione del solvente dalle zone più interne, ritardando l'indurimento del consolidante in profondità.

Occorre infine ricordare che i prodotti consolidanti utilizzati nell'impregnazione del legno sono sostanze inquinanti, che, per assolvere alla loro funzione, dovrebbero essere non degradabili, e che, per la loro applicazione richiedono di essere diluiti con solventi organici, contenenti composti volatili, occorre dunque fare riferimento alla normativa esistente in materia per l'utilizzo, il deposito, la manipolazione, il recupero e lo smaltimento di queste sostanze e, privilegiare, per quanto possibile, l'uso di solventi a bassa tossicità.

**Normativa di riferimento riguardante le sostanze e i rifiuti pericolosi:**

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, concernente *classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*;

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 *Norme in materia ambientale*, e s.m.i.

D.Lgs. 27 marzo 2006, n. 161 concernente la *limitazione delle emissioni di composti organici volatili conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria*;

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 in materia di *tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro*.

**NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO**

UNI 11118:2004 Beni culturali - *Manufatti lignei - Criteri per l'identificazione delle specie legnose*

UNI 11119:2004 Beni culturali - *Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici - Ispezione in situ per la diagnosi degli elementi in opera*

UNI 11130:2004 Beni culturali - *Manufatti lignei - Terminologia del degradamento del legno*

UNI 11138:2004 Beni culturali - *Manufatti lignei - strutture portanti degli edifici - Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi*

UNI 11161:2005 Beni culturali - *Manufatti lignei - Linee guida per la conservazione, il restauro e la manutenzione*

UNI 11202:2007 Beni culturali - *Manufatti lignei - Determinazione e classificazione delle condizioni dell'ambiente*

UNI 11203:2007 Beni culturali - *Manufatti lignei - Strutture portanti degli edifici - Terminologia delle configurazioni strutturali e delle parti costituenti*

UNI 11204:2007 Beni culturali - *Manufatti lignei - Determinazione dell'umidità*

UNI EN 15757:2010 Conservazione dei Beni Culturali - *Specifiche concernenti la temperatura e l'umidità relativa per limitare i danni meccanici causati dal clima ai materiali organici igroscopici*

**ESPERIENZE**

Numerosi manufatti sono stati consolidati con tale sistema e, tra i tanti, si ricorda il caso costituito dalla scultura lignea raffigurante la *Deposizione di Cristo nel Sepolcro* di A. M. Maragliano, conservata presso la chiesa di San Matteo a Genova (restauro di S. Vassallo, 1989).

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

PACKARD E., *Consolidation of decayed wood sculpture*, in Conservation of stone and wooden objects, vol. II, Atti della Conferenza Internazionale dell'IIC, New York, 7 - 13 giugno 1970, Londra, 1970;

PLENDERLEITH H.J. E WERNER A.E.A., *Wood. The Conservation of Antiquities and Works of Art*, 2nd Ed., Oxford University Press, New York, 1971.

PERUSINI G., *Il restauro dei dipinti e delle sculture lignee. Storia, teorie, tecniche*, Udine, 1989.

THUMMEL E., *Impiego delle resine nel consolidamento delle sculture lignee*, 1981



Figura 1 • L'intero impianto in funzione.

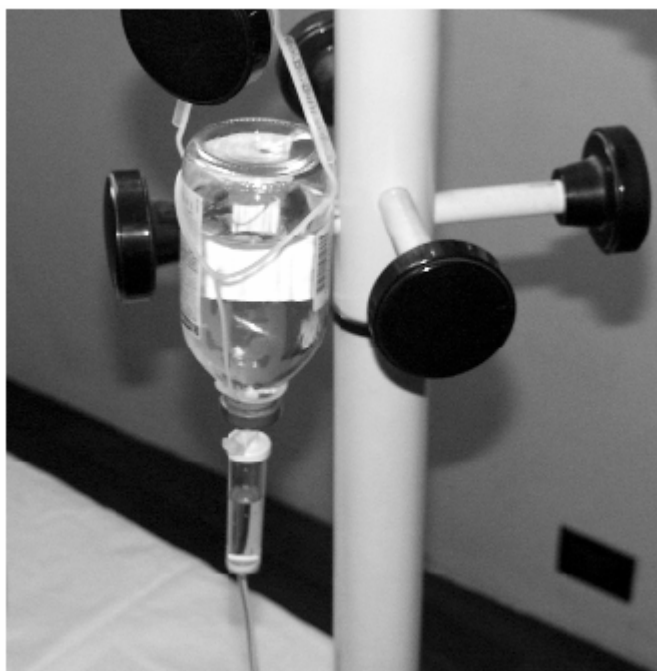


Figura 2 • Il contenitore del liquido consolidante e il sistema di alimentazione con il perforatore a becco.

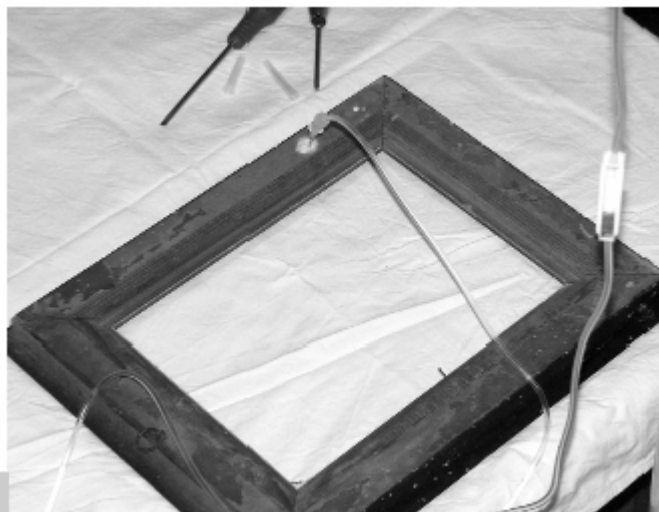


Figura 3 • La parte terminale dell'impianto, con l'ago d'irradiazione del consolidante.

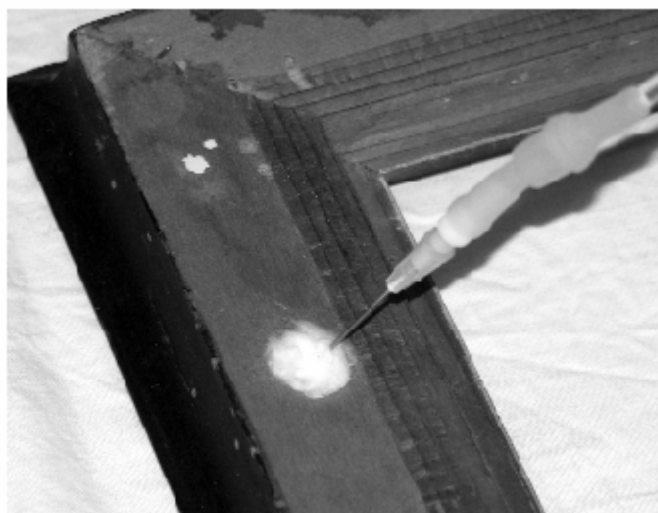


Figura 4 • Dettaglio dell'ago d'irradiazione protetto da un batuffolo di cotone per contenere la fuoriuscita del consolidante.

**vedi scheda RCP11 - UNIONE E RINFORZO DI MANUFATTI LIGNEI CON INSERIMENTO DI PERNI O SPINOTTI LIGNEI**

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica ha lo scopo di riportare il sistema di unità strutturali al funzionamento coordinato d'insieme, riattivando le sinergie affievolite o attivando quelle latenti, oltre che di ovviare a problemi di equilibrio e di stabilità, se non di resistenza.

Più concretamente si tratta, nella maggior parte dei casi, di rendere indeformabili le maglie dell'orditura delle strutture di legno a sviluppo e organizzazione spaziali.

La tecnica si attua riparando gli organi interni di collegamento e apponendo organi di stabilizzazione.

Non sono in generale richiesti smontaggi (si opera *in situ*) salvo che per necessità locali.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica si applica a coperti, grandi complessi strutturali, strutture tridimensionali e, in particolare, ai sistemi di copertura, allorché si riscontrano degradazioni da accatastamento delle unità strutturali (capriate e incavallature) (fig. 1). Si attua per danni effettivi o anche temuti.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Attuati i necessari puntellamenti all'intero sistema e le opportune riparazioni delle membrature, cura particolare deve essere posta nella ricognizione e nella verifica degli organi che collegano, direttamente o tramite le membrature ausiliarie (tavolati, travi di bordo, colmi e arcarecci, travi trasversali ecc.), le une alle altre unità strutturali dello stesso tipo (orizzontamenti contigui, incavallature, telai ecc.).

Si deve ricordare, a tal proposito, che il tavolato di solai e falde di tetto gioca un ruolo essenziale per collegare ed evitare le deformazioni delle unità nel piano e del sistema nello spazio; gli scempiati (ordito di elementi di cotto, come per esempio le mezzane) assolvono anch'essi, ma solo in parte, a questa funzione.

Seguono le necessarie riparazioni degli organi di collegamento e delle membrature ausiliarie.

Sono molto efficaci le applicazioni di controventature con elementi (controventi) di legno, di acciaio (barre o funi) con tenditori, disposti a croci di sant'Andrea (le disposizioni a K o di altra forma sono inconsuete), progettati in numero discreto (non è, in generale, necessario irrigidire tutti i campi, specialmente se le operazioni di riparazione prima indicate sono state fatte con scrupolo e l'efficienza dei collegamenti interni è stata raggiunta) con gli stessi criteri delle nuove strutture.

I controventi di acciaio, meglio se di cavo rivestito, si fissano a cerchiature (v. CSD38 - Consolidamento mediante viti autofilettanti e cerchiature) opportunamente applicate alle membrature principali delle unità strutturali, e saranno sempre dotati di organi di regolazione (fig. 2).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Al fine di decidere se inserire controventature e per definire criteri progettuali corretti, è necessario compiere osservazioni specifiche per individuare sia le eventuali tendenze delle unità strutturali presenti al movimento relativo, sia i fenomeni di instabilità in atto o temuti.

Devono in ogni caso essere evitati gli eccessivi irrigidimenti del sistema; la duttilità è, infatti, un requisito essenziale per le strutture di legno, sia per consentire le variazioni dimensionali indotte dalle variazioni igrotermiche, sia per assicurare la massima efficienza in caso di eventi sismici.

In taluni casi si preferisce affidare a presidi passivi (piloni, corpi scale aggiunti ecc.) il compito di assicurare la stabilità nella direzione più pericolosa.

## ESPERIENZE

Si tratta di una metodica di consolidamento molto recente, non ancora impiegata su larga scala. Un'applicazione da ricordare è quella di palazzo Serristori, Firenze, per il consolidamento delle falde del tetto.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Ceccotti, Uzielli L. 1989, pp. 111-28; Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1999; Tampone G. 2000, *Solai...*; Tampone G. 2000, *Strutture di legno...*; Uzielli L. 1992.

(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

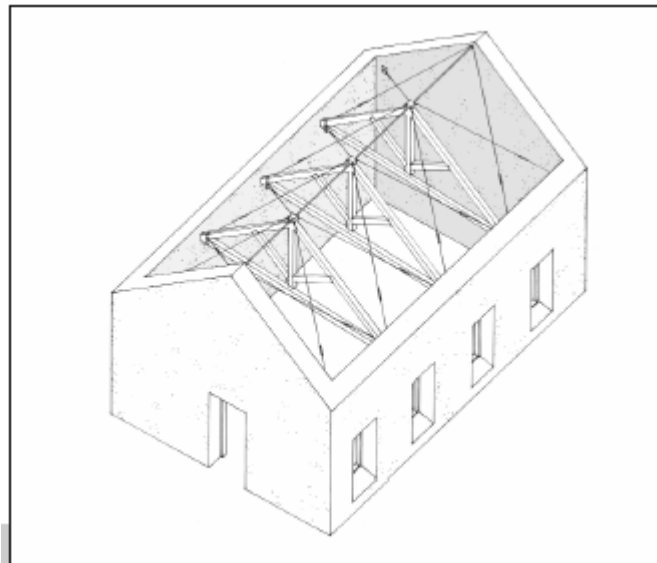


Figura 1 • Schema di consolidamento del complesso di una copertura a capriate mediante controventature in cavo d'acciaio. (CAF)



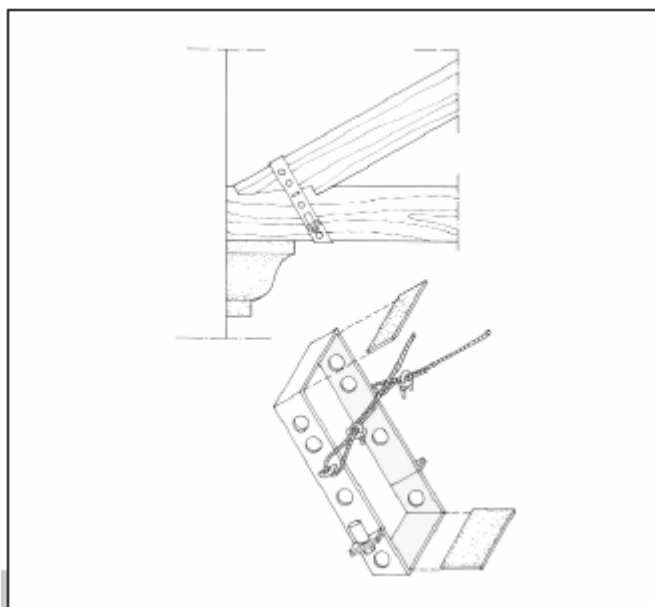


Figura 2 • Staffe di ancoraggio dei cavi di controventatura, alleggerite con fori e dotate di organi di regolazione. (CAF)

**CSD 31****CONSOLIDAMENTO SOLAI CON APPOSIZIONE ALL'ESTRADOSSO DI DOPPIO TAVOLATO****Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Consiste nell'apporre un doppio strato di tavole sovrapposte (in alternativa, pannelli multistrati sovrapposti) sulla struttura del solaio antico, smontando o eliminando il pavimento con relativo massetto e asportando il sottofondo del quale il nuovo dispositivo prende il posto. È una sostanziale variante del getto estradossale di calcestruzzo armato per realizzare una soletta collaborante, in quanto si prevede di utilizzare legno per consolidare legno, ed è pure una versione diversa dell'impiego di pannelli di legno per usi strutturali in due strati distanziati (v. CSD32 - Consolidamento di solai con apposizione di pannelli di legno all'estradosso, CSD 48 - Soletta collaborante). È di semplice ed economica esecuzione.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Solai antichi degradati o di cui si vuole elevare il livello delle prestazioni, come solai rustici o composti da sole travi principali.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le operazioni richieste sono identiche a quelle descritte per le tecniche di cui questa tecnica costituisce una variante (v. CSD32 - Consolidamento di solai con apposizione di pannelli di legno all'estradosso).

Il primo tavolato è ordito perpendicolarmente alle travi, quello superiore parallelamente. I connettori proposti sono costituiti da barre interamente filettate; i fori nel tavolato superiore, in quello inferiore e nella trave sono 34 mm più larghi dei connettori; gli adesivi per saldare i connettori al legno sono a base epossidica.

La testa dei connettori può essere avvitata o saldata a un dado sulla superficie superiore del tavolato (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il limite maggiore di questa tecnica è di richiedere la rimozione o lo smontaggio del pavimento esistente (v. SMG03 - Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei), con effetti sempre distruttivi. I casi, assai rari, in cui lo smontaggio del pavimento non comporta danni gravi, determinano, in ogni caso, una variazione degli strati sottostanti e, di conseguenza, dell'altezza finale dei locali.

La procedura non è utilizzabile quando il nuovo peso aggiunto del tavolato in doppio strato o di pannelli incide in maniera considerevole sulla resistenza delle travi e degli appoggi murari.

**ESPERIENZE**

Trattandosi di una tecnica piuttosto elementare e raramente applicata a edifici di rilevante interesse storico, la documentazione sui testi specialistici è quasi inesistente, anche se testimonianze indirette parlano di applicazioni diffuse nelle costruzioni rurali, in stalle, fienili e capannoni di deposito a più piani.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Piazza M. 1993; Piazza M. 1994; Tampone G. 1996.

(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

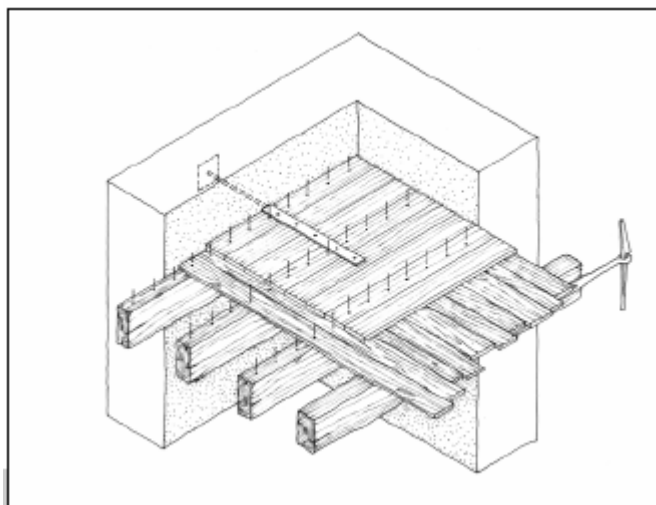


Figura 1 • Solaio rinforzato mediante la sovrapposizione di un nuovo strato di tavolato posato al di sopra di quello esistente in direzione a esso perpendicolare. (CAF)

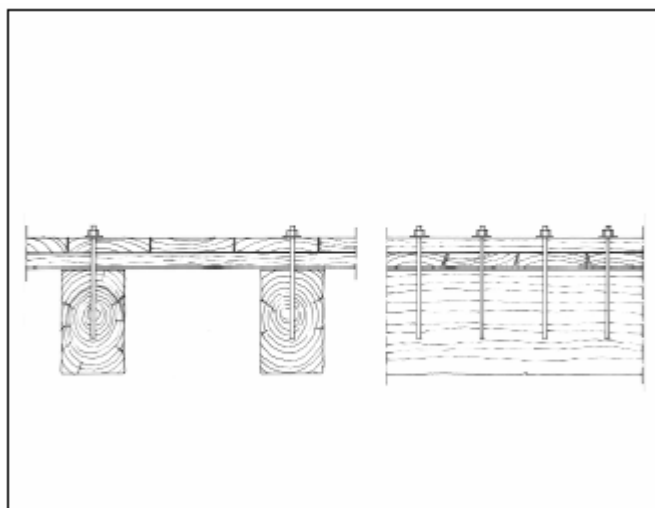


Figura 2 • Struttura mista legno-legno che prevede la realizzazione di una soletta di legno, realizzata con tavolato di rinforzo a doppia orditura, collaborante con le travi esistenti di legno mediante connettori verticali in acciaio. (CAF)

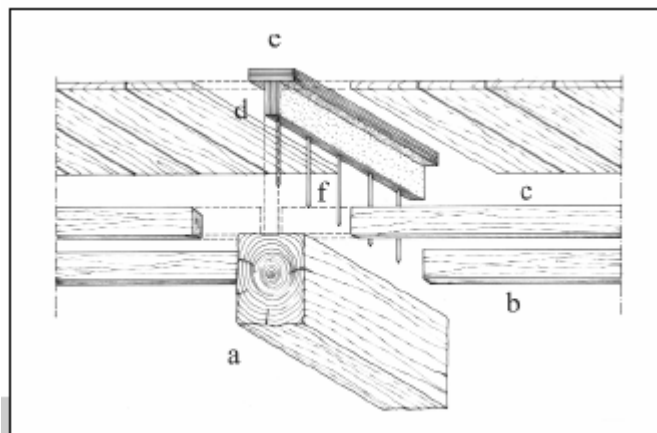


Figura 3 • Struttura mista legno-legno che prevede la realizzazione di una sezione strutturale a T mediante l'inserimento di una membratura di rinforzo estradossale unita alle travi esistenti mediante connettori. a) Trave lignea esistente, b) travetti, c) tavolato esistente, d) anima verticale della nuova membratura estradossale, e) ala orizzontale della nuova membratura estradossale, f) connettori verticali. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

È una tecnica che permette di operare *in situ*, senza eseguire smontaggi, salvo quello dei pavimenti e l'eliminazione dello strato di sottofondo tra il tavolato e lo strato di calpestio.

Essa consiste nell'inserire due strati di pannelli di legno per usi strutturali, opportunamente distanziati per occupare lo spessore del sottofondo e adeguatamente collegati tra loro e con la struttura che s'intende riparare. In pratica, si aggiunge una struttura scatolare su misura che, opportunamente collegata, fornisce all'unità strutturale antica resistenze e rigidzze supplementari, e permette di recuperare il livello di prestazioni iniziale o addirittura di migliorarlo.

La tecnica è stata studiata (brevetto di invenzione Tampone n. 45817) per ovviare ad alcuni inconvenienti che si manifestano con il getto estradossale di solette di calcestruzzo armato collaboranti. I vantaggi sono l'impiego di solo legno, la compatibilità tra strutture esistenti ed elementi di nuovo apporto, l'assenza di acqua d'impasto, la possibilità di prefabbricazione, la rapidità e l'economia d'esecuzione. Vanno anche considerate la notevole leggerezza, la continuità materiale dei pannelli rispetto alla discontinuità delle tavole, la elevata possibilità di connessione dei dispositivi di consolidamento alla struttura esistente.

Lo spazio lasciato libero tra i pannelli dello strato superiore e quelli dello strato inferiore può essere utilizzato per il passaggio di canalizzazioni, cavi ecc., oppure può essere riempito con materiale idoneo ad assicurare la coibenza acustica e l'isolamento termico.

La tecnica permette l'induzione di post-tensioni che generano un benefico stato di coazione e rendono il sistema attivo. Essa è combinabile con tutti i tipi di consolidamento delle travi, in particolare con la tecnica che impiega lamine resistenti inserite nella membratura. È possibile collegare i dispositivi aggiunti, direttamente o tramite le travi di legno.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica si applica nei casi in cui si vogliono conferire resistenza e rigidzza supplementari, a integrazione delle resistenze residue, all'unità strutturale di legno le cui membrature (travi principali, travi secondarie) siano sane o siano state riparate. Condizione essenziale è che il pavimento esistente sia smontabile o che si possa eliminare.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La tecnica è resa possibile dall'odierna disponibilità sul mercato di prodotti a base di legno, quali appunto i pannelli multistrato per usi strutturali, per uso in ambienti interni, in varie specie botaniche quali pioppo, abete, quercia, robinia, frassino, betulla e altre. Tali pannelli si distinguono dai compensati comuni per le specie legnose dotate di elevate caratteristiche meccaniche, il notevole numero di strati (che si può scegliere secondo le esigenze di progetto), le speciali colle impiegate, l'accuratezza di produzione ecc. Si collegano facilmente ed efficacemente con bordi sagomati a becco di flauto e giunzione con colle a base epossidica.

Le massime dimensioni ottenibili sono, attualmente, 2,70 ? 2,30 m.

Dai pannelli possono essere ritagliate le lastre rettangolari o più spesso quadrangolari che devono comporre il dispositivo di consolidamento e, a strisce, i distanziatori e gli spessori di livellamento. I problemi per il passaggio attraverso porte e finestre di grandi lastre si risolvono con il frazionamento in lastre più strette che si connettono senza difficoltà ed efficacemente.

È opportuno che il giunto tra lastre, se queste coprono tutto l'interasse, avvenga nel campo intermedio, meno sollecitato, per assicurare continuità sul bordo superiore delle travi.

I pannelli superiori, quelli più lontani dall'asse neutro della trave composta così realizzata, hanno spessore maggiore (3-4-5 cm e più) rispetto a quelli a diretto contatto con il tavolato, perché possono fornire un maggiore contributo alla resistenza complessiva.

I distanziatori, disposti parallelamente alle travi, si distinguono in principali, se posti in corrispondenza delle travi, e in secondari, se intermedi. I primi, che per la loro posizione contribuiscono all'efficienza strutturale, possono essere larghi quanto serve per collaborare e fornire un contributo alla resistenza. Al fine di distribuire adeguatamente i carichi sui pannelli superiori disposti sotto il pavimento, è opportuno, specialmente per solai di grandi dimensioni, porre in opera anche dei distanziatori trasversali di raccordo (fig. 1).

L'applicazione della tecnica descritta si compie verificando, in via preliminare, l'efficienza delle travi principali e secondarie, e provvedendo, se necessario, al loro consolidamento.

La realizzazione del consolidamento consiste nelle seguenti fasi operative:

- 1) si eliminano i carichi gravanti sul solaio, si realizza un puntellamento con vitoni per la messa in tensione, e si attua il recupero di parte della deformazione occorsa;
- 2) si procede poi allo smontaggio dei pavimenti ed all'eliminazione del massetto e del sottofondo;
- 3) si agisce sui vitoni per regolare il puntellamento; le regolazioni garantiranno, a consolidamento avvenuto, con l'eliminazione del puntellamento e l'attività dei carichi, l'insorgere delle utili coazioni tra la struttura preesistente e quella aggiunta;
- 4) si procede al livellamento dell'estradosso della struttura, usando adeguati spessori (strisce di pannelli di legno per usi strutturali, ad es.) fissati alle travi;
- 5) si posano le lastre dello strato inferiore, dedotte dai pannelli, e si eseguono i collegamenti di forza; quindi, l'intero strato si chioda, per imbastitura, nella posizione definitiva;
- 6) si posano i distanziatori principali, secondari e trasversali e si fissano, per imbastitura, con semplici chiodi;
- 7) si posano le lastre dello strato superiore con le stesse procedure;
- 8) si realizzano i collegamenti di forza, tra i due nuovi impalcati e le travi principali della struttura antica, con connettori metallici che devono attraversare i distanziatori lignei ed essere fissati con adesivi epossidici, oppure con viti autofilettanti;
- 9) si appongono gli organi di collegamento (piatti metallici sottili con chiodature, oppure fibre di carbonio con colle a base epossidiche, o simili) alle travi principali o ai pannelli, e si fissano alle pareti portanti;
- 10) il disarmo dell'opera di puntellamento e la messa in esercizio del solaio vanno eseguiti con opportuna gradualità.

Il pavimento, anziché allettato su un massetto, può essere incollato, al fine di disporre del massimo spessore possibile dei pannelli (fig. 2).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il collegamento tra il nuovo dispositivo e la struttura esistente deve essere realizzato con cura estrema poiché da ciò dipende il funzionamento della tecnica indicata.

In particolari casi in cui il tavolato originario sia di ottima qualità e in eccellenti condizioni, e che lo spessore di sottofondo sia esiguo, si può ricorrere a un solo strato di pannelli, quello superiore sotto il pavimento. In simili circostanze, è prudente disporre sul bordo superiore della trave una nervatura resistente verticale che termina in corrispondenza dell'intradosso del pannello (fig. 3).

Il principale limite applicativo della tecnica consiste nel comportare la rimozione del pavimento esistente, con conseguenze più o meno distruttive, secondo che questo sia smontabile e rimontabile oppure debba essere demolito e rifatto con il massetto e il sottofondo.

Un altro limite applicativo sta nello spessore aggiunto dalla nuova struttura, che incide sull'altezza libera dei vani o sullo spessore complessivo del pavimento.

#### **ESPERIENZE**

Genova, palazzo Ferretto, solai dei soppalchi di legno al primo piano nobile. La struttura è realizzata mediante due strati di pannelli da 3 cm di spessore ciascuno e da elementi distanziatori costituiti da travetti di abete alti 8 cm.

Cortina D'Ampezzo, consolidamento di solai mediante smontaggio del tavolato pavimentale, esecuzione della sovrastruttura di rinforzo e rimontaggio del pavimento. L'intervento ha comportato una diminuzione dell'altezza dei vani, dagli originari 368 cm, ai 353 cm finali.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Cottone A., Bertorotta S., Clauss C., *Il recupero delle strutture lignee del portico principale del duomo di Monreale*, in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp 175-184.

Duomo di Monreale:

Signani G., Stefanini G., Zilocchi B., *Conservazione, consolidamento statico e miglioramento antisismico delle strutture in legno delle coperture dei camminamenti del castello di Montechiarugolo (PR)*, in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 919-930.

Castello di Montechiarugolo (PR):

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in Fiorani D. (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Giuriani E., *Solai in legno rinforzati con lastra collaborante: criteri per il dimensionamento* in "L'Edilizia", 2002, pp. 32-40.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

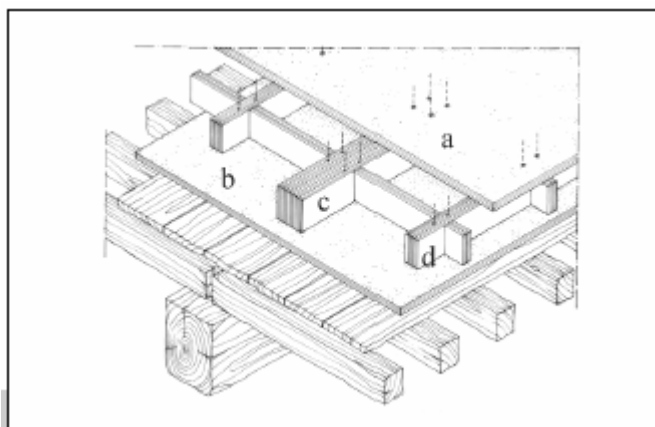


Figura 1 • Solaio rinforzato da pannelli disposti sotto il pavimento (a) e sopra il tavolato (b). I pannelli sono distanziati e connessi allo stesso modo mediante travetti distanziatori principali (c) e secondari (d). (CAF)

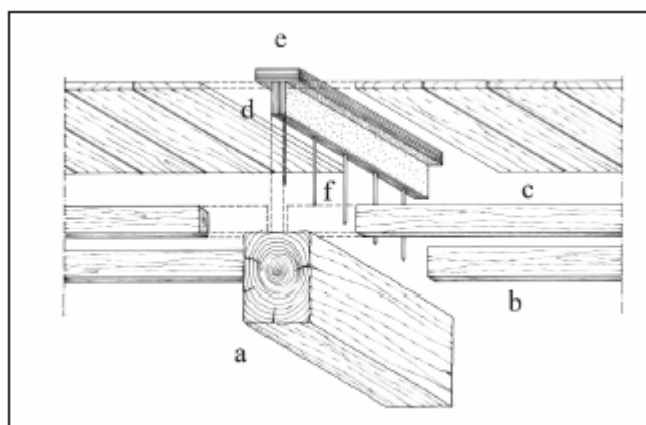


Figura 2 • Struttura mista legno-legno che prevede la realizzazione di una sezione strutturale a T mediante l'inserimento di una membratura di rinforzo estradossale unita alle travi esistenti mediante connettori.

a) Trave lignea esistente; b) travetti; c) tavolato esistente; d) anima verticale della nuova membratura estradossale; e) ala orizzontale della nuova membratura estradossale; f) connettori verticali. (CAF)

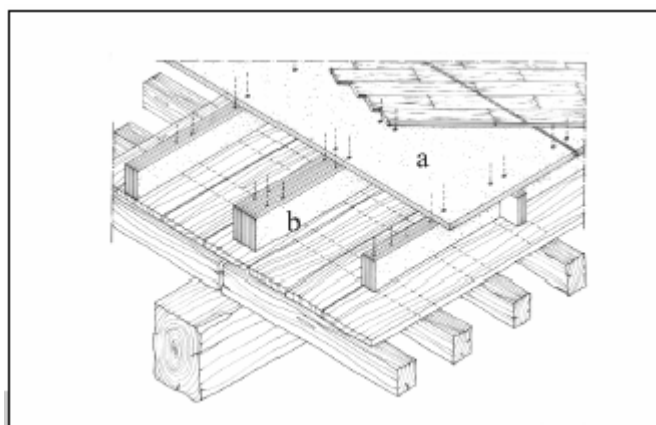


Figura 3 • Consolidamento a secco, in opera senza smontaggi, di solaio ligneo. Sono utilizzati pannelli lignei multistrato per usi strutturali con i quali si realizza un tavolato supplementare continuo collaborante a); il nuovo impalcato è distanziato dal tavolato originario mediante travetti in legno massiccio o di multistrato a elementi di connessione b). (CAF)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il provvedimento consiste nell'eseguire le riparazioni necessarie: a) per fornire le resistenze supplementari, a integrazione di quelle perdute, alle membrature danneggiate da agenti biotici o da altre cause; oppure, b) per conferire la rigidità all'intera membratura che ha perduto in esercizio le caratteristiche geometriche iniziali, per insufficienza dimensionale, per carico eccessivo o per *fluage*.

La tecnica si basa, in pratica, sull'apposizione di elementi resistenti costituiti da piani esterni – guance (Barbisan U., Laner F., 1995) – preferibilmente lignei, alle facce della membratura, disponendoli in piani paralleli a quello dei carichi agenti.

Nel caso a), si tratta di un intervento topico con guance estese solo alle regioni danneggiate e prolungate quanto basta a ottenere il consolidamento voluto; nel caso b), si tratta di vere e proprie lamine parallele alle facce esterne della trave, estese quanto questa.

La procedura descritta è definibile, in altre parole, come un placcaggio laterale. Date le caratteristiche esposte, la tecnica si può classificare tra quelle che consentono di operare *in situ* con applicazioni solo esterne, e non richiedono smontaggi; essa è pertanto totalmente reversibile ed è, peraltro, passibile di pretensione.

È un'alternativa, consigliabile ogni qualvolta sia possibile, all'inserimento di lamine resistenti o ad altre tecniche invasive.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica si applica particolarmente, perché del tutto congruente con la natura della struttura originaria, alle centine delle volte a incannucciato, generalmente costituite da tavole, disposte a pacchetto, di mediocre o cattiva qualità. Talvolta si applica addirittura agli sciaveri, che sono spesso affetti da fenditure longitudinali da ritiro o da fessure causate dalla trazione estradossale nelle regioni delle reni, specialmente se le tavole sono state sagomate anche all'estradosso e quindi le fibre sono state tagliate (fig. 1).

Il campo privilegiato di applicazione di questa tecnica riguarda le membrature secondarie di solai, coperture ecc., nelle quali gli sforzi non hanno ordini di grandezza elevati e le dimensioni non sono rigorosamente uguali per tutti gli elementi, per cui un aumento lieve della sezione può risultare accettabile, specialmente se le membrature interessate sono distanti o non in vista per la presenza di soffitti o altro.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per quanto concerne l'applicazione di guance non estese a tutta la lunghezza della membratura, si eseguono prima le opportune riparazioni della parte ammalorata, poi il puntellamento della struttura; in seguito si procede all'eliminazione dei sovraccarichi, al recupero parziale delle eventuali deformazioni, alla ricollocazione dell'estremità delle membrature negli incassi originari, all'eventuale riparazione e prolunga dei tenoni, alla ricomposizione delle membrature interessate ecc.

Si esegue poi la posa e il fissaggio delle guance, simmetricamente disposte, con spinotti o con chiodi o, meglio, con piccoli bulloni. Questi organi devono comunque essere sfalsati in orizzontale e in verticale, per non insistere sulle stesse fibre e non provocare spacchi; talvolta è necessario mettere in opera anche cerchiature, specialmente se la sezione è sottoposta a momento flettente (v. CSD 47 - Consolidamento mediante viti autofilettanti e cerchiature).

Nel caso di guance a tutta lunghezza, si può procedere come per quelle corte, fissandole alla trave da consolidare, oppure si possono semplicemente accostare e collegare con cavalletti di acciaio, che hanno lo scopo di tenerle aderenti al corpo della trave ed evitare fenomeni di instabilità (fig. 2). Le ultime fasi comprendono la pulitura e i trattamenti biocidi, applicati preferibilmente a pennello, sulle superfici, con spray nelle fenditure e negli incassi, prendendo le necessarie precauzioni per gli operatori e prescrivendo l'uso di indumenti protettivi quali guanti e mascherine anti-inalazione. Seguono i magisteri di rifinitura, quali le patinature, i trattamenti a cera o con vernici ecc.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Soprattutto per le guance a tutta lunghezza, è opportuno distanziare comunque gli elementi di nuovo apporto dalla membratura, interponendo eventualmente cartone privo di acidi (componendo in tal caso un pacchetto di elementi a contatto), al fine di permettere a ciascuno dei due componenti, la membratura e ognuna delle guance, l'autonomia di comportamento, soprattutto per quanto concerne le variazioni dimensionali causate dalle escursioni igrotermiche e le deformazioni meccaniche.

Per le guance ad azione locale, il collegamento con la membratura deve essere effettivo.

L'efficienza si può ottenere con chiodi, viti, cerchiature ecc. Il problema è quello del ritiro degli elementi aggiunti, che sono più esposti; quindi è consigliabile il ricorso ai pannelli di legno per usi strutturali, nei quali il ritiro dei fogli componenti è compensato dalle direzioni alternativamente perpendicolari delle fibre; essi saranno preferibilmente della stessa specie legnosa ma, se necessario, anche di altra specie con accentuate caratteristiche meccaniche.

Se le guance sono tavole, si avrà cura di disporle in modo che la concavità degli anelli di accrescimento sia rivolta verso l'interno, affinché l'imbarcamento sia contrastato dagli organi di collegamento prossimi ai bordi o agenti sui bordi stessi (fig. 3). Una disposizione opposta si deve adottare allorché i collegamenti (per esempio chiodi) siano posti in corrispondenza dell'asse longitudinale. Problematica è l'utilizzazione di collegamenti metallici legno-legno, del tipo piastra dentata, che devono essere sempre usati con cerchiature.

Sconsigliabili i collegamenti con colle. Le guance saranno estese longitudinalmente, tanto da abbracciare il legno sano della membratura da riparare, per una lunghezza pari a una volta e mezzo o due l'altezza.

Si può fare ricorso alla pretensione, ma i vantaggi sono effimeri per la modesta lunghezza del dispositivo.

L'impiego di strisce di pannelli di legno per usi strutturali permette di ridurre le sezioni.

Il ricorso eventuale a guance metalliche deve essere progettato attentamente, ricorrendo a lamiera forate o stirate, ben distanziate dal legno, senza interposizione di alcunché. Piuttosto, vanno opportunamente irrigidite, dal momento che non fruiscono del confinamento esercitato dalla membratura adiacente, come nel caso delle guance lignee aderenti, ma in tal caso il contatto deve essere discontinuo, limitato ad aree ristrette e sempre con l'interposizione di spessori.

Con approccio diverso, le guance metalliche possono essere incollate al legno o fissate con bulloni. Si può ipotizzare il rivestimento di tali lamine con guance lignee apposte, al doppio fine di occultare il legno alla vista diretta e proteggerlo dalle escursioni igrotermiche e dalla corrosione.

Per sforzi di flessione consistenti, le guance localizzate devono essere integrate da dispositivi descritti in altre schede.

La tecnica non è consigliabile se la membratura è sottoposta anche a sforzi di torsione.

#### **ESPERIENZE**

Firenze: travi secondarie del solaio al piano secondo del palazzo della Loggia dei Tessitori, sede dell'Ufficio del genio civile.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Laner F. 1995; Tampone G. 1996.

(TAM)

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

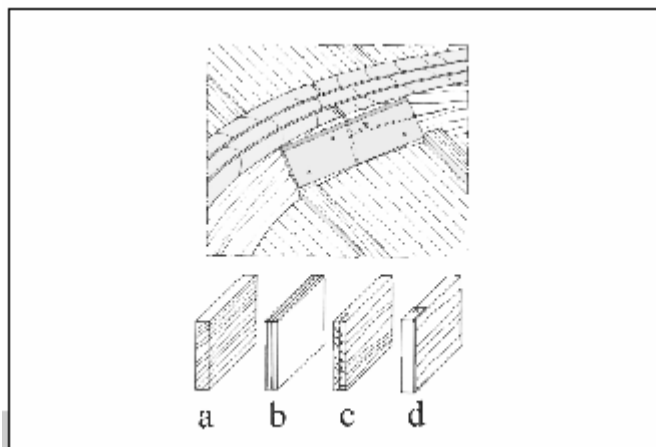


Figura 1 • Placcaggio laterale in una centina di una volta a carena dove una tavola dell'orditura portante presenta una fessurazione. Il placcaggio può avvenire utilizzando: a) una tavola di legno duro chiodata; b) una tavola di multistrato strutturale; c) una tavola di legno duro con i bordi rinforzati da una reggia dentata d'acciaio infitta a percussione; d) una tavola di legno duro con i bordi rinforzati da un telaio di bordo e grappe fissate alle estremità a vite. (CAF)

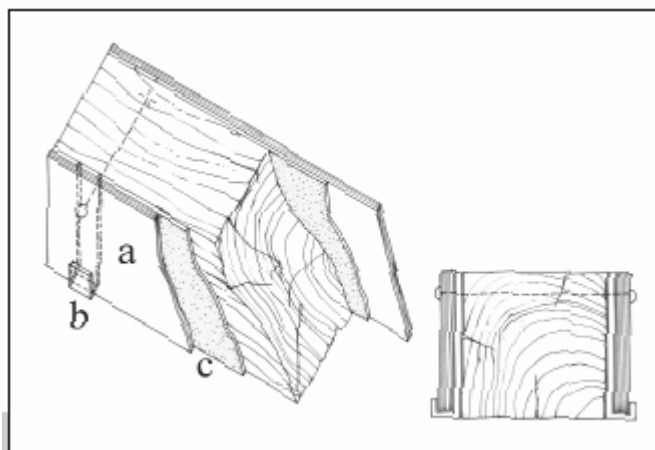


Figura 2 • Consolidamento di un travetto eseguito in opera, senza smontaggi, per mezzo di ganci fissati alle estremità delle facce del travetto stesso e di guance di compensato strutturale (a) trattenute dai ganci (b) e distanziate da spessori di cartone (c). (CAF)

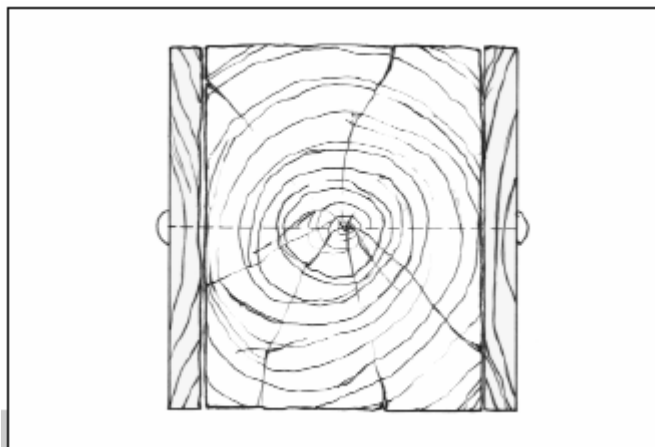


Figura 3 • Consolidamento di un travetto utilizzando tavole chiodate. La figura mostra la disposizione più opportuna delle tavole in rapporto alla disposizione degli anelli di accrescimento per evitare l'imbarcamento delle tavole. (CAF)

<b>CSD 34</b>	<b>CONSOLIDAMENTO DELLE CAPRIATE E DELLE INCAVALLATURE</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Le degradazioni delle capriate e delle incavallature, prescindendo da quelle delle singole membrature costituenti, consistono in rotazioni rigide intorno agli appoggi murari, quando i collegamenti trasversali sono insufficienti o i carichi sono asimmetricamente disposti, e svergolamenti (cioè perdita della planarità) che accadono frequentemente quando la geometria della capriata è imperfetta e le simmetrie geometriche non sono rispettate con le lavorazioni e la posa in opera, oppure quando i carichi sono asimmetricamente disposti; possono riguardare, inoltre, la dissoluzione o rottura delle connessioni (che riguardano le terminazioni delle aste o gli organi di collegamento come perni, cerchiature, staffe ecc.), con dislocazioni relative (rotazioni, traslazioni) delle aste concorrenti nei nodi.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Unità strutturali piane, semplici o composite, come capriate, incavallature, telai, portali e simili che abbiano subito deformazioni, sconnessioni, allentamenti dei giunti.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Allorché si siano verificate rotazioni e svergolamenti con le opportune tecniche d'analisi, si tende a conservare la struttura e la sua funzione portante, mantenendo la configurazione originaria e assicurando al contempo, con le riparazioni, il collegamento tra le membrature costituenti e, in definitiva, l'efficienza.

Il criterio è di agire allentando i collegamenti e riportando le aste dislocate o l'intera unità strutturale nella corretta posizione, che sarà poi fissata ripristinando i collegamenti e rendendone stabile la posizione relativa rispetto alle aste ausiliarie di collegamento e distribuzione, come i colmi, gli arcarecci e le altre unità che fanno parte del sistema.

L'intervento richiede spesso l'esecuzione di puntellamenti e ponti di osservazione e di operazione.

Per le dislocazioni relative delle aste, si può tentare di ripristinarne, in parte, la posizione originaria, per poi bloccarne i movimenti che le connessioni originarie ancora consentono.

Ciò si ottiene con la riparazione e il miglioramento della connessione, senza alterarne però la natura, quindi consentendo i movimenti originariamente previsti; ovvero con organi aggiuntivi che impediscono solo i movimenti indesiderati. In generale, è preferibile aggiungere organi anziché trasformare quelli esistenti, al fine di evitare alterazioni anche ai singoli elementi della struttura originaria o di quella che si è determinata nel tempo (fig. 1, fig. 2).

Gli organi aggiuntivi sono di natura semplice, da applicare generalmente all'esterno, come gattelli supplementari, mensole, cerchiature ed eventualmente perni.

Le cerchiature si applicano con intenti, materiali, procedimenti, accortezze già descritti (v. CSD38 - Consolidamento mediante viti autofilettanti e cerchiature).

I gattelli, preferibilmente di legno ma anche di alluminio anodizzato o di acciaio, si applicano con viti autofilettanti.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Occorre lasciare testimonianza dei dissesti occorsi, evitando la distruzione delle testimonianze materiali, i sintomi e agire sempre, ove possibile, con criteri di regolabilità e di reversibilità.

È fondamentale che i nodi, cioè le connessioni, mantengano la loro possibilità di dissipare parte dell'energia meccanica, statica o dinamica, che le investe e di deformarsi senza danno: questa è

una peculiarità delle strutture di legno, che le rende, tra l'altro, di ottimo comportamento in aree sismiche e per questo apprezzate.

Nei rifacimenti delle testate delle membrature è indispensabile, non solo per ragioni di corretta conservazione ma anche per raggiungere la completa efficienza dell'unità strutturale, mantenere l'individualità fisica e di comportamento di ciascuna asta concorrente nel nodo.

È pertanto necessario evitare con ogni cura, la posa in opera di piastre sovrapposte, di chiodature irrigidenti e taglianti e di cunei bloccanti ed evitare il contatto diretto con l'acciaio di organi di estesa superficie.

La natura discreta dei provvedimenti e le dimensioni ridotte dei dispositivi non pongono particolari limitazioni anche per strutture con connotazioni statico-strutturali di pregio.

### ESPERIENZE

Sala di schermo nella Fortezza da Basso, Firenze. L'intervento è attuato mediante l'apposizione di un gattello di legno duro al monaco per sostenere il saettone danneggiato e sostenuto ormai solo in area molto ristretta e, per ripristinare la continuità del collegamento, di una zeppa di legno tenero nel vuoto formatosi tra le due membrature.

Firenze, chiesa di Ognissanti, riparazione dei nodi tra contraffissi e monaco di capriata della carpenteria.

Firenze, Ostello di Santa Monaca, riparazione di una capriata mediante cerchiature ai nodi di estremità.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1996.

(TAM)

Arsenale di Venezia:

Menichelli C. (a cura di) *Le strutture lignee dell'Arsenale di Venezia. Studi e restauri* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 1163-1216.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

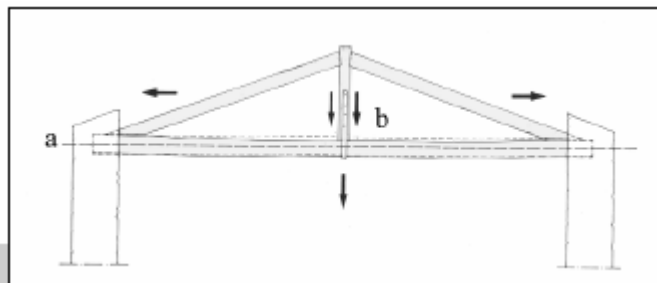


Figura 1 • Capriata affetta da inflessione eccessiva della catena. Lo scorrimento dei due puntoni rispetto alla catena, dovuto all'inefficienza dei nodi di estremità, ha causato l'abbassamento del monaco e la conseguente inflessione della catena. a) Asse primitivo della catena della capriata; b) il monaco è a contatto con la catena alla quale è rigidamente collegato da una staffa metallica chiodata. (CAF)

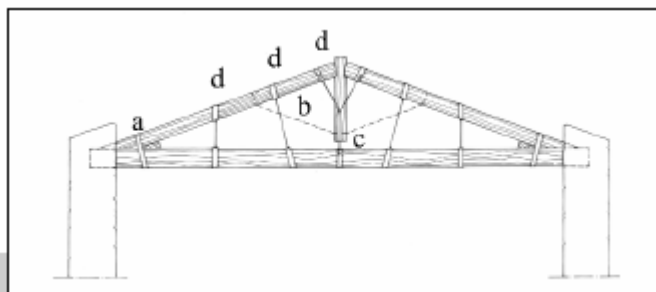


Figura 2 • I provvedimenti principali consistono in: a) apposizione di staffe metalliche sui nodi puntone-catena per impedire l'ulteriore scorrimento e miglioramento dell'efficacia del nodo inserendo zeppe lignee; b) messa in opera di saettoni lignei o metallici provvisori tra il monaco e i puntone; c) successivo taglio dell'estremità inferiore del monaco e disattivazione della staffa chiodata che lo legava alla catena; d) recupero parziale della deformazione anelastica mediante l'azione di tirantature apposte lungo i puntone e sul monaco. L'intervento è completato con la definitiva regolazione delle staffe ai nodi puntone-catena. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica consiste nell'aggiungere nuove travi disposte come quelle esistenti, a metà di ciascun campo libero. Nei casi più ricorrenti tali travi poggiano sulle pareti, ma talvolta può essere opportuno disporre (inserire o applicare) mensole sulla muratura o apporre travi dormienti alle pareti.

Con tale presidio, il carico sulle travi originarie è in pratica dimezzato. Anche la luce libera delle travi secondarie è teoricamente ridotta a metà e ciò è particolarmente vantaggioso perché, come noto, le tensioni interne variano con il quadrato della luce. La diffusione delle pressioni sugli appoggi è grandemente migliorata.

Le nuove membrature possono essere di legno o d'acciaio; se d'acciaio, sono preferibili quelle a traliccio.

Trattandosi di travi appoggiate (uno degli appoggi sarà dotato di carrello), la riduzione della sezione resistente alle due estremità è opportuna, oltre che possibile, anche per ridurre l'impatto sulle pareti perimetrali o sui ritti di sostegno ai quali devono essere fissate.

La stabilità delle travi aggiunte, specialmente se molto sottili come i tralicci, deve essere assicurata; ciò può essere ottenuto con tiranti d'acciaio trasversali inclinati, collegati alla parte superiore visibile delle travi antiche e ai bordi inferiori della nuova membratura (al corrente inferiore del traliccio). Essi devono essere dotati di organi di regolazione (per esempio, giunti a manicotto).

Si tratta di una tecnica basata su operazioni e dispositivi totalmente reversibili, che non richiedono smontaggi.

I dispositivi relativi sono attivi perché fruiscono di una pretensione.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il metodo si applica a solai o falde di tetto non in vista, le cui travi siano notevolmente sottodimensionate e deformate; oppure strutture simili per le quali la preziosità della materia, della configurazione e dell'apparecchio, oltre alla loro vetustà, sconsigliano l'adozione di provvedimenti che non siano assolutamente visibili e siano, al tempo stesso, reversibili.

La tecnica è particolarmente indicata, a prescindere dalle altre considerazioni esposte che pure devono essere valutate, allorché le travi secondarie siano fortemente inflesse.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

È necessario eseguire preventivamente le riparazioni, se necessarie, delle membrature delle travi principali e secondarie.

Nelle fasi iniziali dell'intervento si deve realizzare il puntellamento delle travi principali; eventualmente ciò si farà anche per le travi secondarie, se molto deformate o sottodimensionate, apponendo i puntelli da due lati per lasciare libera la mezzeria di ciascuna di esse ove sarà applicata la nuova membratura.

È in generale necessario disporre spessori discontinui (strisce di pannelli di legno per usi strutturali, quale materiale di sacrificio da sostituire quando logoro) per ragguagliare le superfici di appoggio sul bordo superiore della trave di nuovo apporto (ovvero sul corrente superiore del traliccio).

I tiranti trasversali si applicano a ganci di viti autofilettanti e sono dotati di tenditori.

Si operano, poi, l'inserimento, il posizionamento, la messa in tensione del dispositivo di consolidamento, lo scarico progressivo dei puntelli, l'esercizio e, infine, il collaudo e la regolazione.



Nell'ultima fase può rivelarsi necessario ridurre qualcuno degli spessori sopra indicati e aumentarne qualcun altro, per una più equilibrata distribuzione delle tensioni sulla trave supplementare (fig. 1).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

È opportuno che le parti metalliche, specialmente se si mettono in opera tralicci, siano di acciaio inossidabile (v. *CSD38 - Consolidamento mediante viti autofilettanti e cerchiature*), in virtù della loro elevata resistenza alle alte temperature (in caso di incendio) e alla corrosione. In taluni ambienti può essere consigliabile usare cavi inguainati. Non è consigliabile tentare di recuperare completamente le deformazioni occorse, perché vi è il pericolo concreto di rotture, sconnessioni in altre parti della struttura; inoltre ciò non è opportuno. Un recupero parziale è tuttavia possibile e anzi, in generale, consigliabile, per mettere in tensione il dispositivo di consolidamento.

La tecnica è di difficile o sconsigliabile impiego per le unità strutturali in cui la partizione geometrica intradossale è una connotazione essenziale; solo in taluni di questi casi si può ricorrere a tralicci metallici da dimensionare in modo che abbiano la minima incidenza visiva.

#### **ESPERIENZE**

Scandicci (FI): complesso architettonico del castello dell'Acciaiole.

Venezia: ex convento dei Tolentini.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Barbisan U., Laner F. 1995; Laner F., Ortolani V. 1992.  
(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", 134, 2004, pp. 44-51.

palazzo Besta di Teglio (SO), monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS):  
Foppoli D., Paneroni A., Pianazza A., *Esempi di restauro conservativo di strutture lignee in area alpina e prealpina* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 877-886.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

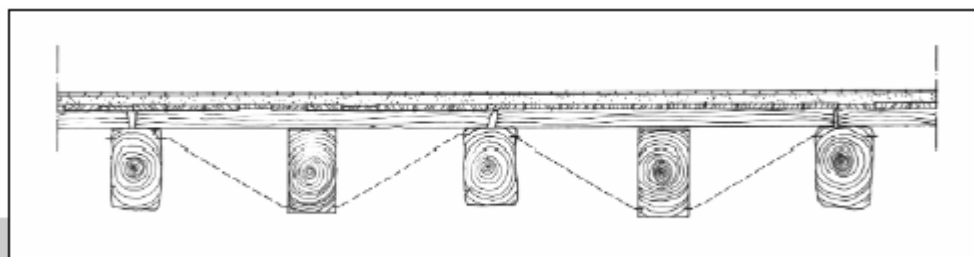


Figura 1 • Dimezzamento dell'interasse delle travi di un solaio con l'inserimento di nuovi elementi. La stabilità delle travi aggiunte si ottiene con tiranti d'acciaio trasversali inclinati, dotati di tenditori e applicati a ganci di viti autofilettanti. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

È una tecnica innovativa inventata da Claudio Messina per il consolidamento delle capriate e delle incavallature con una sorta di puntellamento provvisorio. Si tratta di applicare all'unità strutturale una serie di tiranti metallici e di elementi compressi che fungono da confinatori delle deformazioni in corso o temute, e delle degradazioni, specialmente dei collegamenti.

Gli schemi operativi sono quelli indicati, variabili secondo la tipologia dell'unità strutturale.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Capriate e incavallature, telai che abbiano subito gravi degradazioni dei collegamenti e deformazioni.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

In generale, un tirante in due pezzi simmetrici (uno su ciascun lato della capriata) si dispone a grembiule, con le estremità ancorate ai puntoni e la parte mediana passante, sia pure con interruzioni e giunzioni operate, per semplicità di montaggio e opportunità di regolazione, sotto la catena. Ometti di legno sono posti a contrasto sotto i puntoni in corrispondenza delle estremità dei tiranti e in appoggio sulla catena, per impedire le deformazioni che i tiranti stessi indurrebbero.

Dopo il puntellamento occorre forzare leggermente i puntelli verso l'alto, riparare le giunzioni, eseguire il consolidamento, procedendo al montaggio delle varie parti con inizio dagli elementi destinati a essere compressi. Si procede poi alla messa in tensione del dispositivo e, in seguito, alla messa in esercizio. Sono necessarie regolazioni successive (fig. 1, fig. 2).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'intervento altera in misura consistente la configurazione originaria, ma ha il pregio di essere totalmente reversibile e di minimo impatto visivo.

L'applicazione deve compiersi sempre interponendo degli spessori, preferibilmente di legno, nei punti di contatto tra il dispositivo di consolidamento e la struttura esistente, per evitare di sottrarre il legno alla vista ed evitare dannose condense. Il dispositivo deve essere sempre dotato di organi di regolazione (viti di tensione).

Si deve inoltre tendere a minimizzare l'impatto visivo e a tal fine possono essere progettate varianti utilizzando cavo d'acciaio, possibilmente rivestito, in luogo delle barre. Si può ipotizzare la realizzazione delle imbragature con altri materiali diversi dall'acciaio, purché resistenti a trazione.

**ESPERIENZE**

Savona, 1983, capriate del Teatro Gabriello Chiabrera.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Marradi P., Messina C., Paolini L. 1989; Messina C., Paolini L. 1986; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

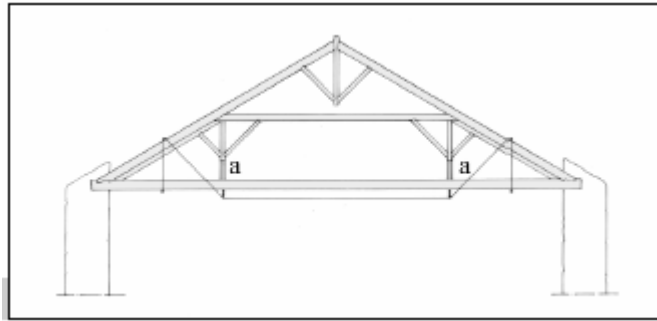


Figura 1 • Primo schema di imbragatura (armatura parzialmente presollecitata) di capriata di incavallatura integrata da ometti supplementari di irrigidimento (a). (CAF)

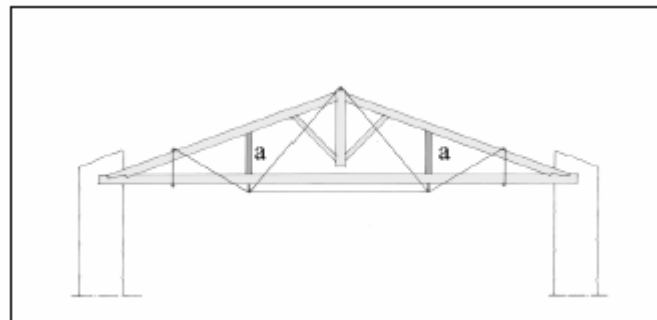


Figura 2 • Secondo schema di imbragatura (armatura parzialmente presollecitata) di capriata di incavallatura integrata da ometti supplementari di irrigidimento (a). (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'adozione di questa tecnica di temporaneo o definitivo consolidamento di un'unità strutturale complessa, come un solaio o una falda di tetto, è documentata da precedenti storici notevoli perché si basa su principi intuitivi, e consiste nell'apposizione di un elemento resistente lineare destinato a sostenere le travi principali in corrispondenza della loro mezzera.

La tecnica è complessa, in primo luogo, perché il provvedimento non è del tutto razionale.

Infatti, per necessità di orditura degli elementi, la nuova membratura deve essere perpendicolare alle travi principali e quindi disposta secondo il lato più lungo dell'ambiente coperto. Essa è quindi, di solito, più lunga della portata consueta delle travi commerciali e, d'altra parte, le sue dimensioni in sezione non possono essere elevate, perché altrimenti avrebbe un ingombro eccessivo in rapporto alla funzione d'uso dell'ambiente. Inoltre, dovendo essere molto rigida, essa richiede collegamenti murari molto vicini all'incastro, quanto a libertà di movimenti consentiti, cosa sempre molto problematica da realizzare con

strutture di legno e che si ottiene, appunto, solo con dotazione di organi di confinamento delle deformazioni quali mensole oppure contraffissi o saette alle estremità (v. *CSD39 - Riduzione della luce libera di una trave mediante saette*). Si deve notare, poi, che aumentare il numero delle travi rompitratta non elimina gli inconvenienti di fondo ora citati.

L'intervento descritto cambia la configurazione, perché per ciascuna trave s'introduce un appoggio supplementare cedevole. Tuttavia il dispositivo è reversibile, salvo che per la predisposizione degli appoggi alle pareti, si colloca *in situ* e non richiede smontaggi; può essere reso blandamente attivo.

La conoscenza della tecnica è in ogni modo necessaria per riconoscere i provvedimenti di questo tipo attuati in passato sulle carpenterie esistenti, non solo di legno, e valutarne l'efficienza.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Unità strutturali sottodimensionate per carichi consueti, oppure eccessivamente caricate o deformate al punto da compromettere il funzionamento dell'unità strutturale stessa e la sicurezza in generale.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Perché il dispositivo sia attivo, vale a dire già in funzione prima che intervengano altre deformazioni, occorre scaricare l'unità strutturale, puntellare le travi principali da due lati rispetto alla mezzera, avendo cura di disporre un tavolone di distribuzione sotto il bordo delle stesse. Si dovranno in seguito recuperare, se del caso, parte della deformazione, agendo sugli organi di regolazione dei puntelli, specialmente se, trattandosi di un solaio, il pavimento è stato smontato. Si dovranno, infine, predisporre gli appoggi della trave e delle eventuali saette; il collegamento trave-saette deve essere sempre compiuto tramite mensole lignee di distribuzione.

Gli appoggi possono essere ottenuti a strappo nella muratura, oppure, più opportunamente sotto il profilo della stabilità e della conservazione delle murature stesse, essere applicati alle pareti con piastre o paraste.

Si esegue la “presentazione” della trave in opera insieme alle eventuali mensole o saette e si livellano, con spessori lignei fissati con semplici chiodi, i bordi inferiori delle travi principali per realizzare il loro appoggio sulla trave rompitratta. Non è in generale consigliabile impedire, con chiodi o altro, piccoli movimenti relativi ortogonali, perché si avrebbero degli effetti di torsione indesiderati nelle travi.

Con nuovi puntelli posti sotto il bordo della trave rompitratta in corrispondenza degli appoggi, si provvederà a calzarla, inserendo zeppe di legno duro – quercia, faggio, robinia – tra gli appoggi e la trave stessa, oltre che tra gli appoggi e le saette. Si provvederà, quindi, a scaricare lentamente i puntelli senza smontarli del tutto, almeno finché non siano state effettuate le verifiche, e a caricare l’unità controllandone il comportamento.

Generalmente risulta necessario ridurre lo spessore di qualche zeppa laterale e aumentare quello delle centrali (fig. 1).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il conferimento di una monta alla trave rompitratta non è in generale possibile, perché le travi principali mediane sono spesso più deformate di quelle laterali. Sono utili e attuabili, al contrario, sezioni di maggiore altezza agli appoggi, il che può essere ottenuto con mensole.

Queste devono essere collegate all’estremità libera della trave mediante cerchiature o staffe d’acciaio che saranno disposte in modo da prevenire i movimenti relativi (scorrimenti) e ancorate con perni.

Vi sono naturalmente le scelte della trave di legno lamellare, di profilato metallico ecc., più resistenti e soprattutto più rigide. Il loro ambientamento è tuttavia estremamente problematico.

Una via più interessante è certamente costituita da una trave lignea preventivamente rinforzata, della quale cioè sono state aumentate le prestazioni con una delle tecniche descritte per il consolidamento, ad esempio con l’inserimento di lamine resistenti (v. CSD47 - Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche).

Un’alternativa a tale soluzione è il ricorso a saette o contraffissi per ciascuna trave principale, sottoposti a compressione, da ancorare alla muratura su appositi appoggi o mensole.

L’apposizione di trave rompitratta altera la configurazione delle travi che, originariamente su due appoggi e con momento positivo massimo in mezzera, sono trasformate in travi su tre appoggi con un picco di momento negativo proprio sull’appoggio centrale cedevole.

Per travi da lungo tempo in opera questo cambiamento radicale del senso delle sollecitazioni può avere effetti notevolmente dannosi.

Si deve pertanto valutare se non convenga piuttosto irrigidire ciascuna delle travi principali con saette, anziché la serie con una trave rompitratta.

### **ESPERIENZE**

L’impiego di travi rompitratta è piuttosto comune, soprattutto quando il rimedio è adottato come una forma di puntellatura in fienili, granai, stalle e, in genere, in edifici rurali. In questi casi, naturalmente, gli interventi sono improvvisati ed eseguiti con una certa grossolanità.

Ma non mancano esempi di rinforzo con travi rompitratta, che rivelano, invece, una certa perizia, soprattutto quando le applicazioni tecniche riguardano i solai delle abitazioni o di edifici di un certo pregio. Non sono rare, inoltre, le adozioni storiche di tale tecnica e se ne trovano nei palazzi veneziani, in edifici genovesi e in Toscana.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1996.

(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

palazzo Besta di Teglio (SO), monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS):  
Foppoli D., Paneroni A, Pianazza A., *Esempi di restauro conservativo di strutture lignee in area alpina e prealpina* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 877-886.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

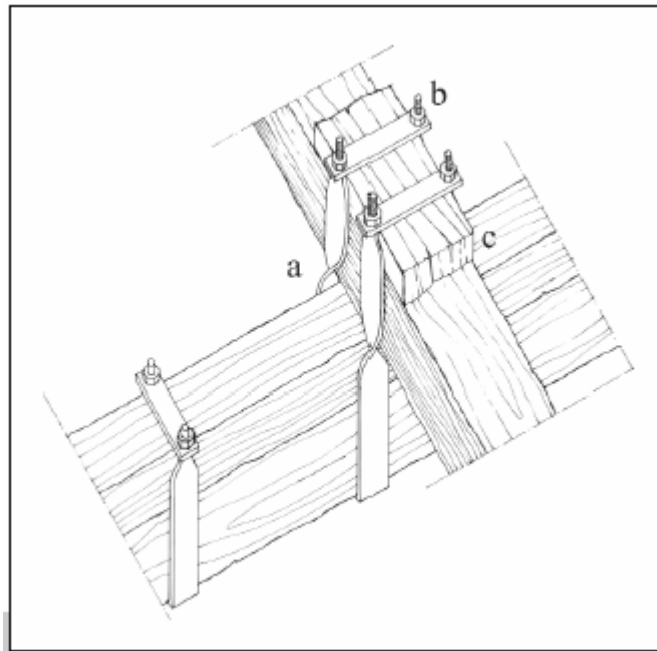


Figura 1 • Rinforzo di travi mediante l'apposizione estradossale di trave rompitratta: a) staffe verticali ritorte; b) organi regolatori a vite; c) piastra lignea di diffusione delle tensioni alle testate. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'intervento, a carattere topico, si compie ricollegando le parti distaccate e deformate della rottura mediante le operazioni congiunte di inserimento di viti autofilettanti e di cerchiature.

Il vantaggio maggiore consiste nel fatto che non sono richiesti smontaggi.

Le viti, di lunghezza opportuna, comunque con la parte liscia del gambo all'incirca uguale alla parte separata della membratura più vicina alla testa della vite stessa, sono preferibilmente quelle di acciaio inossidabile che, oltre alla resistenza alla corrosione, hanno un filetto dotato di elevata durezza e di un'eccellente attitudine al taglio a causa del processo di formatura a freddo. Sono disposte perpendicolarmente alla superficie di rottura in modo da essere sollecitate prevalentemente a trazione e a taglio; si eviterà di attraversare i nodi.

Le cerchiature sono composte generalmente da due bracci piatti di ferro dolce, collegati da viti di serraggio e di regolazione con il tratto superiore e inferiore, conformati a sella per evitare pressioni dannose sugli spigoli della membratura in fase di serraggio e di esercizio.

Allorché fenomeni di corrosione esterna o interna siano prevedibili è opportuno il ricorso ad acciaio inossidabile, preferibilmente di tipo austenitico e più nello specifico della serie Aisi 300 (314 o 316, ad es.), che presenta anche buone doti di piegabilità.

Sono realizzabili anche con cavo d'acciaio, preferibilmente rivestito da guaina isolante, dotato di tenditore a manicotto o di altro tipo (fig. 1). Oppure con fasce di materiali plastici, come il kevlar, con l'avvertenza che la deformabilità di questi materiali richiede frequenti controlli di efficienza e regolazioni. La memoria di forma di alcuni di questi materiali (titanio, ad es.) può essere utile al fine di recuperare allungamenti eccessivi in caso di picchi di azioni esterne.

Lo scaricamento degli organi di regolazione dei puntelli pone automaticamente in esercizio il dispositivo senza che intervengano ulteriori deformazioni della membratura.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Membrature sottoposte a sollecitazioni non elevate affette da rotture e da deformazioni o comunque fessurate, purché i tessuti legnosi non siano affetti da attacchi biotici.

Per la sua scarsa incidenza visiva, è vantaggiosamente applicabile, specialmente nella versione in cavo d'acciaio, su membrature con elevate caratteristiche formali o decorate.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Si procede al puntellamento della membratura o dell'unità strutturale cui appartiene, lasciando libera l'area interessata, con puntelli dotati di organi di regolazione, per recuperare, almeno parzialmente, la deformazione occorsa.

L'inserimento delle viti, da compiere a mano e con l'ausilio di apposite dime di legno, potrà essere preceduto da perforatura con trapano, per assicurare la direzione di avanzamento degli organi definitivi e per sondare i tessuti legnosi, ma usando punte notevolmente più sottili del gambo della vite.

L'apposizione delle cerchiature si compie con l'interposizione di elementi di diffusione delle tensioni (strisce di legno duro o di pannello di legno per usi strutturali, ad es.), anche al fine di evitare il contatto diretto dell'acciaio sul legno, fonte di dannose condense; a tal fine anche i bracci laterali sono tenuti discosti dal legno (fig. 2).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**



Ciascuna vite deve essere inserita perpendicolarmente alla superficie di rottura, mediando se questa è multipla o aumentando, senza esagerare, il numero delle viti.

Non si può applicare alle rotture nette in presenza di attacchi fungini, sia per l'inconsistenza del legno sia per l'andamento prevalentemente verticale della superficie di rottura.

In casi particolari può essere un provvedimento integrativo di altri come le protesi (v. CSD45 - Rinforzo di elementi strutturali lignei con protesi in betoncino epossidico armato).

La naturale evoluzione della tecnica, vale a dire il livello superiore d'intervento, è l'inserimento nella membratura di elementi resistenti a trazione e compressione, per esempio lamine (v. CSD47 - Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche).

#### **ESPERIENZE**

Questa tecnica è stata applicata da G. Tampone e L. Campa, nel 1985, alle travi di castagno della copertura dello Spedale di Lastra a Signa, Firenze (Battista d'Antonio, con la supervisione di Filippo Brunelleschi; Il decennio del XV secolo).

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Tampone G. 1996.  
(TAM)

Palazzo Calini ai Fiumi (BS):

Metelli G., Preti M., Marini A., Giuriani E., *Intervento di riparazione di un'antica trave lignea* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 940-948.

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

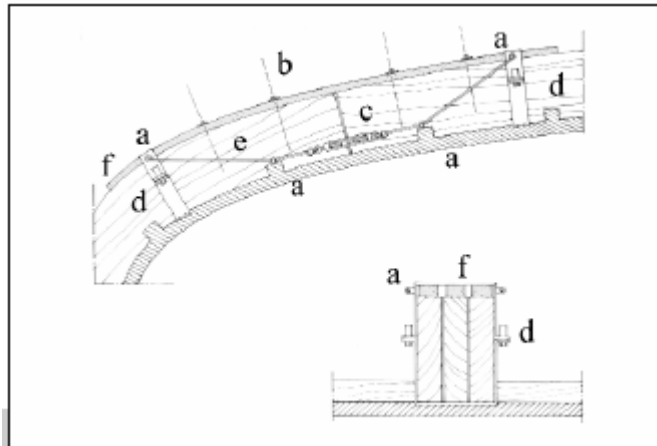


Figura 1 • Consolidamento in opera, senza smontaggi, della struttura di una volta a carena per mezzo di una centinatura in cavo d'acciaio rivestito e isolato. Sul bordo estradossale delle tavole ammalorate che compongono la centina sono state poste strisce di compensato per usi strutturali. a) Occhielli; b) viti inox di fissaggio; c) tenditore; d) collare metallico con viti di regolazione; e) cavo d'acciaio rivestito e isolato; f) strisce di compensato per usi strutturali. (CAF)

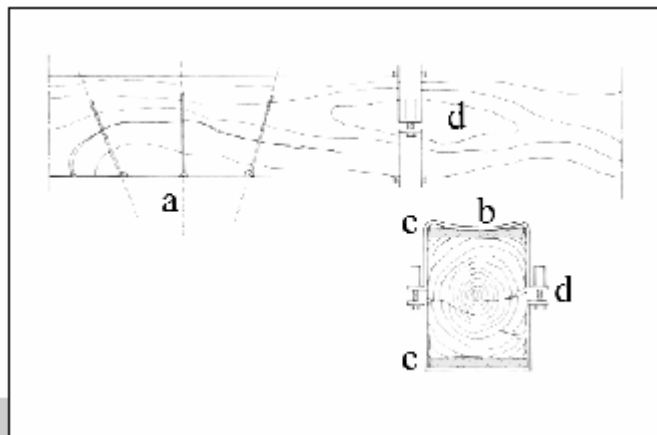


Figura 2 • Consolidamento di una trave mediante l'uso di viti autofilettanti inserite perpendicolarmente alle superfici di rottura e cerchiature. a) Viti autofilettanti di acciaio inossidabile; b) parte superiore della cintura sagomata a sella per non danneggiare gli spigoli della trave; c) lastra di interposizione di legno duro; d) manicotto filettato saldato e vite di regolazione. (CAF)

<b>CSD 39</b>	<b>RIDUZIONE DELLA LUCE LIBERA DI UNA TRAVE MEDIANTE SAETTE</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il provvedimento è perfettamente congruente con la natura e la storia dell'evoluzione delle strutture di legno. Si deve ricordare a tal proposito che, proprio a causa della difficoltà di realizzare incastri perfetti (cioè inibitori di ogni libertà di movimento relativo tra due o più aste di legno concorrenti), date le peculiarità del legno, i collegamenti si compiono sempre con la presenza di un elemento supplementare, vale a dire una saetta o contraffisso, che opera a compressione. Questo elemento, a volte, ha anche la funzione di contrastare l'instabilità laterale di membrature compresse snelle. Più nello specifico è interessante ricordare che, specialmente dal Settecento in poi, molte strutture, come travi, capriate, incavallature, soprattutto se di notevole luce, sono state realizzate con l'aggiunta, rispetto alla configurazione semplice consueta, di saette o contraffissi laterali fissati alle pareti murarie di appoggio della struttura (ad es., le capriate di tipo palladiano composite presenti nel tetto del salone centrale del Museo archeologico di Napoli).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Membrature che, pur danneggiate o eccessivamente inflesse, non hanno perduto la loro elasticità.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Nel consolidamento o nell'irrigidimento di membrature esistenti, la tecnica consiste nel disporre una saetta, cioè una membratura lineare inclinata che sarà sottoposta a compressione, al fine di realizzare un appoggio intermedio supplementare per la membratura danneggiata o sovraccaricata.

All'estremità inferiore l'elemento di nuovo apporto deve poggiare su una base stabile. Esso deve essere verificato a carico di punta.

L'intervento con saette può essere considerato come un puntellamento, anche definitivo.

Dopo aver puntellato provvisoriamente la struttura per liberarla dalle tensioni indotte dai carichi, si preparano gli appoggi sulle pareti murarie, oppure su mensole o su dormienti.

Si preparano, quindi, gli organi di distribuzione delle tensioni sulle saette e sulla membratura: essi sono costituiti da mensole, applicate al bordo inferiore della trave, sulle quali si applica la saetta, oppure da gattelli, quando la saetta può essere applicata direttamente alla membratura, la cui funzione è di impedire lo scorrimento della saetta e la sua conseguente, progressiva inefficienza.

Regolando i puntelli si potranno inserire i saettoni, che diventano immediatamente attivi. Si procede, infine, allo smontaggio graduale delle puntellature provvisorie, in modo che tutta la struttura riprenda la sua normale funzione statica, rinforzata dalla presenza delle saette (fig. 1, fig. 2).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

È un provvedimento totalmente reversibile, non invasivo, attivo, di scarso impatto visivo e di immediata comunicazione quanto a funzione, epoca di introduzione ecc. Esso, però, può indurre effetti collaterali indesiderati.

Infatti, un effetto collaterale della tecnica è l'inversione del regime delle tensioni nelle regioni della membratura prossime alla saetta, a causa del momento negativo provocato dall'appoggio così introdotto. Di conseguenza, una parte consistente della membratura subisce un'inversione del regime tensionale; le regioni estradossali risultano tese anziché compresse come in precedenza e, viceversa, compresse quelle intradossali. Si dovrà pertanto tenere conto dell'eventuale presenza di

nodi cadenti e di rotture trasversali che sono perniciosi nei tessuti tesi e limitano o impediscono l'applicazione indicata.

Bisognerà prevedere anche le possibili direzioni di instabilità della saetta e sagomarla e dimensionarla in conseguenza. Non sono necessari organi di regolazione.

### ESPERIENZE

Museo archeologico di Napoli: capriate composite alla palladiana della copertura del salone centrale, databili alla fine del Settecento, dotate di contraffissi alle estremità.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Barbisan U., Laner F. 1995.  
(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

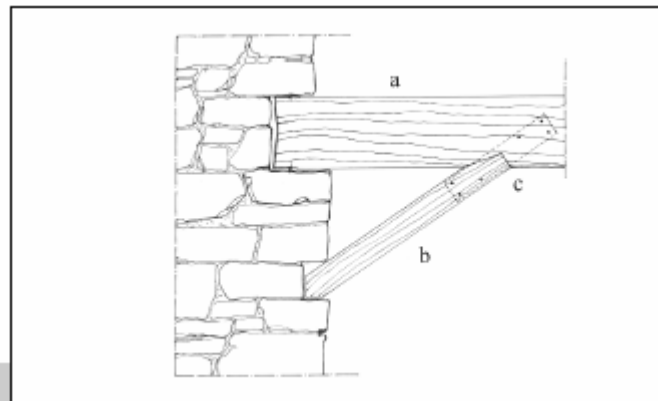


Figura 1 • Riduzione della luce di una trave mediante inserimento di un contraffisso: a) trave; b) contraffisso; c) piastra d'acciaio imbullonata. (CAF)

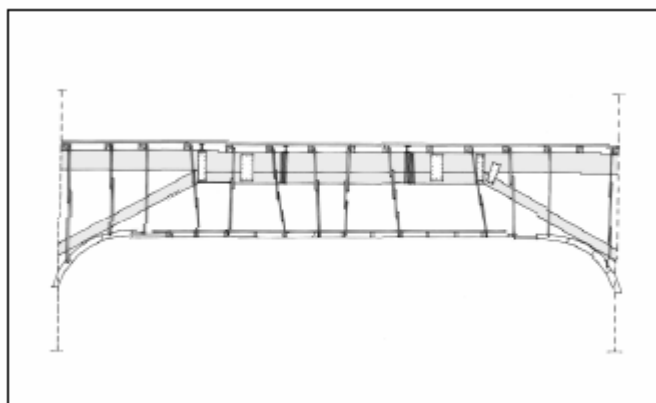


Figura 2 • Lo schema descrive la struttura di un solaio realizzata con una serie di cavalletti a contraffissi ai quali è inoltre appesa la sottostante volta in canniccio. La sezione in mezzeria è aumentata con una seconda trave legata alla prima con piastre metalliche e legature in filo di ferro. La luce totale è ridotta inserendo due contraffissi. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica, proposta negli anni cinquanta e sessanta, ha subito delle evoluzioni negli anni successivi ed è ancora in corso di perfezionamento.

Essa consiste nell'inserire un profilato metallico, generalmente a doppia T, sull'estradosso della trave ammalorata, recidendo l'estremità delle travi secondarie, per far posto all'elemento di nuovo apporto, ma lasciando quanto basta per assicurare il loro appoggio. Ciò permette di contenere l'ingombro del profilato nello spessore del solaio, in modo da non alterare la quota originaria del pavimento a ricomposizione avvenuta.

È razionale il principio applicativo dell'aumento della sezione resistente maggiorando l'altezza della membratura inflessa.

Le prime versioni e applicazioni avevano la finalità di far assumere al profilato tutta la funzione portante, esonerando in tal modo la trave dalla sua funzione strutturale e riducendola a mera icona; pertanto il profilato era dimensionato conseguentemente e nessun collegamento era previsto con la trave. Ingombro e peso del profilato erano notevoli.

In seguito però, mettendo in opera dei tirafondi sull'ala inferiore del profilato e ancorandoli al corpo della trave sottostante, si pensò di realizzare una membratura composta in modo che la trave lignea potesse continuare a esercitare la funzione portante con le sue resistenze residue.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Consolidamento o rafforzamento (aumento di prestazioni della membratura rispetto a quelle originariamente previste) delle travi principali di un solaio, quando sono previsti aumenti di carico oppure se le membrature esistenti non sono più in grado di resistere ai normali carichi di esercizio.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Gli interventi si realizzano dopo le eventuali riparazioni delle travi principali e secondarie del solaio, il puntellamento della struttura, lo smontaggio del pavimento e del relativo massetto di allettamento, nonché del sottofondo (v. SMG03 - Smontaggi e rimontaggi di pavimenti e rivestimenti).

Le estremità delle travi secondarie vanno recise per far posto al profilato, ma lasciando quanto basta delle stesse estremità per assicurare l'appoggio sulle travi principali.

Si procede alla posa del profilato e al suo collegamento alla trave lignea applicando dei tirafondi, e seguendo le procedure consuete già indicate per i connettori (v. CSD50 - Consolidamento di solai lignei con soletta collaborante). Si ricompongono poi gli strati sovrastanti del solaio.

Nella versione che prevede anche una soletta collaborante, si procede alla posa di un'armatura metallica che va collegata, se necessario, al profilato con saldature. S'inseriscono, quindi, i connettori per il collegamento con la trave lignea ed eventualmente con le pareti, per eseguire, infine, il getto di calcestruzzo (fig. 1).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La tecnica è eccessivamente invasiva e si evita ormai di utilizzarla se non in condizioni di emergenza.

Occorre, in ogni caso, contenere il peso del profilato per non gravare eccessivamente sugli elementi della struttura lignea.

È interessante ripercorrere le evoluzioni della tecnica e lo sviluppo delle sue varianti. Dagli anni sessanta si stava sviluppando, specialmente in Italia, la tecnica delle solette armate sovrapposte al solaio e con esso collaboranti. Pertanto, nelle prime applicazioni nelle quali le travi erano insufficienti o erano danneggiate, fu posto in opera anche il profilato, che però fu opportunamente inglobato nel getto o addirittura collegato all'armatura metallica della soletta. Nelle successive applicazioni, tuttavia, il profilato fu sostituito, perché ingombrante, di difficile movimentazione in cantiere e di scomoda messa in opera, da una nervatura armata di calcestruzzo della stessa soletta. È chiaro che si tratta, in ogni caso, di operazioni invasive e distruttive, e che l'impiego di materiali così diversi dal legno, come l'acciaio e soprattutto il calcestruzzo di cemento è assolutamente da evitare, anche per i grandi problemi d'incompatibilità che si creano.

Una variante di tale configurazione è costituita (brevetto Tampone 45817, v. G. Tampone, 1996) dall'apposizione di segmenti di travi, formati da strisce di pannelli di legno per usi strutturali, posati di taglio sul bordo superiore della trave, alla quale sono collegati da connettori, tra le travi secondarie.

Sviluppi successivi consistono nella collocazione, sull'estradosso della membratura, di tavole sovrapposte per aumentare in maniera omogenea (cioè apponendo legno su legno) la sezione resistente della membratura (in area veneta tale intervento è detto *incalmo*) e nel collegarle a essa con connettori metallici. Le tavole sono disposte a segmenti, per non recidere le estremità delle travi secondarie. I singoli pacchetti di segmenti di tavole sono sottoposti a compressione assiale (orizzontale) mediante doppi cunei di legno inseriti tra le tavole stesse e le estremità delle travi secondarie. Dopo lo scarico del solaio e il puntellamento dal basso con regolazione e recupero parziale della deformazione; ciò assicura la collaborazione effettiva delle tavole, oltre che la pretensione dell'unità strutturale.

Un'altra variante (brevetto Tampone 45817, v. G. Tampone 1996) per mettere in opera solo legno, prevede l'impiego di leggere strisce di pannelli lignei per usi strutturali, curvate a L, come dei profilati di legno, completati con ali nella parte superiore. Essi sono tra loro collegati con bulloni e, alla trave del solaio con viti poste nelle ali inferiori, a formare una doppia T. Le strisce sono intagliate nella parte inferiore per scavalcare le travi secondarie ([fig. 2](#), [fig. 3](#)).

## ESPERIENZE

Firenze, fine degli anni settanta, edificio settecentesco in via dell'Anguillara, sede di uffici del Tribunale.

Venezia, chiesa dei Carmini (sede dell'Istituto d'arte). La tecnica dell'incalmo è stata sperimentata sui solai della sacrestia.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Barbisan U., Laner F. 1995; Del Bufalo A. 1992; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996. (TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologia in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

palazzo Besta di Teglio (SO) CSD, monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS): Foppoli D., Paneroni A., Pianazza A., *Esempi di restauro conservativo di strutture lignee in area alpina e prealpina* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 877-886.

Gelfi P., Giuriani E., *Studio sperimentale del comportamento di travi miste legno acciaio con connettori a piolo* in Atti del "IV Workshop italiano sulle costruzioni composte", Palermo, 23-24 novembre 2000.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", 134, 2004, pp. 44-51.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

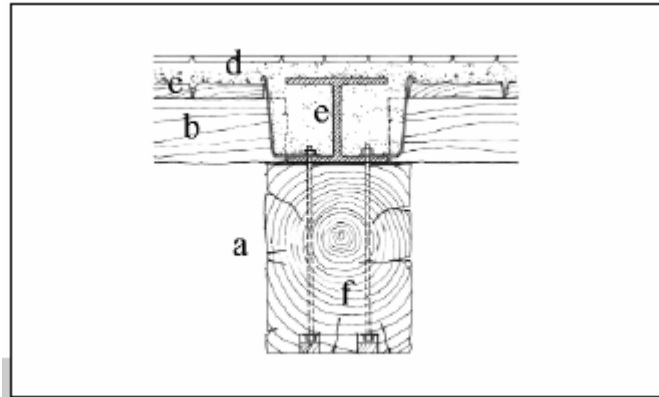


Figura 1 • Apposizione di trave estradossale: a) trave esistente; b) travetti; c) tavolato esistente; d) soletta in calcestruzzo; e) profilato in acciaio; f) tirafondi. (CAF)

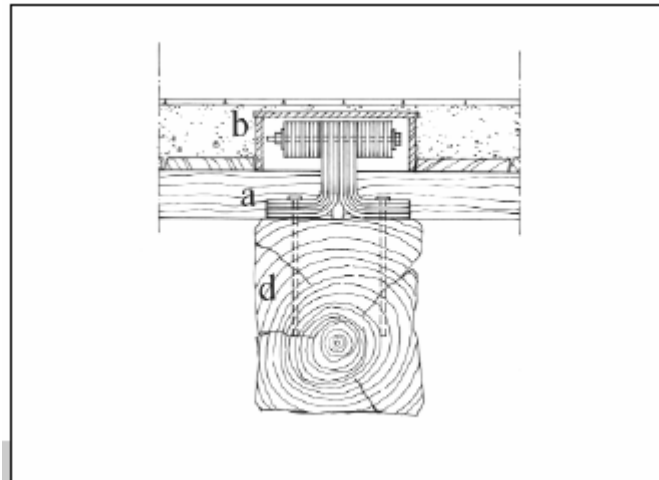


Figura 2 • Consolidamento di un solaio mediante una membratura estradossale lignea. L'operazione è eseguita a secco direttamente in opera senza smontaggi, utilizzando unicamente elementi lignei. Il funzionamento d'insieme è riconducibile a quello di una trave a doppia T. Sezione trasversale: a) elementi di compensato multistrato per usi strutturali curvati (anima); b) elementi di compensato multistrato per usi strutturali a costituire l'ala; d) connettori. (CAF)



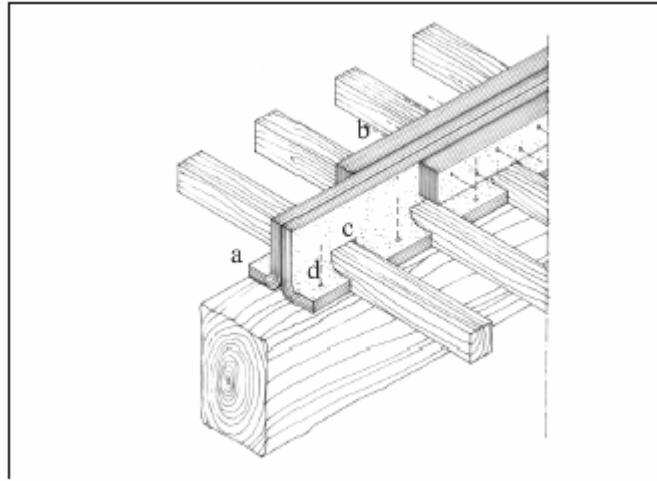


Figura 3 • Consolidamento di un solaio mediante una membratura estradossale lignea. Schema assonometrico: a) elementi di compensato multistrato per usi strutturali curvati (anima); b) elementi di compensato multistrato per usi strutturali a costituire l'ala; c) alloggiamenti per i travetti secondari per evitare il taglio delle loro estremità; d) connettori.  
(CAF)

**CSD 41****INSERIMENTO DI TRAVE LAMELLARE  
ALL'INTERNO DI UN SOLAIO****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Questa tecnica è un'alternativa alla soluzione che prevedeva l'inserimento di un profilato metallico (v. CSD42 - Inserimento di profilato metallico all'interno di una trave) nel vuoto lasciato dal nucleo distrutto della trave, dopo aver dedotto delle tavole esterne. Essa consiste nell'inserire una trave di legno lamellare in luogo di quella ammalorata.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Travi di solaio giudicate insufficienti sotto il profilo statico, oppure molto deformate, danneggiate o spezzate.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Si inizia col puntellare le travi secondarie in prossimità e parallelamente alla trave da trattare, producendo un lieve sollevamento della trave con l'azione di martinetti a vite, per distaccarla dagli appoggi. Si procede, quindi, liberando gli eventuali collegamenti (staffe, chiodi, perni, incastri ecc.) con il resto della struttura, e sfilando la trave ammalorata dopo aver scarnificato la parte di muratura attorno agli appoggi, limitando questa operazione al minimo indispensabile. Subito dopo si può procedere all'inserimento della nuova trave di lamellare utilizzando, naturalmente, i vecchi appoggi (fig. 1).

Prima di smontare le puntellature provvisorie, è bene assicurarsi che l'orditura secondaria, costituita da travetti oppure da tavolato, appoggi con continuità al nuovo elemento, eventualmente utilizzando degli spessori o delle zeppe che colmano i vuoti.

Nelle applicazioni ipotizzate, la nuova membratura occupa lo spazio lasciato libero dalla trave smontata e si presenta con tutta l'evidenza di un'aggiunta nuova, senza pretese mimetiche.

Eventualmente, un'impregnazione superficiale di mordente può dare alle superfici di legno nuovo una colorazione che attenui il contrasto cromatico con i legni invecchiati, in analogia con il principio adottato nelle tecniche di integrazione cromatica (v. INT19 - Trattamento delle lacune pittoriche mediante selezione e astrazione cromatica) (fig. 2).

Il lamellare, essendo composto da legno selezionato, ha caratteristiche meccaniche migliori del legno naturale.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Un lieve abbassamento della struttura secondaria è da mettere in conto, durante la sostituzione, specie se l'orditura delle travi principali presenta interassi larghi. Per tale ragione, è bene aver cura delle opere di puntellatura provvisoria, cercando di realizzarle in modo da impedire cedimenti o deformazioni del tavolato o dei travetti superiori. L'imbarcamento delle tavole è una possibilità da prendere in considerazione; perciò bisogna realizzare dei collegamenti molto efficaci, anche prevedendo delle fenditure da ritiro sulle tavole da considerare inevitabili perché fisiologiche.

Una variante è la costruzione di un elemento di legno lamellare costruito in opera.

**ESPERIENZE**

Mantova, palazzo Tè.

Venezia, palazzo Minetto, sostituzione di alcune travi portanti di solaio.

Genova, palazzo Ferretto, impiego di travi di legno lamellare per il consolidamento di solaio in travi lignee.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

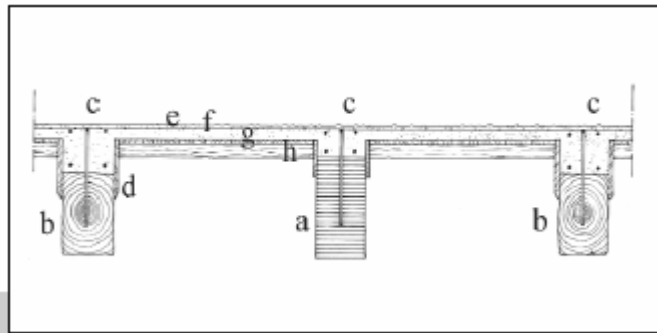


Figura 1 • Inserimento di trave supplementare in legno lamellare: a) trave in legno lamellare; b) travi originali; c) connettori; d) spondina in legno; e) rete elettrosaldata; f) massetto; g) tavolato; h) orditura secondaria. (CAF)

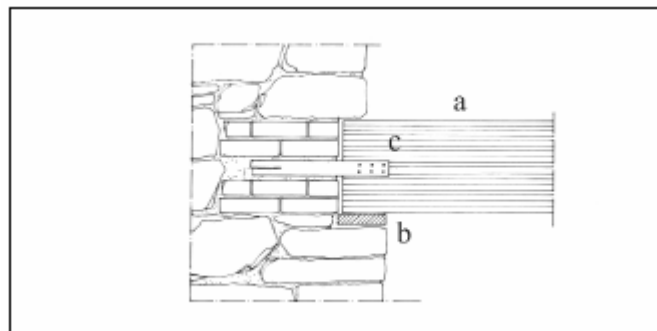


Figura 2 • Alloggiamento della trave in legno lamellare nella muratura: a) trave in legno lamellare; b) neoprene; c) zanca di ancoraggio. (CAF)

<b>CSD 42</b>	<b>INSERIMENTO DI PROFILATO METALLICO ALL'INTERNO DI UNA TRAVE</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Questa tecnica, che era adoperata e consigliata negli anni cinquanta e sessanta del secolo scorso, consisteva nel ricavare dalla trave delle tavole esterne e nel rimuovere o distruggere la parte interna e sostituirla con un profilato a doppia T, comunemente ad ala larga, calzato sotto la struttura lignea. Le tavole erano poi ricollocate nella posizione iniziale, simulando le connotazioni originarie dell'elemento strutturale (dimensioni della trave, segni delle lavorazioni, decorazioni ecc.).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Travi di solaio giudicate insufficienti sotto il profilo statico, oppure molto deformate, danneggiate o spezzate.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Dopo aver provveduto al puntellamento delle travi secondarie, in prossimità e parallelamente all'orditura principale, si procede alla recisione della trave ammalorata, in corrispondenza degli appoggi, a filo delle pareti. Si passa, quindi, alla sua rimozione, e se ne estraggono delle tavole, segnando le due facce laterali e quella inferiore, allontanandone le parti rimanenti del nucleo, in quanto ormai inutilizzabili. Al posto dell'elemento strutturale rimosso, si colloca un grosso profilato metallico a doppia T, in genere ad ala larga, dimensionato in modo opportuno e inserito nei medesimi appoggi, ormai svuotati, della vecchia trave. Su una leggera struttura di listelli, interna al profilato, si agganciano le tavole, ricomponendo la superficie esterna della struttura originaria, a mo' di involucro (fig. 1).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'interesse per la tecnica è puramente storico, in quanto essa è in disuso da circa una quarantina d'anni ed è fortemente sconsigliata. Era il prodotto di una grossolana pratica costruttiva e di una concezione estetizzante del restauro, piuttosto che di elaborazioni mirate alla conservazione. Era adottata per soddisfare un'esigenza di pura esteriorità, con scarsa o nulla attenzione agli aspetti costruttivi e strutturali. L'ipocrisia della soluzione era ben presto resa evidente dall'imbarcamento delle tavole, che si manifestava dopo breve tempo, mostrando il vuoto interno, ed era facilitato anche dal fatto che il profilato metallico non occupava tutto lo spazio lasciato libero dalla distruzione del nucleo interno.

Anche il peso e l'eccessiva rigidità del profilato rispetto alle altre membrature lignee causavano problemi non trascurabili.

Una variante interessante è l'inserimento di un elemento di legno lamellare in luogo del profilato metallico.

Altre varianti possono essere considerate le apposizioni dall'esterno di profilati metallici, a contatto, sul bordo superiore, sotto il bordo inferiore e ai lati delle travi.

**ESPERIENZE**

San Gimignano, solaio nel palazzo Comunale. Le tavole hanno subito un consistente imbarcamento ed è visibile il profilato all'interno.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", 134, 2004, pp. 44-51.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in *Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures"*, vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in *Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures"*, vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

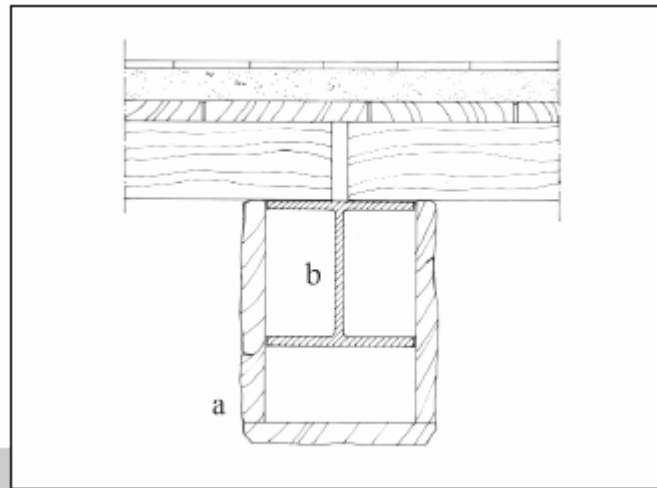


Figura 1 • La soluzione, peraltro obsoleta e da rigettare, consiste nel ricavare dalla trave esistente tre tavole (a) per rivestire poi il profilato metallico (b). (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Questa tecnica si basa sulla realizzazione di un nuovo appoggio, spostato rispetto a quello originario verso la parte centrale della membratura o dell'unità strutturale, in modo da corrispondere alle sue parti sane o a un suo nodo, quando le estremità sono interessate da fenomeni di degrado o di dissesto.

La tecnica è un'estensione di quella con cuffie (v. CSD46 - Rinforzo di teste degradate delle travi con cuffie). Finalità principali di scelte e interventi di questo tipo, sono la conservazione della struttura e del suo materiale. In tal senso, la tecnica costituisce un'alternativa alla sostituzione di parti della struttura, agli irrigidimenti, alle protesi e ad altri tipi di intervento che alterano, cancellano, distruggono parti più o meno estese dei manufatti. L'adozione di questa tecnica consente di operare *in situ* solo sulle parti che richiedono riparazioni, senza operare smontaggi.

I dispositivi sono parzialmente removibili. Gli elementi degradati sono mantenuti e le degradazioni stesse sono lasciate in vista.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento può riguardare l'estremità di membrature e i nodi di incavallature e di telai degradati dalle azioni meccaniche e da attacchi biologici.

La tecnica è attuabile allorché l'appoggio murario sia consistente e permetta un efficace sostegno senza essere reso instabile dal momento ribaltante prodotto dall'eccentricità del carico rispetto allo spessore del muro; un momento peraltro assai ridotto, essendo il braccio di leva molto breve.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il nuovo appoggio (il vincolo esterno) è in pratica una mensola metallica applicata alla muratura nel modo più adatto ed efficace, secondo le circostanze. L'appoggio dovrebbe essere sporgente tanto da sostenere la membratura nelle regioni dove il legno è sano, ed essere esteso quanto basta a contenere le pressioni in valori accettabili. Poiché il soddisfacimento di questi due importanti requisiti comporterebbe manomissioni inaccettabili e notevoli ingombri, si procede con l'inserimento nel legno di elementi resistenti a trazione e compressione, che permettono di contenere le aree lignee di appoggio in dimensioni esigue, in tal modo riducendo anche ad entità minima la sporgenza dell'appoggio dalla muratura (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

La descrizione che segue si riferisce a un dispositivo adottato nel 1999 per riparare il nodo di una capriata di tipo classico (catena, puntoni, monaco, contraffissi) affetto da una forma gravissima di carie bruna o carie a cubetti, prodotta dal fungo *Serpula lacrimans*, favorita dalla elevatissima quantità di acqua nella muratura.

La diminuzione delle caratteristiche meccaniche del legno nella parte estrema della catena aveva ridotto la lunghezza efficace del suo franco o tallone, in corrispondenza del collegamento con il puntone; aveva, inoltre ridotto il taglio orizzontale del tallone e ciò, essendo la cerchiatura esistente inefficace, avrebbe aumentato il rischio di dissesto della struttura.

Per ovviare al taglio del tallone, si è praticato un foro a cavallo della fessura e si è inserito un perno metallico composto da un tubo collegato al legno e da perno interno. Si è inoltre realizzata una cerchiatura a due bracci collegati a cerniera al suddetto perno. La cerchiatura impedisce lo scavalco del puntone e dello stesso perno. La parte di catena appoggiata al muro, non più idonea alla funzione strutturale per l'attacco fungino, è stata sostituita da lamine metalliche inserite nella sua parte sana inferiore. Le lamine sono collegate a un semitondo trasversale a sua volta saldato al braccio inferiore della cerchiatura.

Il semitondo assicura il funzionamento a cerniera dell'appoggio (per le tecniche di taglio, inserimento, scorrimento, fissaggio delle lamine, v. CSD46 - Rinforzo di teste degradate delle travi con cuffie, CSD47 - Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche). L'appoggio si realizza con una piastra metallica a G collegata al muro con ancoraggi chimico-meccanici e con bretelle orizzontali di trattenuta nello spessore del muro.

Le lamine sono collegate al legno con collanti di forza a base di resina epossidica e con bullone trasversale. La loro saldatura al braccio inferiore della cerchiatura, già munito di semitondo, avviene prima dell'inserimento nel legno.

All'estremità libera della mensola, un lieve risalto fa da fermo, anche come presidio contro rischi sismici di lieve entità. L'efficienza statica del nodo è assicurata dalla cerchiatura a due bracci collegati dal perno.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Lo sbalzo del nuovo appoggio deve essere minimo, per contenere il momento ribaltante trasmesso al muro.

Un limite oggettivo di operatività della tecnica è costituito dall'estensione delle regioni lignee degradate: quando esse si spingono verso la mezzera della membratura o dell'unità strutturale, molto oltre la soglia dell'appoggio murario, la configurazione originaria è già praticamente perduta e non può essere ripristinata, se tale è l'obiettivo, se non con protesi o sostituzioni di parti.

#### **ESPERIENZE**

Consolidamento del nodo di una capriata della copertura del salone delle feste nella villa Demidoff a Pratolino, Firenze.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Barbisan U., Laner F. 1995; Laner F., Ortolani V. 1992; Tampone G. 1996; Tampone G. 2000, *Copertura...*

(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

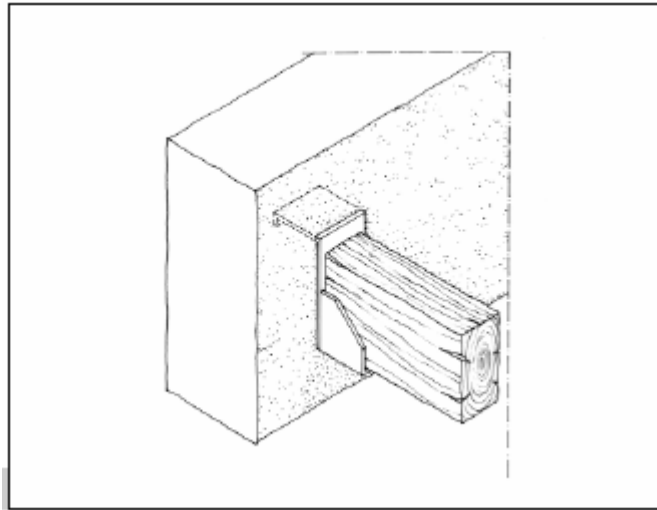


Figura 1 • Scarpa metallica. La trave è collocata su un nuovo appoggio sul filo esterno del muro. (CAF)

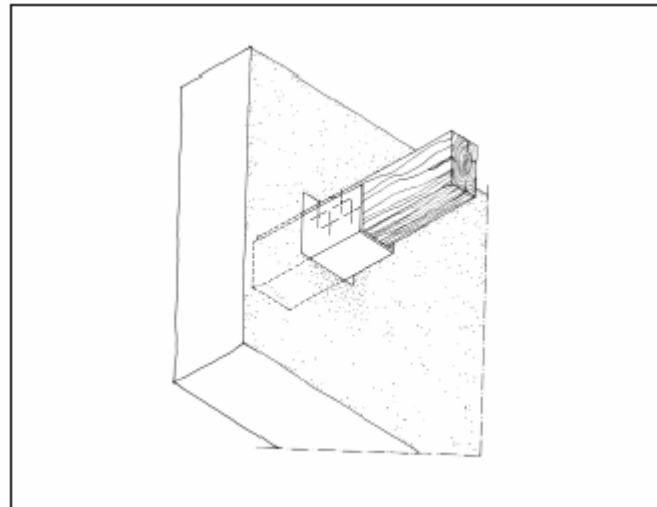


Figura 2 • Il nuovo appoggio metallico è inserito con la testa della trave nell'alloggiamento predisposto all'interno della parete. (CAF)

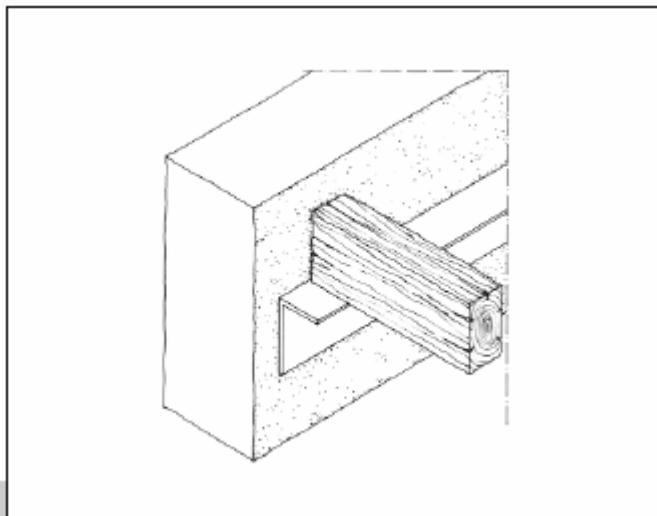


Figura 3 • Un elemento metallico costituisce l'appoggio continuo, esterno al filo del muro. (CAF)



<b>CSD 44</b>	<b>PROFILATO METALLICO APPLICATO AL BORDO INFERIORE DELLA MEMBRATURA</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica è basata sul principio di apporre un dispositivo strutturale che sia in grado di sopperire autonomamente alle deficienze di una membratura, senza però alterare la consistenza materica della struttura trattata, i cui vincoli sono lasciati in opera. Eventualmente, è la configurazione della struttura stessa che subisce dei cambiamenti.

Gli interventi di questo tipo sono rapidi, economici, incruenti e hanno il pregio della totale reversibilità.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica si applica prevalentemente a costruzioni di importanza minore, soprattutto quando, pur determinandosi una situazione di rischio statico, non vi siano le condizioni economiche per un restauro tecnicamente più complesso, come negli edifici rurali. Il provvedimento si connota quasi sempre come intervento a carattere provvisorio e la sua reversibilità lo fa assimilare a una sorta di puntellatura che non determina ingombro nello spazio abitabile.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il puntellamento precede ogni operazione. Il profilato da porre in opera deve essere rigido quindi di consistenti dimensioni, altrimenti deve essere dotato di monta e calzato a forza sotto la trave degradata, ma distanziato da appositi spessori (materiale di sacrificio) e fermato con cerchiature (v. CSD38 - Consolidamento di membrature mediante viti autofilettanti e cerchiature) (fig. 1).

Nelle applicazioni consuete il profilato è appoggiato su sostegni stabili, indipendenti dalla membratura e, in generale, dalla stessa struttura lignea, quali possono fornire le pareti murarie. In tali situazioni esso diviene, a sua volta, un presidio generale.

È necessario verificare preventivamente la possibilità di affidare agli elementi portanti esistenti il considerevole peso dell'elemento, soprattutto se i nuovi sostegni della trave metallica si scaricano sui solai.

Si deve provvedere a regolazioni successive e talvolta, data la estraneità totale del dispositivo rispetto alla membratura, ad aggiustamenti nel tempo.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'invasività dell'intervento e dei relativi dispositivi è da ricercare soprattutto negli appoggi delle estremità, e in misura minore nella membratura, oltre, naturalmente, che nella geometria della struttura nello spazio. L'invasività percettiva limita dunque grandemente l'applicabilità della tecnica; peraltro, con il profilato aggiunto, la membratura della struttura esistente subisce un totale esonero di funzioni statiche, il che è contrario ai criteri della conservazione strutturale. In tal senso il provvedimento va considerato come temporaneo.

In presenza di carichi – permanenti o accidentali – non centrati o non simmetrici, o per posizioni eccentriche e per membrature di forma non regolare, si deve aver cura di apporre appositi controventi per evitare ogni forma di instabilità.

## ESPERIENZE

Purtroppo, una tecnica di questo tipo la si trova adottata, talvolta, anche su strutture di edifici di grande importanza storica, come, ad esempio, nella copertura del teatro Comunale di Camogli. Più spesso, è applicata in vecchi fienili, case rurali, stalle e depositi vari.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Cigni G. 1978; Del Bufalo A. 1992; Laner F., Ortolani V. 1992; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996. (TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", 134, 2004, pp. 44-51.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

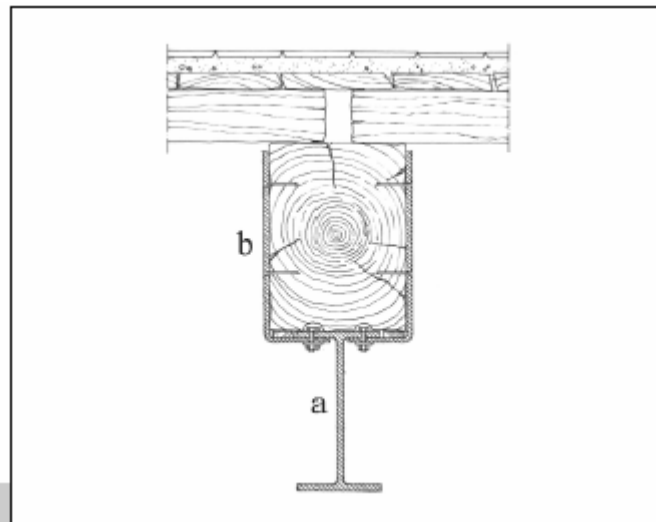


Figura 1 • Consolidamento mediante aggiunta di putrella di acciaio all'intradosso della trave lignea. I due elementi divengono collaboranti: a) profilato metallico; b) staffe di collegamento tra il profilato metallico e la trave lignea. (CAF)

<b>CSD 45</b>	<b>RINFORZO DI ELEMENTI STRUTTURALI LIGNEI CON PROTESI IN BETONCINO EPOSSIDICO ARMATO</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il procedimento consiste nel ricostruire con conglomerati a base di resina epossidica e di inserti quarzosi le parti degradate di elementi strutturali lignei, previa asportazione delle frazioni ammalorate.

Questa tecnica ha il pregio di poter essere eseguita in opera senza richiedere lo smontaggio delle membrature. È opinione diffusa, che essa sia possibile, di fatto, conservare i caratteri propri della struttura e della sua concezione, visto che se ne mantengono la quasi totalità degli elementi e se ne sostituiscono parti frammentarie e in misura ridotta.

Si tratta, in sostanza, di realizzare una sorta di struttura mista di "legno armato" e di "conglomerato epossidico armato". Il compito di resistere alle sollecitazioni principali è demandato alle barre in vetroresina, mentre la realizzazione della continuità per la trasmissione delle tensioni tra il legno, le barre e il beton epossidico è affidata all'aderenza tra questi materiali e la pasta epossidica. I moduli elastici del legno, delle barre in vetroresina e della pasta epossidica sono molto simili, e ciò rende valido questo metodo.

Dal punto di vista statico si può affermare che lo sforzo normale e il momento flettente sono affidati all'armatura in vetroresina, mentre la resistenza al taglio è affidata al sistema misto resina-legno, reso compatto e solidale dalla frastagliatura del collegamento.

La protesi epossidica ha durata teoricamente illimitata, ma la tecnica è in uso dagli anni sessanta e il suo comportamento nel lungo termine potrà essere valutato solo in futuro.

La protesi epossidica non ha bisogno di manutenzione, perché non è putrescibile, è quasi ininfiammabile; essa inoltre ha un elevato isolamento elettrico, non è attaccabile da parassiti e costituisce uno scudo contro l'eventuale riproporsi del deterioramento.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è applicabile a membrature affette da degrado causato principalmente da attacchi fungini e di insetti. Uno dei casi di impiego più frequente è quello del rifacimento delle testate di travi annegate nella muratura e sottratte al contatto dell'aria, affette da marciume causato da funghi.

Il degrado in questi casi è di frequente dettato dalla mancata realizzazione di un'adeguata protezione dall'umidità delle teste delle travi, da lunghi periodi di carente manutenzione ecc. Perciò, è necessario che gli elementi portanti siano consolidati al fine di poter mantenere in opera una struttura per il resto ancora sana. Può verificarsi anche il caso in cui una particolare destinazione d'uso di un immobile o di un locale richieda che un solaio debba reggere carichi superiori a quelli che è in grado di sopportare, o, ancora, che strutture lignee di particolare pregio non possano essere sostituite e richiedano quindi un intervento di consolidamento che ne assicuri nuovamente l'uso e la funzionalità. Per le sue caratteristiche peculiari, questa tecnica è applicata essenzialmente alle opere di carpenteria lignea, come le travi dei solai e le componenti della grossa orditura nelle capriate, anche se non si escludono interventi su parti lignee più minute, prive di particolari funzioni statiche.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'intervento si esegue lavorando dall'alto, con una successione operativa che comprende, previa puntellatura della parte di struttura interessata:

1. la rimozione della pavimentazione o del manto di copertura e dei relativi tavolati, strati di allettamento ecc., in corrispondenza della zona interessata dall'intervento. Quando risulta necessario vanno rimosse temporaneamente anche le strutture secondarie (travetti), in corrispondenza della porzione da ricostruire;
  2. la scopertura della testa della membratura e liberazione dall'immorsatura del muro;
  3. un'accurata pulizia per mettere completamente in luce la parte deteriorata. Per un'accurata determinazione dell'estensione della parte ammalorata è possibile misurare la resistenza opposta dal legno alla penetrazione di un ago sottile (diametro pari a circa 3 mm) e determinare con buona accuratezza la porzione da asportare ([fig. 1](#));
  4. l'eliminazione della porzione ammalorata, può avvenire con una piccola accetta affilata e con spazzole metalliche.
- Quando è possibile si lascia uno strato superficiale di legno che funge da casseratura, almeno parziale, del successivo getto del betoncino epossidico. In questo modo si evita di ricostruire il profilo della trave creando appositamente una casseratura. L'elemento rimane inoltre pressoché inalterato alla vista ([fig. 2](#));
5. il trattamento dell'elemento con prodotti fungicidi, insetticidi e antiparassitari;
  6. l'esecuzione di fori di diametro, lunghezza e inclinazione opportuni nel legno sano. In genere, nel caso di travi orizzontali, i fori per l'alloggiamento delle barre inclinate sono realizzati con un angolo di 45° mentre, per le barre orizzontali sono eseguiti fori paralleli all'estradosso della trave;
  7. l'iniezione di resine, all'interno dei fori praticati nel legno, allo scopo di garantire l'aderenza tra la barra e il legno. La fluidità della resina impiegata deve assicurare la sua penetrazione all'interno del foro e la sua omogenea distribuzione;
  8. l'inserimento delle barre di vetroresina ([fig. 3](#));
  9. l'esecuzione del getto di conglomerato di resina epossidica (beton epossidico), miscelata con catalizzatore, o induritore, e inerti opportuni. Granulometria e quantità degli inerti devono essere studiati per ottenere una protesi di adeguata resistenza. L'indurimento avviene dopo la miscelazione dei due componenti (resina epossidica e induritore), in un tempo relativamente breve del quale bisogna tener conto nel predisporre il getto. Il composto raggiunge la quasi totale resistenza dopo due giorni, mentre il completo indurimento si realizza in un tempo che varia da quattro a nove settimane ([fig. 4](#), [fig. 5](#));
  10. la rimozione, a indurimento avvenuto, dell'eventuale casseratura ([fig. 6](#));
  11. il ripristino della porzione di muratura in corrispondenza dell'appoggio consolidato.

La disposizione delle barre di armatura, così come il tipo di formulato epossidico da impiegare, devono essere valutati e progettati attentamente caso per caso, per garantire la migliore compatibilità tra i materiali e per realizzare un *continuum* resistente. La protesi legno-betoncino epossidico deve, infatti, essere in grado di trasmettere le sollecitazioni, dovute ai pesi propri e ai carichi accidentali previsti per la struttura. Inoltre, l'esatta conoscenza sperimentale delle proprietà di aderenza per azioni tangenziali possedute dai diversi materiali in contatto diretto, è condizione basilare per la corretta progettazione di una protesi in resine sintetiche. In sostanza il compito di resistere alle forze tangenziali agenti nella zona dell'intervento è affidato al "sistema" barra-beton-legno.

Per rinforzi siffatti è necessario il ricorso a manodopera specializzata e occorre rispettare le misure di sicurezza, a causa della tossicità dei solventi e dell'infiammabilità del materiale.

Particolari additivi possono essere aggiunti alla resina per impartire particolari proprietà (antinfiammabilità, adesione particolarmente alta, flessibilità ecc.). Le resine epossidiche mostrano oltre a un'elevata resistenza alle basse temperature e all'acqua, una discreta resistenza agli acidi, e un ottimo isolamento elettrico.

È possibile anche impiegare la resina epossidica pura, cioè senza aggiunta di inerti. Quando si vogliono realizzare stuccature, il formulato è additivato con aggregati di diverso tipo, come polvere di quarzo, polvere di legno, microsferi di vetro ecc.

I conglomerati epossidici si distinguono in tre tipi, a seconda della granulometria degli inerti impiegati: 1) pasta epossidica, 2) beton epossidico, 3) malta epossidica. I tre conglomerati si

differenziano per la diversa granulometria e la diversa percentuale di resina epossidica, in funzione delle necessità dei diversi impieghi. Da esperienze di laboratorio, le caratteristiche meccaniche dei conglomerati epossidici risultano influenzate dal rapporto in peso fra la resina e l'inerte, dalla granulometria dell'inerte, dalle procedure di miscelazione, dalla temperatura e dall'umidità relativa presenti in cantiere durante le fasi del getto e dal tempo

di stagionatura del conglomerato. Una maggiore percentuale di resina tende ad aumentare la fluidità e soprattutto la resistenza caratteristica a trazione del conglomerato, ma anche a diminuirne l'aderenza e il modulo elastico.

La pasta è, in particolare, destinata all'impiego per tutte le operazioni in cui si richiede la colatura di un materiale molto fluido, per esempio la sigillatura di piccoli interstizi o cavità.

Le paste epossidiche derivano dalla conglomerazione di resina epossidica e polvere di quarzo ( $\varnothing < 0,2$  mm).

I beton epossidici, invece, essendo molto più resistenti delle paste e non avendo necessità di particolare fluidità per i getti, ben si prestano alla ricostruzione di consistenti parti della struttura in legno.

I beton epossidici derivano dalla conglomerazione della resina epossidica con polvere ( $\varnothing < 0,2$  mm), sabbia ( $0,2 < \varnothing < 2$  mm), pietrisco ( $2 < \varnothing < 4$  mm) e ghiaietto ( $4 < \varnothing < 7$  mm) di quarzo, con curva granulometrica da studiare caso per caso a seconda delle dimensioni dei getti e delle necessità di resistenza a compressione. I beton epossidici sono indicati per la ricostruzione di grosse parti danneggiate.

Le malte epossidiche offrono minori caratteristiche di resistenza meccanica, rispetto alle paste e ai beton. La loro confezione è delicata per il pericolo di segregazione dei componenti, richiede molta cura nella miscelazione, che va eseguita con mezzo meccanico e non consente l'uso di strumenti vibratori in fase di getto.

Le barre di vetroresina sono un prodotto ottenuto per trafilatura di resina poliestere rinforzata da fibre di vetro (Roving) disposte longitudinalmente. Le caratteristiche di resistenza meccanica delle barre (resistenza a trazione e modulo elastico) sono superiori a quelle del legno in un rapporto di quattro a uno; mentre i coefficienti di dilatazione termica sono circa uguali. Il dimensionamento delle barre in vetroresina è eseguito in funzione dello sforzo strutturale affidato all'elemento da consolidare. Alle barre è affidata una grossa responsabilità nella sostituzione funzionale delle fibre del legno (trazione, taglio, comportamento elastico ecc.). Infine, la lunghezza utile delle barre è calcolata in base alla resistenza agli sforzi di taglio affidati all'aderenza tra le barre, il legno e la pasta epossidica.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

È opinione di alcuni autori che con l'uso delle protesi sia possibile, di fatto, conservare i caratteri propri della struttura e della sua concezione, visto che se ne mantengono in funzione la quasi totalità degli elementi e se ne sostituiscono solo parti, in misura molto ridotta.

Molte critiche sono però state avanzate in merito all'uso di un materiale diverso dal legno soprattutto per quanto concerne le caratteristiche meccaniche e il comportamento in opera.

Inoltre è del tutto contestato il rifacimento di nodi interi di aste concorrenti, privandoli dell'articolazione originaria. Per queste ragioni molti autori ritengono che la tecnica difficilmente possa farsi rientrare nella disciplina del restauro.

Non sempre si rende necessaria la realizzazione di una vera e propria protesi ma è sufficiente l'inserimento delle barre e l'impregnazione della parte danneggiata. In questo caso, allora, si procede in modo leggermente diverso: dopo aver praticato i fori in cui alloggiare le barre di vetroresina, si inietta un po' di resina o di pasta epossidica, quindi si inseriscono le barre e successivamente si procede ad una seconda iniezione del formulato negli interstizi rimasti tra il legno e l'elemento d'armatura e si controlla la saturazione dei fori, quindi si stucca la parte superficiale di ciascun foro; la stuccatura può interessare anche i vuoti superficiali della porzione degradata, allo scopo di restituire all'elemento una sagoma regolare.

In generale, le facce esterne delle protesi sono lasciate in vista, ma in taluni casi sono mimetizzate con impiallaccature, o utilizzando trucioli e polvere di legno inseriti nel getto, con rivestimenti di tavole più o meno sottili, oppure con trattamenti e decorazioni.

Secondo l'opinione di Gennaro Tampone, nel caso del rifacimento di giunzioni tra più elementi lignei concorrenti, ad esempio il giunto tra puntone e catena in una capriata, è sconsigliato l'uso di

questa tecnica. Con questo sistema di consolidamento, infatti, si perderebbe la naturale duttilità che le connessioni tra aste lignee possiedono normalmente, ne consegue una rigidità che non permette un naturale assestamento tra gli elementi concorrenti nel giunto, determinando inoltre un totale mutamento delle ipotesi progettuali (fig. 7).

La realizzazione dei fori per l'alloggiamento dell'armatura della protesi (barre in vetroresina) è di non facile esecuzione; bisogna predisporre il cantiere in modo opportuno, rendendo il più agevole possibile le manovre in questa fase dell'intervento, al fine di garantire la buona esecuzione dell'intervento.

#### ESPERIENZE

La tecnica è stata ampiamente utilizzata, nel restauro di monumenti di particolare interesse storico-architettonico. Tra i numerosi esempi illustrati nella letteratura di settore, si citano i seguenti:

Parma, teatro Farnese, restauro delle capriate lignee.

Modena, archivio di Stato, restauro statico del nodo puntone-catena di una capriata.

Verona, palazzo Forti, restauro delle travi di un solaio.

Cambridge, Massachusetts, 1976, Longfellow House (costruita nel 1759), consolidamento di puntoni e di catene della strutture di copertura.

Firenze, San Felice in Piazza, rifacimento di alcuni nodi con distinte estremità della catena e del puntone affetti da carie bruna.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Borasi V. 1983; Borasi V. 1985; Cigni G. 1981; Del Bufalo A. 1992; Gheron G. 1983; Giordano G. 1974; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996; Tampone G. 1999, *Testate degradate...* (GOF)

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

Villa Scheibler, Milano:

Bellocchio L.P., Bellocchio A., Di Bella L., *I soffitti lignei dipinti di Villa Scheibler a Milano, un intervento di consolidamento e di restauro* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 789-798.

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Maurin E., Surleau J., *Local reinforcement of structures using "resin-based" methods* in Tampone G. (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures" vol. 2, Firenze 22-27, febbraio 2005, pp. 1-5.

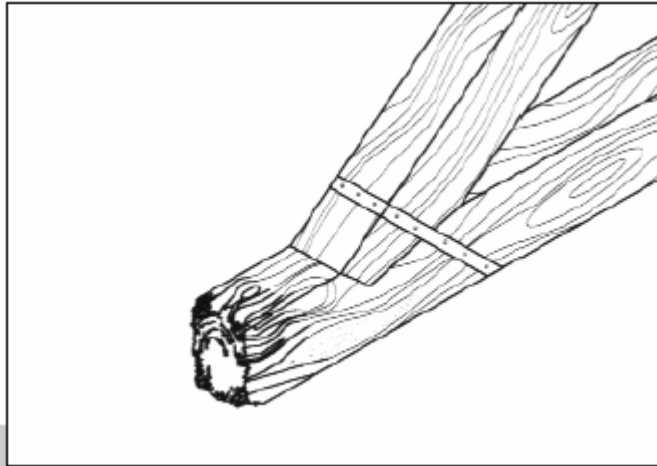


Figura 1 • Messa a nudo della testa della membratura e liberazione dall'immorsatura nel muro.  
(CAF)

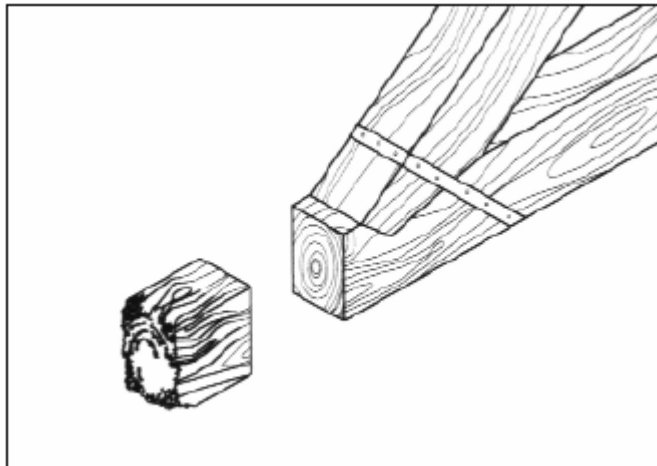


Figura 2 • Eliminazione della porzione ammalorata. (CAF)

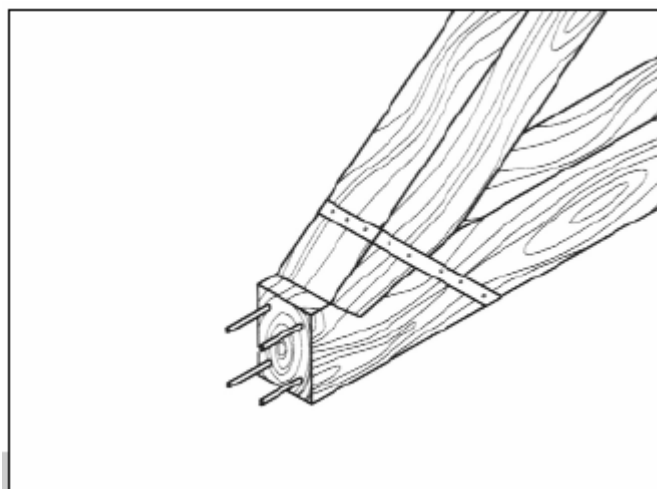


Figura 3 • Inserimento di barre in vetroresina. (CAF)

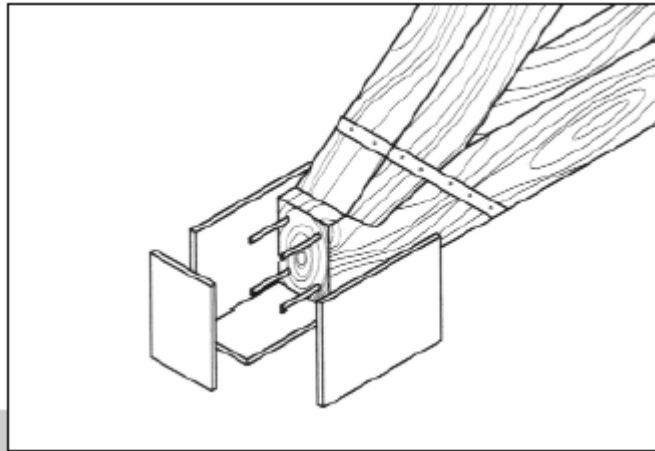


Figura 4 • Formazione della casseraura. (CAF)

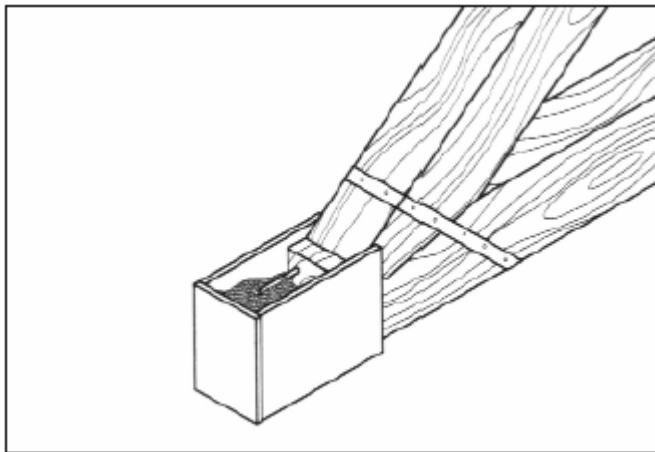


Figura 5 • Esecuzione del getto in conglomerato di resina epossidica, miscelata con induritore e inerti opportuni. (CAF)

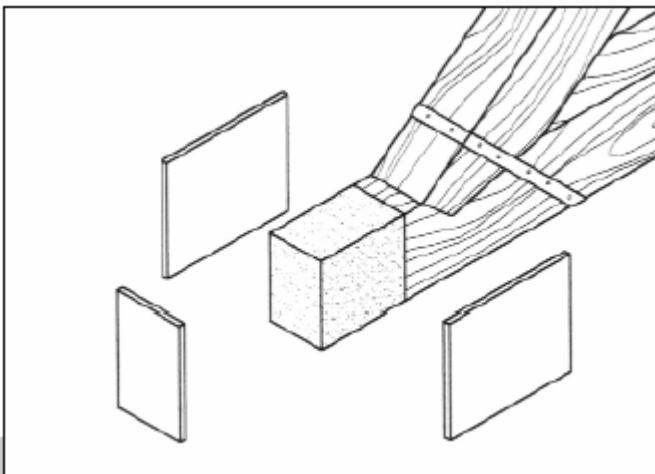


Figura 6 • Eliminazione del cassero, a indurimento avvenuto del getto. (CAF)



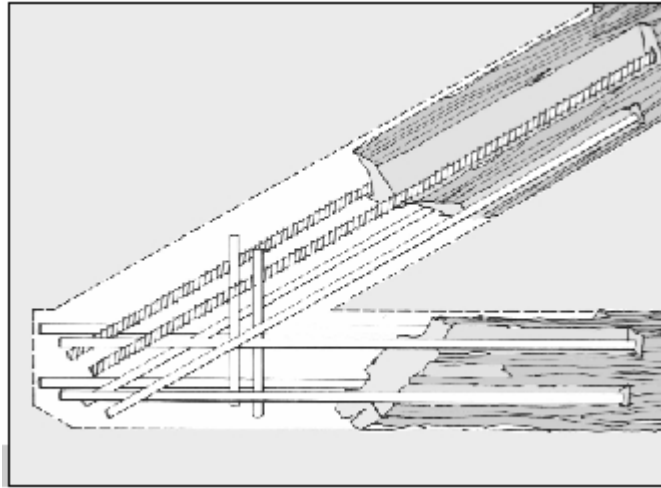


Figura 7 • Schema della disposizione dell'armatura all'interno di una protesi in betoncino epossidico, del nodo puntone-catena di una capriata. (CAF)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Questa tecnica, che ha avuto in passato numerose applicazioni con l'impiego di cuffie metalliche chiuse e nascoste nella muratura per ovviare a perdite di consistenza delle estremità delle travi, è ora sottoposta a notevoli critiche e revisioni ed è in una certa misura abbandonata.

Le obiezioni maggiori riguardano la completa chiusura dell'estremità della membratura lignea in una scatola metallica, il cui difetto maggiore era di favorire la formazione di dannose condense e di impedire l'ispezione dell'elemento.

La tecnica, tuttavia, ha registrato notevoli evoluzioni con l'impiego di moderni dispositivi progettati per fornire efficaci soluzioni e per eliminare questi inconvenienti. Se applicata con le opportune precauzioni e con gli accorgimenti tecnici necessari, conserva la sua validità.

Il procedimento prevede l'inserimento di una cuffia resistente ma aperta, generalmente di metallo, alla testata degradata della membratura, in modo che ne assicuri l'appoggio sulla muratura.

Il dispositivo deve essere assemblabile in opera, per parti, in modo da adattarsi alla testata. Con questa tecnica è possibile operare *in situ*, solo sulla parte degradata; il dispositivo è di tipo passivo, in parte reversibile.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento trova applicazione nel rinforzo delle testate di membrature o di unità strutturali (nodi di incavallature) inserite nella muratura e degradate al punto da aver perso ogni capacità di resistenza e quando non sono applicabili altri rimedi.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Uno dei possibili modi di esecuzione della tecnica è sintetizzabile come segue.

Occorre puntellare preventivamente la struttura e sollevare la trave o l'elemento da rinforzare in corrispondenza dell'appoggio, se possibile. Operare un ridotto scasso nella muratura intorno alla trave, per liberarne la testata; praticare nella membratura gli intagli che ospiteranno le lamine della cuffia. È opportuno che tali intagli siano più lunghi delle lamine stesse, quanto basta per consentire il loro agevole inserimento. I singoli pezzi vanno montati in progressione.

Le lamine di raccordo con il legno sano, possibilmente due per ciascuna faccia della trave, sono i primi pezzi da inserire. Segue la lamiera di base, possibilmente ondulata, per ridurre i contatti tra legno e metallo, e forata per migliorare l'aerazione del legno. In casi particolari, si può inserire anche un materiale di interfaccia (legno duro) tra metallo e appoggio murario. La lamiera va predisposta con opportune asole nella zona alla quale saranno poi saldate, sotto testa, le lamine metalliche di raccordo. Operazioni analoghe interesseranno la parte superiore.

Segue la saldatura delle varie lamine, l'inserimento e la saldatura dei passanti laterali. Composta in questo modo, la cuffia può essere spinta nel cavo murario, a scomparsa, facendola scorrere sulla membratura. Subito dopo, la cuffia sarà collegata alla trave mediante bulloni trasversali e, mediante iniezione di collanti a base epossidica, tra le lamine e il legno.

Eventuali elementi accessori di legno molto degradati possono essere preventivamente trattati con resine acriliche per renderli più compatte (v. anche le altre tecniche di risanamento dei legni in questa stessa sezione). Il trattamento può esser fatto *in situ* o, in casi di particolare gravità, in laboratorio, dopo aver asportato temporaneamente il pezzo che deve essere poi ricollegato al legno con collanti e viti autofilettanti (fig. 1).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Bisogna fare in modo di tenere tutto il dispositivo all'interno della muratura, semmai lasciando sporgere solo la parte inferiore della lamiera; in questo caso, la lamiera può essere dotata di piccoli risvolti laterali e di nervature per acquisire rigidezza.

È necessario assicurare l'aerazione della zona d'intervento, anche dopo aver eseguito i lavori e, pertanto, ogni qualvolta sia possibile, nelle pareti devono essere lasciate delle sottili lame d'aria.

Una variante della tecnica è costituita dall'applicazione di sole lamine che assolvono alla funzione portante, senza la cuffia, quando tutta la parte terminale della trave è accessibile. Un limite all'applicabilità del procedimento è costituito dalla circostanza che la degradazione si spinga molto oltre la soglia dell'appoggio murario, verso la mezzera.

#### **ESPERIENZE**

Alcuni dispositivi di questo genere sono stati progettati per il consolidamento della trave composta di un solaio seicentesco a palazzo Pazzi a Firenze, degradata da grave attacco fungino e rotta a taglio in corrispondenza del limite interno dell'appoggio murario.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1996.

(TAM)

Abbazia di S. Maria di Valdioponte, Montelabate (PG):

Mariani M., *Isolatore a scorrimento per l'appoggio delle travi e delle capriate* in G. Tampone (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures" vol. 2, Firenze 22-27 febbraio 2005, pp. 37-42.

Duomo di Monreale:

Cottone A., Bertorotta S., Clauss C., *Il recupero delle strutture lignee del portico principale del duomo di Monreale* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive" Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 175-184.

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", n. 134, 2004, pp. 44-51.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

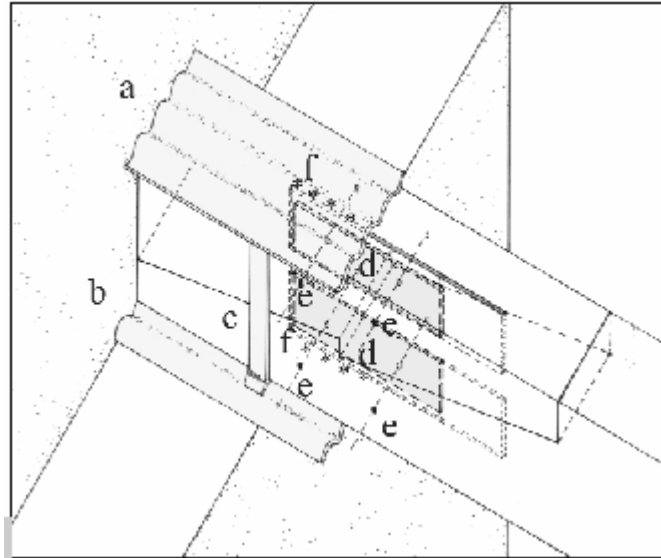


Figura 1 • Cuffia metallica componibile: a) lamiera estradossale di acciaio inox ondulata e forata; b) lamiera intradossale di acciaio inox ondulata e forata; c) passanti di collegamento di acciaio inox saldati alle lamiere; d) lamine metalliche piane saldate alle lamiere intradossali ed estradossali nei punti f; e) bulloni trasversali; f) punti di saldatura tra le lamine metalliche e le lamiere ondulate.  
(CAF)

**CSD 47****RINFORZO DI ELEMENTI STRUTTURALI  
LIGNEI CON LAMINE METALLICHE****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Questa tecnica consente il rinforzo di travi lignee eccessivamente inflesse o dissestate con rotture mediante l'inserimento nelle travi stesse, praticando apposite scanalature, di lamine metalliche (brevetto di invenzione Tampone e Campa n. 122590 del 1987). Consente di operare *in situ* e non richiede quindi deprecabili smontaggi della struttura.

Questa tecnica è in ogni modo utile nei casi in cui si sia verificata una riduzione della capacità portante dell'elemento. Essa consente di fare affidamento sulla resistenza residua dell'elemento strutturale originario, consolidato con l'inserimento delle lamine metalliche che offrono la maggiore aliquota di contributo alla resistenza sia a trazione che a compressione.

All'elemento ligneo è affidato inoltre il compito di confinare le deformazioni (svergolamento, inflessione; non arcuatura) delle lamine metalliche che sarebbero causate dall'instabilità laterale, dato il loro spessore estremamente esiguo rispetto alla lunghezza e all'altezza. Le lamine confinate aumentano l'indefornabilità anche laterale della membratura composita.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Questa tecnica è utile quando occorre consolidare membrature che presentano cedimenti o rotture, al fine di adeguare la capacità portante delle membrature alle sollecitazioni indotte dai carichi presenti o previsti sulle strutture. L'inserimento delle lamine metalliche consente di realizzare una membratura composta, conferendo alle travi esistenti resistenze e rigidità supplementari, consentendo peraltro alla struttura deformazioni anche notevoli, senza pervenire a rottura.

Il calcolo di dimensionamento e verifica si esegue con il metodo delle sezioni ragguagliate.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Prima di intervenire è necessario puntellare la struttura fornendo a essa il sostegno necessario durante le fasi di intervento. Nel caso in cui si intervenga dall'intradosso bisogna porre in opera anche i ponti necessari per lo svolgimento delle operazioni di consolidamento o adeguare i puntelli anche per questa necessità. I tagli per le scanalature, d'altra parte, riducono di poco la resistenza della trave essendo effettuati nel piano delle forze agenti.

Le lamine metalliche impiegate in interventi di questo tipo sono di ferro dolce o di acciaio inossidabile o di titanio, di spessore da 1 a 2 cm, di altezza e lunghezza leggermente inferiori a quelle dell'intero elemento.

Le scanalature sono verticali, o comunque parallele al piano delle forze agenti, preventivamente praticate dall'estradosso o dall'intradosso dell'elemento da consolidare. In generale, quando possibile, è conveniente operare dall'estradosso; in questi casi è necessario rimuovere preventivamente lungo lo sviluppo dell'intera membratura la pavimentazione, la tavola o le due tavole corrispondenti, lo strato di riempimento e, in prossimità della zona di intervento, le testate dei travetti dell'orditura secondaria.

Le scanalature non devono distruggere completamente l'integrità trasversale e longitudinale della trave; le lamine peraltro devono estendersi, per quanto possibile, anche nelle regioni compresse e trovare appoggio sulla muratura di sostegno, venendo perciò a interessare la trave nella zona di appoggio. Per i casi in cui quest'ultimo requisito non è attuabile (per la difficoltà di operare con la sega a catena sulla muratura in corrispondenza degli appoggi), sono state studiate delle varianti

con lamine corte integrate da lamine di altezza minore o da barre. Esse, di dimensioni appena maggiori rispetto a quelle delle lamine, sono inizialmente eseguite mediante l'uso di seghe a disco e completate mediante seghe a catena. Al fine di agevolare le operazioni di taglio e per garantire il parallelismo tra i bordi delle scanalature e i bordi degli elementi lignei preesistenti, le seghe sono montate su slitte i cui binari sono realizzati direttamente in cantiere con tubi di acciaio.

Le lamine sono arrotondate agli spigoli per facilitarne l'inserimento e accuratamente pulite rendendone peraltro scabra la superficie (per esempio con il flessibile) per assicurare l'aderenza con i collanti (fig. 1). Esse sono inoltre alleggerite da fori di largo diametro, utili anche per la diffusione del collante.

Ciascuna lamina è inserita in prossimità di uno degli appoggi inclinandola e spingendola fino all'estremità della scanalatura, quindi è fatta ruotare dall'estremità opposta e in seguito stornata per farla giacere su entrambi gli appoggi. Se l'operazione avviene dall'intradosso ogni lamina è inserita completamente con spinta verso l'alto; un regolo di legno a sezione trapezoidale sigillerà il vuoto nella parte inferiore per evitare la fuoriuscita del collante.

Durante questa fase le lamine devono essere mantenute in posizione corretta, e cioè al centro della scanalatura, rimanendo equidistanti dalle facce della guaina. Nel caso di intervento dall'alto è sufficiente utilizzare dei distanziatori a perdere; nel caso di intervento dal basso è necessario anche provvedere a sostenere la lamina in posizione mediante opportuni sostegni puntuali poggiati sui puntelli.

Anche con questo sistema è possibile indurre uno stato di coazione operando sugli organi di regolazione dei puntelli per indurre una freccia negativa o per recuperare parte di quella esistente. È necessario, per membrature che fanno parte di unità strutturali (ad es., solai), prendere in esame la struttura nel suo complesso e armonizzare le deformazioni indotte al fine di evitare dissesti. Operando dall'estradosso l'eliminazione temporanea dei carichi accidentali e del peso degli elementi temporaneamente rimossi per eseguire le operazioni provoca una riduzione della freccia. Successivamente si verserà il collante dall'estradosso o, se si opera dal basso, si praticeranno fori inclinati sulle facce della membratura e si inietterà il collante operando, per facilitarne la diffusione, a moderata pressione; le superfici delle travi sono preventivamente stuccate per evitare sgorature di collante. Si eseguono successivamente fori passanti e si inseriscono bulloni trasversali, sigillati anch'essi al legno, disponendoli più fitti agli appoggi ove maggiori sono le tensioni tangenziali che tendono a provocare scorrimento relativo (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5).

La trave lignea assume le funzioni di cassa di confinamento e di protezione delle lamine e degli stessi collanti dalla corrosione e dalle variazioni termiche. I bulloni di collegamento sono più ravvicinati nella zona di appoggio della membratura, dove gli scorrimenti hanno valori maggiori, e più radi in prossimità della mezzeria della trave.

L'intervento è completato dall'inserimento dei bulloni e dalla colatura della resina epossidica.

Nel caso in cui si intervenga dall'alto l'operazione di colatura della resina non presenta particolari difficoltà, è sufficiente aver cura di sigillare preventivamente le fessure dalle quali potrebbe fuoriuscire la resina, che è molto fluida proprio per penetrare facilmente all'interno della scanalatura. Operando dall'intradosso è necessario preventivamente sigillare, utilizzando ad esempio regoli di legno, le scanalature, facendo colare la resina attraverso fori praticati sui fianchi della trave lignea in prossimità dell'estradosso.

A consolidamento avvenuto i due elementi che compongono la trave armata (lamina e legno) sono forzati a lavorare insieme (fig. 6).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per facilitare l'esecuzione dell'intervento è possibile utilizzare lamine più corte, rinforzando l'elemento ligneo nella zona di appoggio per mezzo di barre metalliche sfalsate, eventualmente ancorate nella muratura valutando l'opportunità di mettere in atto quest'ultima disposizione che aumenta il grado di incastro della membratura.

Limitazioni all'impiego di questa tecnica derivano dalla presenza di pavimenti che non si possano o non si vogliano smontare e di decorazioni delle travi nelle aree intradossali.

In alternativa alle lamine metalliche è possibile fare uso anche di lamine in compensato per uso strutturale, vetroresina o fibre di carbonio E.T.A. (v. CSD54 - Traliccio interno realizzato con inserimento d barre di vetroresina, CSD55 - Rinforzo di strutture lignee con nuovi elementi resistenti).

In presenza di mensole, le operazioni di taglio sono più difficoltose in corrispondenza degli appoggi, a meno che non sia possibile operare dall'estradosso. In caso contrario si può intervenire almeno parzialmente dall'estradosso con barre integrative, in corrispondenza delle zone di appoggio (Tampone 1996), se necessario addirittura operando dall'esterno.

Altre varianti (Tampone 1996) riguardano l'uso di tavole di eccellente qualità in luogo delle lamine metalliche, di lamine di pannello di legno per usi strutturali, di fibre in matrice resinosa.

La scelta del materiale è condizionata dal bisogno di resistenze supplementari che sono richieste per consolidare l'unità strutturale, da aggiungere a quelle residue di cui essa ancora dispone: nell'ordine, tavole, pannello ligneo, ferro dolce o fibre resistenti, acciaio inossidabile, titanio.

Un'ulteriore variante (G. Tampone, F. Facchinetti, palazzo Mozzi Bardini, Firenze, 2000) consiste nel tenere le lamine, inserite dall'estradosso, alte sino quasi al pavimento, per operare una connessione continua con i pannelli lignei sovrapposti all'unità strutturale originaria.

La tecnica del rinforzo strutturale mediante inserimento di lamine metalliche può essere impiegata anche per interventi di tipo puntuale, ripristinando la continuità delle membrature lignee, laddove fenomeni di degrado, rottura della membratura ecc., impediscono la trasmissione degli sforzi interni di trazione. Le raccomandazioni generali e le procedure operative descritte in precedenza sono valide anche per la realizzazione di protesi puntuali.

In questo caso, la lunghezza delle lamine metalliche varia in relazione alla porzione di trave interessata dai fenomeni di degrado; le lamine dovranno estendersi sufficientemente anche nella parte sana della trave nella quale vanno ancorate.

Una variante prevede il ripristino della continuità di travi lignee mediante l'inserimento di lamine metalliche nel tratto di membratura interessata dai fenomeni di degrado (Tampone, 1987) per il rifacimento di una porzione danneggiata da fenomeni di combustione di una catena lignea di una capriata della struttura di copertura della sala di scherma nella Fortezza da Basso a Firenze (v. CSD 43 - Consolidamento delle capriate e delle incavallature).

## ESPERIENZE

Firenze: sede dell'Ufficio del genio civile, consolidamento dei solai lignei del primo piano con inserimento di lamine metalliche all'interno delle travi principali e di alcune travi secondarie. L'intervento è stato progettato dal Professor Tampone nel 1989 con la collaborazione dell'ingegnere Luigi Campa. Al fine di migliorare le prestazioni della struttura (anche in occasione di eventi sismici) l'operazione di consolidamento è stata completata dalla realizzazione di una soletta nervata in c.a. sovrapposta e dalla realizzazione sulla risega di un cordolo perimetrale di collegamento.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Tampone G. 1987, Tampone G. 1989, *Restauro strutturale...*; Tampone G. 1989, *Sostruzione e lamine...*;

Tampone G. 1994; Tampone G. 1996.

(GOF)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", 134, 2004, pp. 44-51.

monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS):

Foppoli D., Paneroni A., Pianazza A., *Esempi di restauro conservativo di strutture lignee in area alpina e prealpina* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 877-886.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

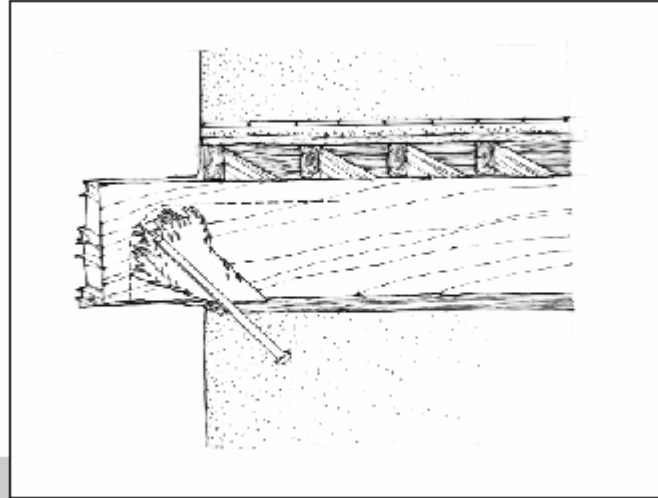


Figura 1 • La sequenza delle fasi per l'esecuzione delle scanalature e per l'inserimento di lamine metalliche, nel caso di intervento dall'intradosso. Per la realizzazione delle scanalature in prossimità della testa della trave è necessario operare il taglio mediante utensili a mano. (CAF)

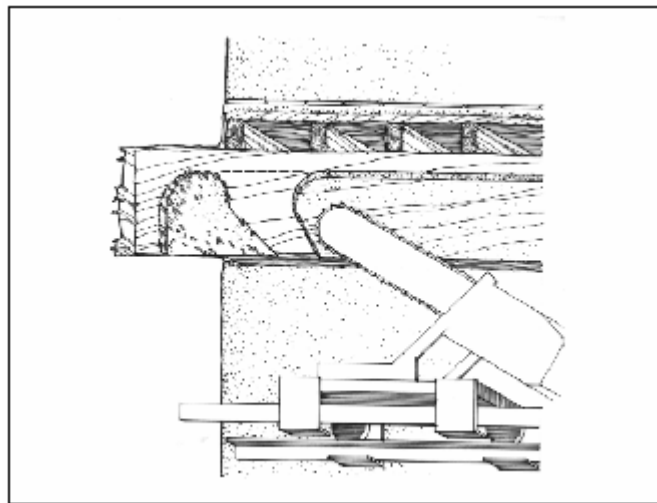


Figura 2 • Le scanalature, di dimensioni appena maggiori rispetto a quelle delle lamine, sono inizialmente eseguite mediante l'uso di seghe a disco e in seguito completate con seghe a catena. (CAF)



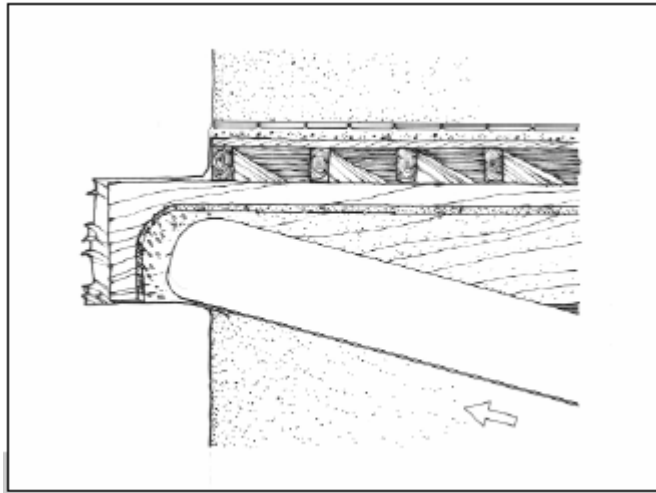


Figura 3 • Ciascuna lamina è inserita inclinandola. (CAF)

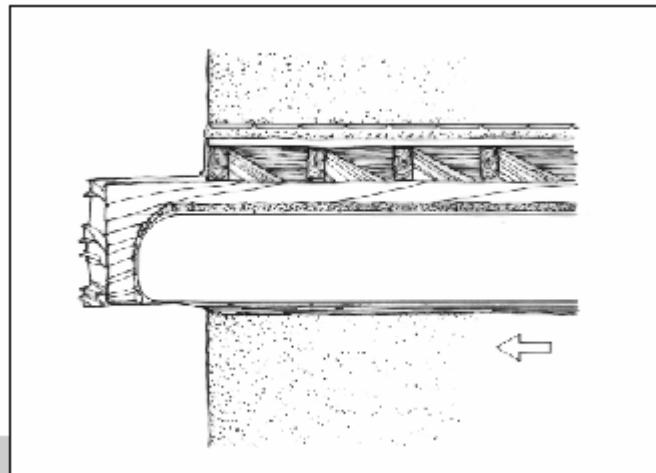


Figura 4 • La lamina è poi spinta fino all'estremità della scanalatura. (CAF)

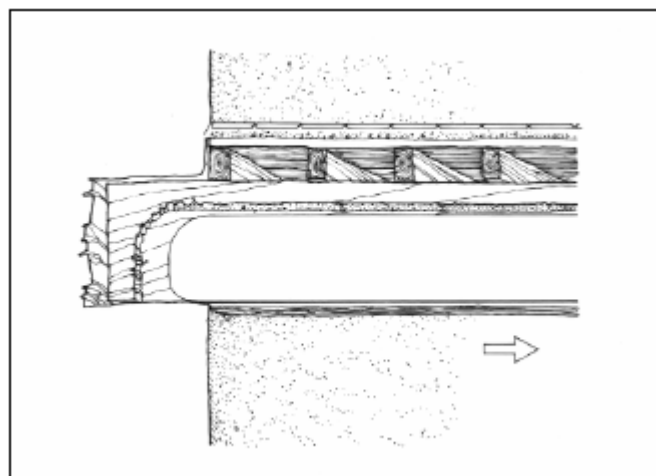


Figura 5 • La lamina va sollevata all'estremità opposta e inserita completamente facendola appoggiare su entrambe le murature. (CAF)

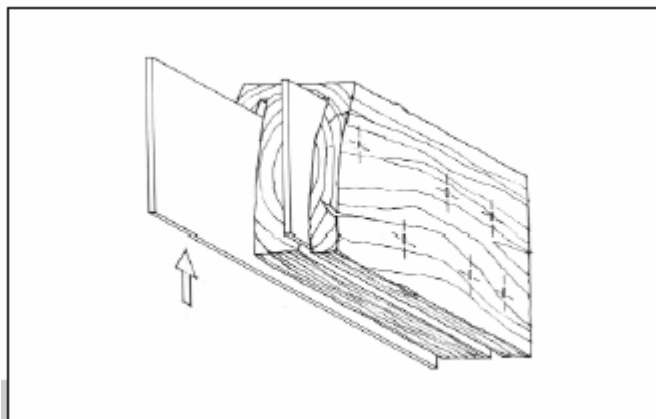


Figura 6 • Le lamine sono inserite in scanalature verticali, seguendo l'asse longitudinale della trave, praticate dall'estradosso o dall'intradosso dell'elemento da consolidare. In generale, quando è possibile, è conveniente operare dall'estradosso, ma, in questi casi, è necessario rimuovere preventivamente il solaio. (CAF)

<b>CSD 48</b>	<b>MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI ESERCIZIO DI UNA TRAVE CON APPOGGI SUPPLEMENTARI</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La luce effettiva di una trave, la sua forma e le dimensioni, le caratteristiche peculiari del materiale costituente (abete, castagno, quercia, pino, cipresso ecc.), i vincoli e le azioni sono i parametri principali del dimensionamento di una membratura perché ne determinano il comportamento in opera. Le membrature sottoposte a sollecitazioni eccessive causate da rapporti inadeguati tra tali parametri pervengono al dissesto attraverso fasi di deformazioni di progressiva gravità e, come stadio finale, alla rottura; l'eventuale appartenenza della membratura a un'unità strutturale come un solaio o un'incavallatura (capriata, telaio ecc.) può alleviare lo stato di sollecitazione per la solidarietà che esercitano le altre membrature e che entra in gioco già dalle prime fasi di deformazione.

Per fare le riparazioni e il consolidamento si può agire su tali parametri, primo fra tutti le azioni, in modo particolare i carichi accidentali, che possono essere adeguatamente ridotti.

La riduzione comporta una limitazione d'uso nell'edificio cui la trave appartiene ma questa misura è sempre e comunque raccomandabile per gli antichi edifici. Per luci eccessive rispetto alla configurazione, in ipotesi la trave inflessa, tale provvedimento potrebbe però rivelarsi comunque inadeguato a causa dei limiti propri di resistenza di ogni materiale e dell'incidenza del peso proprio; le alternative attuabili d'intervento riguardano l'alterazione della forma e l'aumento delle dimensioni della trave, la riduzione della luce effettiva, la trasformazione dei vincoli in altri che limitano maggiormente le deformazioni, consentono cioè un minor grado di libertà, l'aggiunta di appoggi supplementari. Variare la forma o le dimensioni di una membratura comporta in generale inaccettabili alterazioni dei rapporti geometrici visivi e funzionali rispetto agli altri elementi costruttivi. In taluni casi tuttavia, specialmente per membrature secondarie, tali provvedimenti possono essere attuati perché costituiscono il compromesso più accettabile (v. oltre).

La luce teorica (distanza tra gli appoggi) non è in generale modificabile, lo è invece la luce effettiva. Ciò si può realizzare nei casi pratici apponendo mensole oppure appoggi supplementari alle estremità della trave, oppure saettoni o contraffissi, oppure travi rompitratta.

Mensole lignee sotto le estremità delle travi, o correnti dormienti pure lignei appoggiati alle murature di sostegno, a loro volta sorretti da mensole generalmente lapidee, sono documentati sin dai tempi più antichi, ma gli esempi più cospicui appartengono al medioevo e al Rinascimento.

Le mensole, essendo elementi che assumono anche spiccata valenza estetica, sono in generale di legno più duro e più pregiato, quercia o noce, per essere anche modellate artisticamente con sagome che ne affinano progressivamente le sezioni e decorate con intagli, pitture geometriche o floreali, rilievi o sculture talvolta perfino antropomorfe o con animali di significato gnomico o araldico. Le sagomature delle mensole alla loro estremità si prestano molto bene a ospitare cerchiature che le collegano alla trave e a impedire efficacemente che esse scorrano lungo la stessa mensola.

I correnti trasversali avevano la funzione di distribuire in modo più uniforme i carichi concentrati che sono diffusi dalle travi sulle murature, come riferisce il Breymann nel suo trattato sulle costruzioni di legno, dove aggiunge, inoltre, che spesso questi elementi erano realizzati in quercia per assicurare una buona durata, ed erano posti esternamente rispetto alla muratura in modo da preservarli dall'umidità (Breymann, 1884). I correnti di legno trasversali erano sostenuti da mensole di pietra o cotto o da colonnine di legno collocate a intervalli regolari di circa 1,5 m (fig. 1).

Precedenti possono essere altresì ravvisati nei saettoni o contraffissi apposti in costruzione o in seguito come misura di puntellamento.

L'apposizione di mensole a travi (o a nodi di incavallature) che ne sono privi, operazione che si compie *in situ* senza deprecabili smontaggi, ha lo scopo di aumentare la superficie di appoggio della trave riducendone al contempo la luce effettiva, fatti che senz'altro migliorano le condizioni di esercizio; l'apposizione di mensole di tipo tradizionale comporta però lo strappo della muratura per il suo inserimento e inoltre la progressiva sottrazione della mensola ai compiti affidati a causa delle deformazioni che la colpiscono, salvo che queste non siano prevenute da opportuni provvedimenti come la collaborazione delle due membrature con cerchiature o, meno bene, con viti o chiodi. Il ricorso però a materiali adeguati come l'acciaio inossidabile e il titanio, che consentono dimensioni minime delle sezioni resistenti, e il disegno di mensole, possibilmente in traliccio, applicate alla muratura, peraltro dotate di organi di regolazione, può risolvere tali problemi: il corpo della membratura può essere utilizzato in questi casi per fornire un elemento rigido di confinamento alle deformazioni dei dispositivi aggiunti, che sono resistenti ma deformabili. Altre possibilità di intervento consistono nell'impiego di mensole sottili a forma di piastra, irrigidite tramite risvolti, inserite sotto le travi sulla muratura e da questa sporgenti, mediante il semplice sollevamento della membratura lignea, eventualmente consumando uno strato di muratura, certamente esiguo, sufficiente a inserire la piastra.

Poiché le sollecitazioni normali di trazione e di compressione all'interno della membratura inflessa variano con il quadrato della distanza tra gli appoggi, una riduzione della luce libera si traduce in una diminuzione consistente delle sollecitazioni stesse. Ad esempio, per la trave di un solaio con luce di 4-5 m, l'aggiunta di una mensola che riduce del 10-15% la luce libera, quindi una ventina di centimetri per parte, consente di ridurre di circa il 20% il momento massimo e le stesse sollecitazioni: ad esempio da 120 a 96 kg/cm<sup>2</sup>, che è un valore elevato ma accettabile per le specie legnose comunemente usate, specialmente se la membratura è sottoposta a un'accurata analisi e a eventuali riparazioni.

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le tecniche di consolidamento o di confinamento esposte possono essere applicate in diverse situazioni. L'intervento che prevede la riduzione della luce di una trave mediante l'aggiunta di mensole sottotrave nelle molteplici varianti ricordate, può risultare utile sia nel caso di travi che abbiano subito un degrado complessivo tale per cui si renda necessaria la riduzione delle tensioni, sia nel caso di travi complessivamente sane ma con sezione insufficiente – per dimensionamento inadeguato o aumento dell'entità dei carichi – a sopportare i carichi agenti.

L'intervento può essere finalizzato anche a migliorare le condizioni di appoggio di una trave le cui teste siano parzialmente degradate, per cui sia utile creare una nuova base d'appoggio che interessi la parte sana della trave ([fig. 2](#), [fig. 3](#)).

L'apposizione di una mensola, in realtà, modifica il comportamento della membratura per l'inevitabile incastro, sia pure parziale, che introduce; non è quindi attuabile se l'estremità della membratura o dell'unità strutturale è menomata.

Per quanto concerne le travi rompitratta, l'applicazione si compie preferibilmente come provvedimento provvisorio, in ambienti non a vista, quando non sia possibile porre puntelli poggianti al suolo perché questo non offre la necessaria portanza (ad es., solaio dissestato).

L'alterazione è grave, ma il provvedimento totalmente reversibile.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

È possibile aggiungere sia mensole singole, una per ogni appoggio delle membrature componenti la struttura, sia mensole continue di legno, quando la parete non presenta decorazioni, che possono essere definite come correnti trasversali funzionanti come sottotravi, ovvero dormienti. I sottotravi sono a loro volta tenuti lievemente discosti dalla muratura e sostenuti da mensole o paraste (di legno, pietra, mattoni ecc.), poste comunemente in corrispondenza delle travi. Il prolungamento dell'appoggio che la mensola comporta determina il contrasto dell'estremità della trave sulla superficie superiore del vano murario di contenimento

della trave e, in definitiva, la trasformazione del vincolo, che si approssima a quello di un incastro, e quindi l'alterazione della configurazione originaria. Talvolta è possibile evitare questo

inconveniente, che induce un comportamento affatto diverso della trave rispetto alle condizioni precedenti, mediante un lieve allargamento del vano nella parte superiore.

La lunghezza della mensola e la profondità della base di appoggio della trave nella muratura sono comunque due fattori essenziali nella riuscita di questo intervento; maggiore è la lunghezza del braccio della mensola e della base di appoggio all'interno della muratura, maggiore sarà il grado di incastro raggiunto.

Al contrario, talvolta può essere desiderabile indurre un momento negativo alle estremità per ridurre il momento massimo nella mezzera della trave, e il provvedimento si attua anche applicando zeppe a contrasto tra il bordo superiore della trave stessa e la muratura; questo provvedimento ha l'effetto di limitare la deformazione in corrispondenza dell'appoggio.

Allorché sia possibile sollevare leggermente, con puntellamento – sempre comunque necessario – dotato di organi di regolazione, le travi dei solai nel vano di appoggio senza strappi nella muratura, l'inserimento di mensole rigide di metallo è il provvedimento più adeguato.

Altrimenti, se ciò non fosse possibile, le mensole devono essere sagomate a squadra per essere applicate alla muratura con bulloni ad ancoraggio chimico di tipo strutturale (con collanti epossidici). Le mensole di metallo devono essere sufficientemente rigide e, in ogni caso, dotate di elementi di interfaccia (strisce di pannelli di legno multistrato per usi strutturali, ad es.), al fine di evitare condense, e organi di regolazione del contatto con la membratura lignea.

Con lo stesso tipo di dispositivi, un disegno alternativo è costituito dal collegamento dell'estremità della mensola con la trave lignea, ciò che corrisponde alle chiodature e agli altri collegamenti attuati in passato nelle costruzioni lignee.

Con le travi rompitratta si opera interponendo strisce di pannelli di legno di differente spessore per uniformare l'appoggio e, al tempo stesso, costituire una consistente superficie di contatto fra elementi strutturali vecchi e nuovi.

L'intervento si può considerare di tipo reversibile, la mensola può essere rimossa ritornando teoricamente alla situazione di partenza.

Questa tecnica consente inoltre di lasciare integra la struttura esistente, alterando di poco l'estetica e la concezione strutturale originarie.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il dispositivo si applica a travi in buone condizioni alle quali occorra alleviare lo stato tensionale interno per adeguarlo alle attuali normative per la sicurezza delle strutture in esercizio.

Si applica, inoltre, alle membrature la cui resistenza generale, ovvero quella di un'estremità, sia diminuita, ad esempio a causa di attacchi di insetti che riducono la sezione resistente senza peraltro danneggiare i tessuti legnosi.

È sempre necessario rendere minimale l'intervento sia con le dimensioni delle parti nuove aggiunte, che devono essere contenute per non turbare l'aspetto dell'insieme – il che giustifica il ricorso a materiali con elevate resistenze – sia con l'effettiva incidenza sul funzionamento e sul comportamento della struttura.

Limiti per le travi rompitratta e, in parte per le mensole, sono l'irrazionalità e l'invasività degli interventi. Inoltre la breve durata dell'efficacia.

Una variante all'introduzione della tradizionale mensola lignea può essere il dispositivo metallico progettato da Tampone (Tampone, 1996). Si tratta infatti di un traliccio metallico costituito da una lastra, posta all'intradosso della trave lignea, collegata a una struttura di sostegno (fig. 4). La lastra è progettata in modo da sporgere a sufficienza per essere collegata alla struttura e consentire un adeguato sostegno. Le parti metalliche che costituiscono il traliccio sono collegate tra loro mediante saldatura in opera. Le fasi di applicazione della tecnica corrispondono anche per questo particolare dispositivo a quelle descritte prima per le mensole lignee. È necessario aver cura che le parti lignee non siano poste a contatto diretto con la struttura metallica del traliccio, in modo da evitare fenomeni di condensa superficiale nella regione di contatto tra i due materiali. A tal fine si interpone una barriera per l'umidità (strisce di compensato marino), prevenendo così possibili fenomeni di degrado del legno.

La tecnica proposta da Tampone ha affinità con la tecnica tradizionale di rinforzo delle strutture lignee che prevede la riduzione della luce delle membrature lignee per mezzo dell'inserimento di saette. L'introduzione di saette permette di ridurre la luce dell'elemento, ma non consente invece di

migliorare la base d'appoggio, cosa che è garantita dall'inserimento del traliccio metallico progettato da Tampone.

Nel caso dell'inserimento di saette inoltre è necessario verificare che la muratura di sostegno sia in grado di accettare i carichi concentrati divaricanti che vengono a localizzarsi in corrispondenza della zona di appoggio delle saette alla muratura di sostegno. La saetta, infatti, è staticamente assimilabile a un puntello inclinato, che produce un effetto divaricante sulla muratura a causa della componente orizzontale della forza di compressione trasferita dal puntello sulla muratura di sostegno.

### ESPERIENZE

Per esempi recenti di applicazione di questa tecnica di consolidamento si veda l'intervento su una delle capriate della copertura del salone delle feste nella villa Demidoff. Si tratta della realizzazione (Tampone 2000) di un appoggio supplementare più interno rispetto a quello murario originario al fine di permettere all'unità strutturale – una capriata canonica della fine dell'Ottocento, facente parte del sistema di copertura del salone delle feste nella villa Demidoff a Firenze, uno dei cui nodi di estremità è danneggiato in maniera irreparabile da attacchi di *Serpula lacrimans* – di poggiare su parti del legno ancora sane. La mensola di acciaio inossidabile austenitico Aisi 314 è applicata al muro con ancoraggi mecano-chimici e con bretelle dello stesso materiale che si inseriscono nel vano della muratura cui sono fissate. Il nodo è consolidato con una cerchiatura regolabile dello stesso materiale a due bracci, collegati a cerniera nella parte centrale su un perno, che, attraversando il nodo proprio in corrispondenza della fessura causata dallo scorrimento relativo tra catena e puntone, ha lo scopo di impedire ulteriori scorrimenti; allo stesso scopo concorre il braccio superiore della cerchiatura che impedisce, inoltre, il sollevamento del puntone e la vanificazione del perno. Il braccio inferiore porta nella parte inferiore (intradossale) un semitondo che, poggiando sulla mensola, realizza il nuovo appoggio. Al braccio inferiore sono saldate, superiormente, tre piccole lamine che, inserite nel legno dopo apposita formazione di scanalatura, protendono l'appoggio nella parte sana del legno; esse sono ancorate mediante collanti epossidici e spinotto trasversale. Trattamenti biocidi sono stati eseguiti dopo il consolidamento meccanico. Le parti lignee affette sono state aerate e lasciate a vista.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Barbisan U., Laner F. 1995; Laner F., Ortolani V. 1992; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Tesi V., Tampone F., Martini S., *Consolidamento e restauro della copertura della chiesa di San Jacopo Apostolo a Cozzile*, in Tampone G. (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures" vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 302-307.

Chiesa di San Jacopo Apostolo, Cozzile (Massa):

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in Fiorani D. (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS):

Foppoli D., Paneroni A., Pianazza A., *Esempi di restauro conservativo di strutture lignee in area alpina e prealpina* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 877-886.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

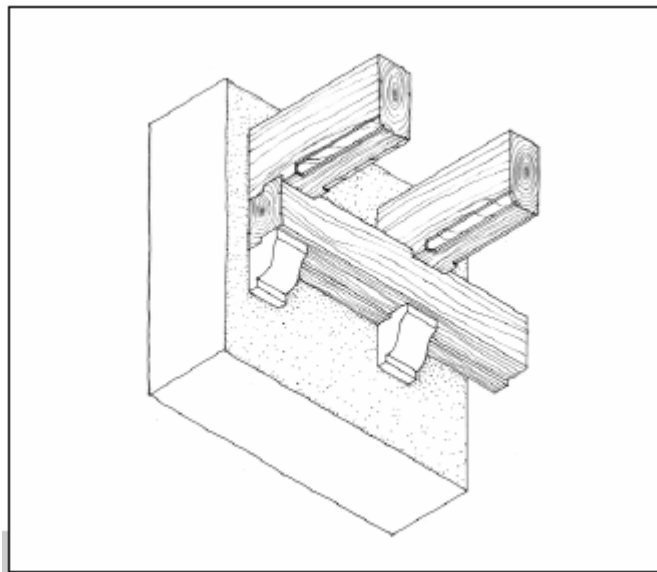


Figura 1 • Sistema tradizionale di appoggio delle travi principali alle murature realizzato mediante corrente trasversale sostenuto da mensole in pietra. (CAF)

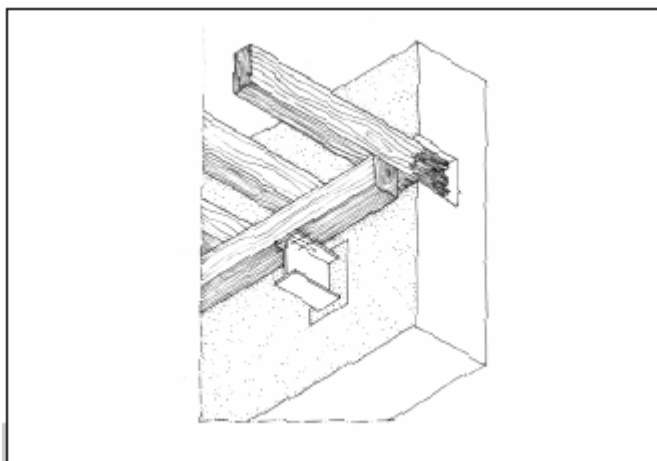


Figura 2 • Particolare della zona di appoggio di una trave degradata. L'inserimento di una mensola di acciaio consente di creare un nuovo appoggio, senza dover ricorrere al rifacimento della testa della trave. (CAF)

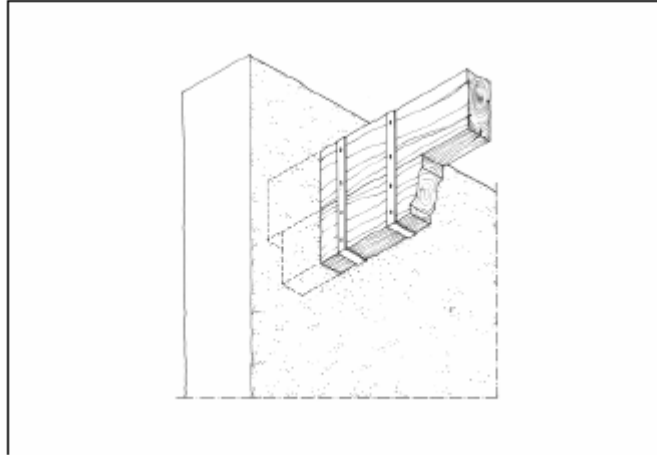


Figura 3 • Aggiunta di una mensola di sostegno per il miglioramento delle prestazioni strutturali di una trave. Il collegamento tra i due elementi è realizzato mediante staffature metalliche e bulloni passanti. (CAF)

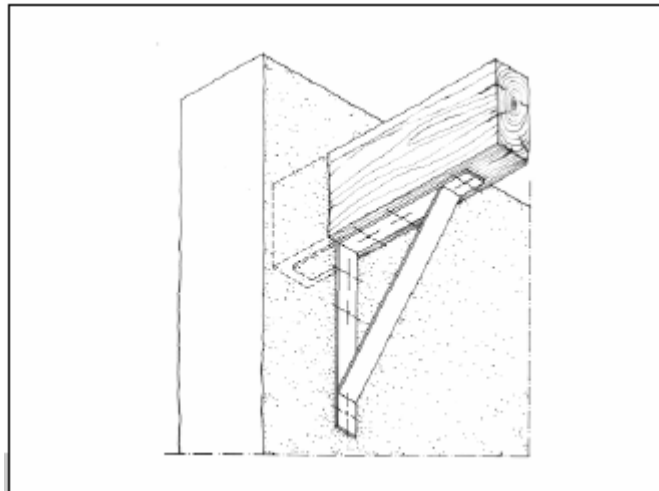


Figura 4 • Schema di un intervento che prevede l'inserimento di un traliccio metallico a sostegno di una membratura lignea. (CAF)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Nelle realizzazioni preindustriali, fino all'avvento dei chiodi cilindrici (inizi del XIX secolo), la trasmissione degli sforzi nelle giunzioni lignee (unioni di forza) era assicurata da collegamenti del tipo "a gravità" (semplice accostamento) eventualmente integrati da organi metallici (spinotti, pioli, chiodi tronco-piramidali, grappe, bulloni, reggia metallica ecc.), oppure da complessi incastri tra le aste (tenone, il maschio; mortase, gli incassi) e completati con cerchiature, staffe o altri dispositivi.

Le più antiche capriate lignee pervenuteci (Giustiniano, metà del VI secolo) e quelle della copertura della chiesa di Santa Caterina sul Sinai, mostrano già collegamenti molto elaborati, sostanzialmente simili a quelli che saranno realizzati fino al XIX secolo e oltre. Sugli esempi di epoca romana e bizantina si vedano le tavole di Adams (Tampone, 1996).

Molti sono gli esempi di connessioni medioevali, originali, ancora esistenti in Europa e in Italia, che mostrano, salvo lievi varianti, la permanenza di questo tipo di soluzioni.

L'intervento di Giorgio Vasari a palazzo Vecchio a Firenze per realizzare il salone dei Cinquecento mostra, in un unico contesto costruttivo, la tecnologia rinascimentale, erede di quella medioevale per quanto attiene alle connessioni del tetto (smontato e poi ricostruito con i materiali originali) e ai collegamenti assolutamente innovativi realizzati dallo stesso Vasari per la carpenteria del controsoffitto, con organi metallici a vite, con saldatura per bollitura, assolutamente straordinari e rimasti unici nel panorama delle carpenterie lignee (Tampone, 1996), almeno sino all'innovazione industriale.

L'invenzione dell'*arpese*, un bullone di particolare forma, da parte di Andrea Palladio per la prefabbricazione del suo ponte sul Cismon, è contemporanea alla ferramenta vasariana e, come questa, è rimasta una testimonianza isolata di questa cultura tecnica.

Una carpenteria lignea del XIV secolo, sostanzialmente intatta, salvo lievi e localizzate modifiche, è quella della chiesa di San Marco a Firenze le cui connessioni sono di tipo canonico.

Questa carpenteria mostra, inoltre, come in un catalogo, vari organi di consolidamento, facilmente identificabili, realizzati in epoche successive (Tampone, 2001).

In epoca moderna, l'opera fondamentale di Breymann ben presto tradotta in Italiano (1885) e quella di Mazzocchi (1879), testimoniano l'avvenuta normalizzazione delle forme di collegamento tradizionali che continuavano a essere utilizzate, mentre già l'uso dei chiodi cilindrici di produzione industriale (Francia, inizi del XIX secolo) aveva permesso le unioni chiodate, e in sostanza le unioni in aderenza senza incassi. Tali sono, ad esempio, quelle della Chicago Construction e in particolare della Balloon Frame (1839 circa), i cui tipi costruttivi sono tuttora in uso (Tampone, 1996). Si può ricordare, come esempio dell'uso tradizionale di questa tecnica, la struttura di copertura del teatro Gustavo Modena a Genova Sampierdarena, costituita da una serie di quattro capriate composte, alla palladiana, e da due capriate a saette. Osservando uno dei vincoli di appoggio di una capriata alla palladiana alla muratura di perimetro, si nota che le tre aste concorrenti (puntone, sottopuntone e catena) e la mensola sono legate mediante una fasciatura metallica disposta perpendicolarmente al puntone. Il collegamento è migliorato, inoltre, dalla presenza di una chiavarda a vite. Questi elementi hanno la funzione di impedire eventuali rotazioni, che in questo caso particolare sono in ogni modo poco probabili, vista la profondità dei denti sagomati per l'incastro degli elementi e l'angolo formato tra puntone e catena (che è pari a circa 30°), che consentono gli assestamenti naturali del legno dovuti alle variazioni termoigrometriche ambientali.

Questo tipo di consolidamento, si basa sul criterio di ricostituire il comportamento strutturale dei nodi allentati o sconnessi in strutture lignee reticolari, cercando di ripristinare la geometria perduta degli elementi, o intervenendo con presidi e rinforzi aggiuntivi (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7, fig. 8).

### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica trova applicazione nelle strutture lignee reticolari, come capriate, incastellature e simili, quando i nodi di convergenza delle aste hanno perduto, in parte o del tutto, la loro funzione strutturale e si presentano allentati nei collegamenti, deformati, sconnessi o addirittura privi di resistenza. Il fenomeno può essere causato dalla degradazione dei legni, da un indebolimento degli incastri, dalla perdita efficacia di staffe, bulloni, chiodature e simili oppure da cedimenti e dissesti più generali.

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Al fine di accertare il corretto funzionamento di un nodo è necessario innanzitutto valutare le condizioni dello stato di conservazione del materiale, verificando anche eventuali alterazioni locali causate dal contatto tra le parti metalliche e le parti lignee. Quindi, è necessario rilevare l'eventuale allontanamento tra le aste del nodo e i possibili giochi tra i legamenti metallici e gli elementi lignei. È necessario infine valutare l'eventuale presenza di gravi lesioni o deformazioni che possano compromettere la stabilità dell'insieme.

Se il materiale risulta degradato a opera di insetti e/o funghi xilofagi al punto da essere inutilizzabile sotto il profilo statico, sarà necessario ricostruire la parte terminale dell'elemento o degli elementi interessati dall'azione dei parassiti con opportune tecniche di consolidamento (v. ad es., CSD45 - Rinforzo di elementi strutturali con protesi in betoncino epossidico armato).

Qualora, invece, dall'esame dello stato di conservazione il materiale si dimostri sano, sarà necessario riportare gli elementi nella configurazione originaria, riavvicinando le aste che si sono discostate e riconsiderando il sistema dei reciproci collegamenti.

Una prima soluzione del problema risiede nel cercare di recuperare il più integralmente possibile il funzionamento statico del nodo, operando su tutte le sue componenti. Perciò, dopo aver provveduto alle puntellature eventualmente necessarie a scaricare la struttura dalle tensioni indotte dai pesi, si ricostituirà l'integrità di tutte le aste lignee che concorrono al nodo, adottando uno o più dei seguenti rimedi tecnici:

— se il nodo si presenta sconnesso a causa di fenomeni di rototraslazione delle aste, potrebbe rendersi necessario lo smontaggio degli elementi e il loro rimontaggio in posizione corretta (v. SMG01 - Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici, SMG04 - Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura);

— il rimontaggio delle aste, secondo la loro corretta disposizione e configurazione geometrica, può richiedere eventualmente piccole lavorazioni che le configurino in modo da riadattarsi nella posizione e nella sede richiesta;

— la riparazione delle parti lignee marcescenti o prive di ogni capacità di resistenza potrà essere eseguita mediante protesi lignee o in betoncino epossidico (v. CSD52 - Sostituzione di legno degradato con sostruzione di mattoncini di legno; CSD55 - Rinforzo di strutture lignee con nuovi elementi resistenti);

— se necessario, prima del consolidamento con resine o con altre tecniche, si procederà alla disinfestazione, in maniera da eliminare tutte le cause di attacco biologico;

— occorrerà, poi, un accurato controllo degli elementi metallici (come perni, staffe, bulloni, chiodi, tiranti e simili) destinati all'unione delle parti, verificando anche l'integrità dei fori di infissione delle viti, dei bulloni e dei chiodi, ed eventualmente rinsaldando quelli inadatti a una buona tenuta;

— dopo averli rimossi dalla loro sede (operazione, questa, non sempre necessaria), saranno sottoposti ad accurate puliture dalla ruggine, a interventi di consolidamento e, in casi estremi, a parziali sostituzioni con elementi di nuova costruzione;

— sarà opportuno, inoltre, proteggere le parti lignee dall'attacco di funghi e insetti xilofagi, e trattare i metalli con adeguati protettivi antiruggine;

— si procederà, infine al rimontaggio delle parti, ricostituendo il nodo con gli stessi elementi e con la medesima configurazione geometrica con cui fu costruita (fig. 9, fig 10, fig. 11, fig. 12, fig. 13).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Una tecnica a lungo applicata in passato prevede l'utilizzo di fazzoletti di lamiera che si fissano al nodo con chiodature. Essi vanno collocati su ambo i lati del giunto, dopo aver verificato la complanarità delle facce da congiungere. Ove questa manchi, i legni saranno spianati nella regione in cui sarà chiodata la lamiera.

Le nuove parti metalliche irrigidiscono il nodo al punto da non consentire il naturale assestamento tra le aste lignee, venendo a costituire un incastro perfetto e determinando una situazione diversa dal comportamento statico del nodo di una capriata, i cui elementi stabiliscono normalmente una relazione è intermedia tra l'appoggio semplice e l'incastro.

L'aggiunta del fazzoletto provoca, di conseguenza, un cambiamento della distribuzione interna delle tensioni. L'elasticità e la capacità d'adattamento, caratteristiche peculiari delle giunzioni lignee, vengono così a mancare, e ne sono impediti anche i movimenti reciproci più modesti in modo tanto maggiore quanto più sono estesi i fazzoletti.

È noto inoltre come l'accoppiamento di metallo e legno possa dare origine a pericolosi fenomeni di condensa che possono essere causa del degrado del legno in quanto provocano condizioni di umidità favorevoli allo sviluppo di attacchi biotici.

Analoga alla precedente è la soluzione che prevede di legare gli elementi concorrenti nel nodo mediante una piastra metallica bullonata. Analoghi sono anche i limiti.

In sostanza, quindi, sono da preferirsi gli antichi metodi di collegamento, con staffe regolabili, chiodature e bullonature, applicazione di sospensori e tiranti, che permettono al giunto di mantenere una certa duttilità rispetto a fazzoletti di lamiera o piastre ecc.

I modi di ripristino dei collegamenti di tipo tradizionale sono da valutare in funzione del particolare tipo di deficienza riscontrata. Ad esempio, nel caso di schiacciamento della superficie di contatto tra legno e staffe, è possibile intervenire incamiciando la staffa rispetto alla membratura, senza che vi sia necessità di smontare le parti metalliche.

Se le parti metalliche risultano corrose è possibile intervenire sostituendo le parti degradate o affiancando nuovi elementi di giunzione. Interessanti a questo proposito le esperienze con convertitori di ruggine.

Ove le parti lignee risultino indebolite dall'attacco di insetti xilofagi, causando l'inefficacia dei collegamenti metallici fanno presa su materiale degradato, può essere utile impregnare il legno con resine per conferire consistenza e continuità al materiale.

Talvolta è possibile intervenire con semplici operazioni di aggiunta di mensole e gattelli lignei, fissati con viti a legno e tenuti in posizione con cerchiature o staffe di metallo, come esposto nelle figure.

Per carpenterie di particolare interesse storico, artistico e tecnologico, al degrado irreversibile dei tessuti legnosi in corrispondenza di un organo di giunzione quale chiodo, bullone, vite si può ovviare con protesi strettamente localizzate alla regione di tenuta dell'organo metallico. Questi interventi hanno il vantaggio di non richiedere alcuno smontaggio, nemmeno quello delle estremità delle aste, di essere reversibili, di lasciare testimonianza delle degradazioni, rendendo evidenti le motivazioni degli interventi.

#### **ESPERIENZE**

Genova Sampierdarena, tetto del teatro Gustavo Modena.

Asolo (VI), capriate del tetto di copertura al corpo centrale di villa Rinaldi.

Venezia, ex convento dei Tolentini, coperture lignee dell'ultimo piano.

Firenze, nodi delle capriate della sala di scherma della Fortezza da Basso.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Del Bufalo A. 1992; Tampone G. 1996.

(TAM)

Tesi V., Tampone F., Martini S., *Consolidamento e restauro della copertura della chiesa di San Jacopo Apostolo a Cozzile*, in Tampone G. (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures" vol. 2, Firenze 22-27 febbraio 2005, pp. 308-322.

chiesa di Santa Maria della Fontenova Monsummano Terme (Pistoia):

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in Fiorani D. (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Arsenale di Venezia:

Menichelli C. (a cura di) *Le strutture lignee dell'Arsenale di Venezia. Studi e restauri* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 1163-1216.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

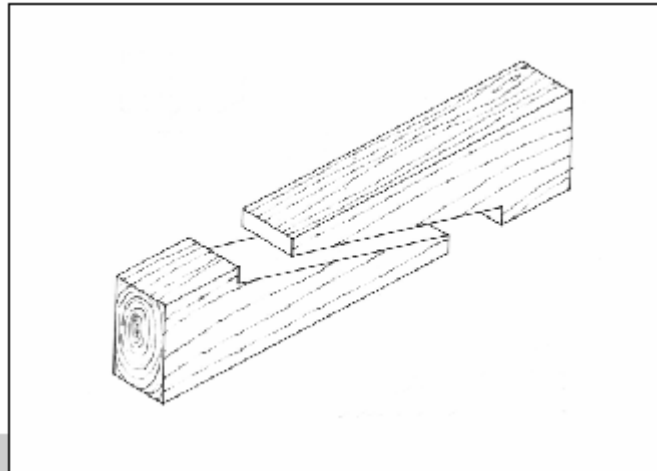


Figura 1 • Incalmo a dardo di Giove. (CAF)

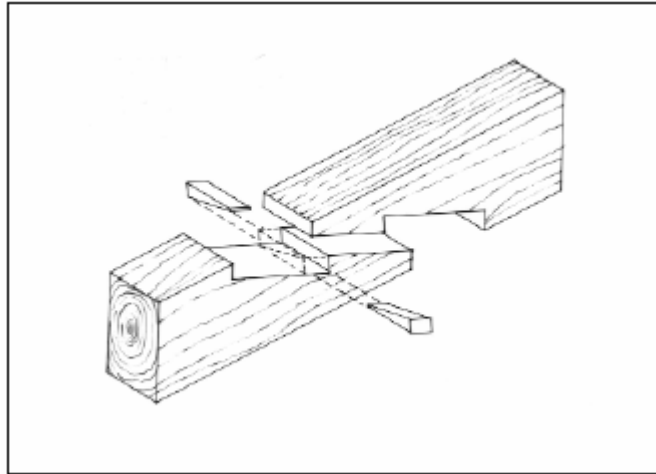


Figura 2 • Incalmo a dardo di Giove con cunei di legno a incastro. (CAF)

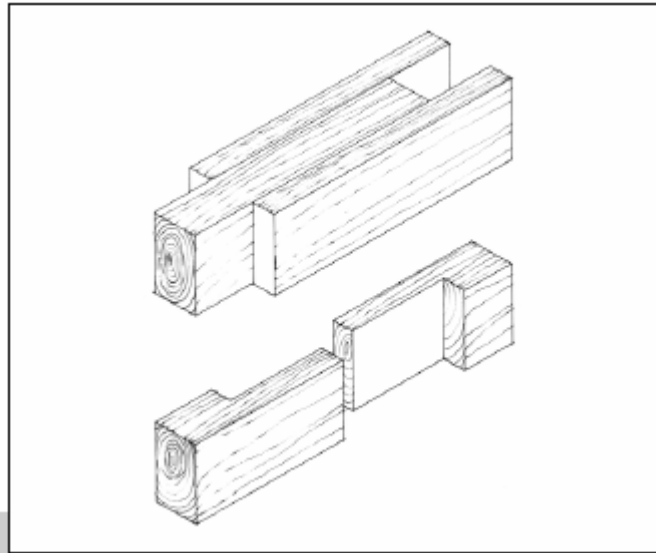


Figura 3 • Incalmi con giuntura di tipo verticale. (CAF)

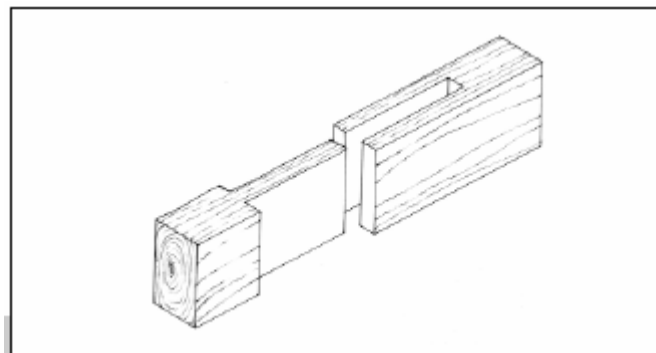


Figura 4 • Incalmo con giuntura di tipo verticale. (CAF)

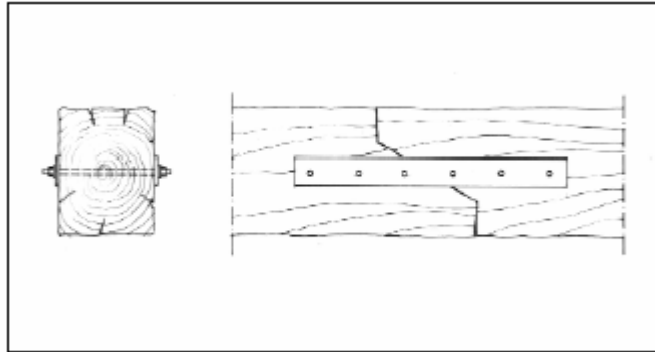


Figura 5 • Sistema di collegamento realizzato da una staffatura composta da due ferri piatti ancorati ai fianchi della trave da barre filettate e imbullonate agli estremi. (CAF)

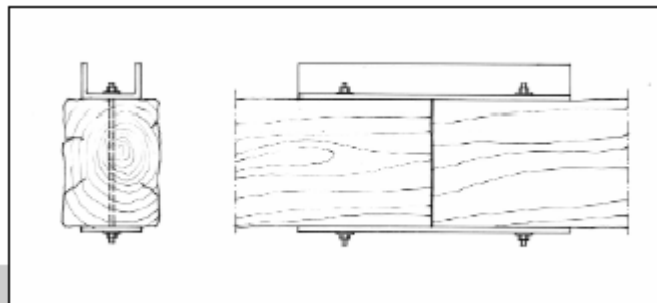


Figura 6 • Sistema di collegamento realizzato da una staffatura composta da un ferro a C, ancorato all'estradosso della trave, e da un ferro piatto all'intradosso. I due elementi sono stretti da barre filettate, imbullonate agli estremi. (CAF)

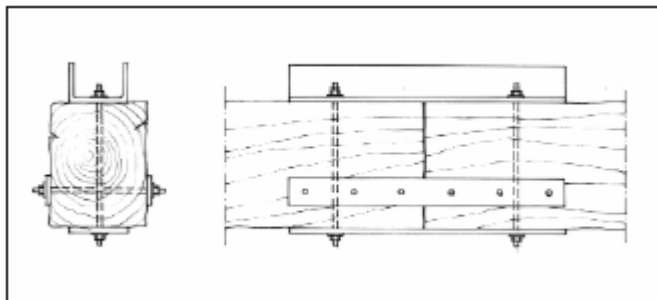


Figura 7 • I due sistemi di collegamento descritti nelle figure 8 e 9, vengono qui utilizzati contemporaneamente. (CAF)



Figura 8 • Incalmo a dardo di Giove serrato da cerchiature e cunei metallici. (TAM)

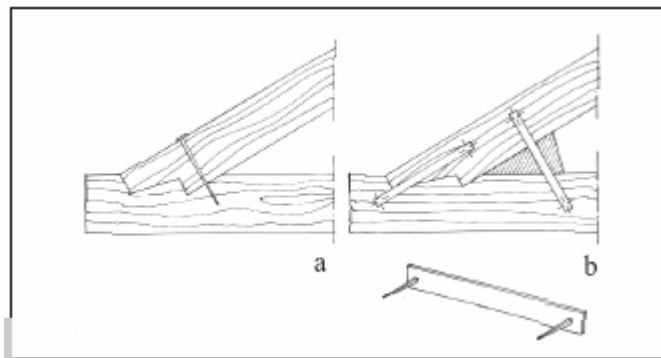


Figura 9 • Unioni a gravità: a) con chiodatura semplice; b) per mezzo di arpioni. (CAF)

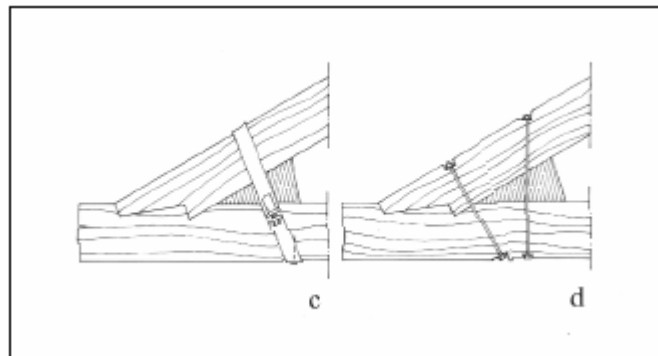


Figura 10 • Unioni a gravità: c) con una staffa che deve essere fermata da un chiodo o gattello; d) per mezzo di bulloni passanti. (CAF)

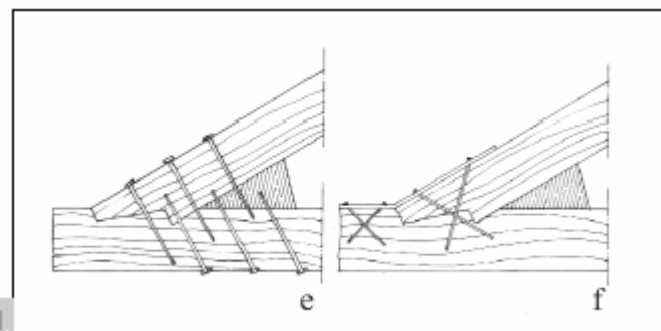


Figura 11 • Unioni a gravità: e) con chiodatura incrociata, f) per mezzo di chiodatura e piatto d'acciaio. (CAF)

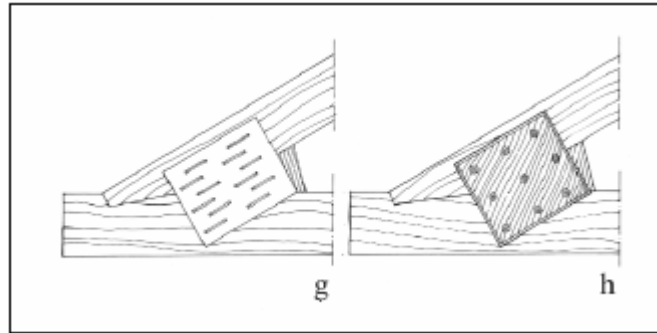


Figura 12 • Unioni a gravità: g) con una piastra dentata; h) per mezzo di una piastra di legno confinato e chiodatura. Queste ultime due soluzioni sono sconsigliate anche per la rilevante estensione delle superfici metalliche che coprono il legname. (CAF)

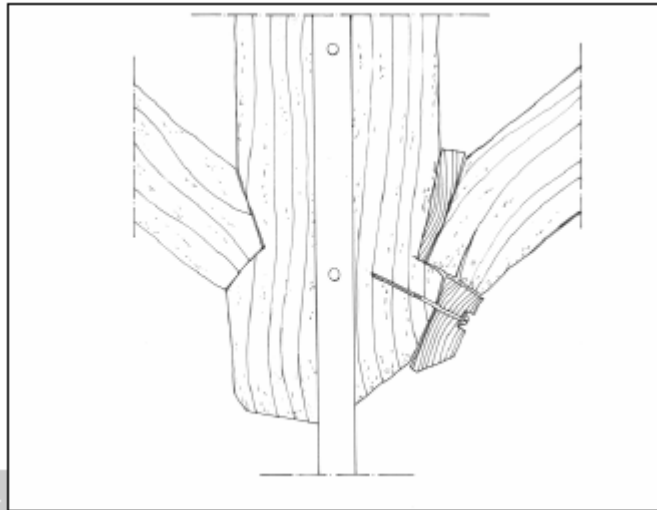


Figura 13 • Ripristino del collegamento tra contraffisso e monaco di una capriata mediante integrazione con zeppa di legno duro e gattello inferiore di sostegno. (CAF)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica, impiegata per il restauro dei solai di legno, consiste nella realizzazione di una soletta armata, generalmente nervata, sull'unità strutturale lignea esistente e nel rendere collaborante la nuova unità con la vecchia mediante l'ausilio di "connettori".

Tale tecnica consente il mantenimento e il recupero della funzione propria dell'unità strutturale, conferendole resistenza e rigidità notevolmente superiori a quelle iniziali. Si valuta (Ceccotti, 1995) che la capacità portante di un solaio ligneo tradizionale possa essere all'incirca raddoppiata e la rigidità aumentata fino a tre o quattro volte rispetto a quelle di partenza.

L'intervento consiste nell'introdurre una soletta di calcestruzzo armato di spessore limitato, e nel renderla collaborante con la struttura esistente. Poiché è indispensabile, in generale, mantenere le quote di calpestio originarie, la soletta deve essere inserita sotto il pavimento al posto del massetto e del sottofondo per un'altezza complessiva di circa 6-8 cm.

La soletta è efficace, tuttavia, anche in spessori di 4 cm circa.

È stato dimostrato (Cartei, 1993) che per l'efficienza complessiva della struttura non è necessario recidere le estremità dei travetti in corrispondenza dell'appoggio, al fine di assicurare la continuità della nervatura di calcestruzzo sopra la trave di legno: le estremità dei travetti possono essere inglobate nel getto e i ferri longitudinali della nervatura possono essere interrotti e integrati con spezzoni inseriti nei travetti o si possono attuare altre disposizioni; la soletta nervata riesce ugualmente efficace. Rimane tuttavia difficoltosa la risoluzione del problema del contatto diretto del calcestruzzo con il legno, anzi dell'avvolgimento perenne del legno con materiale per molto tempo umido, quindi con predisposizione ad attacchi di insetti e funghi; il problema può essere apparentemente risolto con la foderatura del legno con resina, ma si tratta di un provvedimento sconsigliabile.

Dal punto di vista statico, l'unità strutturale mista legno-calcestruzzo può essere ricondotta allo schema di una trave composta con sezione trasversale a T. L'asse neutro della sezione composta si sposta verso l'alto rispetto a quello della struttura originaria.

Nella distribuzione dei compiti assegnati ai due materiali, il calcestruzzo, posto nelle zone estradossali della struttura composita risultante, assorbe le sollecitazioni di compressione, mentre il legno, posto nella zona intradossale, quelle di trazione; i connettori, che sono ancorati alle travi principali di legno e annegati, con la loro estremità superiore, nel calcestruzzo, sono sottoposti a sollecitazioni di taglio e trazione e, talvolta, di flessione.

L'efficacia dell'intervento dipende quindi dall'effettiva realizzazione di una connessione rigida tra la parte esistente e quella aggiunta al fine di ottenere un'unica sezione reagente.

La tecnica esposta offre la possibilità di realizzare un efficace collegamento dell'intero solaio con le pareti perimetrali, ciò che tra l'altro spiega in parte il favore che essa ha trovato presso i tecnici: è possibile, infatti, annegare nel calcestruzzo barre o ferri a coda di rondine o altri dispositivi o fibre resistenti a trazione o compositi di tali fibre (FRP), disposti in maniera continua o discontinua lungo il perimetro della soletta, saldati alla muratura. Il comportamento dell'edificio è ricondotto a quello di una scatola, provvedimento particolarmente utile allorché le pareti perimetrali sono affette da lesioni e da rotazioni verso l'esterno.

Con la soletta collaborante anche con la muratura portante la rigidità nel piano dell'orizzontamento aumenta talmente da poter essere considerata teoricamente infinita, ciò che consente di condurre la verifica sismica delle strutture (Ceccotti, 1995). In talune circostanze, per particolari necessità, si possono realizzare collegamenti anche con le travi secondarie.

Le prime applicazioni di questa tecnica prevedevano l'impiego di chiodi parzialmente infissi nelle travi dall'estradosso attraverso il tavolato e annegati superiormente nel getto di calcestruzzo. I chiodi, però, non realizzano un collegamento di tipo soddisfacente in quanto possono sfilarsi e possono anche generare fenomeni di rifollamento del legno, con il risultato di un inutile, anzi dannoso, appesantimento dell'intera struttura; a meno che la soletta non sia concepita come autoportante e sostitutiva della struttura lignea, ciò che in generale non si desidera sotto il profilo della correttezza dell'intervento e che in ogni caso richiede notevoli spessori della soletta, con relativo inaccettabile aumento di peso.

I connettori sono di vario tipo: barre di acciaio zincato o meglio inossidabile ad aderenza migliorata con piegatura superiore a 90° diretta verso l'appoggio più prossimo, con disposizione semplice verticale, barre piegate a greca (Laner), campane rovesce d'acciaio (sistema Peter Cox), pioli e ramponi, profilati metallici a Omega fissati con viti sul bordo superiore della trave (sistema Peter Cox) (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

Se il solaio ha semplice orditura e non è pertanto necessario eliminare elementi del tavolato, i connettori attraversano le tavole esistenti e, specialmente se esse sono spesse, lavorano anche a flessione. In tali casi si preferisce adottare dei connettori doppi inclinati a 45° convergenti (Messina, Paolini, 1983); connettori di tal tipo sono anche da preferire allorché la soletta è molto sottile, al fine di prevenire fenomeni di sollevamento del calcestruzzo.

Per contrastare efficacemente gli spostamenti relativi – scorrimenti – tra le due unità, che sono nulli in mezzeria delle travi per simmetria e massimi in corrispondenza dei supporti, i connettori sono disposti con passo decrescente dalla mezzeria alle estremità.

#### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è utilizzata per la riparazione di solai lignei che hanno perduto parte della loro capacità portante, ad esempio strutture eccessivamente deformate, oppure anche per aumentare le prestazioni di strutture in buono stato di conservazione ma con nuove destinazioni d'uso che comportano carichi maggiori rispetto a quelli originari.

Può essere attuata solo quando le travi principali e quelle secondarie sono in buone condizioni e in grado di svolgere, a intervento concluso, la funzione assegnata; in caso contrario si deve provvedere al consolidamento preventivo, se attuabile, delle travi stesse con le tecniche adeguate. Quindi essa è adottabile anche in combinazione con tecniche di riparazione e consolidamento delle singole membrature costituenti il solaio (Tampone, 1989, 1996). Consente il mantenimento in esercizio delle travi di legno originarie con un incremento delle capacità portanti del solaio e della rigidità, lasciando peraltro intatto e inalterato l'intradosso, il che è particolarmente importante per le strutture antiche, specie se decorate.

Lo scarico dei puntelli mette in tensione il sistema degli elementi di consolidamento che pertanto può essere considerato di tipo attivo.

Non può essere applicata su solai con pavimenti di particolare pregio che non si possano o vogliano smontare e rimontare.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La procedura da seguire per la realizzazione delle fasi esecutive può essere schematizzata in generale come di seguito esposto, anche se esistono oramai numerose varianti, per la messa in opera delle quali le specifiche tecniche di esecuzione possono variare lievemente.

1. Puntellamento delle strutture lignee preesistenti. In ogni caso gli organi di puntellamento devono essere ben calzati sotto le travi secondarie, in doppia fila parallela alle travi principali, che potranno così essere ispezionate e tenute sotto controllo.
2. Messa a nudo del tavolato con asportazione di pavimentazione, massetto e sottofondo; se il solaio è sano, all'eliminazione del peso corrispondente a questi elementi segue una spontanea diminuzione della freccia delle travi – e del solaio – il che, se accade, garantisce che le travi stavano ancora operando in campo elastico.
3. Nuova calettatura del puntellamento recuperando temporaneamente, se possibile, una parte della deformazione dell'unità da consolidare, per indurre successivamente delle utili ancorché modeste coazioni nella nuova struttura.

4. Riparazione del tavolato e sua eventuale integrazione. Taglio e asportazione del tavolato nel tratto corrispondente alla larghezza delle travi lignee e lungo tutto l'asse longitudinale; l'operazione è particolarmente semplice allorché il solaio è a doppia orditura perché le tavole sono disposte parallelamente alle travi principali. In corrispondenza di questo vuoto si opera per inserire i connettori a taglio in fori predisposti e sagomati in relazione al tipo di connettore che si intende utilizzare. È inoltre necessario disporre delle sponde (tavole) sugli spigoli delle travi di legno per colmare il vuoto tra le travi principali e le travi secondarie: esse costituiscono, con il bordo superiore della trave, la cassaforma per la nervatura, che realizza materialmente la connessione tra la soletta e le travi. Per un buon collegamento al legno del calcestruzzo della nervatura si dispone sul bordo della trave uno spesso strato di resina epossidica a consistenza pastosa e si semina della ghiaia di quarzo, che dovrà sporgere a metà dallo strato di resina: la parte sporgente resterà inglobata nel getto. L'impermeabilizzazione superficiale del legno e l'aderenza della nervatura alla trave saranno così assicurate.

5. Esecuzione dei fori nel bordo superiore delle travi principali, alle distanze variabili progettate, per l'inserimento dei connettori. Non è in generale necessario saldare i connettori all'armatura della soletta e della nervatura, operazione che in particolari situazioni può essere attuata. Ancoraggio dei connettori. In genere, al fine di realizzare l'unione tra i connettori e il legno si fa uso di resine epossidiche iniettate nei fori. Si fa ricorso sovente a cartucce di vetro a doppia ampolla, una contenente la resina e l'altra, interna alla prima, il catalizzatore. Esse sono inserite nei fori e rotte, per la mescolanza e per il riempimento parziale della cavità. Altri prodotti usano iniettori doppi azionati a mano contemporaneamente. Poiché nelle zone distanti dalle nervature e quindi dalle travi il contributo di resistenza e di rigidezza della soletta è modesto, il tavolato è protetto dall'acqua del calcestruzzo con teli di plastica a perdere o in altro modo.

6. Messa in opera dell'armatura della soletta, generalmente semplice e non doppia, che nelle disposizioni correnti è una rete elettrosaldata, e di quella della nervatura con ferri longitudinali e staffe. Si dispongono successivamente nelle murature perimetrali gli organi di collegamento con la soletta (ad es. ferri a coda di rondine, barre, fibre ecc.).

7. Getto della soletta di calcestruzzo. Nelle zone lontane dall'anima del T della trave composta, cioè nelle aree intermedie tra una trave e l'altra dove il contributo meccanico fornito dalle ali della sezione a T è minimo, si può ridurre il peso aggiunto della soletta facendo uso di calcestruzzo alleggerito additivandolo con argilla espansa, vermiculite ecc.

8. Posa del massetto e del pavimento.

A presa avvenuta, disattivazione progressiva delle tensioni indotte dal puntellamento e rimozione di questo.

Sono state studiate diverse tecniche per realizzare un efficace collegamento tra le travi di legno e la cappa di calcestruzzo; di seguito sono illustrati i sistemi comunemente adottati.

*A - Sistema Piazza-Turrini*, Università di Padova. Questo sistema ha migliorato le caratteristiche di collegamento tra soletta e struttura lignea, affidato fino ad allora a semplici chiodature. I connettori, dritti o inclinati, vanno posti all'interno di fori realizzati nell'elemento ligneo e resi solidali per mezzo di malte epossidiche (fig. 4).

*B - Sistema Alessi, Raffagli e Lamborghini*, Università di Bologna. Si prevede la saldatura di spinotti verticali con due tondini longitudinali, realizzando una variante ai connettori proposti da Piazza-Turrini. Si tratta di un primo passo verso la realizzazione di connettori di tipo continuo. Esso consente di migliorare il collegamento tra la soletta e il legno, allo scopo di realizzare una connessione più rigida. Questa tecnica prevede la realizzazione di una soletta in beton epossidico anziché in calcestruzzo (Barbisan, Laner, 1997) (fig. 5).

*C - Sistema Tampone*, Università di Firenze. Questo sistema prevede l'utilizzo di un connettore a taglio di tipo continuo (fig. 4). Si fa uso di lamine metalliche inserite in scanalature continue praticate preventivamente nell'elemento ligneo, le quali hanno lo scopo di aumentare la resistenza delle travi principali e di costituire efficaci collegamenti con l'elemento aggiunto superiore. La continuità tra la lamina metallica e il legno è assicurata mediante resine epossidiche oltre che con bulloni e dadi (fig. 6a, fig. 6b).

*D - Sistema LLEAR*, proposto da Brusati e Laner. Consiste nella realizzazione di un connettore a taglio di tipo continuo costituito da un traliccio metallico (acciaio zincato) monoplanare.

Il traliccio è inserito in una scanalatura longitudinale praticata nelle travi di legno. L'unione tra il connettore e la trave è garantita mediante beton epossidico. La casseratura, a perdere, è costituita da un tavolato o da altri materiali, e su questa base è poi realizzata una soletta di calcestruzzo (fig. 7).

Riassumendo, le connessioni che realizzano la solidarietà tra legno e calcestruzzo possono essere continue o puntiformi, a secco o con collanti (tab. 1).

	Connettori con barre d'acciaio comune o zincato o inox ad aderenza migliorata o filettate
Puntiforme	Chiodi
	Spinotti in cls
Unione legno-calcestruzzo	Spinotti metallici a secco
	Pioli e ramponi
	Campane d'acciaio rovesciate
	Lama metallica
Continua	Travetto reticolare
	Profilato metallico ad omega

Tabella 1 • Sistemi di unione legno-calcestruzzo

#### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

La cura maggiore deve essere posta nel realizzare una connessione veramente efficace tra legno e calcestruzzo; a parte il sistema adottato, l'esito positivo dell'intervento dipende principalmente dalla buona esecuzione. È opportuno eseguire direttamente in cantiere prove di sfilamento dei connettori prima del getto della soletta.

Occorre evitare che si determinino delle sgorature dell'acqua di cemento sugli elementi lignei e, in ogni caso, che il legno si bagni.

Non è opportuno eliminare totalmente le deformazioni presenti – operazione peraltro inattuabile nella generalità dei casi – sia per non modificare uno stato reologico determinatosi in lungo periodo, che è impossibile attuare senza indurre traumi, sia perché non è lecito distruggere le testimonianze del comportamento della struttura nel corso del tempo.

La tecnica si è dimostrata particolarmente efficace e di applicazione generalizzabile. Critiche però, se applicata a strutture antiche, sono state avanzate sull'uso di un materiale alieno, il calcestruzzo, e circa il mutamento radicale che esso comporta sulle caratteristiche meccaniche delle vecchie strutture lignee.

Peraltro, applicazioni particolarmente coercitive del sistema hanno comportato un'eccessiva rigidità degli orizzontamenti, e hanno prodotto effetti negativi in occasione di eventi sismici. Gli interventi devono dunque essere molto ben dosati in conformità a considerazioni di carattere generale sulla struttura dell'edificio e non solo dell'unità da consolidare.

Una tendenza recente e più accettabile è di usare legno per riparare strutture di legno. Ciò ha dato luogo a varianti della tecnica, con l'impiego, ad esempio, di due tavolati supplementari sovrapposti a disposizione incrociata, al posto del sottofondo (Piazza e altri, op. cit.), o con pannelli di legno multistrato per usi strutturali separati da idonei distanziatori (v. CSD32 - Consolidamento dei solai con pannelli di legno all'estradosso). Il comportamento al fuoco della struttura del solaio rinforzato con questa tecnica è migliore di quello delle originarie in legno, giacché la presenza della cappa di calcestruzzo all'intradosso crea uno strato di protezione per le parti lignee.

#### ESPERIENZE

Complesso S. Maria delle Grazie di Mortara, Ferrara, consolidamento statico di un solaio di legno con luce di 10 m, risalente al XV secolo.

Castello della Rovere, Vinovo (Torino), progettazione del consolidamento statico di un solaio ligneo cassettonato con decorazioni in stucco risalente al XVI secolo.

Solai lignei tardo-rinascimentali dell'Ufficio del genio civile di Firenze.  
Palazzo Serristori a Firenze, consolidamento con l'utilizzo di un connettore a taglio di tipo continuo.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. (a cura di) 1983; Tampone G. (a cura di) 1989; Tampone G. 1996.  
(GOF)

Bellocchio L.P., Bellocchio A., Di Bella L., *I soffitti lignei dipinti di Villa Scheibler a Milano, un intervento di consolidamento e di restauro* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 789-798.

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

Villa Scheibler, Milano:

Giuriani E., *Solai in legno rinforzati con lastra collaborante: criteri per il dimensionamento* in "L'Edilizia", 2002, pp. 32-40.

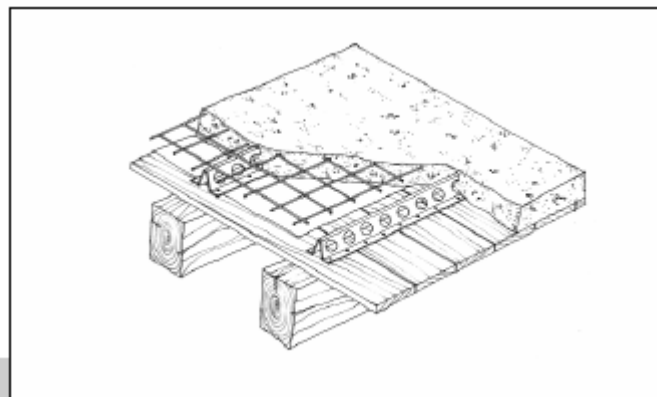


Figura 1 • Soletta collaborante sistema Peter Cox. I connettori, di tipo continuo, sono fermati a secco al tavolato dopo aver steso l'isolante. Il getto di calcestruzzo penetra nei fori del profilo e lo lega alla rete elettrosaldada. (CAF)

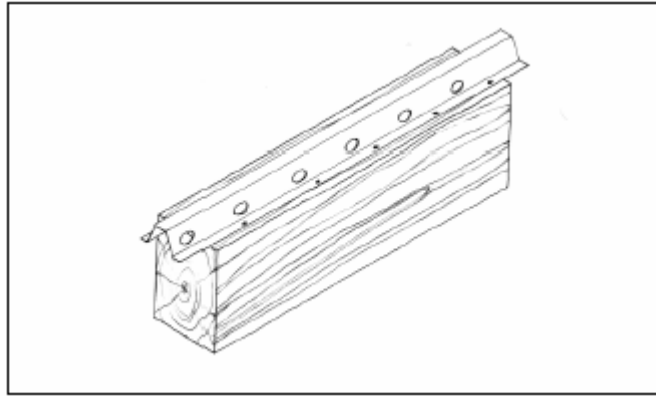


Figura 2 • Connettore LPR. Profilato a omega forato per consentire l'ingresso del calcestruzzo anche all'interno e connesso con viti alla trave (connessione alla trave a secco, tipo continuo). (CAF)

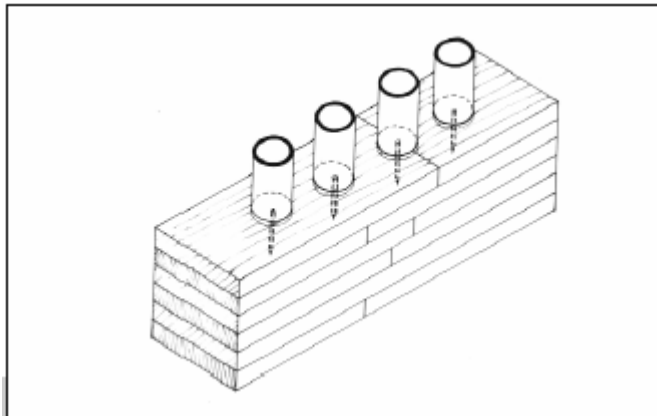


Figura 3 • Connettore FLAP. Cilindri metallici, fissati all'estradosso della trave a secco (connessione alla trave a secco, tipo puntiforme). (CAF)

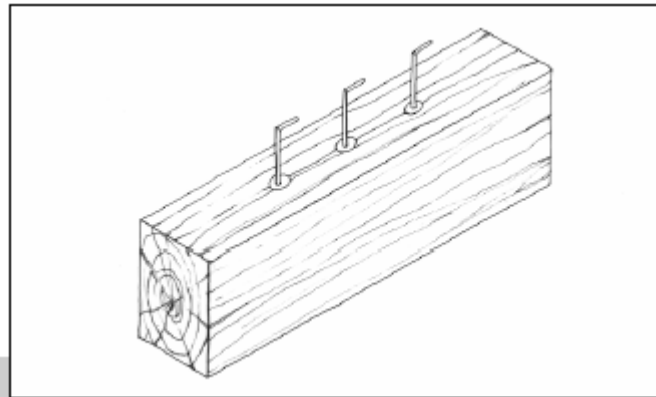


Figura 4 • Connettore Piazza-Turrini. Tondi in acciaio a L, fissati all'estradosso della trave mediante resina epossidica. Si ottiene una struttura mista legno-calcestruzzo mediante connettori a taglio (connessione alla trave con resina, tipo puntiforme). (CAF)

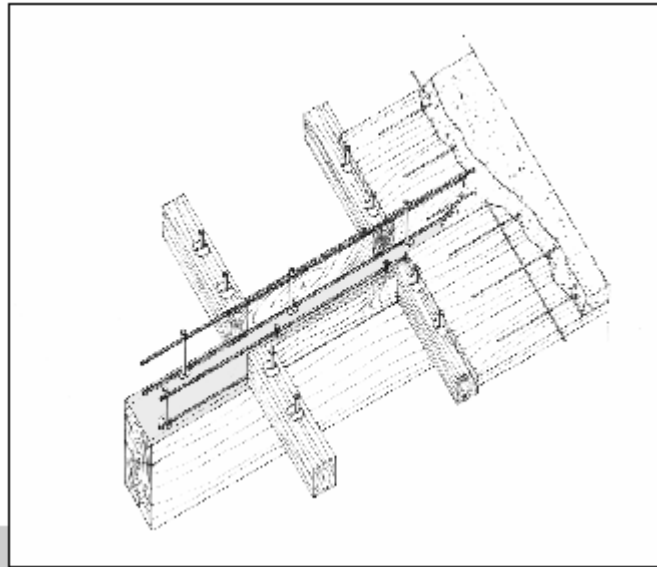


Figura 5 • Sistema Alessi, Lamborghini e Raffagli per la realizzazione di una struttura mista legno-beton epossidico mediante connettori a taglio realizzati per mezzo di saldatura di spinotti verticali con tondini longitudinali. Soletta collaborante con connettori a piolo e ramponi. I connettori, di tipo discontinuo, sono fermati a secco alle travi e ai travetti. A questi vengono assicurati i tondini posati sulla trave di legno e la rete elettrosaldata, dando luogo con la gettata a una nervatura in c.a. (CAF)

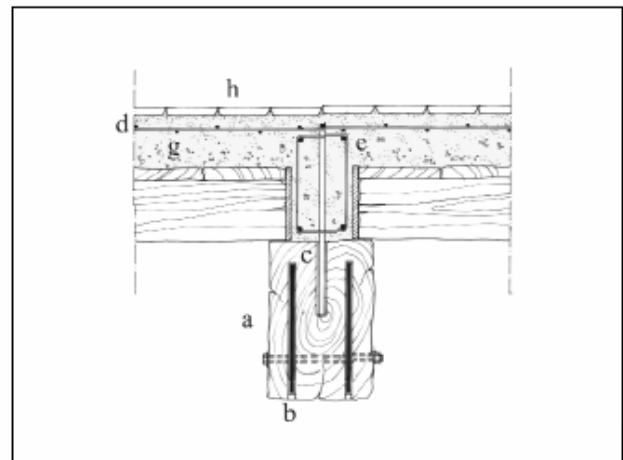
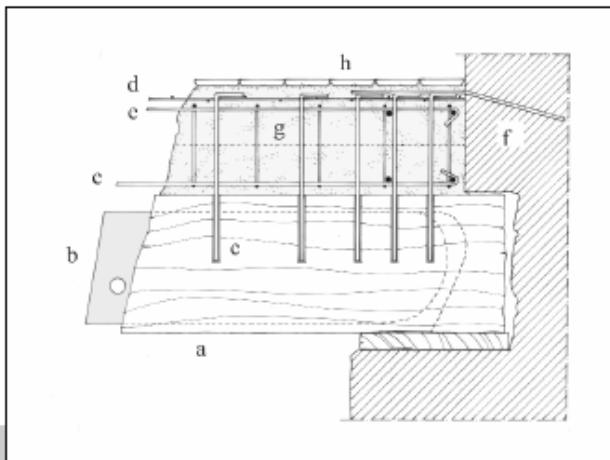


Figura 6a, 6b • Brevetto di invenzione Tampone-Campa per il consolidamento in opera, senza operare smontaggi costosi e distruttivi, di un solaio ligneo. Si interviene realizzando una struttura mista legno-calcestruzzo: a) trave lignea; b) lamine metalliche; c) connettori; d) rete elettrosaldata; e) nervatura inferiore della soletta; f) barre sigillate di ancoraggio del solaio alla muratura; g) soletta di calcestruzzo armata; h) pavimento. (CAF)

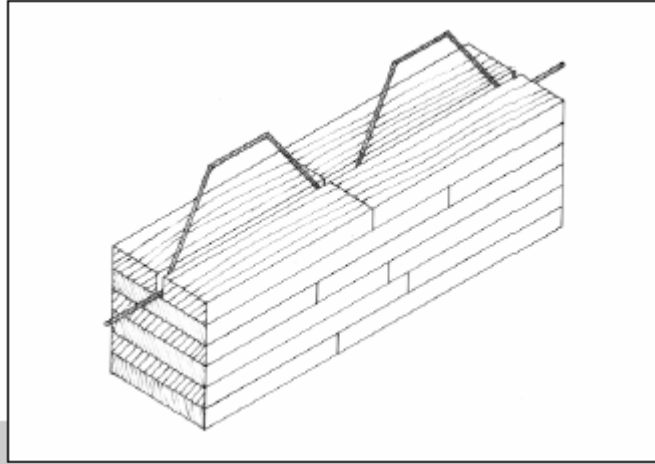


Figura 7 • Sistema LLEAR proposto da Brusati e Laner: prevede la realizzazione di una struttura mista legno-calcestruzzo, dove l'unione continua per la resistenza al taglio è affidata a un traliccio metallico monoplanare continuo inserito in una scanalatura estradossale della trave e a questa connesso mediante resina epossidica (connessione alla trave con resina, tipo continuo). (CAF)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica è, di fatto, il riconoscimento della propria impotenza di fronte all'estremo degrado, alla inutilizzabilità di una o più membrature di una struttura lignea. L'obiettivo è la rimozione delle membrature degradate, senza danneggiare le rimanenti parti della struttura e quanto rimane dello stesso elemento, sostituendole con nuove, preferibilmente di legno, e inserendole senza danno ed efficacemente al posto delle prime.

È doveroso segnalare che molto spesso, anche senza chiare giustificazioni, intere strutture lignee sono demolite, e i materiali, anche antichi, sono conferiti alle discariche e utilizzati come legna da ardere.

In realtà, provvedimenti di questo tipo riguardano raramente membrature isolate, ma, al contrario, investono spesso parti estese della struttura.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento, da considerarsi di natura del tutto eccezionale, si applica nei casi di totale e irreversibile danneggiamento della membratura o di porzioni del complesso ligneo da parte di funghi e insetti, per carbonizzazione da incendio, per rotture irreparabili ecc.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le fasi operative sono schematicamente riducibili alle seguenti.

- Puntellamento delle travi secondarie in prossimità e parallelamente alla trave da trattare, con disposizione delle opere provvisorie in modo da non intralciare le successive operazioni.
- Lieve sollevamento della trave con l'azione di martinetti a vite per distaccarla dagli appoggi.
- Rimozione degli eventuali collegamenti (chiodi, perni, incastri ecc.).
- Scarnificazione della muratura in corrispondenza degli appoggi, limitatamente a quanto strettamente necessario per consentire lo sfilamento della trave, soprattutto in presenza di intonaci decorati. In alcuni casi, può rendersi necessario l'approfondimento in lunghezza di uno degli appoggi murari per stornare la trave.
- Sfilamento della membratura.
- Introduzione della nuova trave, che potrà essere realizzata con massello naturale, come quelle esistenti, oppure di legno lamellare.
- Controllo della superficie di appoggio della sovrastruttura alla nuova trave, a evitare che la presenza di vuoti dovuti ad avvallamenti o deformazioni non assicuri una perfetta trasmissione dei carichi. Può essere opportuna l'introduzione di spessori o cunei che realizzano l'uniformità di distribuzione dei pesi.
- Disarmo graduale delle puntellature provvisorie.
- Risarcimento e stuccatura della muratura agli appoggi.

Talvolta è necessario recidere almeno una delle estremità e in taluni casi è addirittura inevitabile frazionare la vecchia trave in tronconi. Più facile, ovviamente, lo smontaggio di carpenteria minuta del tetto e di altre strutture composite.

La nuova membratura deve essere sottoposta a trattamenti biocidi prima dell'inserimento e preventivamente acclimatata nell'ambiente di utilizzo, eventualmente deumidificata. Ciò permetterà il controllo dell'insorgenza di eventuali fenditure da ritiro e, nei casi più gravi, l'impossibilità al

nuovo elemento di calzare efficacemente negli incassi, espandendosi e adattandovisi dopo l'inserimento.

Qualora il degrado sia dovuto a cause esogene, bisognerà procedere alla loro eliminazione o a un loro controllo (fig. 1).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Ogni qualvolta sia possibile, la trave deve essere lasciata nell'edificio a testimonianza del materiale, delle lavorazioni, della posa in opera, di eventuali decorazioni ecc. e a documentazione dell'intervento effettuato, insieme al resoconto verbale, grafico e fotografico delle operazioni effettuate (v. sezione *Documentazione*). È in ogni caso indispensabile, qualora non sia possibile custodire la membratura rimossa, farla analizzare da esperti, sottoponendola anche a esami dendrocronologici. È sconsigliabile, anche per criteri di corretta conservazione, il reimpiego di sue parti per riparare la stessa carpenteria o altre consimili, nella logica del reimpiego di "legno antico".

Le membrature di nuovo apporto devono essere, anche per ragioni tecniche di identità di comportamento oltre che ideologiche, della stessa specie legnosa di quella rimossa. La qualità fisiologica e meccanica deve essere non inferiore.

È opportuno acclimatare le membrature di nuovo apporto per qualche tempo nella posizione della carpenteria esistente per evitare isolate variazioni dimensionali causate da escursioni igrotermiche. Un'alternativa è la scomposizione della membratura in parti, il trattamento con resine acriliche ed epossidiche delle parti degradate oppure l'eliminazione di queste, la ricomposizione inserendo elementi lineari resistenti a trazione (barre, tiranti, tessuti), un'applicazione nella quale i composti fibrosi trovano sicuramente un impiego congruente dal momento che essi sono sigillati all'interno; preoccupa tuttavia, in tal caso, il rilassamento delle tensioni. Nell'impiego di barrette o fili di acciaio è preferibile il ricorso a elementi ad alto limite elastico.

#### **ESPERIENZE**

Troppo numeroso l'elenco delle carpenterie antiche demolite e distrutte volontariamente, nella maggior parte dei casi per incapacità di intenderne il funzionamento, valutarne il degrado, apprezzarne l'affidabilità. A tal proposito, si segnalano i casi della copertura della cappella degli Scrovegni a Padova e, solo alcuni anni fa, della copertura realizzata da Giuseppe Valadier nel 1808-09, apprezzata da Stendal, per il tempio di Ercole Vincitore a Roma.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1999; Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Il "cascinetto" di Stezzano (Bergamo):

Bellini A., Sita M., Gerbelli F., M.M. Grisoni, *Il "cascinetto" di Stezzano (Bergamo): scelte ed indirizzi per l'intervento di conservazione delle orditure lignee di copertura* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 743-752.

palazzo Besta di Teglio (SO):

Foppoli D., Paneroni A., Pianazza A., *Esempi di restauro conservativo di strutture lignee in area alpina e prealpina* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 877-886.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

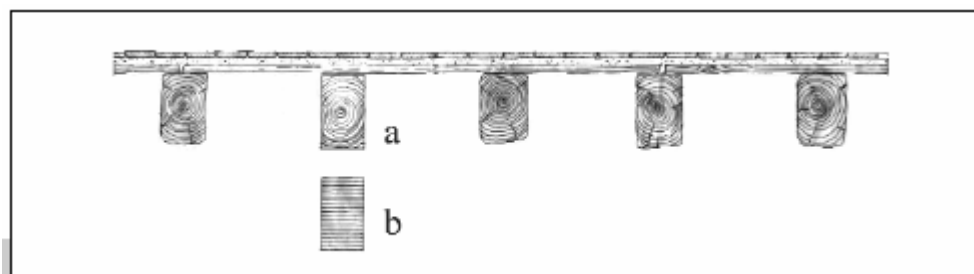


Figura 1 • Sostituzione di una trave irrecuperabile con un nuovo elemento: a) nuova trave in massello naturale; b) nuova trave in legno lamellare. (CAF)

<b>CSD 52</b>	<b>SOSTITUZIONE DI LEGNO DEGRADATO CON SOSTRUZIONE DI MATTONCINI DI LEGNO</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'uso del legno per riparazioni *in situ*, è un'alternativa all'impiego di protesi in betoncino epossidico e altro.

Si possono utilizzare sezioni sagomate di tavole o strisce di pannelli per usi strutturali come "mattoncini" per ricostituire i tessuti lignei mancanti o irrecuperabili.

L'intervento è eseguito eliminando i residui delle parti mancanti o asportando la parte di trave degradata e riempiendo poi la cavità così formata con i mattoncini. Per legare i nuovi elementi lignei alla membratura e tra di essi, i collanti più adatti sono quelli a base di resine epossidiche. Si realizza in tal modo una sostruzione con legno lamellare.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

È applicabile negli interventi di reintegro delle parti lignee asportate o comunque degradate in maniera irrecuperabile da eventi che hanno drasticamente ridotto le caratteristiche meccaniche del materiale di una membratura (ad es., danni da funghi lignivori cioè carie); deve essere sempre accompagnata da apposizione o inserimento di elementi o armature che ripristinino la continuità dei tessuti legnosi per recuperare la resistenza a flessione dell'elemento.

Si può applicare anche ai nodi di incavallature danneggiati da carie e consente di non alterare in misura consistente la configurazione dell'unità strutturale perché è possibile tenere separate seppur collegate le parti appartenenti alle aste concorrenti nel nodo.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le cavità lasciate dalle parti asportate devono essere perfettamente pulite e prive di filamenti instabili; ciò si può ottenere con trapani e frese. I mattoncini devono essere sagomati uno per uno e messi in opera prima che sia eseguita ogni altra operazione. Le scanalature per l'inserimento di lamine resistenti, si effettuano con le stesse procedure già indicate per il consolidamento di membrature con lamine metalliche, quando la saldatura dei tessuti è avvenuta, tagliando il composto.

Le lamine devono essere ben pulite con il flessibile o con altri sistemi, eventualmente dotate di elementi che ne aumentino l'adesione con il collante, arrotondate agli spigoli, eventualmente forate per alleggerimento e migliore diffusione del collante.

L'adesione si realizza apponendo anche bulloni trasversali.

La tecnica descritta può essere integrata dal conferimento di coazioni per rendere il dispositivo attivo sin dall'inizio; si opererà agendo sugli organi di regolazione dei puntelli.

Le superfici sono poi pareggiate piallando le parti esterne sporgenti dei mattoncini. Le parti aggiunte saranno poi raggugliate anche per quanto concerne il colore, tenendo presente che ben presto esse si differenzieranno comunque, com'è desiderato, dalle parti antiche pur mantenendo un aspetto generale unitario (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'efficacia dell'intervento dipende dall'adesione dei nuovi materiali al legno sano e, specialmente per gli elementi resistenti a trazione, dalla profondità dell'ancoraggio: quindi è necessario interessare il legno sano della membratura per una lunghezza adeguata al fine di evitare strappi nei tessuti legnosi e la conseguente vanificazione dell'intervento.

Le lamine possono essere tratte da tavole di eccellente qualità della stessa specie legnosa, da pannelli di legno per usi strutturali, da fibre resistenti a trazione successivamente inglobate in getto di resina epossidica (da FRC) o da lamiere stirate. Per membrature di particolare pregio, l'operazione si può compiere ricorrendo a parti di legname modellate. Talvolta può essere preferibile inserire un'armatura non continua, come fili resistenti a trazione, nel cavo e fissarla al legno sano prima di inserire i mattoncini.

### ESPERIENZE

Firenze, Fortezza da Basso. Catena di capriata danneggiata dal calore di una lampada.  
Savona, teatro Gabriello Chiabrera. Capriata della copertura.  
Estremità inferiore del puntone di tipo Polonceau danneggiata da attacchi micotici.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Tampone G. 1989, *Sostruzione e lamine...*; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

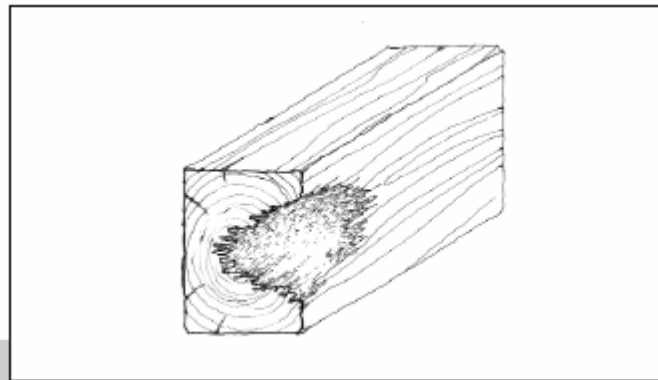


Figura 1 • La parte degradata e irrecuperabile è scalpellata fino a raggiungere il legno sano. (CAF)

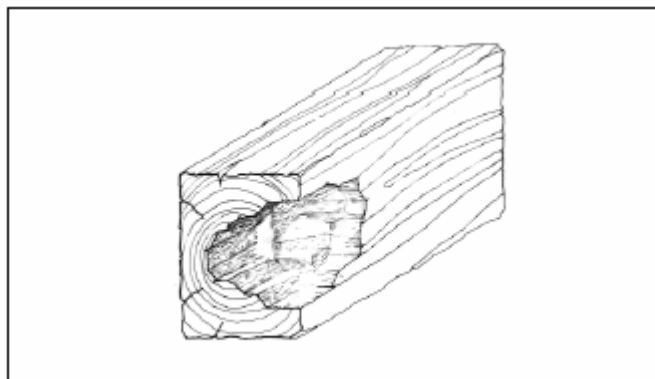


Figura 2 • Le superfici interne della cavità ottenuta dall'operazione precedente vanno perfettamente pulite e sommariamente regolarizzate per rimuovere i frammenti di legno instabili.  
(CAF)

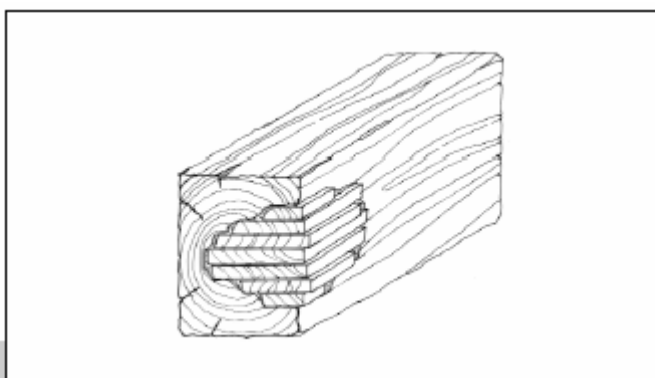


Figura 3 • I mattoncini di legno devono essere sagomati uno per uno e successivamente messi in opera. Le superfici dei mattoncini di legno, sporgenti dal filo della trave, sono pareggiate a pialla.  
(CAF)

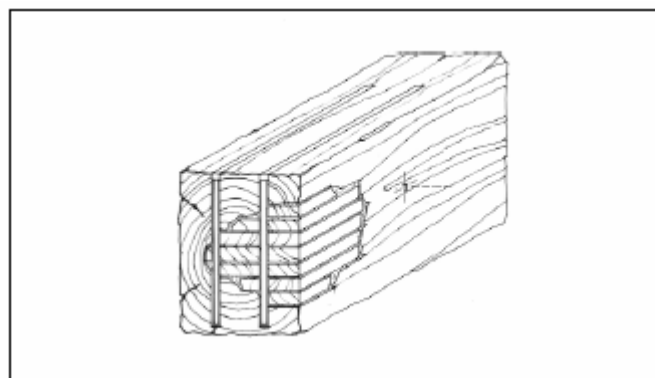


Figura 4 • La trave può essere ulteriormente consolidata, inserendo, anche solo per la porzione su cui si è intervenuti, una lamina metallica. Bulloni trasversali collaborano all'adesione delle parti.  
(CAF)

<b>CSD 53</b>	<b>CONSOLIDAMENTO DI STRUTTURE LIGNEE MEDIANTE TIRANTATURE</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Si tratta di una tecnica di consolidamento e di irrigidimento di membrature inflesse che permette di operare *in situ*, senza eseguire smontaggi di sorta, e consiste nell'applicare elementi lineari interni o esterni resistenti a trazione, eventualmente integrati da elementi che possano fornire resistenze supplementari a compressione, sfruttando le resistenze residue della membratura. Secondo un'altra ottica, consiste nell'indurre nella membratura una tensione normale (compressione) che si oppone a quelle esistenti, e una o più reazioni perpendicolari all'asse della trave, come potrebbero essere quelle prodotte da appoggi supplementari cedevoli o da un appoggio cedevole continuo.

Il sistema induce benefiche tensioni che possono essere utilizzate per ridurre, senza eliminarle del tutto, eccessive deformazioni.

È importante osservare che i dispositivi stessi hanno effetto solo sulle membrature cui sono applicati e non sulle unità strutturali alle quali queste appartengono; in altre parole essi non alterano le configurazioni originarie. Gli interventi, specialmente quelli con tiranti esterni, si possono considerare dei puntellamenti permanenti.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La tecnica si applica a membrature inflesse – travi, colmi e arcarecci, travicelli, puntoni di incavallature ecc. – eccessivamente caricate o troppo esigue rispetto a condizioni di carico da considerare normali, purché posseggano resistenze residue.

I dispositivi applicati all'esterno producono danni irrilevanti e sono totalmente asportabili; i provvedimenti che la tecnica comporta sono pertanto reversibili in maniera totale.

I dispositivi indicati sono applicabili, salvo necessità e condizioni particolari, a membrature che non sono inflesse oltre il campo elastico.

Secondo le circostanze e le configurazioni presenti, si adottano schemi leggermente differenti nelle varianti indicate.

È sempre opportuno diminuire al massimo i carichi agenti sulla membratura – il che permette peraltro di verificare in maniera empirica ma effettiva se la membratura stessa è ancora integra e in fase elastica – e procedere a un puntellamento cautelativo.

Il materiale adoperato per gli elementi funzionanti a trazione è comunemente l'acciaio – tradizionalmente associato al legno, per le sue doti di leggerezza e di resistenza che consentono di tenere esigue le sezioni trasversali, per il contenuto ingombro e il minimo disturbo visivo – del tipo ad alto limite elastico, in barre o, di preferenza, funi (inguainate per l'isolamento termico e per la protezione alla corrosione), ma non si esclude l'applicazione di tiranti di legno naturale o composito, e di fibre o di altri materiali.

La realizzazione di tiranti lignei esterni dà luogo però ai noti problemi di rilassamento delle tensioni per la progressiva inefficienza (tipica del legno e inevitabile) degli organi di ancoraggio alle estremità; la stessa regolazione presenta difficoltà.

Con l'acciaio, la regolazione è possibile con tenditori a manicotto o dispositivi simili. È interessante la sperimentazione di materiali a memoria di forma come il titanio. Gli elementi collaboranti a compressione sono di legno, resina, acciaio ecc., secondo le circostanze e le specifiche necessità.

È stata recentemente proposta l'applicazione di tessuti coprenti di FRP all'estradosso delle membrature inflesse, con il loro fissaggio, oltre che con collanti, anche con chiodi che ne impediscano il sollevamento, al fine di conferire resistenze di compressione supplementari al legno

e di confinare le deformazioni caratteristiche di rigonfiamento che, in fase plastica, si manifestano nei tessuti legnosi sollecitati e si accompagnano a fessure longitudinali.

Tale applicazione è in generale sconsigliabile perché il legno è sottratto all'ambiente atmosferico esterno, non sono possibili ispezioni, vi è il pericolo di assorbimento di umidità e di attacchi biotici. Inoltre la resistenza al rigonfiamento è modesta.

Più opportunamente, si può operare con elementi discontinui o con inclusioni di lamine resistenti di legno, resina, FRP, acciaio ecc., disposte dall'estradosso e giacenti nel piano delle azioni; in questo caso sono gli stessi tessuti legnosi che operano da confinanti per contrastare l'instabilità delle lamine.

### *Tiranti interni*

Le soluzioni più comuni, tra le quali alcune proposte solo a livello teorico e non applicate di fatto per intrinseche difficoltà esecutive, sono le seguenti (fig. 1):

1. la prima soluzione, secondo uno schema di chiara derivazione dalle tecniche di costruzione di strutture di ca. precompresso, prevede la realizzazione del sistema di post-tensione per mezzo dell'inserimento di una fune di acciaio in una scanalatura, praticata all'intradosso dell'elemento per quasi tutta la lunghezza della trave, e in fori inclinati di circa 45° in prossimità delle teste, all'interno, secondo lo schema illustrato in fig. 1-a. Le testate del cavo, che assume la forma approssimativa di una catenaria, vanno ancorate alla muratura, con dadi filettati o con altri sistemi, mediante l'interposizione di piastre che distribuiscono gli sforzi di compressione che si esercitano sulla muratura. A tesatura avvenuta, la scanalatura intradossale e i fori nei quali è posto il cavo sono sigillati con colla epossidica.

Il sistema è stato sperimentato con successo per travi lignee nuove. Negli interventi sull'esistente deve essere integrato con provvedimenti a compressione, cautelativi o necessari.

Il sistema non consente successive regolazioni, se non esterne; pertanto, l'impiego di acciaio ad alto limite elastico è opportuno ancorché non risolutivo.

2. Nella seconda soluzione (fig. 1-b), di applicazione rara, il cavo d'acciaio, pur avendo una disposizione analoga a quella della prima soluzione, è inserito solo alle estremità nell'elemento ligneo, nella parte centrale della trave; esso è mantenuto esterno e distanziato dall'intradosso mediante spessori. L'ancoraggio e la post-tesatura avvengono con le stesse procedure del sistema illustrato in precedenza. Elevate e indesiderate pressioni sono esercitate sui tessuti legnosi in corrispondenza degli angoli del cavo (fig. 2, fig. 3).

3. Nella terza soluzione (fig. 1-c), l'armatura è costituita da un ferro piatto a contatto o incassato nell'intradosso della trave; il ferro piatto è vincolato ad una serie di bulloni di acciaio inseriti in fori orientati a 45°, preventivamente praticati nel legno. Il ferro è dimensionato per assorbire gli sforzi di trazione normali, mentre ai bulloni è affidato lo sforzo di taglio. Al fine di garantire la distribuzione degli sforzi nella zona di contatto tra bulloni e trave lignea, si possono disporre delle rondelle, tali da impedire l'induzione di fenomeni di schiacciamento localizzati che vanificherebbero l'operazione di consolidamento.

La configurazione della trave armata che in tal modo si realizza è analoga a quella adottata in alcuni casi (*béton plaqué*) per il consolidamento delle travi di calcestruzzo armato. Prove sperimentali (Laner, 1988) hanno però dimostrato non solo le difficoltà esecutive di questo sistema ma la sua discutibile efficacia o addirittura la pericolosità per le tensioni indotte nella membratura. Il ferro piatto intradossale è inaccettabile per molte ragioni tra le quali la formazione di condense, la grossolana alterazione visiva ecc.

4. C'è anche un sistema che prevede l'integrazione della post-tensione con rinforzi localizzati all'estradosso dell'elemento, che permettono di migliorare le prestazioni dell'elemento nei confronti degli sforzi di compressione. È prevista la realizzazione di un'armatura a traliccio interna alla trave lignea. Il traliccio è costituito da barre in vetroresina che hanno avuto larga applicazione per la loro caratteristica di avere un coefficiente di dilatazione termica molto prossimo a quello del legno, disposte in fori preventivamente praticati nel legno e fissate per mezzo di resine epossidiche caratterizzate da elevata fluidità che consente alle resine di giungere nelle cavità interne. L'armatura è costituita da una serie di barre inclinate a 45° e da barre con andamento parallelo all'asse longitudinale della trave localizzate



in prossimità di estradosso e intradosso. La configurazione delle barre localizzate sia all'intradosso sia all'estradosso consente non solo di assorbire gli sforzi di trazione ma anche di fornire un contributo per quanto riguarda l'assorbimento degli sforzi di compressione. Talvolta alle barre in vetroresina è possibile sostituire funi di acciaio per la parte di armatura che sopporta gli sforzi di trazione.

### *Tiranti esterni*

Gli elementi che compongono la tirantatura possono essere semplici, contenuti nel piano longitudinale della membratura; ma ciò è attuabile solo se la membratura gode di buona simmetria per regolarità di fibratura, accuratezza di lavorazione, buon disegno dei collegamenti, uniforme comportamento reologico in opera, disposizione regolare delle azioni ecc.; altrimenti si deve ricorrere a disposizioni doppie, che consistono in tiranti apposti alle due facce. In taluni casi si deve addirittura ricorrere a collegamenti o centinature trasversali.

I tiranti sono preferibilmente di acciaio inossidabile, rivestiti, ad alto limite elastico, dotati di buona elongabilità se esterni, specialmente se si prevedono elevate deformazioni delle strutture. Gli acciai inossidabili, e tra questi quelli austenitici che presentano elevata resistenza al calore oltre che meccanica e alla corrosione, sono molto indicati. Essi sono applicati alla membratura direttamente mediante l'infissione delle estremità nel legno, oppure l'apposizione di cerchiature dotate, a loro volta – per evitare scorrimenti che vanificherebbero l'efficacia del dispositivo – di organi di ancoraggio come gattelli, perni, occhielli ecc.

per il fissaggio dei tiranti o, in alternativa, l'infissione di spinotti, chiodi ecc.

Non è opportuno servirsi di organi già esistenti, destinati ad altra funzione; approfittare di incassi o di sporgenze esistenti può essere aleatorio. I tiranti sono sempre dotati di organi di regolazione.

L'ancoraggio delle barre in molte proposte e in alcune applicazioni è reso possibile applicando delle testate metalliche alle quali i tiranti sono fissati con dispositivo a vite e dado di regolazione. Il raggiungimento delle testate delle travi è spesso, però, impossibile e sempre difficoltoso. Comunque l'operazione comporta la rimozione a strappo della muratura, che però fa parte anch'essa della sostanza antica e deve ugualmente essere rispettata, a meno che le testate stesse non siano accessibili dall'esterno della muratura; in altri casi l'operazione stessa richiede la manomissione delle connessioni con altre membrature (fig. 4, fig. 5).

Peraltro, le testate di travi inserite nelle murature spesso sono affette da attacchi biotici, da parte di insetti o più spesso di funghi, quindi inaffidabili per la resistenza e la durata dell'applicazione. Per la durata, è ovvio che le sezioni interne alla muratura siano le meno sicure anche per attacchi futuri. Inoltre si deve garantire l'accessibilità e l'ispezione di tutte le parti degli organi aggiunti, al fine di verificarne efficienza, integrità meccanica e chimica, che sono le caratteristiche che ogni efficace consolidamento deve possedere; proprio queste fondamentali peculiarità sono impossibili da assicurare se si nascondono gli organi di ancoraggio all'interno della muratura.

Le cerchiature esterne devono essere poste, salvo necessità particolari, alle estremità della trave, perché il dispositivo eserciti la propria azione nel modo più completo e senza effetti secondari indesiderati.

Le cerchiature intermedie, dotate oppure no di alidada di prolungamento, possono essere messe a un quarto della trave circa, se doppie, a metà se uniche. In taluni casi, per travi affette da rotture, può essere conveniente disporre, dopo le necessarie riparazioni, le cerchiature intermedie proprio in corrispondenza della sezione danneggiata, aumentando congruamente la superficie d'appoggio.

Le cerchiature di ancoraggio devono avere minimo ingombro per non nascondere il legno all'ispezione diretta e per non arrecare disturbo di tipo percettivo nei confronti del complesso ligneo, e inoltre per ridurre l'entità delle condense che si formano a causa della presenza del metallo. Un ulteriore decisivo miglioramento sotto quest'aspetto può essere apportato tenendo il dispositivo di cerchiatura distaccato dal legno, ossia interponendo opportuni distanziatori discontinui che possono essere di legno o di altro materiale con caratteristiche simili (v. CSD38 - Consolidamento di membrature mediante viti autofilettanti e cerchiature).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

I dispositivi esterni vanno progettati e mantenuti in modo da assicurare lo scorrimento degli elementi aggiunti sulle apposite pulegge o dispositivi simili e il mantenimento dello stato di

tensione. Specialmente se gli organi applicati sono scempi o presentano comunque rischi d'instabilità, se ne deve controllare periodicamente la geometria e l'assetto.

Secondo le tendenze attuali, migliorando il disegno degli organi di ancoraggio, i dispositivi sono progettati per essere reversibili, distanziati dalla membratura, ispezionabili, regolabili e, al tempo stesso, sempre meno invasivi e violenti.

La geometria delle centinature, vale a dire la posizione delle cerchiature esterne e interne, e l'inclinazione dei bracci devono fornire massima collaborazione alla trazione nelle zone tese e non indurre ulteriori compressioni all'estradosso.

## ESPERIENZE

Il rinforzo delle travi principali di un solaio in palazzo Bonaparte a Roma per mezzo di armatura a traliccio interno con barre in vetroresina.

Per quanto concerne le centinature apposte all'esterno, una delle prime esperienze in assoluto (1978) è costituita dal progetto del consolidamento del puntone eccessivamente inflesso di una delle capriate del teatro di Sarteano, con unico braccio esterno di cavo d'acciaio fissato direttamente al legno e distanziato nella parte mediana da braccio a cerniera.

Per necessità operative il progetto fu rielaborato e il dispositivo fu realizzato con barre metalliche piegate e collegate al legno con cerchiature e tra loro con giunto a manicotto, distanziatori in traliccio di barre d'acciaio, morsetti di bloccaggio.

Il consolidamento di alcune travi danneggiate dal fuoco nel castello di Padova, 1996, effettuato con doppio braccio esterno in cavo d'acciaio ancorato alle due estremità della trave con cuffie metalliche e bulloni che permettono anche la regolazione, con unico distanziatore centrale tenuto in sito da cerchiatura, si distingue per semplicità ed eleganza di realizzazione; però le cuffie metalliche alle estremità delle travi generano perplessità.

Esse devono essere evitate sia perché in generale le sedi degli appoggi sono poco accessibili per l'installazione e per la successiva regolazione sia perché, chiuse ed aderenti al legno come sono disegnate, causano condensa con le conseguenze già indicate.

La tirantatura metallica collaborante con travi lamellari per il restauro dell'Arsenale della Fortezza da Basso a Firenze, 1990, è realizzata con braccio centrale unico interrotto da giunto a manicotto e bracci inclinati doppi, anch'essi dotati di giunto a manicotto, per la stabilità trasversale del dispositivo e della membratura. L'ancoraggio alle estremità delle travi è ottenuto con cuffie metalliche a loro volta collegate da staffe annegate in un cordolo di calcestruzzo armato. I distanziatori, due per ogni trave, sono applicati con cerchiature.

Il consolidamento di alcuni colmi e di alcuni arcarecci della copertura ottocentesca del salone delle feste della villa Demidoff, a Firenze, 1998, è stato realizzato con doppi bracci in cavo d'acciaio giuntato a manicotto in mezzeria, ancorati alle estremità delle membrature con cerchiature e distanziati nella parte mediana con doppie cerchiature prolungate da alidade all'intradosso.

Pure il consolidamento di alcuni arcarecci della copertura dell'ostello di Santa Monaca, a Firenze, è stato realizzato, nel 1999, con doppi bracci in cavo d'acciaio giuntato a manicotto in mezzeria, ancorati alle estremità delle membrature con cerchiature e distanziati nella parte mediana con doppie cerchiature ad alidada.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Cigni G. 1978; Del Bufalo A. 1992; Laner F., Ortolani V. 1992; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996. (GOF)

Duomo di Monreale:

Cottone A., Bertorotta S., Clauss C., *Il recupero delle strutture lignee del portico principale del duomo di Monreale*, in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp 175-184.

Barbò S., Chesi C., Jurina L., *Una possibile modalità di consolidamento per travi in legno* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 709-718.

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in Fiorani D. (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", 134, 2004, pp. 44-51.

Mariani M., *Opere provvisoriale di rinforzo sulle travi e sulle capriate con nastri e funi di acciaio* in Tampone G. (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 43-50.

ex chiesa della Trasfigurazione a Cantù (CO)

Dezzi Bardeschi M., Guarisco G., Becattini G., Zaccheo F., *L'intervento di conservazione e consolidamento dei solai lignei dell'ex chiesa della Trasfigurazione a Cantù (CO)* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive", Bressanone, 23-26 giugno 2009, pp. 835-846.

palazzo Besta di Teglio (SO), monastero di San Pietro in Lamosa a Provaglio d'Iseo (BS):

Foppoli D., Paneroni A., Pianazza A., *Esempi di restauro conservativo di strutture lignee in area alpina e prealpina* in Atti del Convegno "Conservare e Restaurare il Legno: conoscenze, esperienze, prospettive" Bressanone 23-26 giugno 2009, pp 877-886

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

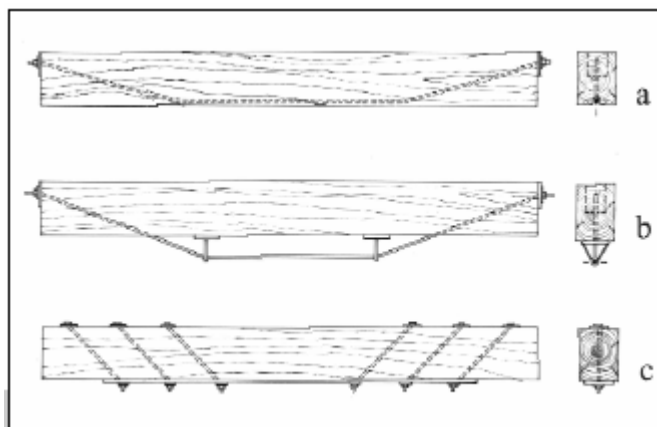


Figura 1 • In ordine, dall'alto, sono riportate le più note configurazioni proposte da alcuni autori, alcune delle quali solo a livello teorico e di problematica attuazione pratica. a) Dispositivo per la post-tensione di una trave lignea che prevede l'inserimento di un cavo d'acciaio all'interno di un foro passante, fissato alle estremità mediante bulloni, e piastra per la distribuzione degli sforzi; b) trave armata con puntoni. Lo schema statico di partenza (trave semplicemente appoggiata) è modificato in quello di una trave continua su due appoggi intermedi; c) dispositivo per la post-tensione di una trave lignea che prevede l'inserimento di un ferro piatto a contatto con l'elemento e di una serie di bulloni inclinati di  $45^\circ$ . (CAF)

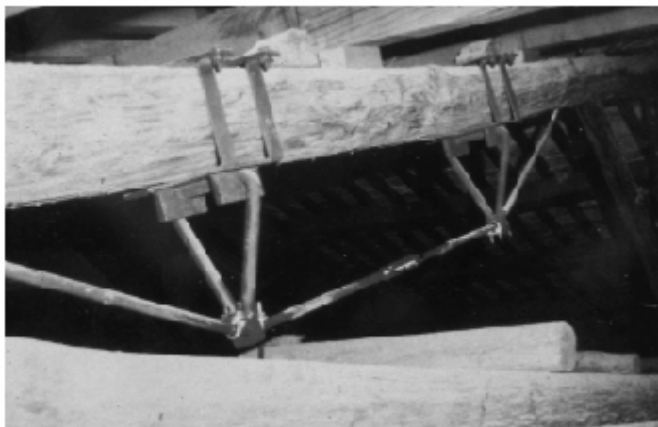


Figura 2 • Trave armata con puntoni (fig.1, schema b). (TAM)

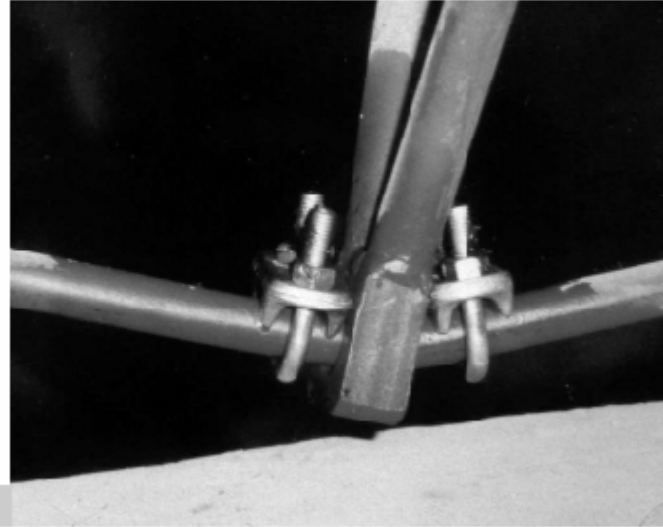


Figura 3 • Dettaglio della fotografia precedente. Punto di unione tra il cavo d'acciaio e i distanziatori. (TAM)



Figura 4 • La soluzione illustrata nella fig. 1, schema b), è applicata ai puntoni di una capriata. In questo caso è presente una coppia di cavi d'acciaio affiancati alla trave e completamente esterni. (TAM)

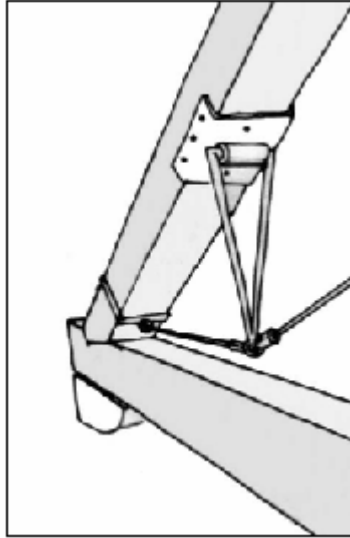


Figura 5 • Schema di dettaglio del consolidamento dei puntoni di una capriata. (TAM)

**CSD 54****TRALICCIO INTERNO REALIZZATO CON  
INSERIMENTO DI BARRE DI VETRORESINA****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'inserimento di un traliccio, costituito da corte barre di vetroresina all'interno del legno, consente di realizzare un'armatura in grado di integrarne le caratteristiche meccaniche, introducendovi una sorta di struttura reticolare resistente alle sollecitazioni di trazione e taglio, e che migliora le prestazioni statiche delle travi degradate. Il principio di funzionamento è di trasferire le sollecitazioni che normalmente interessano le fibre del legno in gran parte, anche non totalmente, alla nuova armatura. Si realizza, in tal modo, una collaborazione tra i due materiali, all'interno di un sistema strutturale composito.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è applicabile al consolidamento di travi lignee fortemente fessurate, indebolite dall'attacco di xilofagi o esposte a una diminuzione della loro capacità di resistenza agli sforzi di trazione, compressione, taglio e flessione. Si adotta per rinforzare travi di solai e capriate che possono svolgere ancora una funzione strutturale, ma non completa ed efficace.

Condizione necessaria è che le membrature da consolidare abbiano una sezione sufficiente per tollerare le forature e l'inserimento delle aste di vetroresina, oltre alle tensioni locali indotte dalla nuova armatura.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'armatura è introdotta nell'elemento ligneo, senza la necessità di smontare le membrature, ed è costituita da tondini in vetroresina epossidica con elevata capacità di resistenza meccanica.

L'inclinazione di questi elementi è circa pari a 45°, e sono introdotti in fori preventivamente praticati nel legno, agendo sulle quattro facce.

Dopo aver eliminato i sovraccarichi accidentali e avere puntellato la struttura, in modo che si possa istituire una pretensione al momento del disarmo, si comincia con una completa pulitura dalle polveri, dall'eventuale guano e da altri depositi, impiegando pennelli o spazzole, ed evitando di usare acqua. Quindi, si esegue un'estesa ed accurata disinfestazione della membratura, per liberarla dall'eventuale presenza di parassiti ancora attivi, e provvedendo anche a eliminare altre cause di possibile degrado (umidità e altri agenti aggressivi).

Dopo aver praticato i fori con trapani a punta lunga, si procede alla stuccatura esterna delle fessure, degli alveoli, dei buchi dei tarli e delle zone che presentano un'interruzione della continuità del tessuto ligneo (v. INT12 - Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta); ciò al fine di evitare la fuoriuscita della resina consolidante che sarà iniettata.

I fori vanno poi saturati mediante iniezioni di formulato epossidico di elevata fluidità, che permette al prodotto iniettato di giungere in tutte le cavità interne della membratura, consentendo il ripristino delle parti degradate e l'adesione tra barre e legno. Si introducono, infine, le barre di vetroresina, di diametro e lunghezza leggermente inferiori a quelli dei fori, dopo averle spalmate di resina epossidica. Per migliorare l'adesione, è bene che le barre siano rese ruvide e infilate con movimenti alternativi di introduzione ed estrazione, in maniera che la resina contenuta nei fori si distribuisca uniformemente su tutte le superfici.

La doppia armatura così realizzata, nella parte inferiore e superiore dell'elemento, consente non solo di assorbire gli sforzi di trazione, ma anche di fornire un contributo per l'assorbimento delle sollecitazioni di compressione (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Talvolta in luogo delle barre in vetroresina è possibile adoperare nella parte sottoposta a trazione dei cavi d'acciaio.

Secondo quanto riferisce il Cigni (Cigni, 1978), le prove di carico a rottura eseguite su travi armate con questo sistema hanno evidenziato che la collaborazione tra i due materiali, vetroresina e legno, è tale da garantire che non vi sia scorrimento tra barre e legno fino al raggiungimento del carico di rottura.

Questo sistema di consolidamento consente di migliorare il modulo elastico della struttura con il conseguente contenimento delle deformazioni.

### ESPERIENZE

Rinforzo delle travi principali di un solaio in Palazzo Bonaparte a Roma: l'armatura interna è stata realizzata con barre in vetroresina.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Cigni G. 1978; Del Bufalo A. 1992; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996.  
(TAM)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in Fiorani D. (a cura di) *Restauro e tecnologia in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Palazzo Collicola, Spoleto, Chiesa di San Francesco, Trevi (PG):

Borri A., Giacomini G., Giannantoni A., *Sperimentazioni ed applicazioni dei pultrusi per il rinforzo di elementi lignei* in Tampone G. (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 63-69.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

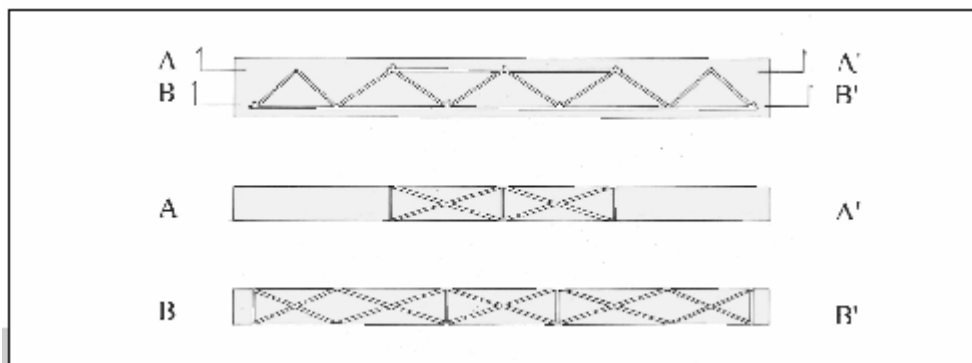


Figura 1 • Schema dell'armatura realizzata con barre di vetroresina all'interno di un elemento ligneo. (CAF)



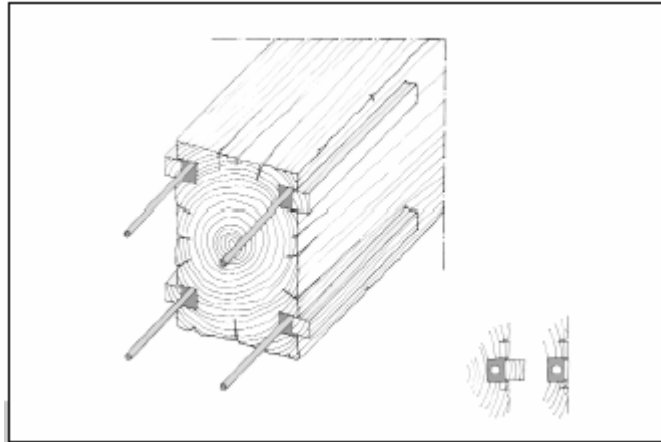


Figura 2 • Alloggiamento di barre in vetroresina dopo aver asportato dalle facce laterali della trave una porzione prismatica quadrata di cm 6 di lato. Inserita la barra, la parte legnosa asportata è riposta nella sua cavità e incollata con collanti poliuretanicici. A indurimento avvenuto si elimina la parte sporgente dei prismi lignei ripristinando il filo dell'elemento strutturale e procedendo eventualmente a carteggiatura. (CAF)

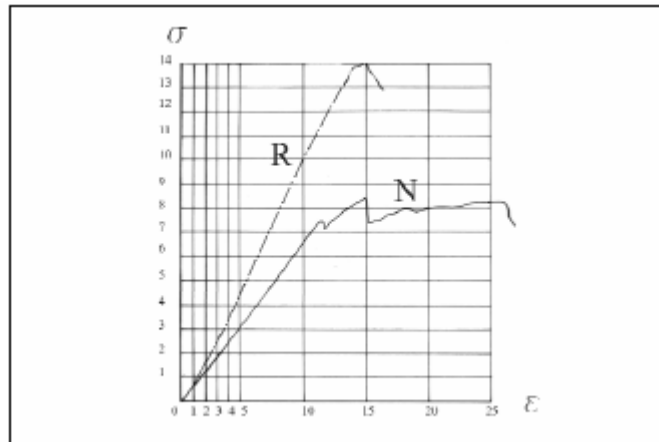


Figura 3 • Confronto fra i diagrammi tensioni/deformazioni di una trave rinforzata con barre di vetroresina e di una non armata. Si noti il sostanziale aumento del modulo elastico e del carico di rottura.

<b>CSD 55</b>	<b>RINFORZO DI STRUTTURE LIGNEE CON NUOVI ELEMENTI RESISTENTI</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

Con l'aggiunta di nuovi elementi autonomamente resistenti, le strutture lignee preesistenti sono coadiuvate nelle loro funzioni portanti. Diverse sono le relazioni che si possono instaurare tra i nuovi elementi e quelli esistenti. Le strutture originarie, infatti, possono essere totalmente o parzialmente liberate dalle funzioni portanti in ragione dello stato di conservazione, dei carichi indotti e, infine, delle norme in materia di sicurezza statica.

Se ai nuovi elementi si vuole demandare il compito di sopportare sia i carichi permanenti sia accidentali o di servizio, le strutture originarie perdono le loro funzioni portanti. In questo modo le componenti lignee non fanno più parte della struttura resistente e diventano elementi portati. Delle strutture preesistenti si mantiene l'apparenza, più o meno alterata dalla presenza dei nuovi elementi che integrano il sistema strutturale, mentre sono perse le capacità statiche.

Se le strutture originarie sono in grado di sopportare il peso proprio, ma non i carichi accidentali o di esercizio, le funzioni strutturali principali, legate a questi carichi, sono affidate ai nuovi elementi, mentre le strutture originarie portano se stesse. In tal modo, le nuove strutture e quelle preesistenti rimangono indipendenti. Anche in questo caso si mantengono l'apparenza delle strutture e, parzialmente, le funzioni statiche.

Infine, se le strutture lignee possono ancora svolgere, almeno parzialmente, le funzioni statiche, collaborando con i nuovi elementi, è possibile mantenerne tanto il ruolo strutturale quanto la configurazione, anche se alterati rispetto alla situazione originaria.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Esistono diverse tecniche che prevedono l'inserimento di nuovi elementi per coadiuvare strutture lignee degradate nelle loro funzioni strutturali e, a questo scopo, possono essere impiegati diversi materiali, come l'acciaio e il legno (fig. 1, fig. 2).

Queste tecniche sono impiegate quando le analisi delle performance strutturali mettono in luce condizioni di servizio degli elementi lignei, tali da richiedere l'ausilio di nuove strutture resistenti. Il campo di applicazione di queste tecniche riguarda principalmente i solai.

Gli interventi sono mirati a recuperare la capacità statica persa a causa di fenomeni di degrado o a migliorare quella esistente per adeguare le strutture a nuovi carichi di esercizio.

Si può fare ricorso a queste tecniche come interventi di consolidamento definitivo, migliorando le condizioni di esercizio di strutture lignee indebolite.

Alcune di queste tecniche possono avere carattere provvisorio. Si può, infatti, fare ricorso all'aggiunta di elementi autonomamente resistenti allo scopo di rimediare a situazioni di pericolo immediato, in attesa di un vero e proprio intervento di consolidamento.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Spesso si fa ricorso all'aggiunta di nuovi elementi strutturali autonomamente resistenti, quali travi d'acciaio, di legno, e più raramente di calcestruzzo armato, disposte in vario modo, cui affidare il compito di sopportare totalmente o parzialmente i carichi, quando le travi lignee preesistenti non sono più in grado di svolgere autonomamente le funzioni strutturali.

Prima di progettare l'intervento, è necessario eseguire una diagnosi preliminare delle performance strutturali dei solai lignei, per valutarne il grado di affidabilità con accuratezza.

Il tipo di relazione strutturale da instaurare tra le strutture preesistenti e quelle aggiunte è funzione del degrado dei singoli elementi e della struttura nel suo complesso, oltre che degli eventuali carichi aggiunti previsti dal progetto di consolidamento.

Un'ispezione preliminare delle strutture è necessaria anche per garantire la sicurezza dell'ambiente di lavoro all'interno del cantiere durante le fasi di studio e di intervento che seguono, anche realizzando le opere provvisorie necessarie. A questo scopo, si può far uso di sistemi di rinforzo, quali puntellazioni, inserimento di travi rompitratta, affiancamento di nuove travi a quelle ammalorate ecc. Quando le condizioni di sicurezza sono soddisfatte, si può procedere con ispezioni più approfondite.

L'analisi preventiva è svolta con ispezione visiva, combinata con monitoraggio non distruttivo.

In alcuni casi è possibile valutare la resistenza residua della trave e il ritorno elastico con prove di carico. In base ai risultati ottenuti è possibile stabilire la tecnica di consolidamento più idonea, valutando se sia possibile attribuire agli elementi lignei una funzione di collaborazione alla resistenza complessiva della struttura, o se invece questi debbano essere esonerati dalle funzioni strutturali. In quest'ultimo caso, gli elementi lignei possono essere appesi alla struttura aggiunta o portare solo se stessi, se offrono la resistenza residua necessaria. Di seguito sono illustrate le disposizioni più ricorrenti, nel caso di adozione di profilati d'acciaio.

*Apposizione di trave intradossale* – L'elemento di rinforzo d'acciaio è posto sotto la trave lignea. Questa soluzione è impiegata quando non esistono problemi d'altezza. Per far esercitare all'elemento aggiunto la sua funzione portante è necessario imprimergli una freccia preventiva, allo scopo di far correre i due elementi in parallelo prima di renderli solidali. La curvatura è generata facendo uso di martinetti posti alle estremità, con la funzione di forzare la trave verso l'alto, e di carichi applicati in posizione simmetrica ed equidistante rispetto alla mezzera della trave. Una volta assicurato il parallelismo degli elementi, garantendo una deformazione analoga, il profilato metallico e la trave originale vanno resi solidali per mezzo di staffe fissate con bullonatura (lato intradosso) e chiodatura (fianchi dell'elemento).

Terminata quest'operazione, è possibile eliminare gradualmente i carichi indotti con i martinetti e rimuovere i pesi applicati nella porzione centrale dell'elemento di acciaio. Al graduale scarico della struttura, corrisponde una graduale riduzione della freccia dell'elemento ligneo che segue gli spostamenti della trave di acciaio, che svolge così azione di contrasto nei confronti della membratura lignea (fig. 3).

*Apposizione di travi sottoascelle* – L'intervento consiste nel porre due elementi a doppia T a fianco dell'elemento ligneo principale, in posizione simmetrica, a contatto diretto con i travetti. Tra le putrelle metalliche – collegate tramite bulloni passanti trasversali – e la trave lignea, si interpongono dei tasselli lignei, come elementi di continuità tra le parti. Nei controsoffitti non rimovibili si interviene, se le condizioni lo consentono, dall'estradosso, ma è necessario procedere preliminarmente all'asportazione di pavimentazione e tavolato che sono rimessi in opera in un secondo tempo. Si rimuove, perciò, lo strato di riempimento sino a mettere a nudo le strutture principali portanti. Per inserire i nuovi elementi è necessario rimuovere i travetti e affiancare i profilati di acciaio alle membrature principali originarie. Tali travi vanno incassate negli alloggiamenti preparati preventivamente nelle murature. Dopo aver fatto aderire i nuovi elementi a quelli della struttura esistente, si realizza il collegamento trasversale con bulloni passanti e si rimettono in opera i travetti, il tavolato, il sottofondo e la pavimentazione. Questa tecnica è talvolta impiegata come intervento provvisorio. In questo caso non è necessario il collegamento con i bulloni; i profilati fungono da dispositivo di sicurezza provvisorio, in attesa di un consolidamento definitivo (fig. 4, fig. 5).

*Apposizione di trave estradosso* – In questa tecnica, il nuovo elemento di acciaio è posto sopra quello ligneo. L'intervento è utilizzato, in particolare, se c'è necessità di mantenere inalterato l'aspetto della struttura, per la presenza di elementi decorati, soffitti a cassettoni ecc. Talvolta è possibile che il profilato d'acciaio occupi lo spazio compreso tra estradosso della trave e tavolato, consentendo di mantenere invariata l'altezza interna dell'ambiente. Poiché lo spazio compreso tra estradosso della trave lignea e tavolato è sempre molto ridotto, s'impiegano profilati HE ad ali larghe. Operando dall'alto, è necessario procedere all'asportazione del pavimento, del tavolato e

dello strato di riempimento, almeno per una striscia corrispondente alle travi lignee. Si procede tagliando i travetti per la breve zona di appoggio sulle travi principali, in modo da creare lo spazio per il profilato.

È necessario poi creare l'alloggiamento per le teste delle membrature d'acciaio all'interno delle murature, preparando una base in calcestruzzo atta a migliorare l'appoggio e la distribuzione del carico. Se la trave lignea è particolarmente inflessa, dopo aver posto in opera la trave metallica, le si fa assumere una freccia calcolata in modo da far correre i due elementi in parallelo. A questo punto, si crea il collegamento tramite l'inserimento di tirafondi, che sono fatti passare nei fori preventivamente praticati nel profilato e ancorati nel legno, in modo da garantire la resistenza necessaria a sopportare la trazione della vite. In alternativa, è possibile eseguire dei fori passanti inserendo dei bulloni al lato opposto, in un alloggiamento realizzato per impedirne la vista. Con questo collegamento, l'elemento ligneo non rimane completamente esonerato dalle funzioni strutturali e può invece contribuire con la sua resistenza residua a quella complessiva del solaio. Alla fine di queste operazioni, è possibile scaricare la trave d'acciaio, che nel riprendere la sua configurazione, si porta dietro la trave lignea riducendone l'inflessione. Il vano creato per l'inserimento del profilato è poi riempito di calcestruzzo e si può rimettere in opera il pavimento rimosso.

Nelle applicazioni recenti di questa tecnica i lavori di consolidamento sono completati da uno strato di calcestruzzo armato con rete elettrosaldata, gettato sopra il tavolato. Si ottiene, così, una soletta armata nervata, collegata alla struttura originaria. In sostanza, la trave risultante è un elemento misto legno-calcestruzzo con sezione teorica a forma di T.

Le ali della T sono rappresentate da un breve tratto della soletta di calcestruzzo, simmetrico rispetto all'asse verticale della trave principale. È possibile inoltre collegare la soletta in calcestruzzo alle pareti di confine mediante un cordolo in cemento armato o, a scelta, con connettori a taglio disposti a coda di rondine (fig. 6).

Oltre che di profilati di acciaio, si può fare uso di controtravi di legno massiccio o lamellare, poste all'intradosso dell'elemento da irrobustire. Così, avendo cura di assicurare la collaborazione tra nuovi elementi e travi esistenti con opportuni sistemi di collegamento, si ottiene il funzionamento degli elementi sovrapposti come trave composta (unione delle due sezioni).

Una tecnica tradizionale per il rinforzo dei solai di legno consiste nell'inserimento di nuove travi lignee parallele a quelle originali, poste nei loro intervalli vuoti. Con questo intervento si può ridurre l'area di influenza dei singoli elementi riducendone i carichi che sono chiamati a sopportare. Si ottiene, in altri termini, una redistribuzione dei carichi tra le nuove e le vecchie strutture in proporzione all'area di influenza di ciascuna.

Infine, una tecnica tradizionale che permette di diminuire le tensioni indotte su una trave inflessa deteriorata, è quella che prevede la riduzione della luce dell'elemento, inserendo al di sotto della membratura originaria una trave cosiddetta "rompitratte". Con questo tipo di intervento si agisce sulla luce delle travi originarie riducendola. Con l'introduzione dei nuovi elementi strutturali si passa dallo schema statico di una trave semplicemente appoggiata a quello di una trave continua su più appoggi. Conseguentemente vengono ridotte le tensioni flessionali interne e le deformazioni dell'elemento originario. Le travi preesistenti diventano in questo modo elementi "secondari", cioè "portati" dalle nuove membrature (elementi principali). È necessario controllare preventivamente che le murature di perimetro siano in grado di resistere ai nuovi carichi concentrati in corrispondenza degli appoggi dei nuovi elementi. Per la realizzazione delle nuove membrature è possibile impiegare, ad esempio, legno massiccio, legno lamellare o profilati di acciaio.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Talvolta la presenza di controsoffitti, stucchi, elementi lignei dipinti, vincoli sull'altezza dei locali, e altro ancora, impedisce la realizzazione di interventi di questo genere. L'inserimento dei nuovi elementi, nel caso di strutture preesistenti visibili all'intradosso, altera la configurazione formale dello spazio architettonico, salvo il caso dell'apposizione di una trave estradossale, ove l'aggiunta resta nascosta nella struttura del solaio.

Una variante all'impiego di travi rompitratte è stata realizzata a palazzo Tron a Venezia per il consolidamento delle travi del solaio del salone centrale. Il progetto di restauro è degli architetti L. Bellemo, F. Semi, mentre il progetto strutturale è degli ingegneri G. F. Geron, W. Gobetto (1974-

79). Le travi rompitratta di acciaio, perpendicolari all'orditura principale del solaio, sono state poste a circa un metro dagli appoggi degli elementi preesistenti. Il sistema di consolidamento è completato da controtravi metalliche (disposte parallelamente alle travi lignee originarie) poste al di sotto delle travi rompitratta, con funzione di sostegno.

È da notare, in particolare, l'interposizione di un martinetto tra le travi rompitratta e gli elementi lignei preesistenti, che permette di regolare l'inflessione delle travi lignee (fig. 7).

## ESPERIENZE

Un consolidamento recente, operato su un solaio a cassettoni con decorazioni in stucco, al secondo piano del castello della Rovere in Vinovo (Torino), ha previsto l'ancoraggio della struttura lignea preesistente degradata, costituita da due travi principali, a una serie di cinque profilati in acciaio posti al di sopra delle travi lignee e orientati perpendicolarmente a esse.

Altro esempio è quello, già citato, di palazzo Tron, a Venezia, per il consolidamento delle travi del solaio del salone centrale.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Barbisan U., Laner F. 1995; Del Bufalo A. 1992; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996.  
(GOF)

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in D. Fiorani (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp 271-280.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in "L'Edilizia", 134, 2004, pp. 44-51.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

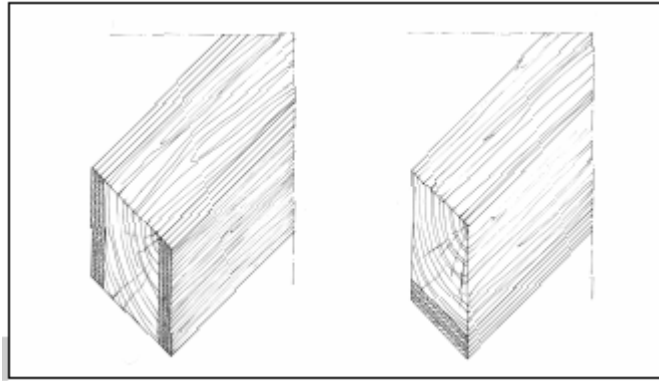


Figura 1 • Travi rinforzate aumentandone la sezione resistente con legno lamellare incollato. (CAF)

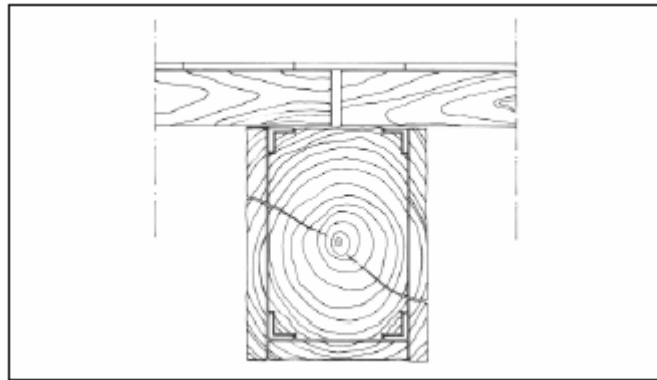


Figura 2 • Trave scomposta, bonificata, rinforzata con profilati metallici e riaggregata. Dalle facce visibili di una trave ammalorata sono ricavate tre tavole; queste serviranno a rivestirla dopo averla rinforzata con quattro profili metallici a L disposti lungo gli spigoli. (CAF)

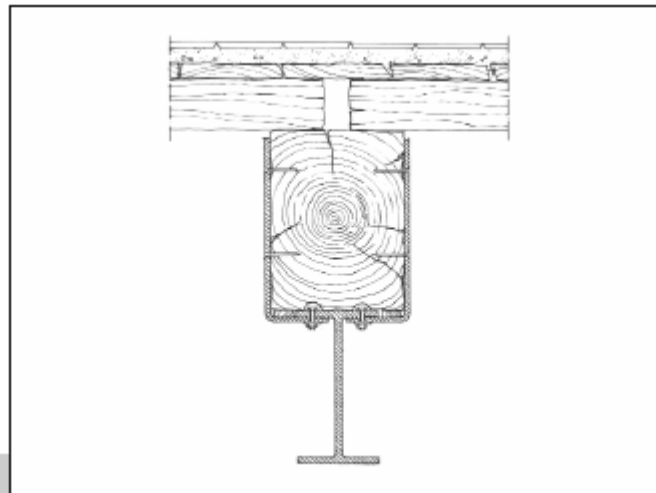


Figura 3 • Consolidamento mediante aggiunta di putrella di acciaio all'intradosso della trave lignea. I due elementi divengono collaboranti. (CAF)

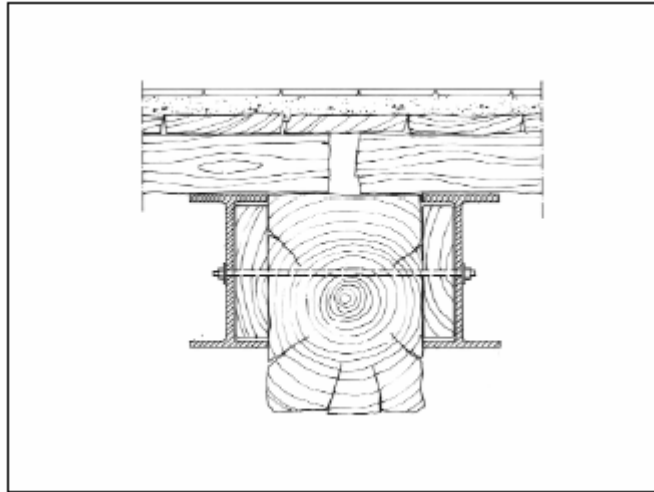


Figura 4 • Aggiunta di travi sottoascella. (CAF)

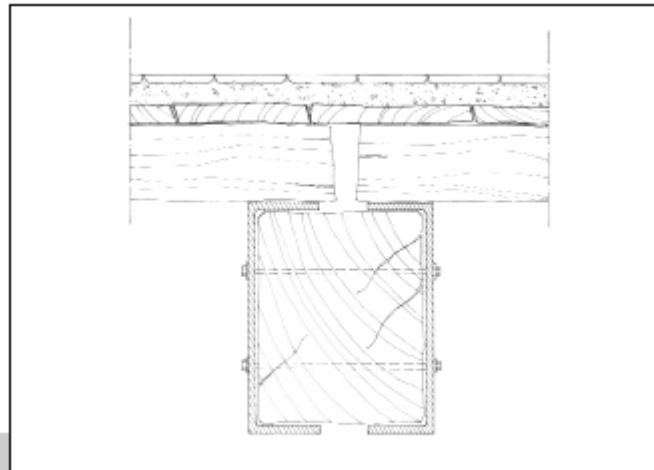


Figura 5 • Apposizione di due profilati metallici lungo i fianchi della trave. Questa soluzione è particolarmente sconsigliata anche per il totale “in scatolamento” della membratura che favorisce lo sviluppo dei fenomeni di degrado biotici. (CAF)

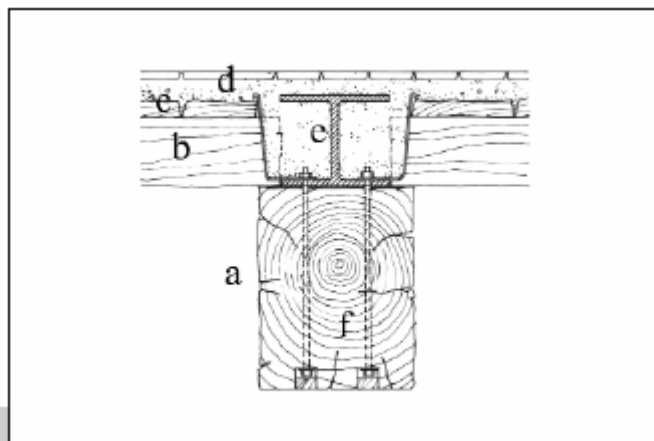


Figura 6 • Apposizione di trave estradossale: a) trave esistente; b) travetti; c) tavolato esistente; d) soletta in calcestruzzo; e) profilato in acciaio; f) tirafondi. (CAF)

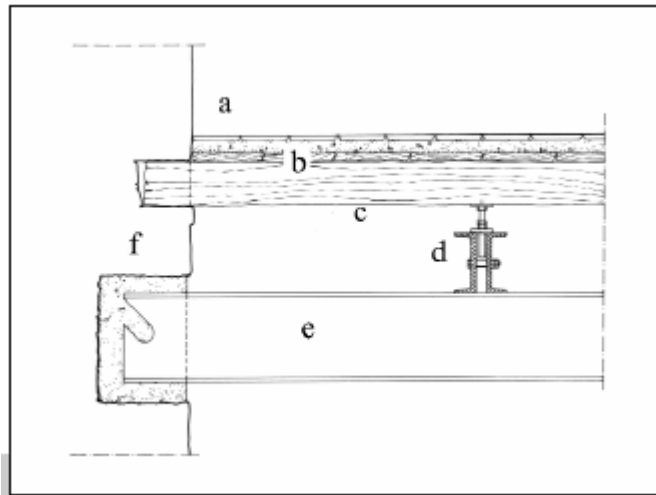


Figura 7 • Soluzione progettata per il rinforzo delle travi del solaio del salone centrale a palazzo Tron a Venezia. Le travi rompitratta sono localizzate a circa un metro dagli appoggi. Le controtravi di acciaio poste a sostegno delle travi rompi tratta sono ordite parallelamente agli elementi preesistenti. a) Pavimento in “terrazza alla veneziana”; b) tavolato in legno; c) trave in legno; d) martinetto; e) trave IPE; f) trave in c.a. incastrata nella muratura portante. (CAF)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il collegamento delle unità strutturali di orizzontamento (solai, incavallature ecc.) alle murature era raccomandato già da Leonardo da Vinci per le costruzioni in pietra o mattoni da realizzarsi in aree colpite da terremoti. Indicazioni in tal senso si trovano anche nella trattatistica rinascimentale e, più tardi, in maniera più specifica, nel trattato di Francesco Milizia.

In tempi recenti, specialmente dopo i terremoti che hanno colpito il Friuli nel 1976, sempre più si ricorre all'espedito di collegare tra loro le pareti di un edificio per produrre nella sua struttura un comportamento globale, a scatola, in cui tutti gli elementi costruttivi collaborano alla generale stabilità.

Nelle costruzioni a schiera, specialmente medioevali, le travi principali erano tessute parallelamente alla facciata, quindi non esercitavano alcun ritegno delle pareti esterne.

Nelle costruzioni singole, in generale, le travi sono invece perpendicolari alla facciata e, secondo il modo di collegamento, esercitano un'azione più o meno efficace di impedimento alla rotazione.

La tecnica, per le costruzioni esistenti, si basa sul collegamento delle membrature principali delle unità strutturali di orizzontamento (travi principali dei solai, catene delle incavallature, puntoni dei tetti a semplice falda ecc.) con le pareti portanti dell'edificio; oppure delle travi secondarie, se queste sono perpendicolari ai muri, dopo averne collegato i vari segmenti. Talvolta è opportuno (per pareti dissestate e zona a elevata sismicità) realizzare con le pareti dei legami di entrambi gli ordini di membrature, ciò che rende il legame operante nelle due direzioni. Anche i dispositivi di consolidamento delle stesse unità come le solette collaboranti, i tavolati aggiuntivi collaboranti, gli impalcati di pannelli in doppio strato distanziati collaboranti ecc. sono stati studiati, a tal fine, per essere collegati (e lo sono, di fatto) con le pareti (si vedano le schede relative ai tipi di intervento indicati).

Le membrature in tal modo sono sottoposte a flessione e a sforzo normale di trazione, ciò che ne modifica il comportamento; viceversa, per migliorarne il comportamento, specialmente nei casi di compressione eccessiva o che si intende comunque tenere entro limiti ristretti, possono essere ancorate alla muratura per essere poste in trazione.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è di impiego universale, costituendo la trascrizione, in termini di riparazione, di regole costruttive.

È di facile e immediato impiego nelle costruzioni rustiche e rurali.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La tecnica si applica a mezzo di elementi di collegamento. Quelli consueti sono bandelloni di metallo (ferri piatti) – oppure, ma più raramente, di legno – chiodati o avvitati alle membrature principali delle unità strutturali di orizzontamento e inseriti nelle pareti alle quali sono fissati per mezzo di bolzoni capochiave o di altri organi similari, come piastre, cunei e simili.

I bandelloni possono essere applicati al bordo inferiore delle travi, ma, più opportunamente, alle facce. Se l'unità strutturale di orizzontamento è oggetto di uno degli interventi *in situ* con dispositivo aggiunto dall'estradosso, è a questo bordo superiore della trave che i bandelloni possono essere collegati.

Ai bandelloni della tradizione costruttiva si tende oggi a sostituire barre metalliche ancorate alla muratura, oppure fibre resistenti (ad es. fibre di carbonio o aramidiche), particolarmente

interessanti perché possono essere “spalmate”, occupando uno spessore insignificante, e fissate per incollaggio e altri dispositivi (fig. 1).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

È sempre necessario dotare di organi di regolazione gli elementi di collegamento; sono state sperimentate anche molle a spirale oppure (palazzo Serristori a Firenze) molle a serie di doppie rondelle concave.

È indispensabile disegnare i collegamenti con la muratura, che sono il vero nodo del problema, in modo che abbiano invasività minima e siano quindi evitati larghi squarci nelle pareti.

#### **ESPERIENZE**

Le applicazioni sono molto diffuse. Si cita, a titolo d'esempio di consolidamento integrato, l'intervento sui solai lignei della sede dell'Ufficio del genio civile di Firenze, 1987, in cui i collegamenti con la muratura furono attuati con barre di metallo inclinate e alternativamente oblique connesse, all'altra estremità, all'armatura della soletta armata collaborante.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Giordano G. 1993; Rocchi P. 1980; Tampone G. 1996; Tampone G. 1999.  
(TAM)

Palazzo Orlandi, Prato:

Bignami S., Boretti F., Caliterna P., *Il restauro della struttura lignea del solaio e del soffitto voltato di Palazzo Orlandi a Prato* in Tampone G. (a cura di), *Conservation of historic wooden structures*, Atti del Convegno “The Conservation of Historic Wooden Structures”, vol. 2, Firenze 22-27 febbraio 2005, pp. 233-236.

Cangi G., *Solai in legno. Tecniche costruttive e criteri di consolidamento*, Roma, Dei, 2005, pp. 161-222.

Cangi G., *Tetti in legno. Costruzione e miglioramento sismico*, Roma, Dei, 2005, pp. 223-269.

Donatelli A., Placidi A., *Il recupero della capacità portante delle strutture lignee* in Fiorani D. (a cura di) *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma, Carocci, 2009, pp. 271-280.

Jurina L., *Consolidamento dei solai: soluzioni miste legno-acciaio* in “L'Edilizia”, 134, 2004, pp. 44-51.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno “The Conservation of Historic Wooden Structures”, vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno “The Conservation of Historic Wooden Structures”, vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

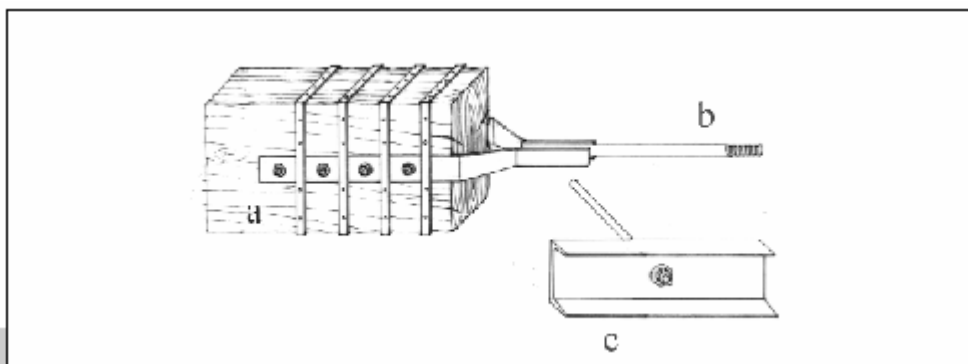


Figura 1 • L'ancoraggio alla muratura della trave è irrobustito e irrigidito con l'applicazione alla sua testata di una staffa metallica (a) cui si connette una breve catena (b), a sua volta ancorata ad un capochiave (c) esterno alla muratura. (CAF)

<b>CSD 57</b>	<b>PRECONSOLIDAMENTO DI TESSUTI MEDIANTE IMBASTITURA</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Si tratta di un'operazione che, tramite una serie di punti ampi e lunghi eseguiti ad ago, permette di fissare temporaneamente parti di un tessuto che si sono staccate e di applicare a esso supporti e fodere soprattutto in fase provvisoria.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Molto spesso, si ricorre all'imbastitura per fissare gli orditi di un tessuto degradato a un supporto, ossia a un altro tessuto applicato sul retro del manufatto per restituirgli solidità, soprattutto nei casi in cui le porzioni interessate da lacerazioni siano piuttosto ampie.

L'imbastitura è utilizzata, inoltre, per rinforzare tessuti leggeri e indeboliti, per fermare fili lacerati e sfilacciature o per fissare guarnizioni e decori parzialmente distaccati, prima di qualunque operazione di pulitura o di semplice manipolazione.

La tecnica dell'imbastitura è impiegata per realizzare cuciture provvisorie durante la fase di montaggio di manufatti tessili su telai, come avviene nel caso delle tappezzerie, costituite da singoli pezzi di tessuto (in genere strisce dalle dimensioni regolari) irrigiditi mediante supporti di stoffa piuttosto pesante, com'è, ad esempio, la tela di canapa, e infine fissati, mediante chiodi a testa larga, a un telaio di legno incassato nel muro. In questi casi, quando lo stato di conservazione del tessuto lo consente, prima di ogni operazione di pulitura e consolidamento, è bene ricorrere allo smontaggio completo del manufatto nelle varie parti che lo compongono, in modo da poter gestire più agevolmente le varie fasi d'intervento e, soprattutto, adottare tecniche idonee alle caratteristiche del filato in oggetto e alle sue forme di degrado.

Durante il successivo rimontaggio delle parti precedentemente divise, è sempre difficile ritrovare nei filati l'originario equilibrio delle tensioni: per questo motivo, si ricorre ad una preliminare imbastitura al fine di modulare gradualmente le tensioni prima di un fissaggio definitivo e, soprattutto, intervenire correggendo tensionamenti originari eccessivi che sono stati causa di degrado.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per realizzare un'imbastitura, si utilizzano punti filza, ottenuti passando l'ago alternativamente sopra e sotto il tessuto da risanare, a intervalli regolari; la lunghezza dei punti varia in relazione alle necessità e alle dimensioni delle parti da fissare; talvolta si può intercalare un punto indietro per rendere più ferma e compatta la cucitura.

L'ago deve essere fatto passare attraverso tutti gli strati del manufatto in posizione assolutamente verticale, così da evitare slittamenti tra i piani dei tessuti.

È spesso eseguita anche l'imbastitura diagonale, che permette di unire due o più strati di tessuto non soltanto lungo una linea ma su una superficie più ampia: questo punto garantisce una migliore aderenza tra gli strati; è utilizzato soprattutto negli interventi sulle tappezzerie, per fissare dei supporti locali, prima del montaggio del manufatto sul telaio. L'ago deve essere fatto passare tra i fili della trama o dell'ordito, prestando attenzione a non trapassarli con conseguente indebolimento dei filati.

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

È sconsigliabile iniziare una cucitura con un nodo, mentre è preferibile partire con un punto indietro: si facilita in questo modo l'operazione finale di rimozione dell'imbastitura e si evita il rischio che il nodo passi attraverso il tessuto, provocando tensioni anomale e lacerazioni dei filati.

Per il posizionamento provvisorio del tessuto da cucire, si ricorre in genere a spilli (pinning) caratterizzati da una testa tonda rivestita di plastica, a volte colorata, per facilitarne manovrabilità e visibilità. Per ridurre il rischio che insorgano tensioni anomale e lacerazioni tra i filati, gli spilli devono essere molto sottili, ma nello stesso tempo robusti, in modo che non si deformino con il calore della mano; è anche opportuno evitare che gli spilli metallici si ossidino, provocando macchie di ruggine sul manufatto. Per tutti questi motivi il materiale più utilizzato è in genere l'acciaio inossidabile. Gli spilli, soprattutto nel restauro di tappezzerie, devono essere collocati lungo le linee dei fili di ordito, usando l'accortezza di non attraversarli, ma di passare tra uno e l'altro. La tecnica del *pinning-out* consiste invece nell'operazione, in genere sconsigliata ma talvolta inevitabile, di spostamento di un tessile in fase di asciugatura dopo il lavaggio, mediante l'uso di spilli, per evitarne la manipolazione diretta.

In generale, è in ogni caso consigliabile utilizzare gli spilli solo nel numero strettamente indispensabile, per evitare di creare buchi non necessari.

Si evita preferibilmente l'impiego di spilli su tessuti come taffetà, velluto o pesante satin, che sono difficili da penetrare con spilli e ago, e tendono a conservare segni e buchi.

Si sconsiglia pure l'impiego di spillature per tessuti archeologici o particolarmente indeboliti e per decorazioni applicate a cucito o dipinte, in quanto potrebbero rompersi o addirittura staccarsi dalla superficie: eccezionalmente sono ammessi spilli da entomologo (particolarmente sottili, come quelli utilizzati dagli studiosi di insetti).

## ESPERIENZE

Siena, parato dell'oratorio di S. Giacomo della Contrada, torre; XVIII secolo, Damasco di seta rosso. 1986. Laboratorio restauro dei tessuti antichi di Siena. Protezione delle parti lacerate con tela di nylon, prima del lavaggio.

Firenze, palazzo Pitti, tappezzeria in raso, Boudoir della Regina, sala Ovale, 1784. Rivestimento di tulle di nylon per permettere la pulitura tramite macro-aspirazione.

Paliotto di Sisto IV Assisi. Applicazione di tulle sulla superficie a punto strega.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. 1991, *Il paliotto...*; Landi S. 1998, p. 48; Westerman Bulgarella M. 1987, pp. 56-61. (BRI)

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. Structural Features and Failures* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 97-113.

Tampone G., *The floor and the ceiling of the sala di Carlo VIII in the Palazzo Medici Riccardi in Florence. The conservation Work of the Structural Unit* in Atti del Convegno "The Conservation of Historic Wooden Structures", vol. 2, Firenze, 22-27 febbraio 2005, pp. 114-126.

<b>CSD 58</b>	<b>RINFORZO DELLE MURATURE CON SISTEMI DI CONFINAMENTO ATTIVO</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Gli apparecchi murari allettati con malte friabili e poco coese o costituiti da un nucleo interno e paramenti mal collegati fra loro si rivelano generalmente deboli, soprattutto sotto l'azione orizzontale generata dai sismi; essi presentano infatti una scarsa resistenza alle azioni di taglio, nel piano delle pareti, e alle sollecitazioni a flessione, ortogonali ai fronti.

Le tecniche di confinamento attivo sono state messe a punto per imprimere ai muri una sollecitazione in grado di aumentare la compattezza muraria e incrementare la resistenza a compressione e a taglio dei setti.

Tale obiettivo può essere perseguito attraverso sistemi diversi, ad esempio con l'impiego di "tirantini antiespulsivi" – costituiti da barre in acciaio zincato, inox oppure in fibra aramidica – passanti nella parete, post-tesi e iniettati con speciali miscele antiritiro; la stesura di un intonaco armato con rete in fibra di vetro o basalto può aiutare a distribuire l'effetto della sollecitazione impressa (fig. 1).

Il sistema CAM (Cuciture Attive per la Muratura o Cerchiaggio Attivo dei Manufatti) è costituito da nastri sottili di acciaio inossidabile pre-tensionati, posti in opera nello spessore, sui paramenti esterni e interni delle pareti in muratura, a formare un reticolo tridimensionale in grado di trasmettere un'azione di confinamento attivo triassiale. L'impiego di fasce metalliche sottili, la larghezza contenuta e gli speciali elementi connettivi (piatti 'imbutiti' e terminali angolari) consentono di avvolgere le murature assecondandone pienamente le irregolarità (fig. 2, fig. 3).

Entrambe le tecniche comportano la rimozione degli intonaci presenti sulle murature storiche o almeno, l'esecuzione di tracce notevoli per consentire l'applicazione delle lastrature del CAM.

La realizzazione di nuovi rivestimenti che coprono i nastri, inoltre, riduce sensibilmente le escursioni termiche del metallo, scongiurando la diminuzione della pretensione iniziale.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il confinamento mediante connessioni passanti post-tese e intonaco strutturale viene applicato sulle murature secondo una disposizione delle barre preferibilmente a quinconce, imprimendo la sollecitazione con una chiave dinamometrica (fig. 4).

Questa tecnica può essere impiegata come cerchiature di pilastri e colonne per aumentarne la resistenza a compressione, disponendo le barre orizzontalmente e in modo da interessare l'intero perimetro dell'elemento; in questo caso non è necessario il rivestimento ad intonaco armato ma, eventualmente, solo la copertura degli ancoraggi delle barre. Un incremento della resistenza a taglio può essere ottenuto utilizzando barre inclinate e diagonali, sempre nello spessore murario.

Il sistema CAM prevede la disposizione di nastri in acciaio inox sulle pareti in maglie quadrate, rettangolari, triangolari e anche irregolari. I nastri possono essere impiegati come cerchiature di elementi strutturali puntuali, quali pilastri e colonne, tramite la sovrapposizione di più elementi metallici giuntati alle terminazioni con fascette di connessione su cui è possibile imprimere, grazie a uno speciale macchinario, una pretensione regolabile.

Applicazioni localizzate con questi nastri sottili sono anche il rinforzo di architravi, piattabande, archi e stipiti di aperture in dissesto o cerchiature di nuovi vani da realizzarsi in breccia.

Infine, il CAM è stato anche utilizzato come opera provvisoria, ad esempio per integrare un sistema di sollevamento della copertura dell'edicola di S. Andrea al Gianicolo in via delle Mura Aurelie a Roma tramite martinetti: in tal modo è stato possibile restaurare elementi in travertino

gravemente fratturati alla base per l'ossidazione di barre metalliche disposte in passato come elementi di connessione (fig. 5, fig. 6, fig. 7).

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

### *Pareti in muratura*

La posa in opera di tirantini antiespulsivi prevede l'esecuzione di perforazioni passanti nello spessore murario, il lavaggio con aria o acqua compressa del foro, l'alloggiamento della barra, la tesatura della stessa e l'iniezione di malte speciali. Possono essere impiegate barre metalliche, in acciaio zincato o inox, dotate di un piatto d'ancoraggio quadrato posizionato su un sottile strato di malta a base di calce idraulica naturale, oppure in fibra aramidica con terminali sfioccati sulla rete dell'intonaco e iniettate con resina epossidica.

L'acciaio inox e la fibra aramidica consentono di realizzare barre con un diametro più piccolo rispetto a quello dell'acciaio zincato.

I nastri del sistema CAM sono normalmente spessi 0.75-0.8 mm e larghi 18-20 mm, sono disposti secondo una griglia di larghezza variabile fra i 100 e i 200 cm. In corrispondenza dei fori (possibilmente a quinconce) in cui si sovrappongono i nastri vengono disposte piastre quadrate (125 mm x 125 mm), sagomate ad imbuto, in grado di distribuire gli sforzi di contatto del metallo. Presso le aperture e i tratti murari terminali sono collocati angolari in acciaio inox così da impedire concentrazioni di forze (fig. 8). Fra piatti imbutiti o angolari e la muratura viene interposto uno strato sottile di malte speciali a base di calce idraulica naturale.

La pretensione, applicata su una singola fascia ad anello, viene impressa e regolata grazie a un macchinario in grado di fornire un diffuso stato di precompressione triassiale.

Inoltre, in presenza di cordoli in c.a. o nelle murature sommitali, il CAM viene opportunamente disposto per garantire il collegamento delle parti rafforzate con il resto delle murature.

### *Cerchiatura di pilastri e colonne (v. CSD07 - Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio)*

La tecnica dei tirantini antiespulsivi può essere utile nella cerchiatura di pilastri e colonne intonacati, in modo da nascondere i piatti d'ancoraggio delle barre metalliche o le estremità sfioccate dei connettori in fibra. In presenza di muratura a vista è preferibile utilizzare barre di piccolo diametro tagliate, dopo la tesatura, in leggero sottosquadro rispetto alla superficie; il foro viene quindi sigillato con malta a base di calce idraulica naturale. Questo rinforzo è più adatto per i pilastri, a sezione quadrata o rettangolare, dove appare opportuno posizionare le barre in piano e parallele a tutte le facce (fig. 9).

Quando il sistema CAM è utilizzato per la cerchiatura di pilastri e colonne in muratura, in luogo di angolari, calastrelli o anelli metallici vengono utilizzati angolari e nastri sovrapposti in acciaio inox con spessore ridotto (4-8 mm). La cerchiatura è resa immediatamente attiva dalla presollecitazione impressa alle nastrature.

L'intervento, anche in questo caso, richiede la rimozione dell'intonaco, quando è presente, e il successivo rifacimento. Nel chiostro di Santa Monica a Cremona, ad esempio, la diffusa cerchiatura delle colonne è stata eseguita con nastri in titanio, materiale caratterizzato da un coefficiente di dilatazione termica inferiore a quello dell'acciaio inox e da una maggiore resistenza agli agenti atmosferici, evitando così il rivestimento ad intonaco (fig. 10).

### *Altre applicazioni del sistema CAM*

#### *- Catene accoppiate (v. CSD10 - Consolidamenti e rinforzi con tiranti, stralli o catene)*

Il contrasto dei meccanismi di ribaltamento nelle pareti generati da azioni orizzontali può essere ottenuto disponendo in corrispondenza delle murature ortogonali nastri di acciaio inox sovrapposti (5-6 elementi spessi circa 5 mm) aventi funzione di catena e serrati tramite capichave con piastre imbutite. La lavorazione prevede l'esecuzione di tracce dell'intonaco eventualmente presente, l'esecuzione di due fori passanti nella muratura su cui vengono giuntate le nastrature, la posa in opera dei piatti imbutiti che convogliano i nastri e la presollecitazione finale del sistema.

Questo intervento presenta il vantaggio di richiedere minimi ingombri per il posizionamento dei tiranti e di assecondare agevolmente le irregolarità geometriche delle pareti lungo cui sono posti in opera i nastri (fig. 11).

- *Rinforzi locali di architravi, piattabande, vani porta o finestra (v. CSD59 - Sistemi di consolidamento di architravi e piattabande)*

L'impiego del sistema CAM può aiutare ad affrontare dissesti localizzati di piattabande e piedritti di sostegno, espressi da lesioni e deformazioni. Tali fenomeni possono essere generati presso architravi, ad esempio a seguito di aperture in breccia nella parete (che determinano all'interno della massa muraria una brusca interruzione della naturale migrazione degli sforzi) o con riduzioni della sezione geometrica negli stipiti o, ancora, quando si verificano concentrazioni di carico al di sopra di porte o finestre.

Il sistema determina l'imbracatura di architravi e piattabande e la cerchiatura di stipiti nelle aperture. Un architrave, ad esempio, può essere rinforzato impiegando angolari metallici rispettivamente disposti lungo i due lati della superficie intradossale, mutuamente collegati da nastri passanti nello spessore del muro e a loro volta ancorati alla porzione di parete immediatamente sopra l'apertura (fig. 12).

La lieve sollecitazione che viene impressa al sistema CAM può, in questo caso, trasmettere un'azione di carico in grado di contrastare l'eventuale deformazione flessionale dell'architrave.

Rispetto al tradizionale intervento di rinforzo, che prevede l'introduzione di due profili metallici nello spessore dell'architrave tramite la preliminare rottura in breccia dell'apparecchio murario, questa tecnica non compromette l'integrità muraria.

### **LIMITI, ACCORGIMENTI E VARIANTI**

La scelta di utilizzare i sistemi di confinamento attivo richiede una preliminare riflessione sull'opportunità di compromettere intonaci e finiture storici. Per tale ragione appaiono meno problematici interventi quali cerchiature di pilastri e colonne con barre di piccolo diametro prive di terminali d'ancoraggio, incatenamenti e rinforzi di aperture eseguite con il sistema CAM. Inoltre, in edifici storici con murature a vista, l'esecuzione del CAM o l'applicazione di tirantini antiespulsivi e dei conseguenti intonaci rovinerebbe il palinsesto murario e modificherebbe sensibilmente l'immagine dei fronti trattati.

Il sistema CAM impiegato nella cerchiatura di pilastri e colonne può risultare appropriato se utilizzato come opera provvisoria o in presenza di finiture prive di valore o, ancora, quando il degrado degli intonaci rende inevitabili rifacimenti significativi.

Particolare attenzione deve essere rivolta alla realizzazione dei fori tramite tecniche non percussive e nel successivo lavaggio dell'apparecchio con acqua o aria a compressione. Nella tecnica del CAM, poi, soprattutto l'allettamento dei piatti imbutiti e angolari deve cercare di evitare la concentrazione di sforzi sulle murature.

Infine, tutti i sistemi di confinamento attivo possono essere abbinati, in presenza di tessiture murarie particolarmente disgregate e indebolite, all'effettuazione di iniezioni con miscele leganti, da eseguirsi in corrispondenza dei fori d'alloggiamento dei tirantini o dei nastri trasversali.

### **ESPERIENZE**

Il progetto di restauro del complesso di Villa Reale a Monza prevede il consolidamento di alcuni maschi murari interni (in mattoni pieni allettati con una malta a base di calce molto disgregata) con la tecnica del confinamento attivo eseguita con barre in acciaio zincato di diametro 16 mm, disposte a quinconce con un interasse variabile fra i 38 e 55 cm e ancorate alla superficie muraria con piatti quadrati di lato 16 cm e spessore 6 mm. Segue la stesura di un intonaco armato con rete in fibra di vetro alcali-resistente predisposta sulle pareti prima dell'esecuzione dei fori e apprettata con una matrice di malta e polvere additivata con lattice. L'intervento comporta la rimozione degli intonaci esistenti e una preparazione accurata della muratura che deve essere lavata con getto di acqua per eliminare polveri ed eventuali detriti (fig. 13, fig. 14).

Il sistema CAM è stato ideato dall'ing. Roberto Marnetto, responsabile del Settore Ricerca e Sviluppo della T.I.S. S.p.A, di Roma, e dal prof. Mauro Dolce, docente di Strutture Antisismiche presso l'Università della Basilicata e ha trovato applicazione nel consolidamento statico e nel miglioramento antisismico di diversi edifici storici, in particolare dopo l'evento sismico che nel 1997 ha colpito l'Umbria e le Marche.

A partire dal 2000 la società EDIL CAM Sistemi s.r.l. ha l'esclusività nell'applicazione del sistema.



Tra le recenti esperienze, di cui è agevole trovare immagini e descrizioni nel sito internet della EDIL CAM, si segnalano:

- il consolidamento e restauro degli archi del chiostro del Convento di S. Agostino a Corleone (Palermo);
- il consolidamento e restauro del campanile della chiesa di S. Maria delle Grazie ad Ururi (Campobasso).

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Dolce M., Marnetto R., Nigro D., Ponzo F.C., *Rafforzamento delle strutture murarie: Il sistema CAM di Cuciture Attive per la Muratura*, Atti del X Congresso Nazionale “L’Ingegneria Sismica in Italia”, Potenza-Matera, 9-13 Settembre 2001.

Mariani M., *Trattato sul consolidamento e restauro degli edifici in muratura*, tomo II, Roma, 2006, pp. 376-378.

Le immagini relative al sistema CAM sono su gentile concessione della EDIL CAM Sistemi s.r.l.

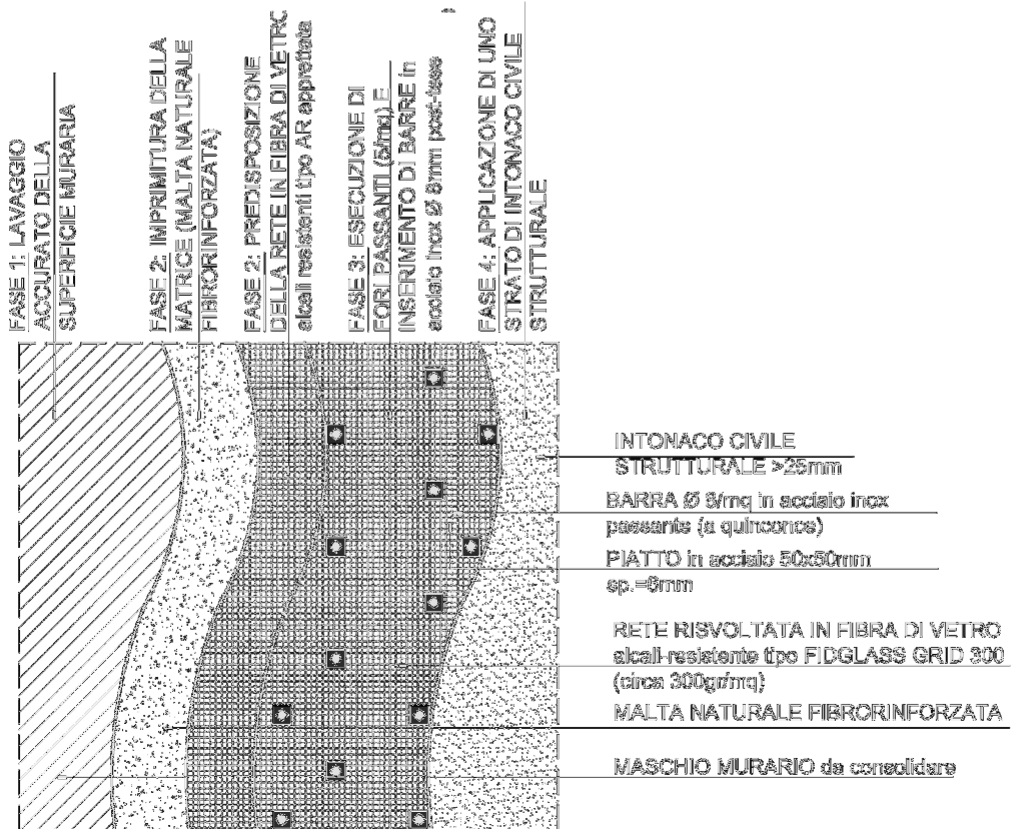
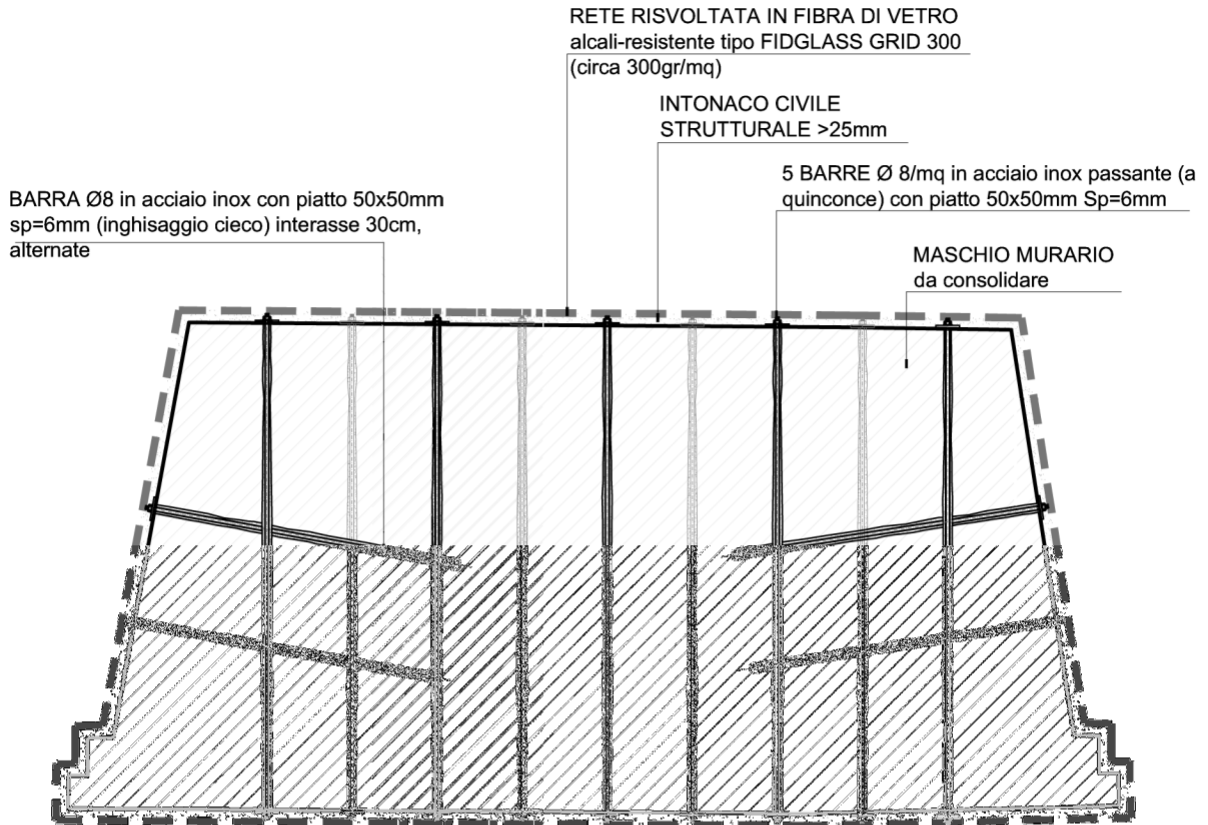


Figura 1 • Esempio di confinamento attivo di una parete con barre in acciaio inox post-tese e intonaco armato con rete in fibra di vetro alcali-resistente; Studio Croci & Associati di Roma, 2012.

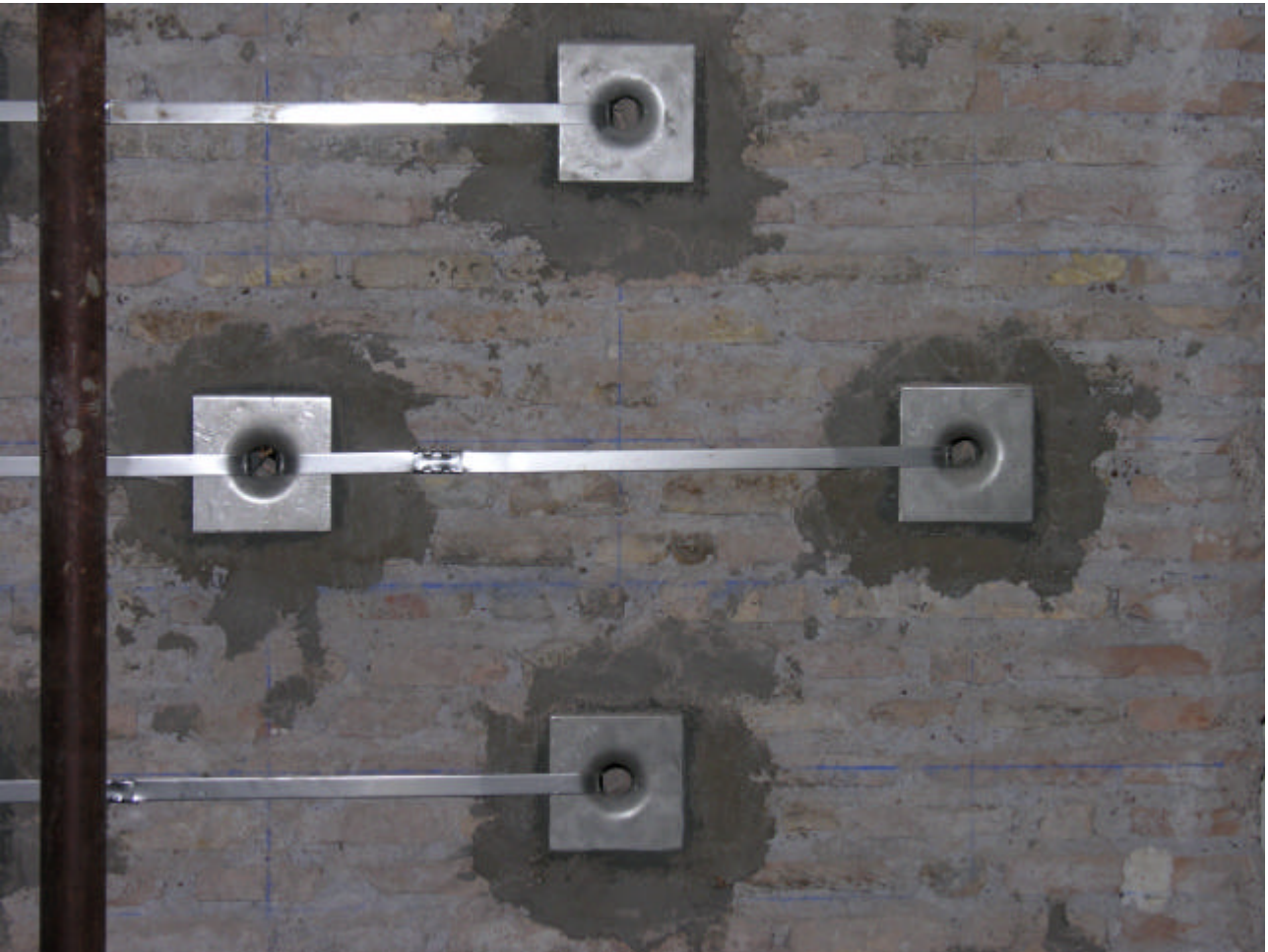


Figura 2 • Roma, palazzetto in via del Corso, dettaglio del rinforzo di un maschio murario con il sistema CAM; Giorgio Monti e Nicola Scirocco, 2005.



Figura 3 • Corleone (Palermo), convento di S. Agostino, esempio di terminale angolare impiegato nel rinforzo di un arco con il sistema CAM; Mauro Cilia, 2007.

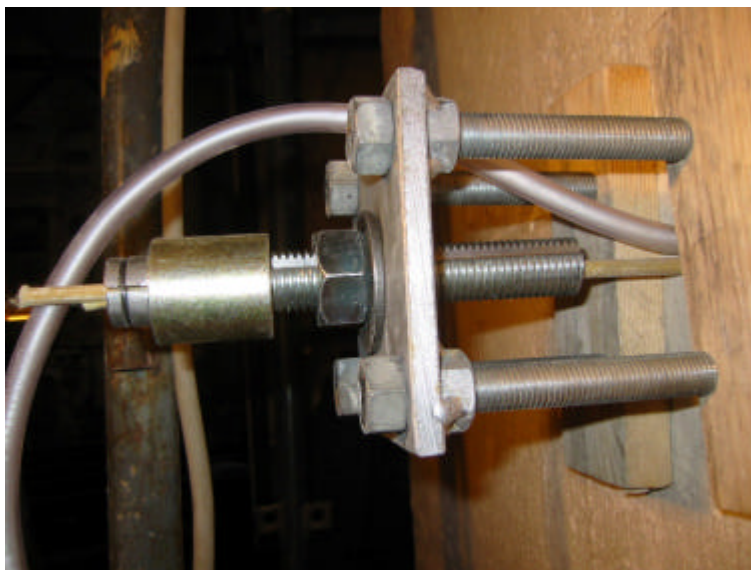


Figura 4 • Dispositivo di tesatura di una barra in fibra aramidica da eseguirsi con chiave dinamometrica; S.P.C. srl di Roma, 2012.



Figura 5 • Roma, edicola di S. Andrea al Gianicolo in via delle Mura Aurelie a Roma, lo stato di ossidazione delle antiche barre in ferro inserite per la connessione di elementi in travertino; Zetema spa, 2003.

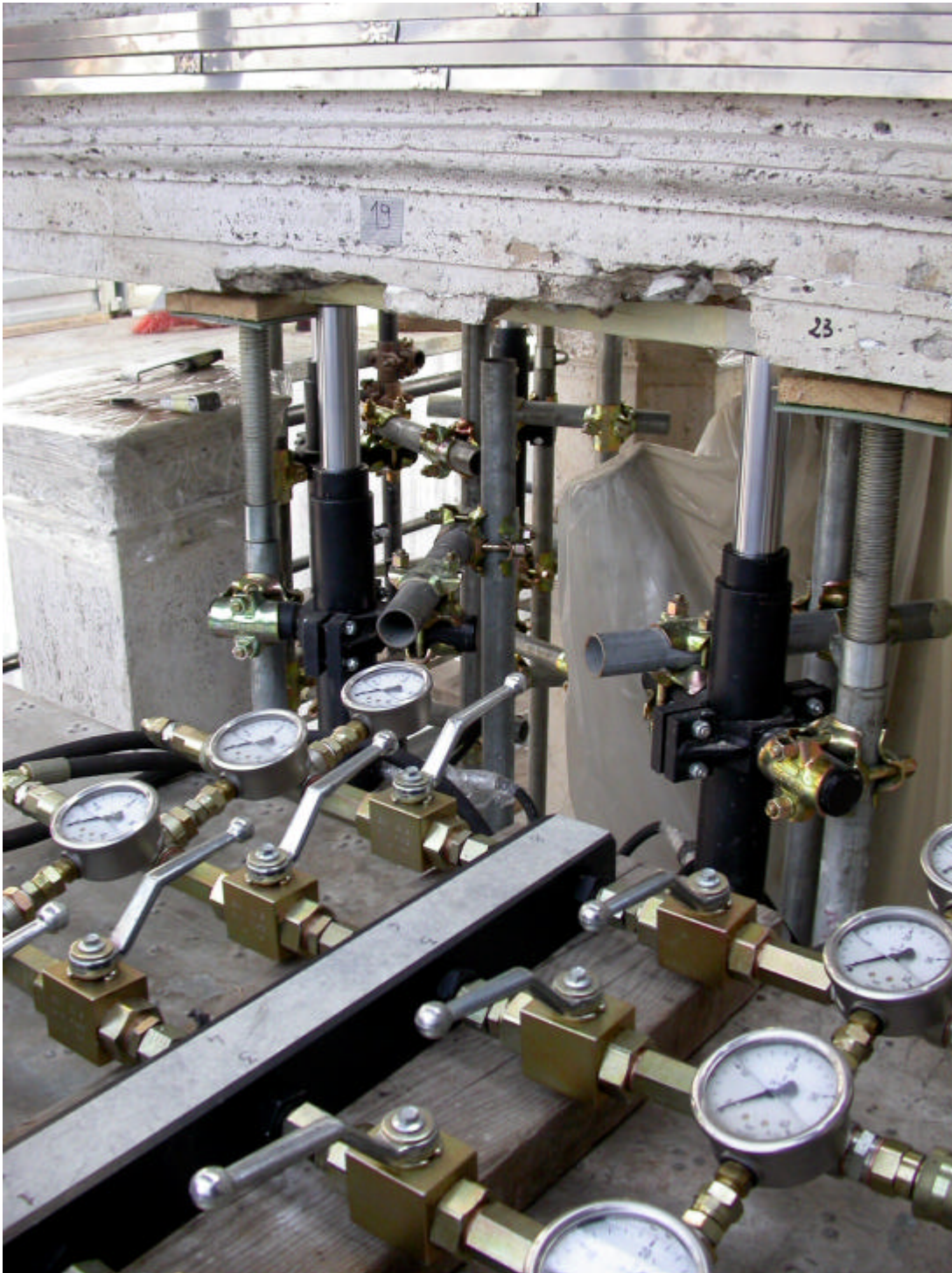


Figura 6 • Roma, edicola di S. Andrea al Gianicolo in via delle Mura Aurelie a Roma, fase di sollevamento della copertura per consentire la sostituzione di antiche barre in ferro poste in opera per collegare gli elementi in travertino; Zetema spa, 2003.



Figura 7 • Roma, edicola di S. Andrea al Gianicolo in via delle Mura Aurelie a Roma, dettaglio della cerchiatura in CAM impiegata per integrare il sollevamento della copertura e la sostituzione delle antiche barre in ferro; Zetema spa, 2003.



Figura 8 • Roma, palazzetto in via del Corso, consolidamento di un maschio murario con il sistema CAM; Giorgio Monti e Nicola Scirocco, 2005.



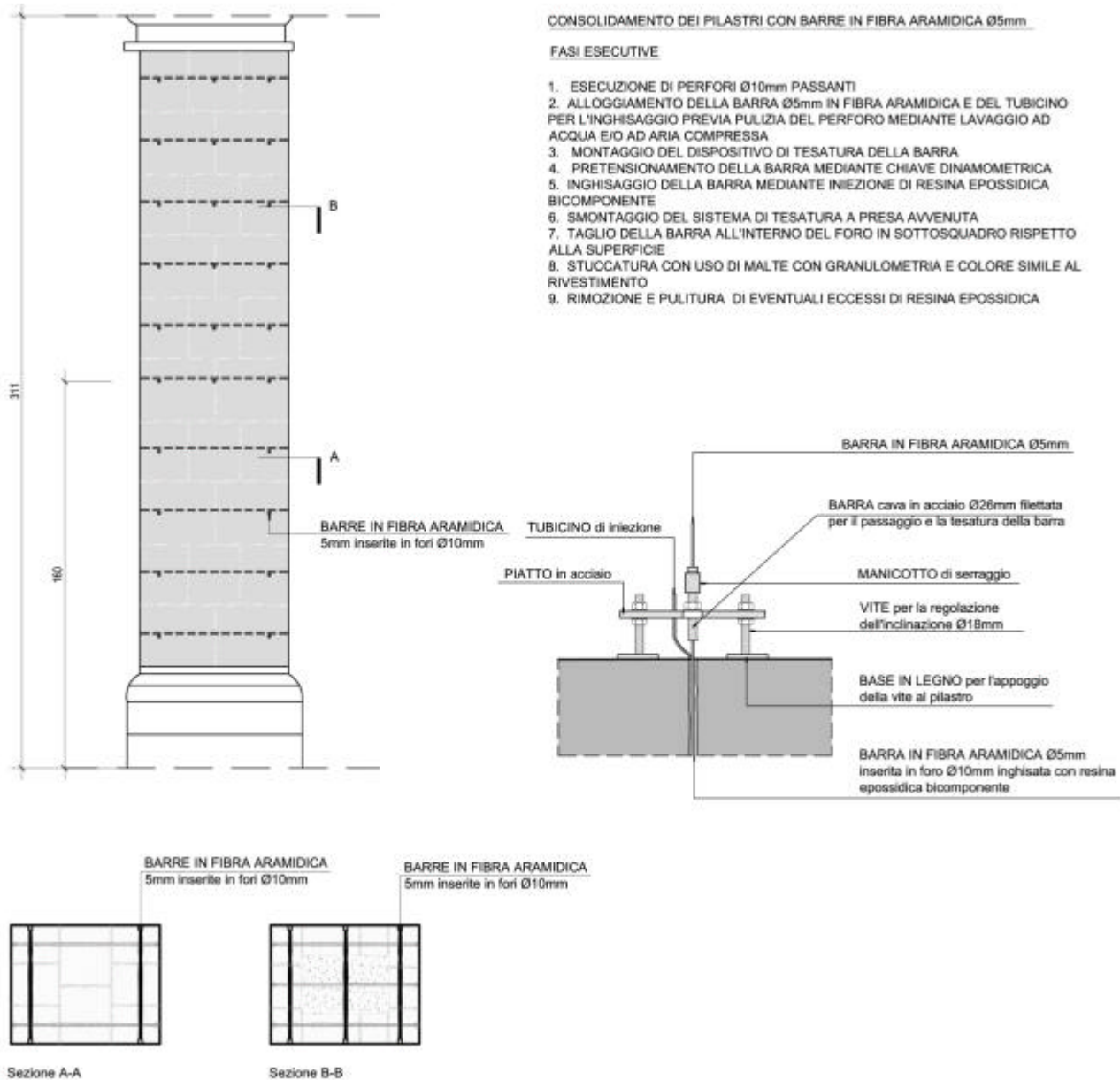


Figura 9 • Esempio di cerchiatura di un pilastro con barre in fibra aramidica (diametro 5,5 mm) post-tese e iniettate con resina epossidica bicomponente; Studio Croci & Associati di Roma, 2012.



Figura 10 • Cremona, chiostro di Santa Monica, cerchiatura di colonne con sistema CAM in titanio. Il restauro prevede il rifacimento completo degli intonaci a copertura dei nastri metallici; Studio Calvi s.r.l., 2008.



Figura 11 • Roma, villino in via Tito Livio, esempio di applicazione del CAM per catene; Roberto Marnetto, 2000.



Figura 12 • Roma, edificio in via dell'Olmata, esempio di consolidamento di un maschio murario con vano di passaggio; 2007.

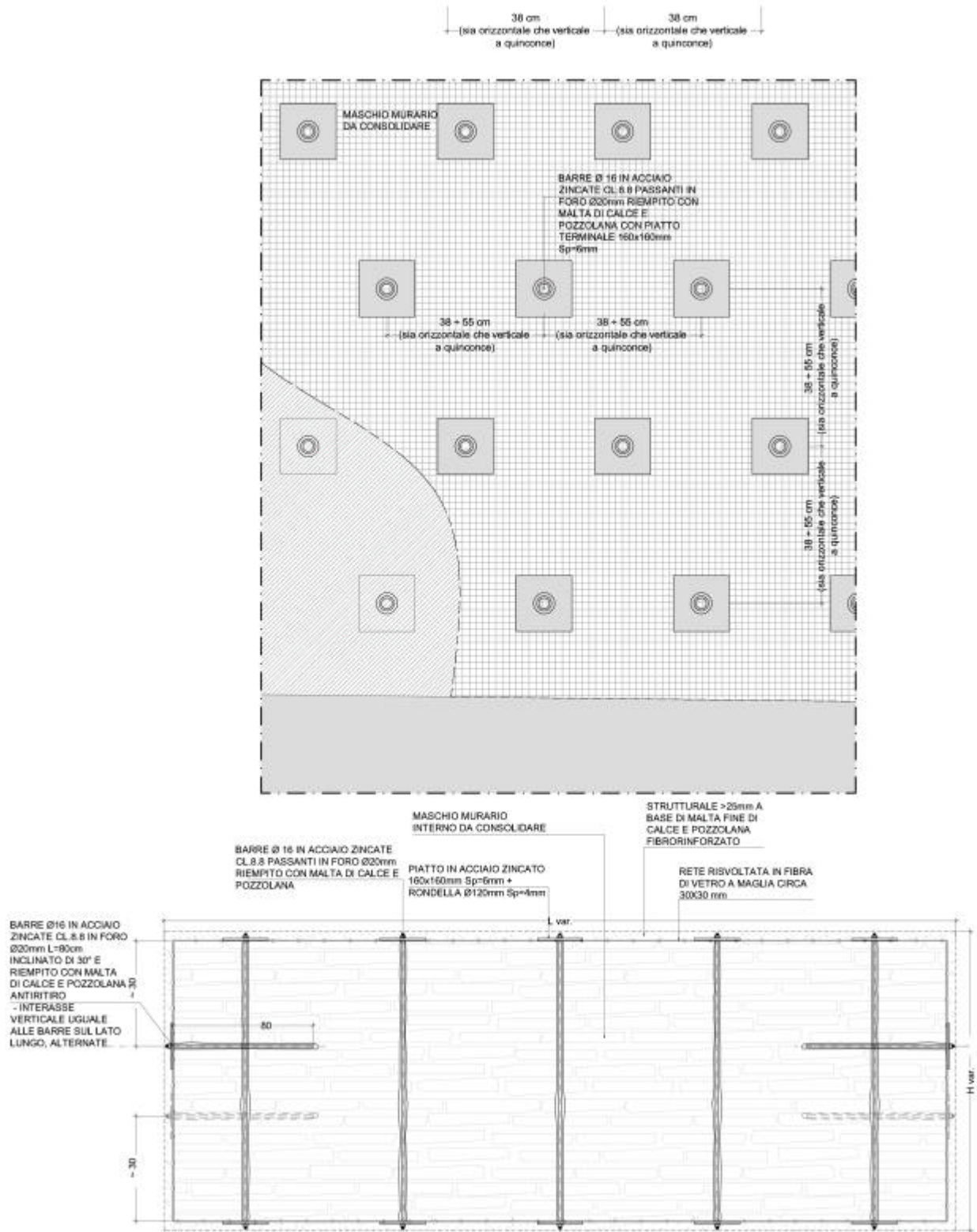


Figura 13 • Monza, Villa Reale, intervento di rinforzo di un maschio murario interno con barre in acciaio zincato post-tese e intonaco armato con rete in fibra di vetro alcali-resistente: prospetto e sezione; Studio Croci & Associati di Roma, 2012.

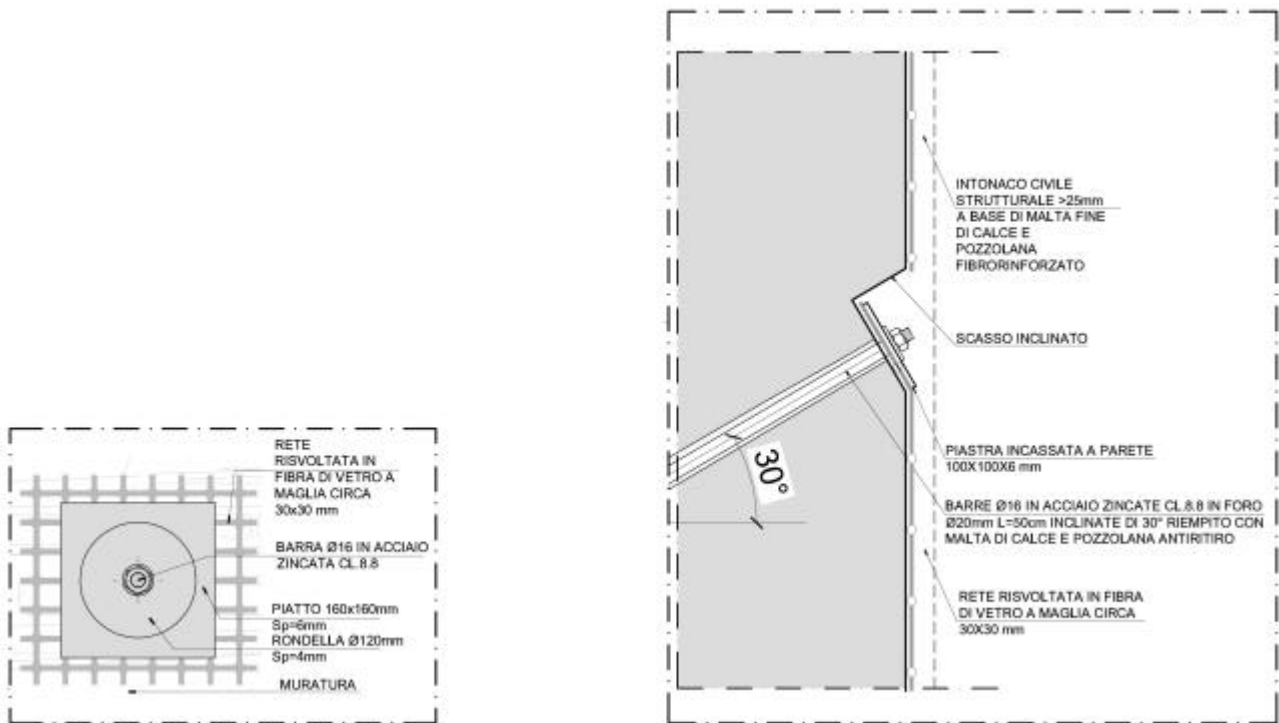


Figura 14 • Monza, Villa Reale, intervento di rinforzo di un maschio murario interno con barre in acciaio zincato post-tese e intonaco armato con rete in fibra di vetro alcali-resistente: dettagli; Studio Croci & Associati di Roma, 2012.

<b>CSD 59</b>	<b>SISTEMI DI CONSOLIDAMENTO DI ARCHITRAVI E PIATTABANDE</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La forma, le dimensioni, la posizione e la distribuzione delle aperture nella parete condizionano fortemente la diffusione e l'entità degli sforzi a compressione cui è sottoposta la muratura. La conformazione degli elementi strutturali che sovrastano le aperture partecipa in modo rilevante alla distribuzione dei flussi tensionali sia in regime statico che in caso di sollecitazione sismica.

Tali elementi strutturali sono normalmente costituiti, oltre che da archi, da architravi e piattabande. Gli architravi, in pietra o in legno massello, sono terminazioni orizzontali non spingenti, appoggiate su due piedritti verticali a cui trasferiscono le sollecitazioni verticali derivanti dalla porzione muraria soprastante; possono, in alcuni casi, essere accompagnati da archi o piattabande di scarico posizionati superiormente, in grado di deviare i carichi direttamente sui piedritti.

Le piattabande si compongono di più conci di pietra o laterizi inclinati verso gli stipiti laterali o con andamento convergente lungo un asse, così da scaricare il peso alle estremità con spinte laterali piuttosto contenute.

I dissesti che possono generarsi presso architravi, piattabande e piedritti di sostegno possono essere causati da incrementi di carico, ad esempio generati dall'apertura di nuovi vani nella parete, dalla riduzione di sezione geometrica degli stipiti o da incrementi di carico immediatamente al di sopra dei vani. Tali fenomeni possono essere affrontati con diversi accorgimenti, opportunamente vagliati a seconda dei casi.

*Architravi*

Una tecnica ricorrente per il consolidamento di architravi lapidei utilizza una coppia di profili in acciaio disposti sulle due estremità dell'intradosso e collegati fra loro da barre filettate passanti e serrate da bulloni. Sezione e dimensione dei profilati di rinforzo dipendono dalle sollecitazioni a flessione e a taglio e dalle deformazioni ottenute nel calcolo considerando uno schema di trave appoggiata alle estremità con un carico convenzionalmente individuato da un triangolo equilatero costruito sull'ampiezza del vano ([fig. 1](#)).

Il sistema CAM (Cuciture Attive per la Muratura o Cerchiaggio Attivo dei Manufatti) può costituire un'alternativa di rafforzamento: lungo ogni lato inferiore dell'architrave viene disposto un angolare metallico a sua volta collegato a quello opposto da nastri in acciaio inox passanti nello spessore del muro (v. [CSD58 - Rinforzo delle murature con sistemi di confinamento attivo](#)).

Quando il vano presenta stipiti e architrave lapidei scolpiti il rinforzo può essere ottenuto con la medesima tecnica, alloggiando la coppia di profili metallici immediatamente al di sopra dell'apertura, in modo da scaricare e, quindi, non intercettare gli elementi di pregio ([fig. 2](#)); in alternativa si possono utilizzare barre filettate in acciaio o in fibra, inseriti nell'intradosso dal basso verso l'alto e iniettando la muratura sovrastante il vano con malta speciale antiritiro ([fig. 3](#)).

L'architrave in legno può essere consolidato attraverso la disposizione intradossale di un piatto metallico o con l'alloggiamento di un profilo 'L' lungo il bordo interno oppure di un trave a 'T' immediatamente al di sopra a formare una sezione mista legno-acciaio più resistente a flessione meno deformabile.

*Piattabande*

Una tipica forma di dissesto che si verifica nelle piattabande è costituita dalla dislocazione di conci o laterizi dalla loro posizione originaria; a seconda dell'entità degli spostamenti si può procedere a bloccare il nuovo assetto acquisito, iniettando nei giunti malte speciali espansive, o ricollocando gli

elementi con malta espansiva dopo aver proceduto all'opportuna puntellatura, allo smontaggio e alla pulitura della parte interessata.

Il quadro fessurativo che può generarsi al di sopra della piattabanda, per un eccesso di carico verticale, per deformazioni o per inadeguata resistenza dei piedritti, può essere risolto risarcendo localmente le lesioni e rinforzando le murature tramite iniezioni di malte a base di calce idraulica naturale; nei casi più gravi si procede ponendo in opera lungo gli stipiti dell'apertura adeguati profili metallici.

Anche le piattabande possono essere rinforzate con l'inserimento di barre filettate in acciaio o in fibra dall'intradosso, iniettate all'interno della muratura sovrastante il vano.

## **CAMPI D'APPLICAZIONE**

Architravi e piattabande, come già detto, necessitano di rinforzo quando in condizioni statiche oppure sotto sisma presentano fratture, deformazioni, dislocazioni di conci o laterizi oppure lesioni che nella porzione muraria al di sopra dell'apertura generalmente tracciano un arco di diametro pressoché pari all'ampiezza del vano. Lungo gli stipiti delle aperture, a causa di architravi o piattabande non sufficientemente rigidi e non in grado di diffondere il flusso delle forze verticali, possono generarsi lesioni a prevalente andamento verticale.

Le travi metalliche utilizzate nel consolidamento di architravi lapidei possono assumere profili a 'L' per ottenere rinforzi modesti o, più spesso, profili a 'C' o a doppio 'T', da inserire tramite tracce nella parete (da effettuarsi, naturalmente, una per volta, per evitare l'eccessiva riduzione di spessore murario) (fig. 4).

Le barre filettate in acciaio inox o in fibra inserite all'interno seguono giaciture inclinate e presentano lunghezze che consentano d'intercettare la porzione muraria che grava sul vano. Le barre metalliche sono ancorate con piatti incassati nello spessore del muro, quelle in fibra sono dotate di terminali sfioccati incollati sulla superficie d'intradosso; entrambi gli ancoraggi vengono generalmente coperti da intonaco.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

### *Rinforzo di un architrave con profili metallici*

Il doppio profilato metallico viene incassato lungo le due facce dell'architrave e collegato trasversalmente con barre ad aderenza migliorata iniettate con malta idraulica espansiva premiscelata e serrate. La lunghezza dei profili deve oltrepassare la larghezza del vano, così da ottenere un appoggio laterale adeguato. Quest'ultimo può essere mediato da uno strato di malta idraulica naturale fibrorinforzata o da un piatto metallico, così da scongiurare possibili concentrazioni di carico. L'operazione si articola in:

- effettuazione del taglio strettamente necessario all'inserimento dei profili metallici sulle due facce dell'architrave utilizzando idonea sega da muratura;
- esecuzione dei fori nell'architrave e successiva foratura dei profilati per l'inserimento delle barre di collegamento;
- collegamento dei due profili metallici con barre;
- iniezione dei fori con malte speciali;
- ancoraggio e serraggio delle terminazioni con piattine metalliche;
- chiusura di tutti i vuoti con malta antiritiro compatibile.

### *Rinforzo di un architrave o di una piattabanda con barre inserite all'intradosso*

L'intervento richiede l'esecuzione di perforazioni con trapani a rotazione e il successivo alloggiamento delle barre metalliche ad aderenza migliorata o in fibra, ad esempio aramidica. Nella fase di foratura è bene che l'architrave o la piattabanda siano presidiate da un'opera provvisoria e che la muratura intorno al vano sia eventualmente consolidata per evitare la fuoriuscita della miscela successivamente iniettata.

Le barre metalliche, in acciaio inox o in ferro zincato, vengono iniettate con miscele speciali compatibili. Le barre in fibra aramidica sono caratterizzate da un modulo elastico inferiore a quello dell'acciaio, più prossimo a quello della muratura; esse comportano inoltre un sistema di ancoraggio meno invasivo rispetto alle piattine metalliche impiegate per ancorare le barre di acciaio.

## LIMITI, ACCORGIMENTI E VARIANTI

Il rinforzo di architravi e piattabande è un intervento locale che comunque necessita di curare la minima realizzazione di tagli e perfori nella muratura. Inoltre, poiché il consolidamento eseguito con profili metallici ha un forte impatto visivo, esso può essere realizzato quando la muratura è rivestita dall'intonaco.

La medesima tecnica viene utilizzata per l'apertura di nuovi vani nelle pareti operazione che, per l'alto impatto distruttivo, non viene presa qui in considerazione se non per ricordare i rischi strutturali connessi, soprattutto se realizzata ai piani bassi dell'edificio, dove i flussi tensionali interrotti dall'apertura e convogliati lungo le murature laterali si concentrano direttamente presso le fondazioni. Tale fenomeno costringe ad interventi di rinforzo locale notevolmente invasivi, che cambiano in profondità il comportamento strutturale della fabbrica.

Gli architravi lapidei che subiscono una dislocazione, ad esempio a causa di uno scuotimento sismico, possono essere eventualmente rinforzati inserendo all'interno dei blocchi lapidei una barra metallica che corre lungo l'architrave, collegando i singoli elementi. Questo intervento comporta lo smontaggio dell'architrave, la perforazione all'interno di ogni concio, l'inserimento della barra e il riposizionamento dei blocchi nella sede iniziale.

## ESPERIENZE

L'intervento di riparazione dei danni causati dal sisma aquilano del 2009 e di miglioramento sismico di palazzo Rosati a Ripa di Fagnano (Fagnano Alto, L'Aquila) ha comportato l'irrigidimento di tutti gli architravi lapidei delle porte interne generalmente lesionati o dislocati rispetto alla posizione iniziale. La lavorazione ha previsto l'alloggiamento di una coppia di profili UPN140 o UPN160 disposti immediatamente al di sopra dell'architrave, per evitarne lo smontaggio e garantirne l'integrità (fig. 5, fig. 6). In alcuni casi è stato necessario anche smontare i blocchi lapidei per disporre un'anima di rinforzo in acciaio, costituita da una barra di diametro 16 mm (fig. 7).

Il recente restauro che ha interessato gli ambienti della Domus Tiberiana a Roma, in particolare l'ampliamento adrianeo lungo la Via Nova, ha contemplato il consolidamento o la ricostruzione di alcune piattabande sovrastate da archi di scarico in laterizio, danneggiate per effetto dell'allontanamento dei muri di sostegno dovuto ad una scossa sismica tangenziale. In particolare, le lesioni generatesi in prossimità dell'arco di scarico e i distacchi lungo alcuni giunti dei laterizi che compongono la piattabanda sono stati rinforzati con iniezioni a pressione di malta idraulica naturale a ritiro compensato (fig. 8, fig. 9). In corrispondenza di un altro vano si è scelto di rimuovere una reintegrazione di restauro in bozze di tufo rivestite in calcestruzzo e di ricostruire una piattabanda con arco di scarico in mattoni di forma rettangolare (29cm x 59cm) alternati con laterizi quadrati (bipedali) (fig. 10, fig. 11, fig. 12).

Si segnala, infine, l'intervento che ha interessato un vano all'interno della Domus Aurea a Roma caratterizzato da una piattabanda e arco di scarico in laterizi molto lesionati (fig. 13). In questo caso, l'esigenza conservativa, contraria allo smontaggio dei laterizi, e la disposizione del varco, addossato da un lato a una parete, hanno suggerito di iniettare tutte le lesioni in prossimità dell'apertura e di rinforzare la piattabanda con una coppia di barre da 16 mm, in acciaio inox, inserite nello spessore per l'intera ampiezza del vano. Tali barre sono state ancorate da un lato sulla parete adiacente, disponendo un'idonea piastra metallica, mentre sono state prolungate all'altra estremità per una lunghezza di ancoraggio cieco pari a circa 150 cm (fig. 14, fig. 15).

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AVALTRONI A., *Il confinamento strutturale di aperture in posizione critica*, in F. Doglioni e P. Mazzotti, *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico*, Ascoli Piceno, 2007, pp. 214-215.

CANGI G., *Manuale del recupero strutturale e antisismico*, Roma, 2005, pp. 93-100;

CIGNI G., *Consolidamento e ristrutturazione dei vecchi edifici*, Roma, 1978, pp. 243-250;

FIORANI D., *Strutture in elevato*, in G. Carbonara, *Atlante del restauro*, tomo I, Torino, 2004, pp. 179-180; 193-194;

MARIANI M., *Trattato sul consolidamento e restauro degli edifici in muratura*, tomo II, Roma, 2006, pp. 351-367;



SALVO S., *Interventi su elementi costruttivi diversi*, in G. Carbonara, *Atlante del restauro*, tomo II, Torino, 2004, pp. 539-549;

Le immagini relative al cantiere di restauro della Domus Tiberiana (Fig. 9 e Fig. 12) sono state gentilmente fornite e rese disponibili dalla dott.ssa Francesca Carboni (archeologa).

I cantieri di restauro della Domus Tiberiana e di Palazzo Rosati a Ripa di Fagnano (Fagnano Alto, L'Aquila) sono stati realizzati dall'impresa Cingoli Nicola & figlio S.r.l.

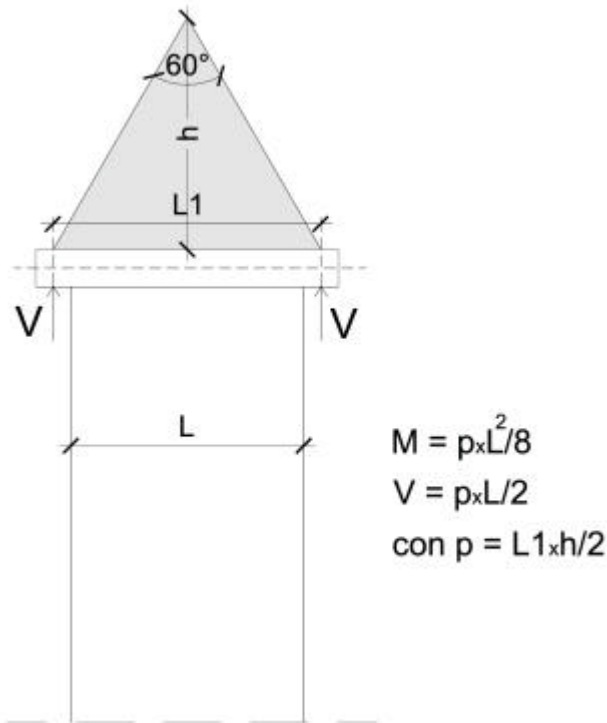


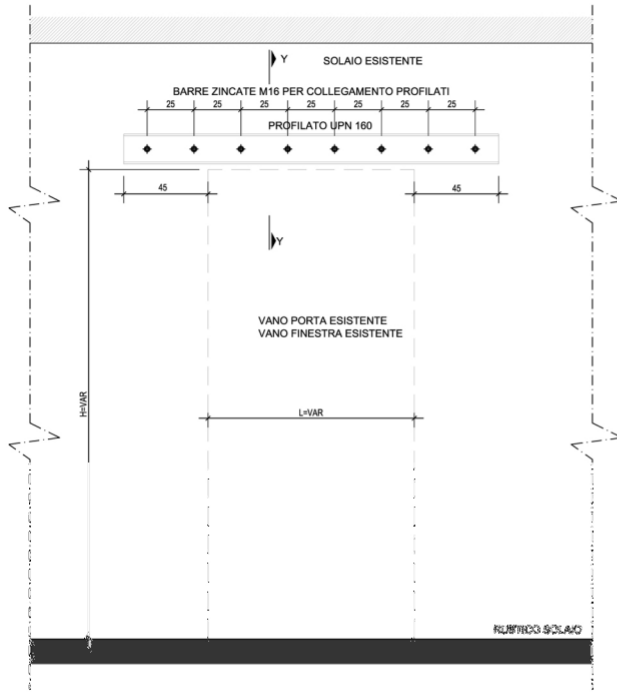
Figura 1 • Schema statico di un architrave con indicate formule semplificate di calcolo per la valutazione del momento flettente (M) e del taglio (V) necessari per il dimensionamento del rinforzo. Con 'p' è indicata la porzione di muratura che effettivamente grava sull'architrave.



Figura 2 • Ripa di Fagnano (Fagnano Alto, L'Aquila), palazzo Rosati, rinforzo di un architrave lapideo, danneggiato dal sisma del 6 aprile 2009, con 2UPN140 posti in opera immediatamente al di sopra del vano; Alberto Viskovic e Pasqualino Carusi, 2011.



ARCHITRAVI - rinforzo/sostituzioni arch. esistenti



- PRESCRIZIONI TECNICHE
1. ASPERSIONE DELL'INTONACO NELLA ZONA DI INTERESSO
  2. FISSAZIONE DI UNA TRACCIA SU UN LATO DELLA MURATURA PER L'INSPERIMENTO DEL PROFILATO
  3. PULIZIA DELLA TRACCIA ASSIEME ALLA STRUTTURALE, ASPERSIONE ALCURATA E GIACIMENTO LANTARIO
  4. OPERA IN OPERA DI BARRE FILETTATE NON IN FONI EPO, PEGALIZZATI SENZA PERCUSSIONE E CONNETTI A PROSSIMITÀ DI 20 CM CON INCASSA VERBA DISASTA DUE E SCARTE VEDO INCASSO RESISTE (QUAD) IN FRANGIONE DI LA RUOMO DE BIACCAL PREVA PULIZIA E L'ASSEGNO DEL FONTO
  5. FORA IN OPERA DELLA TRACCIA SU LATO DI BONTA
  6. SCELTA PER LA TRACCIA CON SVILTA ESPANSIVA
  7. SOSTENERE LE PARI PER L'ALTEVO PROFILATO
  8. SOSTENERE LE PARI

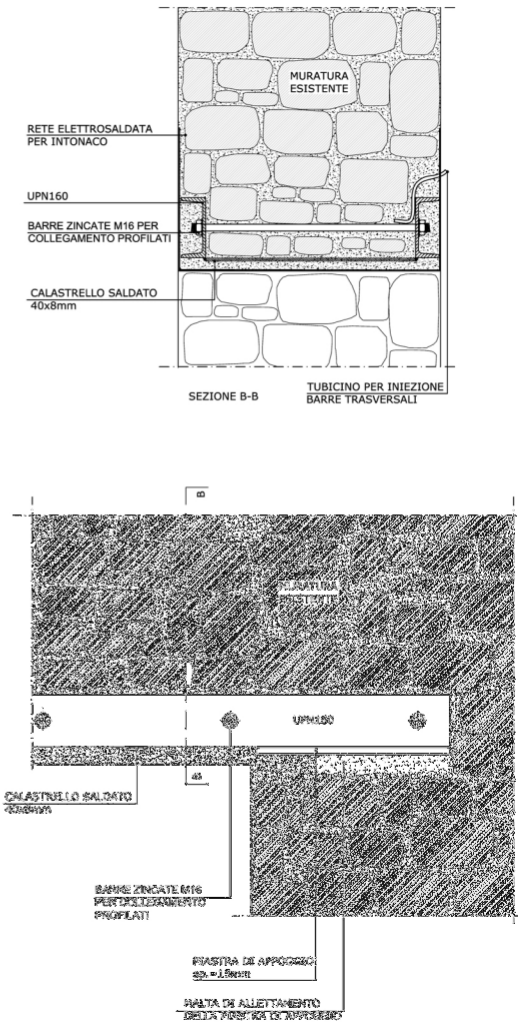


Figura 4 • L'Aquila, Palazzo Mari, sistema di rinforzo di un architrave con 2UPN160; Studio Croci & Associati, 2011;



Figura 5 • Ripa di Fagnano (Fagnano Alto, L'Aquila), palazzo Rosati, dissesto di un architrave danneggiato dal sisma del 6 aprile 2009; Settembre 2011.



Figura 6 • Ripa di Fagnano (Fagnano Alto, L'Aquila), palazzo Rosati, fasi di intervento nel rinforzo di un architrave lapideo con una coppia di profilati metallici: a) alloggiamento di barre di collegamento fra i 2UPN140; b) disposizione del profilato metallico e serraggio delle barre; Ottobre 2011.



Figura 7 • Ripa di Fagnano (Fagnano Alto, L'Aquila), palazzo Rosati, rinforzo di un architrave lapideo con un'anima realizzata con una barra di diametro 16 mm; Ottobre 2011.

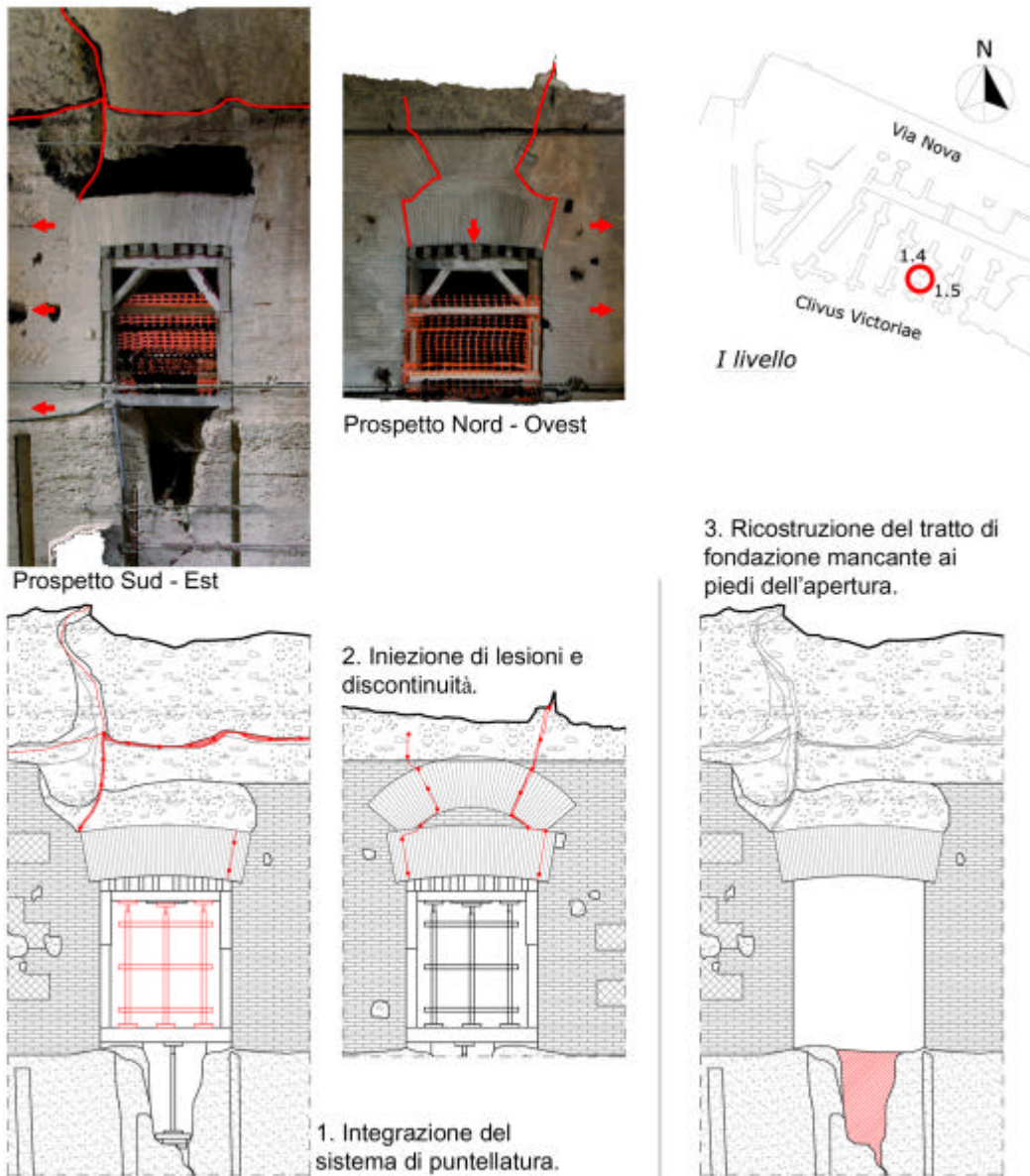


Figura 8 • Roma, Domus Tiberiana, progetto di consolidamento di una piattabanda e arco di scarico in laterizi con iniezioni di malta idraulica naturale a ritiro compensato. È inoltre prevista la ricostruzione del tratto di fondazione mancante ai piedi dell'apertura; Studio Croci & Associati, 2010.





Figura 9 • Roma, Domus Tiberiana, consolidamento di una piattabanda e arco di scarico in laterizi:  
 a) fase preliminare di messa in sicurezza con puntelli metallici; b) inserimento delle cannule per l'esecuzione di iniezioni; c) iniezione; Febbraio - Marzo 2011.



Figura 10 • Roma, Domus Tiberiana, progetto di ricostruzione di una piattabanda e arco di scarico in laterizi; Studio Croci & Associati, 2010.



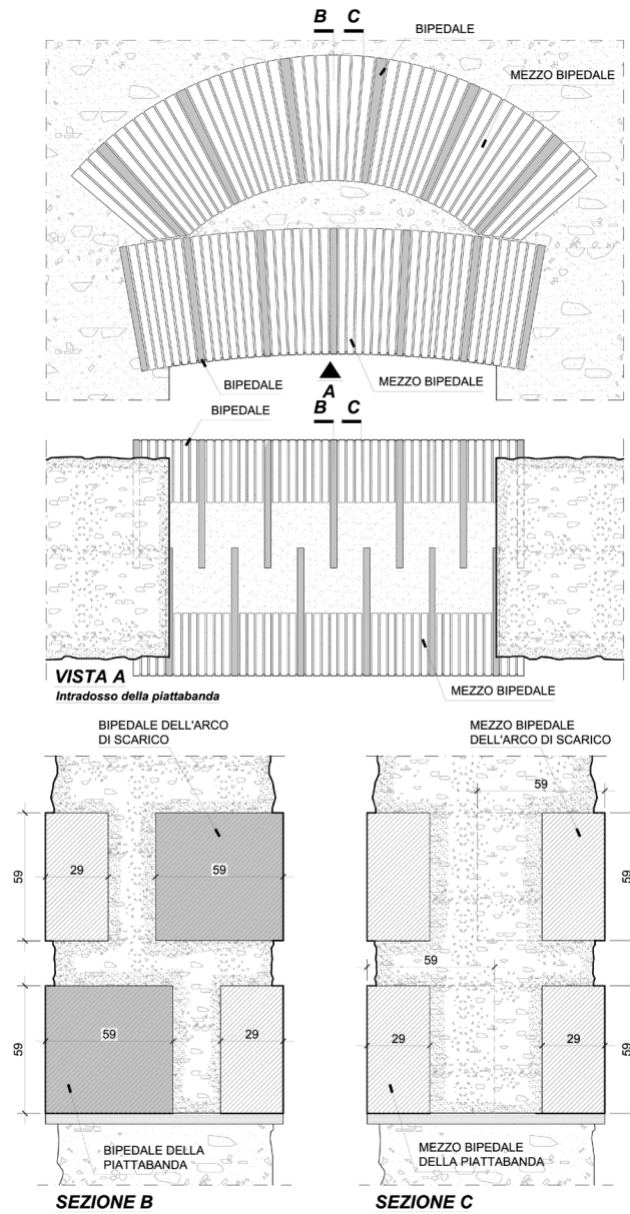


Figura 11 • Roma, Domus Tiberiana, progetto di ricostruzione di una piattabanda e arco di scarico in laterizi: dettaglio tipologico; Studio Croci & Associati, 2010.





Figura 12 • Roma, Domus Tiberiana, consolidamento di piattabande e archi di scarico in laterizi: a) esempio di realizzazione di centinatura; b) ricostruzione di piattabanda con laterizi rettangolari (29x59); c) posa in opera di laterizi quadrati (bipedali); d) fase di completamento della piattabanda; Marzo 2011.



Figura 13 • Roma, Domus Aurea, il dissesto in prossimità di una piattabanda e arco di scarico in laterizi; Studio Croci & Associati, 2011.

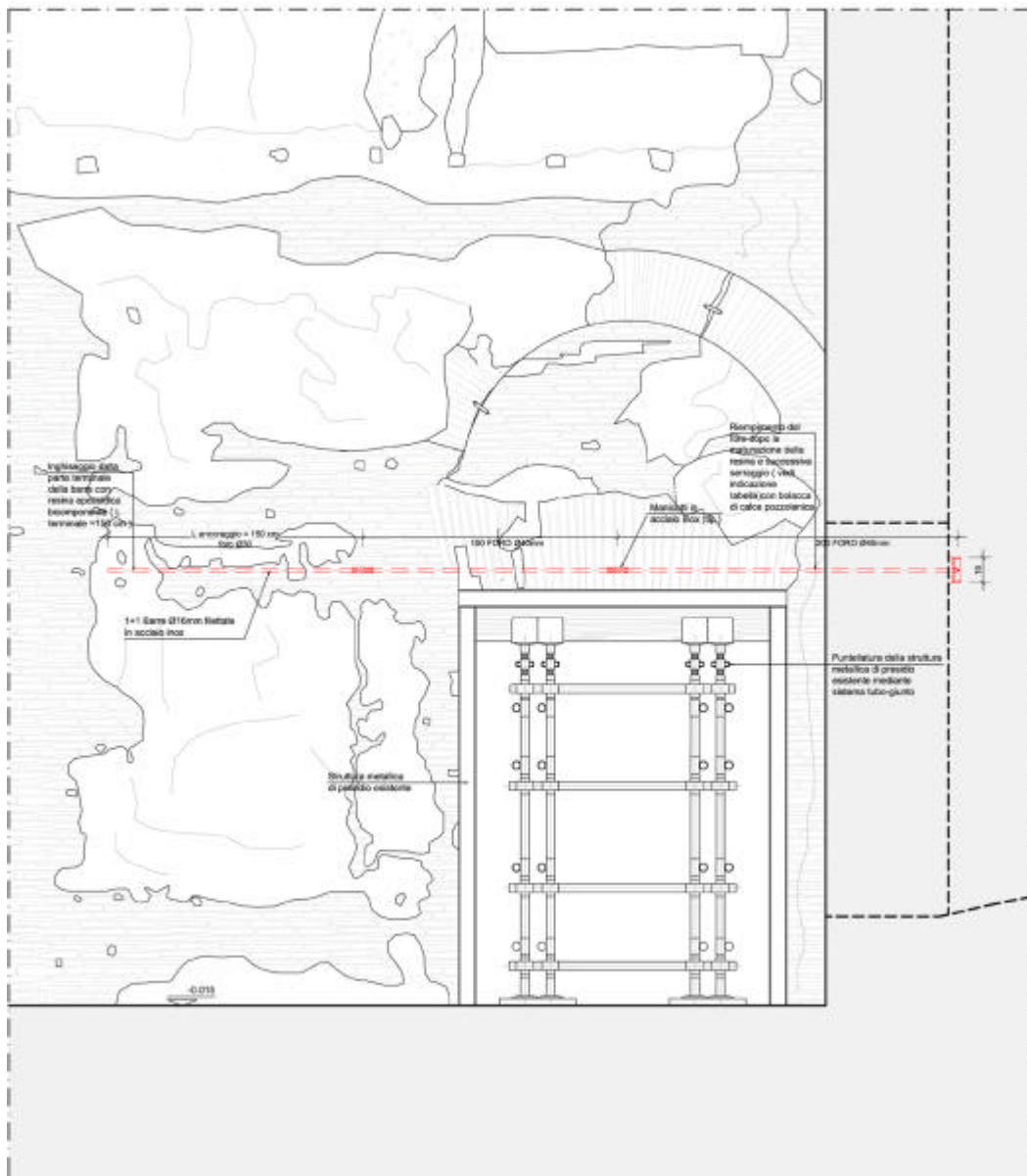


Figura 14 • Roma, Domus Aurea, progetto di consolidamento di una piattabanda e arco di scarico in laterizi con cuciture metalliche: prospetto; Studio Croci & Associati, 2011.

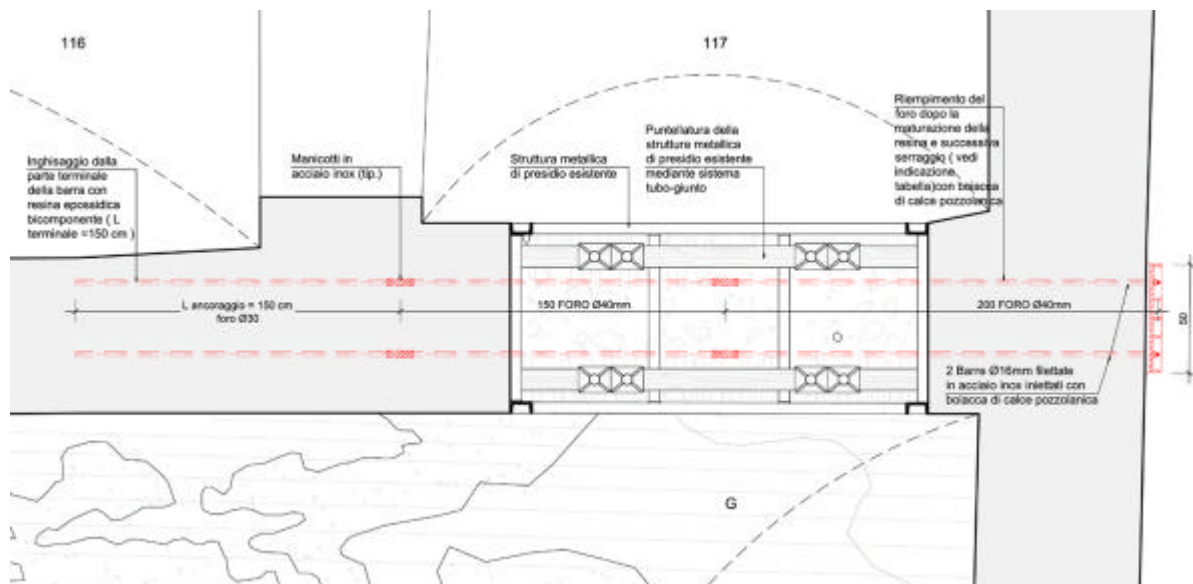


Figura 15 • Roma, Domus Aurea, progetto di consolidamento di una piattabanda e arco di scarico in laterizi con cuciture metalliche: ipografia; Studio Croci & Associati, 2011.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Negli ultimi decenni, il titanio è stato valorizzato come materiale disponibile per un ampio campo d'impieghi; l'elemento chimico *Ti* è un metallo del blocco *d*, periodo 4, IV gruppo, con numero atomico 22; leggero, resistente, di colore bianco metallico, lucido, resistente alla corrosione.

Scoperto alla fine del XVIII secolo, venne isolato solo dopo vari decenni e solo alla metà del XX secolo si individuò un processo chimico di riduzione che ne consentisse l'impiego commerciale; processo che attende ulteriori evoluzioni migliorative, finalizzate ad una riduzione dei costi del titanio i quali, con i maggiori oneri per la lavorazione, rispetto ad altri metalli adottati nelle costruzioni, attualmente impediscono un'adozione più vasta nel campo dell'edilizia.

La criticità nell'impiego risiede soprattutto nella elevata reattività, ad alte temperature, del titanio con l'ossigeno; comportamento che comporta difficoltà sia nella fusione sia nelle operazioni di saldatura che devono compiersi in ambiente controllato (ad esempio, in atmosfera satura di gas argon).

Il titanio viene utilizzato quasi puro o in lega; alcune leghe hanno particolari caratteristiche come ad esempio le leggere che uniscono elevate proprietà meccaniche ad un basso peso specifico (ad esempio, quelle ottenute con l'alluminio, TiAl) e leghe come il NiTi, da alcuni anni oggetto di particolari attenzioni per le proprietà superelastiche e per la caratteristica definita "memoria di forma". Meno recente è l'impiego, nella forma del diossido di titanio (TiO<sub>2</sub>), nella preparazione di pigmenti bianchi adottati per vernici, cementi, carta e plastiche; recentissimo è l'impiego protettivo anti-graffiti e anti-inquinante del biossido.

Abbondante in natura (0,6% in peso della crosta terrestre) è il nono elemento per diffusione e quarto, tra i metalli, dopo alluminio, ferro e magnesio. Non si trova allo stato puro ma sotto forma di ossidi complessi, generalmente diossido cristallino (TiO<sub>2</sub>), in cui sono presenti varie impurità (soprattutto ferro ed elementi alcalini); queste conferiscono la colorazione scura che diviene invece bianca con i processi di riduzione con cui si raggiungono purezze quasi integrali.

Anche se diffusamente presente in gran parte dei minerali, solo nelle rocce ignee raggiunge almeno un punto percentuale. Tra esse, per i processi d'estrazione si utilizza soprattutto: ilmenite (FeTiO<sub>3</sub>, sabbia nera o roccia, con presenza tipica del 53% di titanio e 40÷60% di TiO<sub>2</sub>, maggiore nelle sabbie), il leucoxene (ilmenite alterata, con un maggiore contenuto di diossido di titanio, oltre 60%), perovskite (CaTiO<sub>3</sub>), rutilo (contiene diossido di titanio intorno al 95% e, per la purezza originaria, si utilizza nel processo di produzione dal cloruro), e anatase (stessa formula del rutilo ma con altra forma cristallina). Tra essi si sfrutta soprattutto l'ilmenite perché assai diffusa mentre il rutilo è più raro e già in fase di esaurimento.

Il titanio puro si ottiene con procedimenti chimici fra i quali il metodo Kroll risulta essere il più efficace per la produzione della spugna di titanio che, frantumata o fusa (in ambienti privi di ossigeno) consente di ottenere polveri o lingotti e barre lavorati. A partire dalle prime, mediante

compressione e modesto innalzamento della temperatura, si possono ottenere per formatura elementi che devono essere solo rifiniti; dai lingotti, mediante trafilatura e laminazione, si ottengono barre e fogli anche molto sottili. Si adottano anche tecniche a controllo elettronico (*laser forming*) che consentono la realizzazione di pezzi di piccole dimensioni per i quali si riduce la necessità di ulteriori lavorazioni.

La temperatura di fusione (1650÷1700 °C) varia in relazione al contributo degli altri elementi presenti nella lega i quali contribuiscono alla determinazione del peso specifico (maggiore per le leghe  $\beta$  che impiegano molibdeno) e delle specifiche caratteristiche della lega la cui composizione è studiata in funzione delle qualità richieste nell'uso. Le leghe al vanadio (4%) e alluminio (6%) sono quelle di maggiore diffusione e consentono di ottenere strutture di grande resistenza e leggerezza.

Del titanio si conoscono due forme cristalline (allotropia):  $\alpha$ , con struttura cristallina esagonale compatta, stabile fino a circa 900 °C ovvero alla temperatura di trasformazione nella forma  $\beta$ , quest'ultima con struttura cubica a corpo centrato, stabile alle alte temperature.

Una volta puro (99,0÷99,5%) si presenta bianco e brillante, mostra eccellenti proprietà ingegneristiche che ne consentono l'adozione in molti e diversi campi realizzativi: bassa densità (pari 4,54 g/cm<sup>3</sup> contro 7,87 dell'acciaio e 2,69 dell'alluminio), alta resistenza (345 N/mm<sup>2</sup> rispetto a 360÷1000 dell'acciaio e 220÷290 dell'alluminio) discreto modulo di elasticità (10,3 GPa rispetto a 21,0 dell'acciaio e 7,0 dell'alluminio), buona duttilità (allungamento a rottura circa triplo rispetto all'acciaio), elevata resistenza allo scorrimento viscoso (*creep*), bassa conducibilità termica, bassa espansione termica, eccellente resistenza a corrosione (in particolare resiste agli attacchi dell'acqua salina), relativa facilità di lavorazione, biocompatibilità (ipoallergenicità, aspetto essenziale per l'impiego biomedico, spesso associato con ceramiche compatibili in odontoiatria), corto periodo di dimezzamento radioattivo; inoltre il titanio non è magnetico, può sostenere temperature elevate (punto di fusione a 1660 °C), ha una buona durezza, resiste agli attacchi erosivi, alla cavitazione e agli urti (tenacità). Può essere formato a caldo (la duttilità consente di ottenere lamine sottili spesso impiegate nei rivestimenti architettonici oltre che in aeronautica) mentre, a freddo, prevale la forte tendenza a riacquisire la sua forma originaria. Presenta capacità quale superconduttore (bassa resistività alle correnti elettriche a temperature ambiente) che aumenta in alcune leghe (Tab. 1).

La bassa capacità di dispersione termica comporta una certa difficoltà di lavorazione con gli utensili che tendono a riscaldarsi e logorarsi rapidamente, così come, per effetto del trattamento, può alterarsi anche lo stesso materiale in prossimità della zona oggetto della lavorazione. Il titanio, proprio per la forte reattività che ne rende pericolosa la lavorazione, sviluppa un film d'ossido superficiale (principalmente TiO<sub>2</sub>) molto sottile e stabile, tenace ed altamente protettivo a cui sono dovute le speciali proprietà anticorrosive e antiossidanti; se graffiato o danneggiato, il film è in grado di ricostruirsi immediatamente in presenza di aria o di acqua. L'adozione in ambienti aggressivi, consentita dalla naturale resistenza, può ulteriormente ampliarsi con la protezione anodica.

Dal punto di vista commerciale, il titanio puro (non legato) costituisce circa un terzo della produzione, le leghe di titanio i rimanenti due terzi. Queste sono classificate in tre grandi categorie in base alle caratteristiche predominanti nella microstruttura a temperatura ambiente ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\alpha+\beta$ ).



Materiali	Numero atomico	Peso atomico	Densità (g/cm <sup>3</sup> )	Punto di fusione (°C)	Coeff. termico di esp. (/°C)	Calore specifico (cal/gr/°C)	Conducib. termica (cal/cm <sup>3</sup> /sec/°C/cm)	Resistiv. Elettrica (uO-cm)	Conducib. Elettrica (%IACS)	Modulo di Young (MPa)	Coeff. di Poisson
Titanio	22	47,90	4,51	1,668	8,4 x 10 <sup>-6</sup>	0,124	0,041	55	31	106,000	0,34
Ti-6Al-4V	-	-	4,4	1,650	8,6 x 10 <sup>-6</sup>	0,135	0,020	175	0,98	110,000	0,34
Ferro	26	55,85	7,85	1,530	12 x 10 <sup>-6</sup>	0,11	0,15	9,7	18	206,000	0,31
Acciaio Inossidabile 18-8 (AISI 304)	-	-	7,93	da 1,400 a 1,420	17 x 10 <sup>-6</sup>	0,12	0,039	0,72	0,24	200,00	0,11
Alluminio	18	26,97	2,7	660	23 x 10 <sup>-6</sup>	0,21	0,49	2,7	64	69,00	0,33

**Tab 1. Alcune proprietà fisiche dei più diffusi metalli per impieghi strutturali.**

Come anticipato, il titanio viene legato con altri elementi per formare moderne e resistenti materiali dotati di speciali proprietà tra cui:

- la capacità di “ricordare” una determinata forma geometrica macroscopica, impressa attraverso speciali trattamenti termomeccanici, fenomeno che prende il nome di *Shape Memory Effect (SME)*;
- la possibilità di subire deformazioni dell'ordine del 10%, recuperandole completamente durante la fase di scarico, senza evidenziare fenomeni di plasticizzazione, proprietà nota come superelasticità (*Superelasticity, SE*) o pseudo elasticità a seconda se il tratto plastico del diagramma sforzo-deformazione sia, rispettivamente, orizzontale o inclinato ovvero senza o con piccoli incrementi di tensione al crescere della deformazione.

I materiali metallici che presentano queste due proprietà si definiscono leghe a memoria di forma (*Shape Memory Alloys, SMA*). Per meglio comprenderne le caratteristiche e la terminologia generalmente adottata per descriverle, è opportuno richiamare alcune nozioni di metallurgia.

- La fase (ad esempio, solida, liquida o gassosa) di un materiale viene a determinarsi in relazione alla temperatura e alla pressione ed esprime un campo in cui il materiale presenta comportamenti tipici. Su questi parametri, può definirsi un grafico che rappresenta lo stato in cui si trova il materiale; le condizioni del passaggio di fase, con cui si modificano quelle proprietà tipiche, vengono rappresentate con determinate funzioni analitiche che definiscono il campo di esistenza del materiale nelle diverse fasi. Tali funzioni sono rappresentate nei diagrammi da grafici continui, con punti angolosi in corrispondenza del passaggio da una all'altra funzione.
- L'austenite è una soluzione solida primaria di tipo interstiziale di carbonio nel ferro (indicata con  $\gamma$ ). Gli atomi del carbonio presentano una disposizione ottaedrica (l'insieme ha una struttura cubica a facce centrate, FCC). È stabile solo ad alta temperatura (sopra i 723 °C), non ha proprietà magnetiche e può contenere al massimo poco più del 2% di carbonio (a 1147 °C). A seconda della modalità di raffreddamento, l'austenite si trasforma in una miscela di ferrite e cementite, (perlite o bainite) oppure in martensite. Questa trasformazione ha un'importanza chiave nella tempra dell'acciaio. La presenza nella soluzione solida, oltre al ferro e al carbonio, di altri metalli in lega (elementi gammageni) modifica la temperatura minima per ottenere l'austenite. Il molibdeno, il cromo ed il silicio tendono ad innalzarla, mentre il manganese e il nichel tendono ad abbassarla. Nel caso limite di alcuni acciai inossidabili, detti acciai inossidabili austenitici, l'austenite è stabile a temperatura ambiente.
- La martensite è una forma allotropica metastabile dell'acciaio, sovrassatura di carbonio, nel reticolo del ferro  $\alpha$ . È una fase che non sussiste in naturale equilibrio ma può essere ottenuta mediante congelamento strutturale dell'austenite (o ferro- $\gamma$ ) per brusco raffreddamento da temperature superiori a quella di austenitizzazione (variabile a seconda del contenuto in carbonio tra 727 °C e 912 °C) fino a temperatura ambiente; si origina così un reticolo tetragonale a corpo centrato piuttosto tensionato. A temperatura ambiente sarebbe stabile la struttura perlitica, un miscuglio di ferrite (o ferro- $\alpha$ ) e cementite (composto  $Fe_3C$ ); il raffreddamento troppo rapido, però, fa sì che la massa metallica non riesca ad arrangiarsi nella struttura di equilibrio, andando invece a formare una struttura simile a quella austenitica, ma altamente tensionata a causa delle sue condizioni di non-equilibrio: la martensite, appunto. Le sue notevoli deformazioni reticolari, che ostacolano il movimento delle dislocazioni, sono la causa prima dell'indurimento.
- La trasformazione inizia alla temperatura indicata di solito con  $M_s$  e si completa alla temperatura  $M_f$ ; tale intervallo si sposta in basso all'aumentare della concentrazione di carbonio e in alto in presenza di deformazioni plastiche. Il processo avviene quasi istantaneamente, mediante un movimento coordinato di atomi e non per diffusione, impedita dalla bassa temperatura. Nella trasformazione austenite>martensite il volume aumenta e ciò potrebbe dare origine a tensioni interne con possibile snervamento del materiale, con effetti distorsivi e cricche.
- Alcuni metallurgisti, per estensione, chiamano martensitiche tutte le strutture metastabili, di qualsiasi lega metallica anche non ferrosa, ottenute attraverso un raffreddamento rapido (*quenching*) al fine di "congelare" una fase che a temperatura ambiente non si troverebbe in equilibrio, come avviene per l'austenite nel caso dell'acciaio. Si parla così di strutture martensitiche per i bronzi all'alluminio o per le leghe del titanio.

Le proprietà richiamate delle SMA, possedute da alcune leghe a base di titanio, sono da attribuirsi ad una transizione di fase martensitica termoelastica. In particolare l'attributo "martensitica" costituisce un'estensione del fenomeno osservato nell'acciaio temprato consistente nel mantenimento a basse temperature di una struttura cristallina non regolare, tipica delle alte temperature, per effetto della tempra che, con il raffreddamento istantaneo, non consente la formazione dei reticoli più regolari della forma austenitica. Una transizione di fase può essere indotta da una variazione di temperatura oppure da uno stato di tensione agente sul materiale. Infatti, a seconda della temperatura e dello sforzo loro impresso, alcuni materiali possono presentare due diverse fasi cristallografiche, dette fase austenitica e fase martensitica: le trasformazioni dell'una nell'altra, e viceversa, al mutare della sollecitazione termomeccanica, sono responsabili delle proprietà precedentemente citate (fig. 1).

Queste leghe sono classificate, in relazione alla fase prevalente, come  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\alpha+\beta$ .

Le leghe  $\alpha$  presentano difficoltà a sopportare trattamenti termici migliorativi e lavorazioni agli utensili; le leghe  $\beta$  presentano ottime caratteristiche meccaniche ma sono difficilmente saldabili; le leghe  $\alpha+\beta$  contenenti alte percentuali di alluminio, possedendo caratteristiche intermedie, appaiono più disponibili a svariati impieghi.

Nel passaggio di fase (da  $\alpha$  a  $\beta$ ), generalmente, si incrementano le caratteristiche di duttilità e deformabilità, si riducono durezza, resistenza a trazione e limite di snervamento.

Di conseguenza, legando il titanio con elementi che favoriscono l'esistenza del materiale nell'una o nell'altra fase e adottando specifici trattamenti termici, si producono leghe con proprietà differenziate.

Alcuni elementi utilizzati in lega, sostituzionali o interstiziali, producono effetti  $\alpha$ -stabilizzanti (alluminio, gallio, germanio, ossigeno, azoto, carbonio), altri  $\beta$ -stabilizzanti (cromo rame ferro niobio, nichel, manganese, palladio, molibdeno, tantalio, wolframio vanadio) o neutri (stagno, zirconio) (Tab. 2).

Designazione	Resistenza meccanica a trazione min Mpa	Resistenza al limite elastico lineare min Mpa	Allungamento % ?///	Limiti di analisi peso%				
				N max	C max	H max	Fe max	O max
<b>Leghe <math>\alpha</math> - super <math>\alpha</math></b>								
Ti-5Al-2.5Sn	790	760	14	0.05	0.08	0.02	0.50	0.20
Ti-5Al-2.5Sn-ELI	690	620	43	0.07	0.08	0.0125	0.25	0.12
Ti-8Al-1Mo-1V	900	830	--	0.05	0.08	0.015	0.30	0.12
Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo-0.1Si	900	830	--	0.05	0.05	0.0125	0.25	0.15
Ti-6Al-2Nb-1Ta-0.8Mo	790	690	31	0.02	0.03	0.0125	0.12	0.10
Ti-2.25Al-11Sn-5Zr-1Mo	1000	900	--	0.04	0.04	0.008	0.12	0.17
Ti-5Al-5Sn-5Zr-2Mo	550	830	--	0.03	0.05	0.0125	0.15	0.13
<b>Leghe <math>\alpha</math> - <math>\beta</math></b>								
Ti-6Al-4V	900	830	14	0.05	0.10	0.0125	0.30	0.20
Ti-6Al-4V-ELI	830	760	24	0.05	0.08	0.0125	0.25	0.13
Ti-6Al-6V-2Sn	1030	970	14	0.04	0.05	0.015	1.0	0.20
Ti-8Mn	860	760	--	0.05	0.08	0.015	0.50	0.20
Ti-7Al-4Mo	1030	970	18	0.05	0.10	0.013	0.30	0.20
Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	1170	1100	8	0.04	0.04	0.0125	0.15	0.15
Ti-6Al-2Sn-2Zr-4Mo-4Cr	1125	1055	--	0.04	0.05	0.0125	0.30	0.13
Ti-6Al-2Sn-sZr-2Mo-2Cr	1030	970	20	0.03	0.05	0.0125	0.25	0.14
Ti-3Al-2.5V	620	520	54	0.15	0.05	0.015	0.30	0.12
<b>Leghe <math>\beta</math></b>								
Ti-10V-2Fe-3Al	1170	1100	--	0.05	0.05	0.015	2.5	0.16
Ti-13V-11Cr-3Al	1170	1100	11	0.05	0.05	0.025	0.35	0.17
Ti-8Mo-8V-2Fe-3Al	1170	1100	--	0.05	0.05	0.015	2.5	0.17
Ti-3Al-8V-6Cr-4Mo-4Zr	900	830	10	0.03	0.05	0.020	0.25	0.12
Ti-11.5Mo-6Zr-4.5Sn	690	620	--	0.05	0.10	0.020	0.35	0.18
Ti-15V-3Cr-3Al-3Sn	1140	1035	--	0.05	0.05	0.015	--	0.05

Tab 2. Elenco delle principali proprietà di alcune leghe basate sul titanio e classificate dalle ASTM.

Negli anni Trenta del XX secolo vennero individuate le trasformazioni connesse con la memoria di forma in una lega metallica ma solo a partire dagli anni Ottanta questi materiali sono stati indagati sempre più approfonditamente.

Grazie al loro costo, inferiore rispetto alle leghe NiTi, recentemente si è assistito allo sviluppo di leghe a base rame, come le leghe ternarie CuZnAl e CuAlNi. Le proprietà di questi materiali sono molto diverse tra loro: le leghe NiTi, ad esempio, presentano una maggiore capacità di deformazione per l'effetto della memoria di forma (fino al 10% contro il 5% di quelle a base rame), sono più stabili termicamente, hanno un'eccellente resistenza alla corrosione ed alla *stress corrosion*. Per contro, le leghe a base di rame, oltre ad essere meno costose, possono venire fuse con più facilità ed hanno un più ampio intervallo di trasformazione. Tuttavia, le migliori proprietà delle leghe NiTi hanno consentito che queste rimanessero le più studiate e adottate (Tab. 3).

La trasformazione martensitica termoelastica (ovvero tra fase austenitica e martensitica) può essere indotta termicamente (sbalzo di temperatura) o meccanicamente (sforzo); nel passaggio si verificano: cessione di calore e aumento di volume. Essa avviene, nelle SMA, senza modifica della composizione chimica ma solo una diversa dislocazione degli atomi con spostamenti relativamente

piccoli che consente una fase di maggiore stabilità. Nel passaggio avvengono delle sistemazioni conseguenti che si basano sullo slittamento (permanente) o la geminazione (reversibile).

In quest'ultimo caso, lo spostamento su un piano detto di geminazione, prevede la formazione di una simmetria dei legami circostanti che vengono a costituire una forma ad elevata mobilità e bassa energia, ovvero che può deformarsi con relativa facilità e trasformarsi in un reticolo la cui direzione è quella che più si adatta al tipo di sforzo (fig. 2). Tuttavia, restituendo energia sotto forma di calore, il reticolo può tornare alla forma stabile precedente. Con talune leghe è possibile anche ottenere la memorizzazione di due configurazioni, rispettivamente per alte o basse temperature.

Le SMA evidenziano diverse particolarità del comportamento che non possono ridursi solo a questo aspetto: in particolare, con riferimento al comportamento della forma austenitica, che sostanzialmente può essere rappresentato con il classico diagramma sforzo deformazione tipico dei metalli elastoplastici, il comportamento superelastico e quello pseudoelastico prevedono una minore rigidità iniziale e, dopo la deformazione plastica (tratto orizzontale e inclinato, rispettivamente), un notevole incremento di rigidità; alla rimozione della sollecitazione si ha comunque il recupero delle dimensioni iniziali, anche dopo allungamenti percentualmente rilevanti (fino al 10%); la velocità con cui viene applicato lo sforzo caratterizza anche la risposta che tende allo pseudo elastico all'aumentare della velocità di incremento dello sforzo (fig. 3).

La superelasticità di queste particolari leghe consente di ottenere grandi deformazioni attraverso un comportamento non lineare (con grandi capacità di dissipazione dell'energia) ma di recuperare la forma iniziale senza che rimangano deformazioni residue; proprietà legata alla capacità delle leghe di rimanere stabili in due diverse fasi (Austenite e Martensite) a diverse temperature, attraverso una trasformazione interna martensitica.

Proprietà	NiTi 48-52 di % Ni	CuAlNi 10-14% Al, 2-5% Ni	CuZnAl 15-30% Zn, 3-7% Al
Temperatura di fusione (°C)	1300	da 650 a 1020	da 1020 a 1100
Densità (g/cm <sup>3</sup> )	6.45	7.64	7.12
Resistività ( $\mu$ *cm <sup>2</sup> )	austenite: -100 martensite -70	da 8.5 a 9.7	da 11 a 13
Conduttività termica (W/cm°C)	austenite: 18 martensite 8.5	120	da 30 a 43
Capacità termica(J/Kg*°C)	837	400	da 373 a 574
Modulo di Young (GPa)	austenite: da 70 a100 martensite: da 28 a 41	fase $\beta$ : 72 martensite: 70	fase $\beta$ : 85 martensite: 80
Limite di Snervamento (MPa)	austenite: da 200 a 700 martensite: da 70 a 150	fase $\beta$ : 350 martensite: 80	fase $\beta$ : 400 martensite: 80
Tensione ultima a trazione (MPa)	da 900 (annealed) a 1900 (not annealed)	600	da 500 a 800
Temperatura di trasformazione (°C)	da -200 a 110	< 120	< 200
Shape Memory Strain	max 8,5%	4%	4%

Tab 3. Confronto dei dati relativi alle proprietà fisiche, termiche e meccaniche delle leghe NiTi e di quelle a base di rame.

#### La trasformazione martensitica della struttura cristallina

- **Fase austenitica:** fase stabile a temperatura elevata (struttura cubica a facce centrate)
- **Fase martensitica:** fase metastabile a temperatura ambiente ottenuta con brusco raffreddamento dell'austenite in modo da non tornare alla forma cristallina stabile ma ad un'altra forma cristallina metastabile (quasi stabile) con speciali caratteristiche (durezza, resistenza rigidità ma fragilità maggiori)

Ulteriori effetti particolari possono raggiungersi sovrapponendo cicli deformativi per ottenere uno stato di geminazione preferenziale, specificamente adatto ad un prefissato scopo.

Vale la pena evidenziare che, componendo opportunamente la lega, si possono modificare le temperature critiche ottimizzando sia i processi produttivi sia la *performance* del prodotto in vista di un particolare impiego; in altri termini il materiale può essere progettato in funzione dell'obiettivo funzionale, in relazione alle diverse temperature caratteristiche e d'impiego. Inoltre possono combinarsi elementi diversi per ottenere effetti ancor più specificamente adatti allo scopo perseguito; ad esempio con la combinazione di cavi diversificati, nei terminali multipli si ottiene una sorta di azione del tirante, nel compito di trattenimento della parete muraria, modulata e graduale su molteplici livelli di resistenza e rigidità (fig. 4).

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Oltre agli impieghi in campo meccanico, aeronautico e biomedico, le possibilità di utilizzazione del titanio puro o legato sono ampie anche nel campo architettonico in cui si apprezzano la duttilità che ne consente l'adozione in pannelli compositi di cui costituisce l'inalterabile strato di finitura inferiore al mm, la bellezza dei colori e degli effetti di superficie ottenibili tramite l'anodizzazione, la stabilità alla corrosione e all'ossidazione che insieme alla modesta dilatazione termica conferiscono una compatibilità fisico chimica che ne consiglia l'adozione negli interventi strutturali minimamente invasivi, soprattutto nel consolidamento di statue e di elementi litici in contesti d'architettura tutelata per il valore storico e formale.

Data la caratteristica di stabilità, il Titanio CP ASTM (commerciale puro) è utilizzato, per realizzare manti protettivi e di rivestimento, in forma di lamine, doghe, lastre e pannelli compositi; in quest'ultimo caso si adotta in associazione con strati di altri materiali, soprattutto coibenti. Inoltre, se ossidato anodicamente, il titanio si riveste di un film che assume tinte diverse al variare del suo spessore e del potenziale iniziale e finale dell'ossidazione nella soluzione acida elettrolitica. In sostanza, per valori di potenziale compresi tra 0 e 120 volt si possono ottenere spessori di ossido protettivo varianti nell'ordine di 1-1000  $\mu\text{m}$  con il seguente *range* cromatico primario: giallo, porpora, blu, azzurro, argento, giallo, rosa, violetto, cobalto, verde, verdegiallo, rosa; con valori superiori del potenziale iniziale si possono ottenere finiture (variabili in relazione al potenziale elettrico) del *range* secondario: porpora, turchese, azzurro, argento, bianche, verde-marrone.

		T° DI TRANSIZIONE DA $\alpha$ A $\beta$	T° DI FUSIONE	CARICO DI SNERVAMENTO A 20 °C	CARICO DI ROTTURA A 20 °C	ALLUNGAMENTO	DUREZZA SUPERFICIALE	RESISTIVITÀ ELETTRICA A 20 °C
<b>Titanio ASTM Grado 1</b>	99,8 % Ti, 0,18 % O, 0,03 % N, 0,05 % H, 0,08 % C, 0,02 % Fe	888 °C	1670 °C	170 N/mm <sup>2</sup>	240 N/mm <sup>2</sup>	24%	140 HB	0,46 $\mu\text{ohm}$
<b>Titanio ASTM Grado 4</b>	99,5% Ti, 0,40% O, 0,05% N, 0,015% H, 0,08% C, 0,50 % Fe	950 °C	1660 °C	480 N/mm <sup>2</sup>	550 N/mm <sup>2</sup>	15%	200 HB	0,60 $\mu\text{ohm}$

Tab 4. Alcune principali caratteristiche del titanio non legato

Il titanio è classificato con gradi dalle ASTM (convenzione tecniche dell'omonimo organismo di normalizzazione statunitense) crescenti con le caratteristiche meccaniche (1, 2, 3, 4 ecc.); il grado 7 corrisponde ad una forte resistenza alla corrosione e agli effetti termici (Tab. 4). Nella forma non legata viene utilizzato quando è richiesta elevatissima resistenza alla corrosione (superiore a quella di acciaio inox e rame) e ottima saldabilità (entrambe caratteristiche influenzate dall'aggiunta di elementi in lega) anche se a queste qualità possono corrispondere caratteristiche meccaniche inferiori (Tab. 5).

Designazione	Resistenza meccanica a trazione min Mpa	Resistenza al limite elastico lineare min Mpa	Allungamento % ?///	Limiti di analisi peso%				
				N max	C max	H max	Fe max	O max
Titanio puro / non legato								
ASTM Grado 1	240	170	24	0.03	0.10	0.015	0.20	0.18
ASTM Grado 2	340	280	20	0.03	0.10	0.015	0.30	0.25
ASTM Grado 3	450	380	18	0.05	0.10	0.015	0.30	0.35
ASTM Grado 4	550	480	15	0.05	0.10	0.015	0.50	0.40
Titanio basso legato -a								
ASTM Grado 7	390	250	20	0.03	0.10	0.015	0.30	0.25

Tab 5. Principali composizioni di titanio non legato disponibili in commercio con denominazioni riferite alle normative AMS, ASTM, DIN, EN, MIL-T, UNI, SAE

Nella forma di biossido di Titanio ( $TO_2$ ) è proposto, con varie denominazioni commerciali, anche quale protettivo superficiale antibatterico, utilizzato in trattamenti a reazione fotocatalitica miranti ad assorbire gli agenti degradanti tipici dell'inquinamento e a mantenere la colorazione originaria o quale protettivo anti-graffiti.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Gli elementi metallici, inseriti negli edifici tradizionali in occasione di riparazioni o rinforzi, spesso manifestano incompatibilità fisiche con gli stessi elementi murari da proteggere; esse sono connesse al diverso comportamento rispetto agli sbalzi di temperatura di metallo e pietra-muratura che possono aumentare e ridurre il tiro delle catene e talvolta concentrare puntualmente sforzi anche eccessivi per la muratura (per distribuirli si devono spesso adottare capochiave di notevoli dimensioni e conseguente eccessiva invasività).

L'adozione di tiranti in titanio o in leghe leggere consente di ridurre la sensibilità differenziale rispetto alle variazioni termiche in relazione alla maggiore similitudine del coefficiente di dilatazione lineare del titanio rispetto a quello delle pietre e delle murature.

Le leghe superelastiche consentirebbero di modulare l'entità degli sforzi e a tale scopo sono stati studiati dispositivi (SMAD) da utilizzare in serie con il tirante che potrebbe anche essere d'acciaio. Tali dispositivi consentono di dosare l'azione di ritegno in funzione della richiesta ovvero dello spostamento (causato dal sisma) del muro vincolato dalla catena in modo che, se lievemente sollecitato, non produca danni locali e, se gravemente impegnato, possa erogare resistenze maggiori, tali da evitare il collasso.

I dispositivi applicati in serie possono inoltre consentire di attenuare l'effetto delle dilatazioni termiche dell'acciaio essendo appositamente confezionati per operare in opposizione al tirante: accorciandosi quando l'acciaio si dilata e viceversa riducendo, con i propri allungamenti, l'effetto dell'accorciamento del tirante. In tal senso, tra le illustrazioni, si riporta un interessante applicazione che consente di calibrare la distanza dei pannelli protettivi in relazione alla temperatura ambientale (fig. 5, fig. 6). Gli eccezionali impieghi delle leghe a memoria di forma soprattutto nel campo biomedico, sembrano peraltro indicare alcune possibilità che favoriscono l'inserimento di supporti penetrando nel materiale prezioso oggetto di conservazione attraverso

percorsi limitati e altrimenti impercorribili assicurando inoltre la stabilità nel tempo e alle diverse temperature del materiale inserito.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Accennato alle affascinanti proprietà del titanio, risulta importante evidenziare alcuni aspetti dei processi metallurgici che nell'ambito dell'edilizia possono influenzarne l'impiego e limitarne le possibilità di adozione.

In particolare, considerato che le proprietà possono subire forti modifiche in relazione alla fase in cui il materiale viene impiegato e alle condizioni termico meccaniche subite, è opportuno considerare quelle lavorazioni che, nello svolgimento dei processi produttivi, possono alterarle.

#### *Saldatura (welding)*

Processo di collegamento fisso che consiste nel portare a fusione il metallo di base o uno analogo di riporto al fine di ottenere un cordone di unione tra i due componenti.

La saldatura di componenti in titanio in generale non può essere eseguita in condizioni ambientali, nemmeno dopo l'accurata pulizia del materiale, comunque necessaria. Ciò per l'elevata reattività a caldo del materiale con l'ossigeno, l'azoto e l'idrogeno che ad alte temperature potrebbero inserirsi nel reticolo cubico della fase  $\beta$  ostacolandone il successivo ritorno alla struttura esagonale a durante il raffreddamento con possibile insorgere di cricature.

Al di sopra della temperatura di transizione di fase (883 °C per il titanio puro, anche oltre i 900 °C per le forme legate) la microstruttura del materiale diventa cubica per ritornare poi esagonale durante il raffreddamento (fig. 5, sequenza in alto).

Se nella fase di riscaldamento il reticolo viene contaminato da atomi estranei (ossigeno, azoto o idrogeno) la struttura cubica semplice diventa cubica a corpo centrato.

Nel successivo raffreddamento l'atomo esterno (fig. 5, in rosso) ostacola il ritorno del titanio alla struttura esagonale, più compatta e incompatibile con la presenza dell'ulteriore nucleo.

La maggiore distanza che si viene a creare tra gli atomi di titanio può quindi portare alla rottura dei loro legami dando origine al tipico fenomeno dell'infragilimento a caldo.

Per ovviare a questi problemi si cerca di operare (quando possibile) in atmosfera controllata, generalmente in cabine stagne (fig. 8, fig. 9) sotto un flusso di gas inerte (argon o elio) e si assicura un raffreddamento molto lento della zona termicamente alterata (con questo termine si intende la zona del materiale di base sottoposta a temperature tali da indurre trasformazioni microstrutturali), in modo da limitare l'insorgenza di microstrutture martensitiche che ne comporterebbero l'infragilimento.

Qualora le dimensioni dei componenti o la loro collocazione non consentissero l'uso di cabine si dovrà assicurare un'abbondante flusso di gas anche durante il raffreddamento fino a temperature di sicurezza (generalmente, sotto i 540 °C la reattività del titanio non è considerata critica).

Le tecniche comunemente usate sono le saldature ad arco TIG, MIG, PAW (plasma) che sono scelte in funzione degli spessori delle parti da unire. Il TIG (*Tungsten Inert Gas*) è quello adoperato con maggiore frequenza (fig. 10).

#### **Lavorazioni ad utensile (*machining*):**

Sono indispensabili quando siano richieste elevate finiture superficiali e strette tolleranze dimensionali, ma la notevole infiammabilità in aria delle particelle fini impone l'adozione di impianti di raffreddamento ad acqua o ad olio e l'allontanamento dei trucioli.

La bassa conducibilità termica, sfavorendo la dissipazione del calore, porta ad un rallentamento dei tempi di lavorazione per evitare microfusione e reattività a caldo. Allo stesso scopo si utilizzano lubrificanti a basso tenore di cloro.

Per gli utensili è richiesta una affilatura accurata con la conseguente minor vita media degli utensili stessi e l'aumento dei costi di lavorazione.

## **Realizzazione di componenti**

### **Forgiatura (*forging*)**

Si realizza pressando a caldo lingotti o lastre di materiale spesso allo stato rinvenuto tra due stampi azionati da una pressa ma anche mediante rullatura o martellatura di piccoli componenti.

### **Formatura (*forming*)**

Si ottiene sottoponendo il materiale all'azione di presse a temperature e pressioni diversificate: formatura a freddo (*cold forming*), a temperatura ambiente e comunque inferiore ai 150 °C che comporta impianti meno costosi e miglioramento delle proprietà meccaniche grazie all'incrudimento indotto nel materiale, formatura a caldo (*hot forming*) a temperature superiori ma non oltre i 815 °C.

### **Sinterizzazione (*sintering*)**

Alternativa alla fusione è la sinterizzazione che presenta il duplice vantaggio di poter ottenere componenti finiti e di abbassare notevolmente le temperature di processo pressando a caldo polveri fini di titanio.

### **Formatura superplastica**

La formatura con tecniche SPF/DB (*Super Plastic Forming with Diffusion Bonding*) consente, per le particolari condizioni di deformazione indotte, di ottenere morfologie di grana estremamente fine (circa 10  $\mu$ m) e uniforme, quindi con eccezionali proprietà di elasticità e ottimo comportamento meccanico.

### **Fusione (*casting*)**

La realizzazione di componenti in titanio per fusione risulta particolarmente complessa non solo a causa dell'elevata reattività del titanio alle altissime temperature (sottovuoto) ma anche per la sua elevata temperatura di fusione che tuttavia conferisce ottima resistenza termica, tenacità a frattura e resistenza a corrosione.

### **Sinterizzazione (*sintering*)**

Un'interessante alternativa alla fusione è la sinterizzazione che presenta il duplice vantaggio di poter ottenere componenti finiti e di abbassare notevolmente le temperature di processo pressando a caldo polveri fini di titanio.

## **Trattamenti termici e rivestimenti**

Il titanio e, in particolare, le leghe dalla famiglia  $\alpha+\beta$ , possono essere trattati termicamente al fine di migliorarne le proprietà tecnologiche con procedimenti che prevedono il controllo dell'ambiente per controllare l'elevata reattività a caldo del titanio con idrogeno, ossigeno e azoto.

### **Trattamenti di ricottura**

Consistono in un riscaldamento del materiale al di sotto della temperatura di transizione  $\alpha-\beta$  (883 °C per il titanio puro e superiore nelle forme legate); pur non comportando modificazioni nella microstruttura del materiale mirano al riassetto del reticolo cristallino deformato e consentono di rimuovere le tensioni accumulate durante i processi di formatura per deformazione plastica.

### **Trattamenti di bonifica (tempra e invecchiamento)**

Prevedono delle trasformazioni di fase che si ottengono:

- riscaldando il materiale oltre la temperatura di transizione  $\alpha-\beta$  con una permanenza di 10-30 minuti nel campo di stabilità bifasico ( $\alpha+\beta$ ) o monofasico ( $\beta$ );
- raffreddando rapidamente il materiale (tempra eseguita in acqua, olio o aria) in modo che parte della fase  $\beta$  metastabile non abbia il tempo di ritornare alla configurazione stabile a rimanendo 'intrappolata' nel reticolo cristallino anche a temperatura ambiente; l'operazione può essere



modulata mediante il controllo di temperature, tempi di permanenza e velocità di raffreddamento e migliora la resistenza a trazione, snervamento e modulo elastico, riducendo la duttilità.

Il trattamento si completa con un successivo nuovo riscaldamento (sotto la temperatura di transizione) seguito da un raffreddamento lento (invecchiamento). In tal modo, combinando tempra ed invecchiamento, si ottengono ottime proprietà meccaniche (resistenza a trazione superiore ai 1000 Mpa) con buone doti di duttilità.

### **Trattamenti superficiali**

Limitandosi a ricoprire solo strato superficiale con materiali di riporto dalle specifiche caratteristiche non modificano direttamente le caratteristiche morfologiche o microstrutturali del materiale di base ma consentono di ottenere elevatissime proprietà limitatamente a qualche micron nella zona dove queste sono richieste.

### **Rivestimenti**

L'ottenimento di rivestimenti di elementi in titanio (dello spessore variabile da pochi a centinaia di micron), richiesti nella produzione di particolari componenti meccanici e miranti soprattutto all'ottenimento di una maggiore resistenza all'usura, stante la stabilità superficiale del materiale, risultano particolarmente complessi e spesso, necessitando nell'esecuzione di temperature elevate, producono alterazioni che riducono altre caratteristiche quali la resilienza, la resistenza a fatica o la resistenza alla corrosione ad altre temperature.

## **ESPERIENZE**

Il titanio, quale metallo impiegato nel restauro per scopi strutturali, risulta particolarmente idoneo per la spiccata resistenza all'ossidazione e alla corrosione, per la dilatazione termica compatibile con quella dei materiali murari nonostante risulti meno resistente e rigido dell'acciaio. Certamente è stato considerato materiale d'elezione per gli interventi in area archeologica dove si può considerare abituale la diretta esposizione alle intemperie o deve prevedersi una scarsa protezione e una manutenzione ridotta; in tali situazioni, la stabilità e la compatibilità fisica rendono gli inserti in titanio particolarmente adatti alle operazioni di ricucitura, di connessione e collegamento, di contenimento, spesso necessarie per la conservazione dei beni ruderizzati; in questo senso sono sovente adottati per la realizzazione di cerchiature, di incatenamenti, di armature, interne o esterne al corpo murario e alle pietre da consolidare o rinforzare, sia con finalità statiche sia antisismiche.

La connessione con la pietra o la muratura (generalmente di modeste qualità meccaniche rispetto ai metalli) comporta, nel rapporto con un materiale di ottima resistenza, problemi di delaminazione o di distacco dal supporto (problema riferibile peraltro anche all'acciaio) in cui l'anello debole della catena è costituito dalla muratura adiacente all'inserto metallico. La commercializzazione delle barre lisce consiglia la realizzazione di dispositivi per il miglioramento dell'aderenza, ove necessaria, o l'uso di barre zigrinate per migliorarne l'aderenza al materiale circostante d'ancoraggio che tuttavia si suppone di buona qualità (in certi casi costituito da resine); più dubbia è la capacità di tenuta delle zone originarie circostanti. La supposta capacità dell'ancoraggio, influenzata dalle caratteristiche del supporto, deve essere dunque indagata con prove specifiche specie se la sua tenuta fosse ritenuta essenziale. Per le barre di titanio inserite in malta, sembra emergere una minore capacità di aderenza rispetto a quella dell'acciaio in analoghe condizioni; tuttavia l'ancoraggio migliora con l'impiego di resine epossidiche (fig. 11).

Si ricorda che talvolta il titanio in lamine viene impiegato come strato protettivo per i consolidamenti realizzati con materiali più adatti al caso specifico ma anche più esposti agli agenti deterioteni (ad esempio, come protettivi delle FRP).

Per meglio illustrare le possibili applicazioni si menzionano alcune esperienze che hanno visto il titanio protagonista in interventi per la conservazione e il consolidamento strutturale di notevoli monumenti storici.

Venezia, Campanile di San Marco; disposizione di barre dinamometriche in titanio sul masso di fondazione ([fig. 12](#)).

Perugia, Fontana Maggiore, restauro della fontana; sostituzione del ferro piombato originario, già precedentemente soppiantato da elementi d'acciaio ([fig. 13](#)).

Atene, Acropoli, Ereteo e altri edifici; sostituzione delle armature grappe e ferri ossidati con elementi in titanio, inserimento di barre in titanio ([fig. 14](#), [fig. 15](#), [fig. 16](#), [fig. 17](#), [fig. 18](#)).

Roma, Colonna Antonina; sostituzione degli elementi in ferro con elementi in titanio ([fig. 19](#), [fig. 20](#), [fig. 21](#), [fig. 22](#)).

Roma, Tempio Rotondo; cerchiaggio gonfiato ([fig. 23](#), [fig. 24](#)).

Roma, Terme di Diocleziano, colonne del Grande Chiostro; cerchiatura con fascia in titanio ([fig. 25](#), [fig. 26](#)).

Selinunte, Trapani, Tempio C; cerchiatura con fascia in titanio e strati elastometrici intermedi in neoprene ([fig. 27](#)).

Assisi, portico della Piazza Inferiore della Basilica di San Francesco; sostituzione delle catene con tiranti e arpesi d'ancoraggio in titanio.

Assisi, Basilica di San Francesco; dispositivi SMAD ([fig. 28](#), [fig. 29](#), [fig. 30](#), [fig. 31](#), [fig. 32](#), [fig. 33](#)).

Foligno, Perugia, Cattedrale di S. Feliciano; dispositivi antisismici in lega a memoria di forma ([fig. 34](#), [fig. 35](#)).

Trignano, San Martino in Rio, Reggio Emilia: Chiesa di San Giorgio; barre in acciaio post tese, con dispositivi SMAD ([fig. 36](#)).

Pompei, via dell'Abbondanza, Regio IX; consolidamento delle superfici musive ([fig. 37](#), [fig. 38](#), [fig. 39](#), [fig. 40](#), [fig. 41](#)).

Pompei, via dell'Abbondanza, Regio IX; sistema "intelligente" di protezione, progettato con lastra in policarbonato e sistema mobile con molle SMA per il controllo del microclima.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI (PER LE IMMAGINI)

Lambusier L. 2008; Borri A., Corradi M. 2007; Scalzotto D. 2000; Baggio C., Ortolani F. 1989, pp. 78-81; Giuffrè A., Martines G. 1989, pp. 45-50; Cosenza E., Fabbroncino G., Manfredi G. 2005; Casiello S., La Regina F., Picone R. 2005; Filetici M G., Baggi C., Brunori P., Giuffrè M.T., Marnetto R., Pelletti M. 1999, pp. 347-356; Marconi P., Pugliano A. 1999; Leonelli P., Struzzi M., Giandomenico N., Magro P. 2002; Castellano M.G., Infanti S., Indirli M., Tirelli D., 2000; Indirli M. 2000; Centroni C., Rocchi P. 2005; Mecchi A.M., Luvidi L., Borrelli E. 2010, pp. 30-38; Kourkoulis S. K., Ganniari-Papageorgiou E. 2010; Ioannidou M. 2006; Mallouchou-Tufano F. 2007; Tanoulas T. 2007; Muller I., Musolff A., Santopuoli N., Seccia L. 2003, pp. 235-241; Santopuoli N. 2006; Santopuoli N., Seccia L., Troiani E., Virgili V. 2006, pp. 145-175;

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

BAGGIO C., ORTOLANI F., 1989, *L'uso del titanio nel restauro della colonna antonina*, in "Bollettino della Biblioteca della Facoltà di Architettura dell'Università di Roma La Sapienza", XVIII, n. 40-41, Gangemi Editore, Roma

BORRI A., CORRADI M., 2007, *L'uso di barre in titanio nel miglioramento sismico degli edifici: problemi di aderenza* in Atti del XII Convegno Nazionale dell'ANIDIS "L'Ingegneria sismica in Italia", Pisa 10-14 giugno 2007

CASTELLANO M.G., INFANTI S., INDIRLI M., TIRELLI D., 2000, *Dispositivi in Lega a Memoria di Forma per la protezione sismica delle strutture monumentali*, Atti del 28° Convegno Nazionale AIM, Milano, 8-10 novembre 2000

CENTRONI C., ROCCHI P., 2005, *Fratello terremoto. Il salvataggio, il restauro architettonico e il consolidamento della Basilica Patriarcale di San Francesco in Assisi*, Edizioni PRE Progetti, Roma

COSENZA E., FABBRONCINO G., MANFREDI G., 2005, *Ingegneria concorrente per la salvaguardia dei beni architettonici, storici e archeologici*, in AVETA A., CASIELLO S., LA REGINA F., PICONE R., (a cura di), 2005, Atti del Convegno "Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali", Napoli, 31 marzo-1 aprile 2003, Mancuso Editore, Roma

- FILETICI M.G., BAGGI C., BRUNORI P., GIUFFRÈ M.T., MARNETTO R., PELLETTI M., 1999, *Anelli ed intarsi per la sicurezza del Tempio rotondo. Progetto, sperimentazione e posa in opera dei nuovi sistemi di consolidamento*, in SEGARRA LAGUNES M.M., (a cura di), Atti del III Convegno ARCo "Manutenzione e recupero nella città storica. Conservazione e sicurezza", Roma 7-8 maggio 1999, Fratelli Palombi Editori, Roma
- GIUFFRÈ A., MARTINES G., 1989, *Impiego del titanio nel consolidamento del capitello della Colonna Antonina*, in GIMMA L. (a cura di), 1989, Atti del Convegno e mostra di Roma "I materiali metallici negli interventi di restauro e recupero edilizio", maggio 1989, Beta Gamma, Roma
- INDIRLI M., 2000, *L'applicazione pilota dei dispositivi in Lega a Memoria di Forma: il Campanile della Chiesa di S. Giorgio a Trignano*, Atti del 28° Convegno Nazionale AIM, Milano, 8-10 novembre 2000
- IOANNIDOU M., 2006, *Seismic action on the Acropolis monuments*, in "The Acropolis Restoration News", n. 6, luglio 2006
- KOURKOULIS K., GANNIARI PAPAGEORGIOU E., 2010, *Restoring fragmented marble epistyles: Some critical points*, in "Journal of Cultural Heritage", n. 11, 2010
- LAMBUSIER L., *Tecnologie avanzate nel restauro*, Tesi di Dottorato, Ciclo XXI, 2005/2008, Storia e Restauro dell'Architettura, sez. B. Università di Roma La Sapienza, Facoltà di Architettura, Relatore: prof. S.A. Curuni
- LEONELLI P., STRUZZI M., GIANDOMENICO N., MAGRO P., 2002, *La Piazza di San Francesco in Assisi. Storia. Significati. Restauri*, Casa Editrice Francescana, Assisi
- MALLOUCHOU TUFANO F., 2007, *The restoration of the Erechteion: 20 years later*, in "The Acropolis Restoration News", n. 7, luglio 2007
- MARCONI P., PUGLIANO A., 1999, "Il restauro della Fontana Maggiore di Perugia. Aspetti teorici e pratici nello svolgimento di un progetto di qualità", in SEGARRA LAGUNES M. M., (a cura di), 1999, Atti del III Convegno ARCo Manutenzione e recupero nella città storica. Conservazione e sicurezza, Roma, 7-8 maggio 1999, Fratelli Palombi Editori, Roma
- MECCHI A.M., LUVIDI L., BORRELLI E., 2010, *Azione fotocatalitica del biossido di titanio: applicazioni nei materiali da costruzione e possibile impiego nei beni culturali*, in "ARKOS", n. 23, aprile-giugno 2010, pp. 30-38
- MULLER I., MUSOLFF A., SANTOPUOLI N., SECCIA L., 2003, *Shape memory alloys for the conservation of cultural heritage: new applications also for a real reversibility in the restoration operation*, in "Scienza e Beni Culturali", XIX, Edizioni Arcadia Ricerche, 2003
- SANTOPUOLI N., 2006, *Pompei. Restauri degli affreschi e delle scritte elettorali di via dell'Abbondanza*, in "Restauro e Conservazione", n. 66, 2006
- SANTOPUOLI N., SECCIA L., TROIANI E., VIRGILI V., 2006, *Utilizzo dei materiali a memoria di forma per il restauro delle superfici musive ed il consolidamento di paramenti murari*, in Atti della Giornata di Studio "Rilievo, modellazione e restauro di murature antiche: il caso dell'Insula del Centenario a Pompei", Bologna 16 settembre 2005, ARNONE, Edizioni THYRUS, 2006
- SCALZOTTO D., *San Marco, il campanile pende: cintura in titanio*, in [www.patrimoniosos.it](http://www.patrimoniosos.it)
- TANOULAS T., 2007, *La restauration des Propylées*, in "Patrimoines, revue de l'Institut du patrimoine", n. 3, 2007

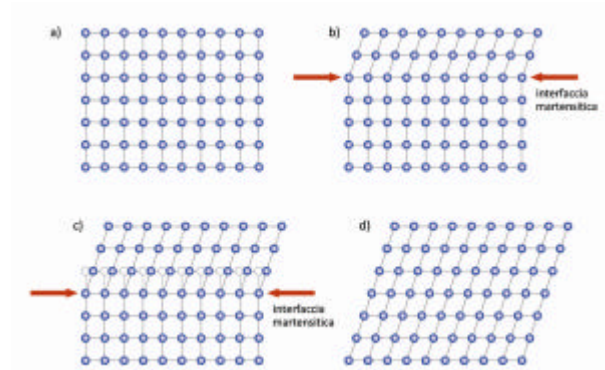


Fig. 1 • Schematizzazione bidimensionale della trasformazione di fase da austenite a martensite, dove in (a) si ha solo austenite e in (d) completamente martensite. Lo spostamento atomico (c) avviene su distanze brevi, tali da non comportare la rottura dei legami chimici. A sinistra: l'applicazione, ad esempio, di uno sforzo di taglio produce un movimento dei bordi di geminazione nella martensite, con il risultato di un cambiamento macroscopico della forma geometrica passando da (a) a (c); il materiale si deforma nella direzione più coerente con la tipologia di sforzo subito.

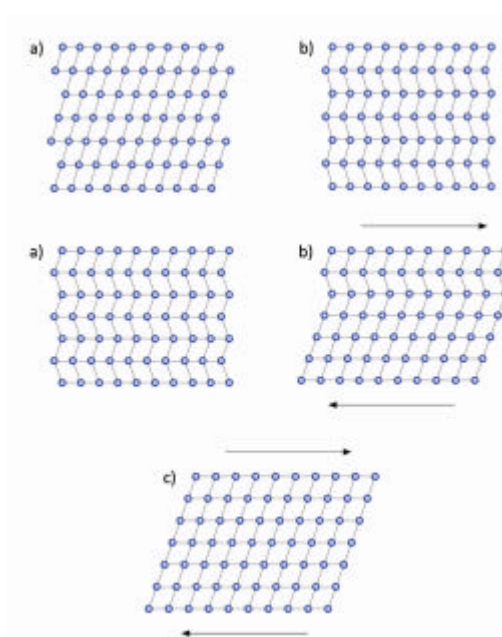
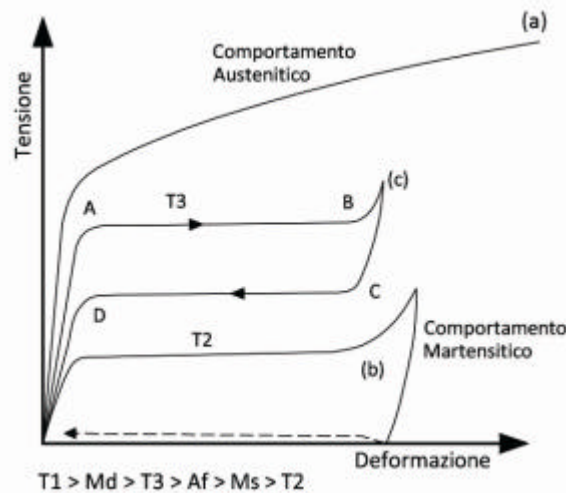
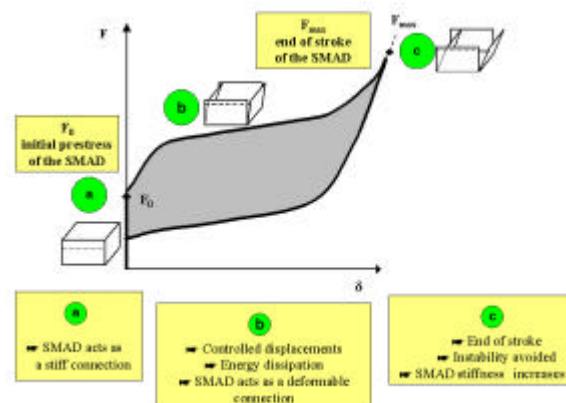


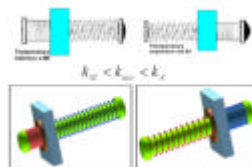
Fig. 2 • Rappresentazione schematica dello slittamento atomico (a), a carattere permanente, o della geminazione (b), reversibile, con cui gli atomi si risistemano nei passaggi di fase.



- Fig. 3 • Curve sforzo-deformazione per la stessa lega a memoria di forma a tre diverse temperature.
- (a) Per  $T > M_d$ , non si può avere *Stress Induced Martensite*: il comportamento dell'austenite (fase stabile) è un normale comportamento elastoplastico.
- (b) per  $T < M_s$  la fase stabile è la martensite (e non l'austenite) e, pertanto, anche in questo caso non si può avere superelasticità.
- (c) Per temperature comprese tra  $A_f$  ed  $M_d$  si manifesta il fenomeno della superelasticità.



- Fig. 4 • È evidenziato il comportamento di un dispositivo che modula la propria rigidezza in funzione delle differenti forze applicate. Il tratto iniziale a del grafico corrisponde ad un comportamento rigido ed elastico, corrispondente a quello di una tradizionale catena di acciaio; nel tratto (b) il dispositivo controlla gli spostamenti, abbassando la propria rigidezza; nel tratto (c) il dispositivo aumenta la propria rigidezza alla forza massima, raggiunta la quale si instaurano condizioni di instabilità. Al cessare delle sollecitazioni si osserva il recupero dell'originaria configurazione.



- Fig. 5 • Altro dispositivo formato da due molle in opposizione (una realizzata con lega a memoria di forma e l'altra in acciaio) che sostengono la lastra di policarbonato, rappresentato in sezione e in viste tridimensionali. L'equilibrio tra le due molle, variabile al modificarsi della rigidezza dell'elemento a memoria di forma in funzione delle temperature ambientali, consente alla lastra di avvicinarsi o allontanarsi dalla parete, come desiderato al fine dell'ottimizzazione delle condizioni conservative.

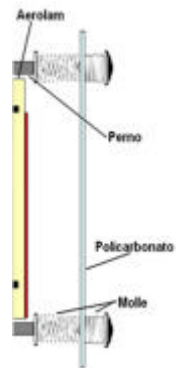


Fig. 6 • Sezione del sistema “intelligente” di protezione per il controllo del microclima.

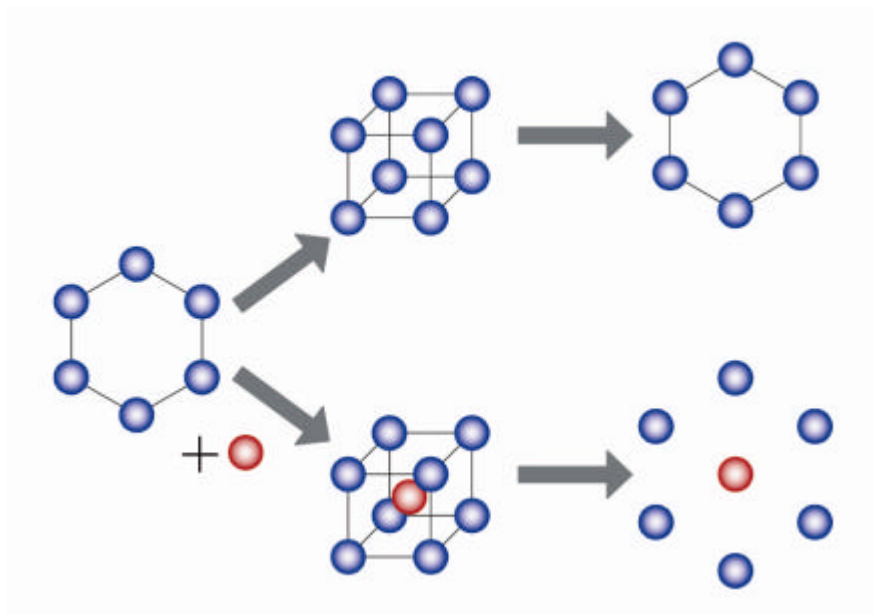


Fig. 7 • Fenomeno dell'infragilimento a caldo del titanio, tipico nei processi di saldatura condotti in atmosfera non controllata. Nella sequenza in basso, la presenza dell'impurità (atomo di ossigeno, azoto o idrogeno) comporta la rottura dei legami metallici tra gli atomi di titanio durante il raffreddamento.





Figg. 8 e 9 • Tipiche attrezzature, disponibili in commercio, per la saldatura di componenti in titanio di medio piccole dimensioni. Nella camera stagna, in cui viene immesso il gas inerte, l'operatore può manovrare inserendo le mani nei fori che, mediante i guanti, non consentono la fuoriuscita del gas e delle parti sottili prodotte dalla lavorazione. La saldatrice ed altri utensili si trovano già all'interno della macchina. La saldatura è attualmente eseguibile con tre procedure standardizzate illustrate in fig. 8.

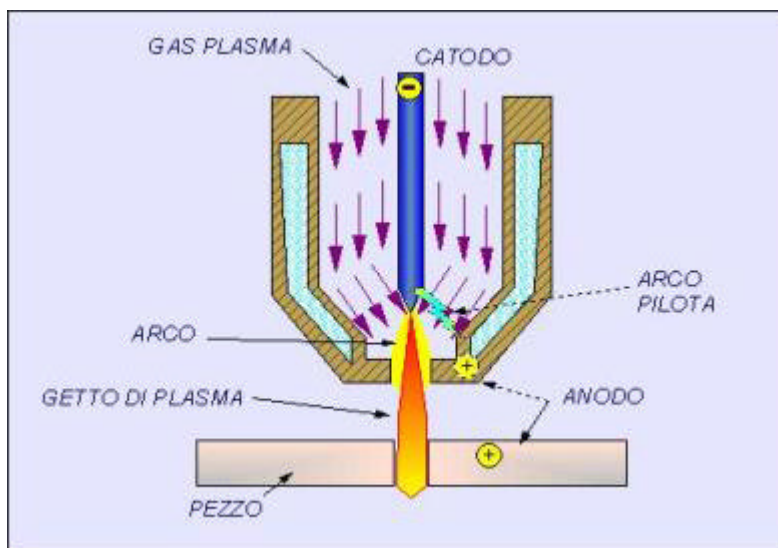


Fig. 10 (a) Schema della saldatura al plasma ovvero per formazione di un fluido ad altissima temperatura che unisce le parti.



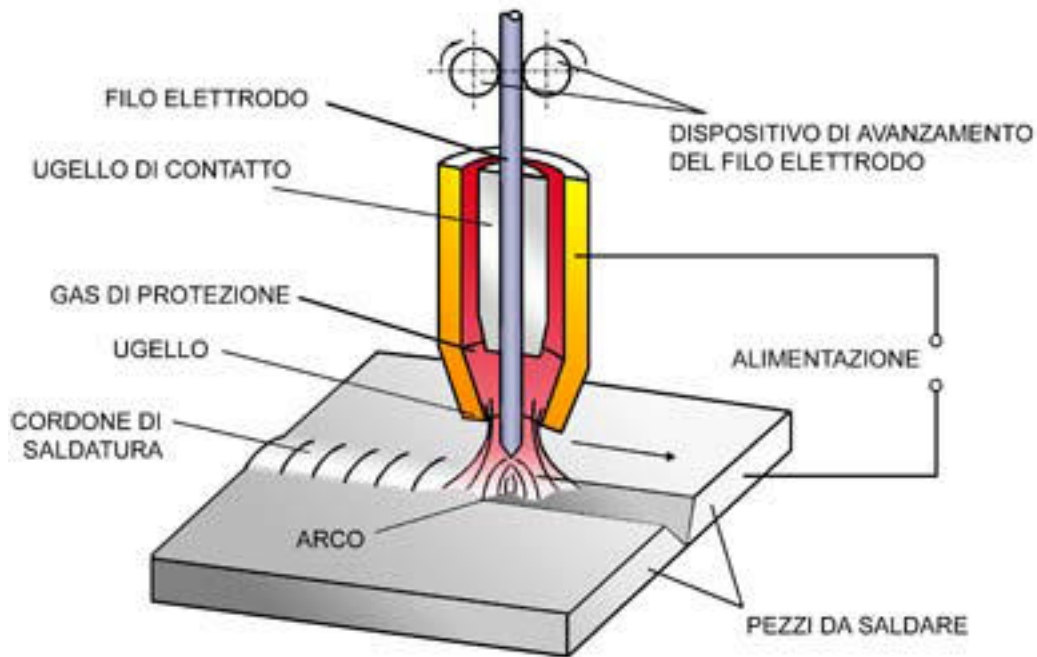


Fig. 10 (b) Schema del procedimento di saldatura MIG, senza materiale di apporto.

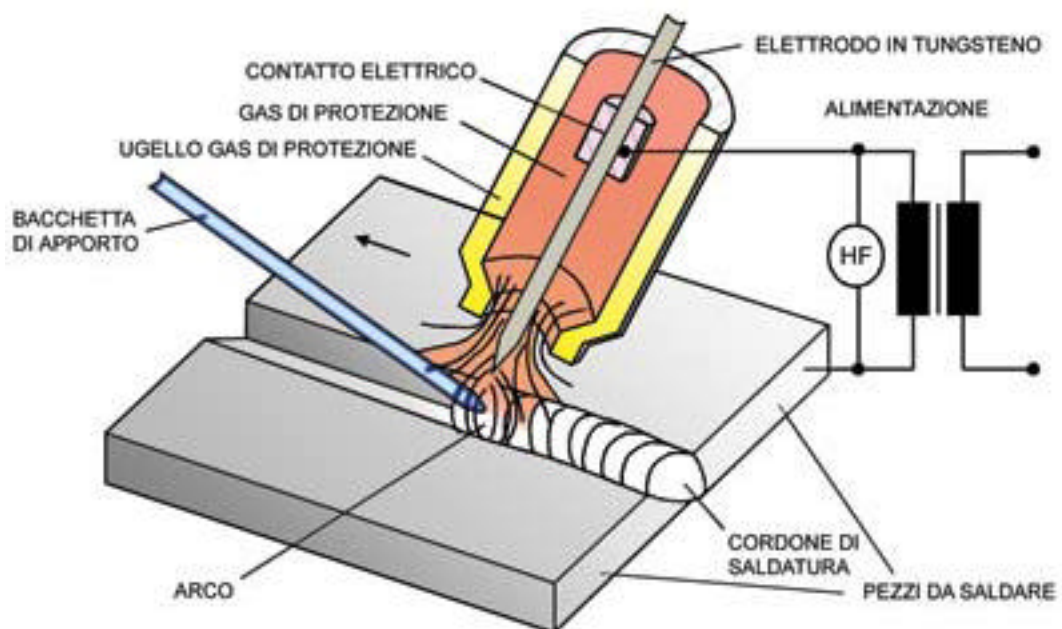


Fig. 10 (c) Il più utilizzato procedimento di saldatura, TIG, che prevede l'impiego di materiale d'apporto: l'elettrodo è coassiale alla torcia e tra i due fluisce il gas inerte di protezione. Il materiale d'apporto è costituito dalla barretta che viene avvicinata alla parte terminale della torcia (fonte: European Aluminum Association).

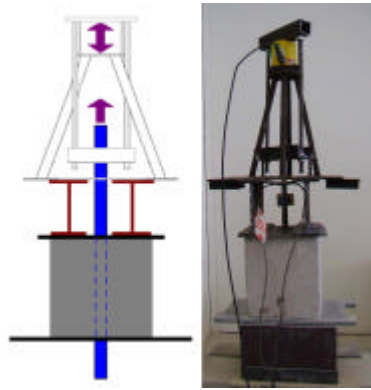


Fig. 11 • Schema di funzionamento e immagine del dispositivo adottato per la prova di sfilamento di una barra di rinforzo inserita (passante e non) in un blocchetto di calcestruzzo.

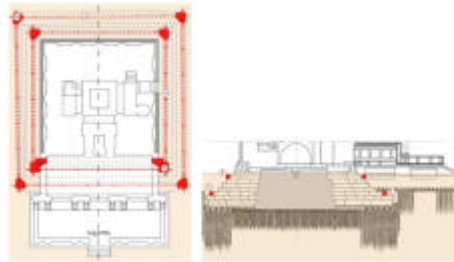


Fig. 12 • Venezia, Campanile di San Marco, disposizione delle barre dinamometriche in titanio nel masso di fondazione localizzate nella planimetria e nella sezione: 1) barre dinamometriche; 2) elementi angolari per l'ancoraggio delle barre.



Fig. 13 • Perugia, Fontana Maggiore: il restauro della fontana ha previsto l'impiego di materiali moderni tra cui le FRP e il titanio, utilizzato in sostituzione del ferro piombato originario (già precedentemente soppiantato da elementi d'acciaio) e, sotto forma di lamine, per proteggere le stesse fibre.

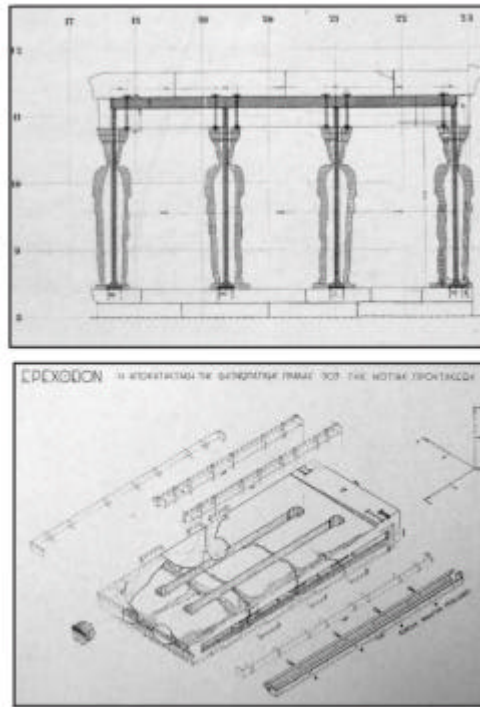
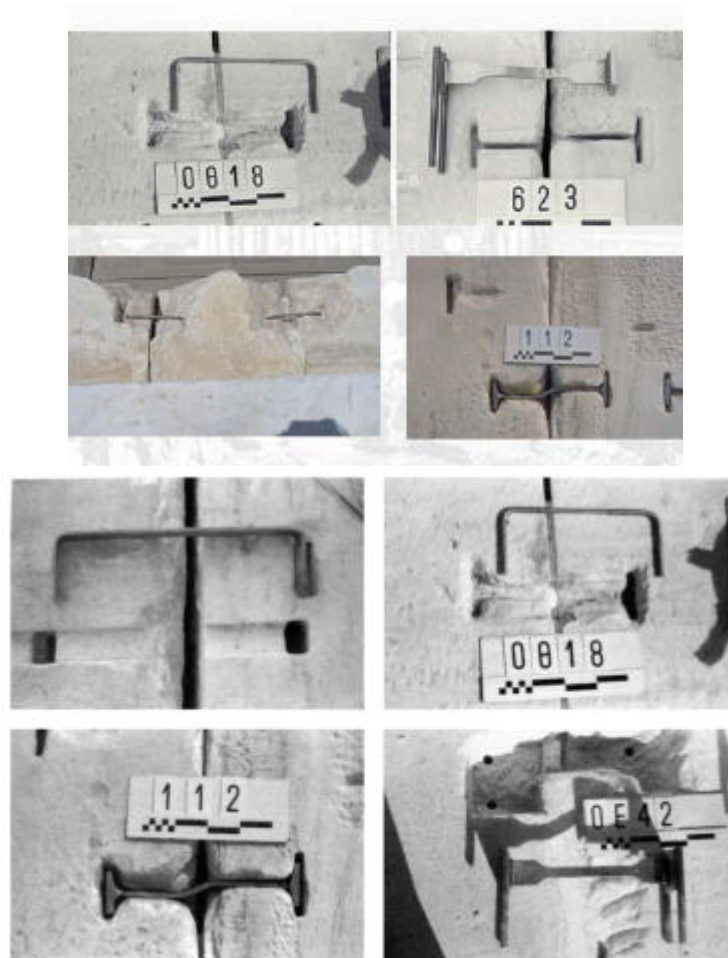


Fig. 14 • Disegni di progetto relativi ai rinforzi in titanio usati nel restauro dell'Eretteo di Atene, uno dei primi interventi con l'adozione di questo metallo.



Fig. 15 • Fotografie di cantiere riprese durante le operazioni di restauro dell'Eretteo, 1979-1987.



Figg. 16 e 17 • Nuove grappe in titanio.



Fig. 18 • Immagine delle operazioni di giunzione di due elementi marmorei.



Figg. 19 e 20 • Roma, Colonna Antonina. Immagini del capitello rinforzato con una gabbia metallica, adottata in passato per far fronte alla presenza delle fratture rappresentate nello schema assometrico di fig. 20. Negli stessi anni dell'esecuzione dell'intervento sull'Eretteo, elementi di titanio vennero adottati sulla colonna Antonina per sostituire quelli di ferro imposti da Fontana.

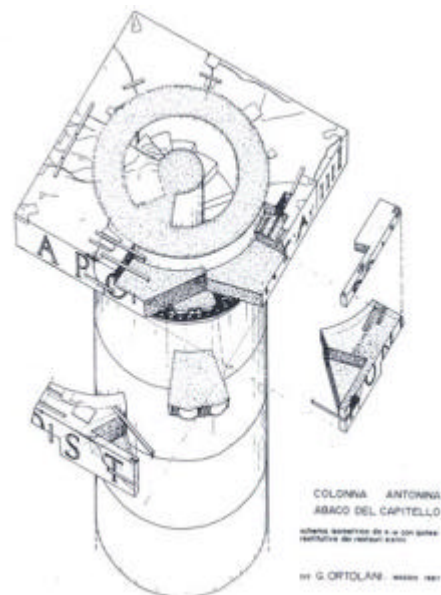


Fig. 21 • Schema assometrico dell'intervento.







Figg. 25 e 26 • Roma, Terme di Diocleziano, Grande Chiostro. Intervento di cerchiatura su alcune colonne di travertino con fasciature in titanio: vista su una colonna e dettaglio della particolare soluzione di serraggio della fascia.





Fig. 27 • Selinunte (Trapani), Tempio C. Intervento di cerchiatura con fascia in titanio e strati elastometrici intermedi in neoprene.



Fig. 28 • Assisi, Basilica di San Francesco. Copertura oggetto degli interventi succedutisi al sisma del 1997.



Fig. 29 • Dispositivi di vincolo realizzati con leghe a memoria di forma assiali “multi plateau”.



Fig. 30 • Assisi, Basilica di San Francesco, posa in opera dei dispositivi SMAD.



Fig. 31 • Assisi, Basilica di San Francesco. Dettaglio della intersezione tra copertura e muro di facciata in cui sono stati posizionati i vincoli ottenuti con i dispositivi SMAD.



Fig. 32 • Dispositivi in NiTrol “single plateau”.

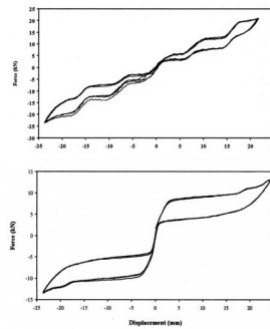


Fig. 33 • Diagrammi forza-spostamento risultanti dal test per la determinazione degli spostamenti controllati; sopra diagramma relativo a un dispositivo “multi plateau”; sotto diagramma relativo a un dispositivo “single plateau”.

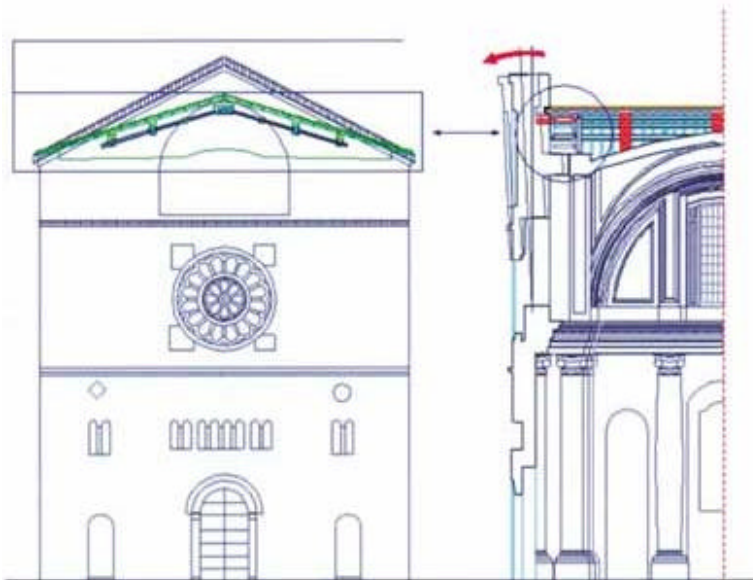


Fig. 34 • Foligno, Perugia, Cattedrale di S. Feliciano. Schema dell'intervento che prevede l'inserimento dei dispositivi di vincolo tra facciata e strutture del tetto.

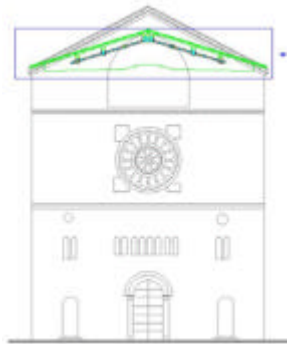


Fig. 35 • Foligno, Perugia, Cattedrale di S. Feliciano. Dettaglio della struttura metallica necessaria all'ancoraggio dei presidi antisismici, tra la struttura del tetto e la muratura.

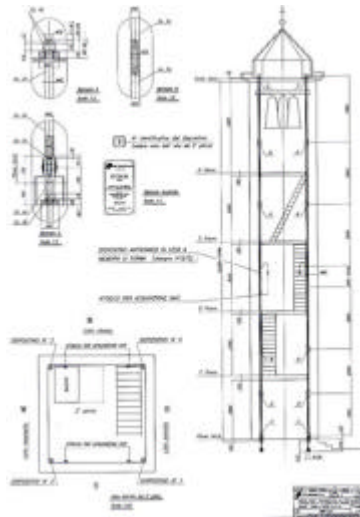


Fig. 36 • Trignano, San Martino in Rio, Reggio Emilia, Chiesa di San Giorgio. Progetto di 4 barre in acciaio post tese, con dispositivi SMAD; in alto particolare dell'attacco in sommità; sotto il dispositivo SMAD e in basso il particolare dell'attacco in fondazione.



Fig. 37 • Dispositivi in SMA sperimentati per il consolidamento di superfici musive e per sostenere parti di mosaico distaccate. Si tratta di arpioni in titanio da inserire piatti (minimizzando le dimensioni dei fori), per poi ottenere in opera la configurazione alettata per effetto "memoria di forma".



Fig. 38 • Modellazione del dispositivo.

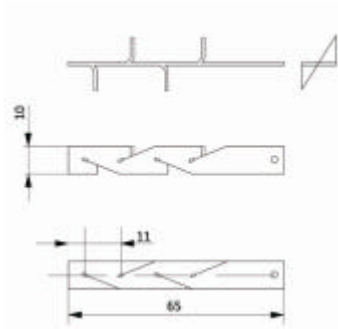


Fig. 39 • Rappresentazione grafica del dispositivo nelle diverse fasi. In basso: dispositivo in fase martensitica, ossia deformato a basse temperature (deformazione plastica); in questa fase il dispositivo ha le “alette” chiuse, e appare come una sottile piastra. In alto: dispositivo in fase austenitica, ossia a temperatura ambiente, in cui le “alette” sono aperte (forma memorizzata).

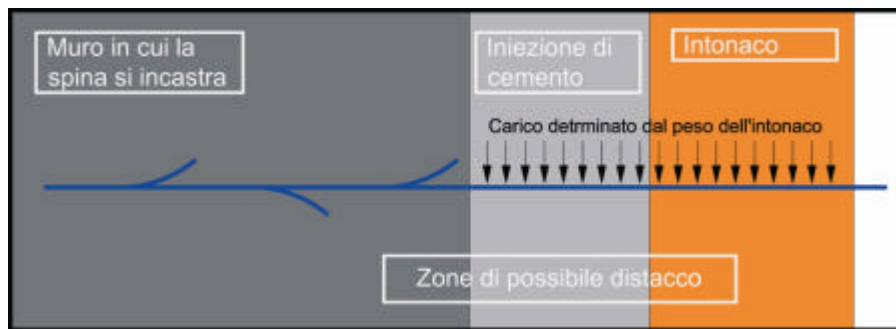


Fig. 40 • Schema di applicazione del dispositivo per il consolidamento delle superfici affrescate e dell'intonaco distaccato.



Fig. 41 • Strumento per vincolare le “alette” e impartire loro, tramite il *training*, la forma da ricordare.

## LE INTEGRAZIONI IN ARCHITETTURA

### Sommario

INTEGRAZIONI E LACUNE

LE LACUNE IN ARCHITETTURA

LE TECNICHE DI INTEGRAZIONE

Questa sezione raccoglie un gruppo di tecniche che hanno in comune la funzione di aggiungere materia, risarcire perdite, aggregare parti mancanti. Tale funzione è comunemente designata come “integrazione”, a significare, come indicherebbe l’origine della parola, l’atto del ridare integrità, interezza a un oggetto incompleto, perché ha perduto frammenti costitutivi o perché non è stato portato del tutto a termine in qualche sua parte, risultando in tal modo lacunoso. L’idea dell’integrazione, dunque, è strettamente connessa con quella di lacuna, mancanza. Non a caso, il termine “lacuna” o “laguna”, dal latino *lacus* (lago) e dal greco *lâkos* (fossa) e *lâgon* (cavità), indica un vuoto, un’assenza.

### INTEGRAZIONI E LACUNE

Per chiarire il concetto di integrazione e comprendere il senso delle operazioni che ne derivano, è necessario, dunque, partire da quello di “lacuna”, perché il completare o il risarcire dipende evidentemente dalla natura dell’incompletezza e dagli obiettivi che l’azione dell’integrare persegue. La parola stessa, *lacuna*, si presta a diverse interpretazioni. Certo non è nuova, e non è specifica del lessico sull’architettura. È presente, per cominciare, nel linguaggio giuridico per indicare, ad esempio, un vuoto legislativo; in biologia, per designare spazi e cavità, microscopici o macroscopici, sprovvisti di pareti proprie istologicamente differenziate; in fisica, per la mancanza di un elettrone nella struttura di un atomo; in cristallografia, dove le lacune sono anche definite *posizioni atomiche vacanti* o *vacanze*, e in altre discipline, sempre col significato di “mancanza”, e senza implicare necessariamente un’azione rivolta ad aggiungere o a completare. La lacuna, in tali contesti, è semplicemente un fenomeno, un fatto accertato e, come tale, assume valore meramente cognitivo, utile alla descrizione scientifica, e non determina necessariamente una qualche attività immediata, conseguente alla sua scoperta. Già in ambito letterario, i vuoti di parole, di righe e di pagine in un testo, ne evocano la completezza, suscitando, in questo caso, l’idea di intervenire con un atto interpretativo volto a ricostituire, almeno idealmente, l’interezza del testo stesso e il suo significato. Qui, ad ogni modo, “lacuna” conserva un profilo semantico chiaro, in quanto identifica senza ambiguità la natura di ciò che è assente, vale a dire un certo numero di parole o di grafemi.

In pittura e in scultura il termine si applica essenzialmente alla mancanza di frammenti figurativi, più o meno estesi, e da tale circostanza hanno origine le sollecitazioni a “trattare”, a “colmare”, a “integrare”, appunto, i vuoti lacunari, chiamando esplicitamente in causa il restauro. La mancanza, cioè, costituisce un’anomalia che reclama un qualche intervento di riparazione, un rimedio, perché il fatto non si limita ad avere semplice valenza fenomenica, ma opera come agente negativo da rimuovere o almeno da neutralizzare. “La lacuna – scrive Brandi – è una interruzione del tessuto figurativo”<sup>1</sup>. Ma l’interruzione della continuità si impone a sua volta come “figura”: “La lacuna, infatti, avrà una forma e un colore, irrelativi alla figuratività dell’immagine rappresentata. S’inserisce, cioè, come corpo estraneo”<sup>2</sup>. Fin d’ora, quindi, la “assenza” determinante la lacuna si configura in qualche modo come “presenza”, ossia come “aggiunta” di forma, anche se con carattere di estraneità.

È interessante la distinzione, per la verità ambigua, proposta dalle Raccomandazioni Normal, tra *lacuna* e *mancanza*<sup>3</sup>. Qui, la *lacuna* è definita come “caduta o perdita di parti di un dipinto murale, con messa in luce degli strati di intonaco più interni o del supporto (v. anche *mancanza*)”, mentre per la *mancanza* si tratta, sempre secondo la medesima fonte, di: “caduta o perdita di parti. Il termine, generico, si usa quando tale forma di degradazione non è descrivibile con altre voci del lessico. Nel caso particolare degli intonaci dipinti si adopera di preferenza *lacuna* (v.)”. Secondo il lessico Normal, all’interno della categoria dei materiali lapidei entro cui dichiaratamente si colloca, la parola *lacuna* si applicherebbe, di preferenza, alle pitture murali o agli intonaci dipinti in quanto perdita di contenuto figurativo; mentre la *mancanza* indicherebbe, più genericamente, la perdita o l’assenza di materiale (sempre nella medesima categoria) non necessariamente connessa ai contenuti figurativi dell’opera. La distinzione è insidiosa, perché sembra escludere – o, quanto meno, pare sottovalutare – che anche le superfici e le masse lapidee dell’architettura sono dotate di una figuratività che è messa in giuoco dalle alterazioni materiali, e che ogni *mancanza* è anche, necessariamente, una *lacuna* che esercita quel ruolo di assenza/presenza messa in luce da Brandi. È poi il caso di aggiungere che, nella sfera delle componenti materiali e costruttive dell’architettura, ogni *mancanza* può costituire un potenziale rischio per la durata fisica della fabbrica, per la sua integrità materiale, per la sua efficienza statica o funzionale. Un intonaco caduto (non necessariamente dipinto), la perdita di malta tra i giunti dei conci, l’erosione accentuata delle pietre, ma anche la consunzione sino alla scomparsa di parti lignee o metalliche, oppure di strati pavimentali o di rivestimento, e altro ancora, sono tutte situazioni che implicano assenza di materia e al tempo stesso presenza di nuovi equilibri tecnico-costruttivi. Circostanza, questa, che nel campo delle arti figurative sembra pesare di meno, se non altro perché qui le opere non sono legate a problemi di funzione, di stabilità e di durata così gravi, sotto il profilo tecnico, come quelli presenti nell’architettura.

## LE LACUNE IN ARCHITETTURA

La dialettica assenza/presenza, lacuna/aggiunta, così pregnante in ambito figurativo, già annuncia la diade oppositiva conservazione/progettazione nel restauro architettonico, o quella più avvolgente e dilagante fra *antico* e *nuovo*. Il che non è senza motivo. Il senso della “lacuna” in architettura, infatti, si dilata ben oltre gli aspetti iconici della fabbrica, per includere le discontinuità della materia e di componenti costruttive, di parti più o meno estese dell’edificio, sino ai “vuoti” urbani e ai più remoti frammenti contestuali dell’architettura. Impossibile delimitarne i confini, anche perché in architettura ogni assenza può essere lacuna e, come ci ricorda Argan, “tutto significa, [...] anche le materie, le tecniche, i supporti, gli schemi tipologici o iconici, perfino lo stato di conservazione”<sup>4</sup>.

La lacuna, in sostanza, appartiene al destino stesso della fabbrica: è, per così dire, un suo permanente attributo. Dal momento stesso in cui l’artefice la consegna al mondo, l’architettura inizia il suo cammino verso la distruzione, esposta alle trasformazioni che l’uomo e la natura le impongono. La sua intera vita materiale è calvario verso la consunzione, vocazione per la lacuna. Ed è irrilevante se nel corso del tempo essa è esposta ai “guadagni” delle ricostruzioni o delle aggiunte. Le “aggiunte” non sono che un diverso volto della lacuna, come del resto ci suggerisce lo stesso Brandi quando indica che l’aggiunta può esser causa di mutilazione dell’unità estetica dell’opera e si identifica come perdita di compiutezza, e perciò come assenza<sup>5</sup>.

Strano destino: la lacuna, in quanto assenza, è testimonianza storica, come ci rammenta Argan, fonte di possibili significati testuali, dunque presenza positiva di valore documentale, oltre che negativa per la sua invasività figurale; ma ogni aggiunta, in quanto presenza ricoprente, è anche perdita di valenze testuali, quindi origine di lacuna. Molti restauri d’integrazione ci rivelano, del resto, quest’aspetto maligno dell’aggiunta, e non soltanto in quelle che consideriamo improprie, definendole talvolta superfetazioni, ma anche nelle reintonacature o nelle debordanti stuccature dei giunti, che sono imposte da ragioni di conservazione ma che finiscono col seppellire o cancellare antichi segni stratigrafici.

Che fare, dunque? Alla difficoltà di circoscrivere e delimitare il concetto di lacuna, almeno per l'architettura, si associa quella di desumerne atteggiamenti operativi corretti, di ricercare idonei strumenti e metodi di azione progettuale.

C'è ad esempio un modo di affrontare il problema che appartiene alla sfera dei saperi tecnici.

Qui, la lacuna è vista nei suoi aspetti eminentemente pratico-funzionali. Vale a dire che la mancanza

di frammenti di materia costruttiva può essere valutata, di volta in volta, come perdita di requisiti statico-strutturali, oppure di continuità fisica nei paramenti murari, diminuita protezione di una superficie, pericolosa esposizione al degrado e così via. Se la "diagnosi" è di natura esclusivamente tecnica, anche la "terapia" riveste il medesimo carattere. I limiti imposti dalle implicazioni di ordine storico e/o estetico che ogni intervento comporta sono tenuti a volte dichiaratamente in conto, ma svolgono un ruolo secondario, certamente subordinato all'obiettivo dell'efficienza tecnica. Per questo, le integrazioni fanno ricorso, ma non sempre, a opportuni accorgimenti, come la differenza del materiale aggiunto rispetto al preesistente, lo schematismo delle nuove forme che integrano le vecchie, la diversità della lavorazione delle superfici, la riconoscibile composizione di malte, di impasti e miscele, l'apposizione di marchi e segnali, l'introduzione di materiali delimitanti il confine delle lacune, la registrazione documentale e altro ancora. In tutti i casi, qui prevale un concetto di integrazione che non investe tanto l'immagine dell'opera, quanto la sua rimessa in efficienza, un'azione che Brandi attribuiva a uno schema preconcoettuale del restauro. Potremmo parlare di integrazione funzionale.

C'è poi il criterio dell'analogia formale, che punta all'unità dell'immagine ricostituita sulla base del lavoro critico, e che privilegia l'atto creativo subordinandone i modi tecnici di realizzazione.

Ciò che manca può essere ricostruito con fedeltà, sia pure dopo un'attenta analisi documentaria e un accurato lavoro di interpretazione o di immaginazione. La tecnica esecutiva sarà quella più adatta a garantire il risultato formale cercato. L'integrazione analogica cerca sicurezze nel lavoro storico e critico di base, ma si dà anche come autentico gesto creativo, dal momento che la ricomposta unità dell'immagine sta lì a testimoniare, con la sua palpabile evidenza, che *non poteva che essere così*, se si assume il criterio della coerenza formale tra il supposto "originario" e il ricostruito; oppure, che *non può che essere così*, se si ammette che il lavoro di attualizzazione è guidato dal talento interpretativo e progettuale dell'operatore. Le stesse forme storiche fungono da stampelle all'integrazione formale, legittimandola; mentre le tecniche ricostruttive possono essere quelle del nostro tempo, oppure, meglio, riprendere e imitare quelle antiche, a sancire che il processo rigenerativo può essere *totale* (perché investe la stessa costituzione materiale dell'opera), oltre che *autentico* (perché le conferisce nuova autenticità).

## LE TECNICHE DI INTEGRAZIONE

Quale può essere, allora, il ruolo delle tecniche qui descritte?

In primo luogo, quello di essere impiegate, appunto, come tecniche, vale a dire come un *mezzo* che acquista senso soltanto rispetto a una strategia generale che prevede con chiarezza il proprio bersaglio culturale. Riprendendo le riflessioni del saggio introduttivo a quest'opera, le tecniche indicano un *come* operare, strettamente connesso a un *perché* che ha origine nel progetto dell'intervento. Ciò vuol dire, semplicemente, che il gran numero delle soluzioni possibili offre un campo entro il quale la scelta non può essere guidata soltanto da criteri di efficienza – del resto mai così definibili e chiari come si vorrebbe –, ma deve scaturire da una valutazione complessiva delle ragioni che hanno innescato la necessità dell'intervento e degli obiettivi che con esso ci si prefigge di raggiungere. In altre parole, il repertorio di metodiche di questa sezione – ma ciò vale anche per tutte le altre – non serve a progettare gli interventi, ma soltanto a guidarne l'esecuzione, a offrire un quadro di riferimento entro il quale ogni progettista può muoversi avendo già deciso la direzione del progetto e conoscendo gli obiettivi scientifici che lo ispirano.

Così, ad esempio, la tecnica del *Risarcimento dei giunti di malta* descrive non un semplice procedimento, ma un insieme di operazioni che dipendono dalla natura dei supporti lapidei coinvolti, dai leganti e dal tipo di aggregati impiegati per le malte, dalle procedure della loro applicazione e dai risultati conseguibili al variare delle combinazioni tra tutti questi parametri.

Per averne cognizione precisa è sufficiente leggere con attenzione questa prima scheda della sezione, in tutti i suoi paragrafi, da quello sui *Principi funzionali di base* ai *Campi di applicazione*, dall'*Applicazione della tecnica* agli *Accorgimenti, varianti e limiti*. E le combinazioni possibili sono davvero numerose, se si tiene conto, oltretutto, delle altre versioni specifiche che possono essere generate dalle concrete circostanze operative o suggerite dall'esperienza dell'operatore, da prove sperimentali o dalla ricerca di particolari risultati. Tra questi ultimi, va considerata prioritariamente la tendenza, sempre più diffusa, a salvaguardare la leggibilità dei segni stratigrafici, ai quali è affidata ogni possibile interpretazione testuale della fabbrica e la cui alterazione costituisce di solito una perdita irrimediabile di valore documentale.

In altri termini, il risarcimento dei giunti di malta è un'operazione che ci obbliga a fare i conti con due aspetti conflittuali dell'intervento. Per un verso, infatti, l'integrazione svolge una funzione positiva di protezione che contribuisce a dare solidità e durevolezza alla fabbrica, magari conferendole anche un aspetto decoroso di ordine; per un altro verso, la stessa operazione tende inevitabilmente a coprire, a mascherare e talvolta a cancellare del tutto le tracce sulle quali il lavoro dell'archeologo si basa. Il conflitto non è insanabile e sono numerosi i casi di corretta soluzione del problema. Ma ciò comporta, appunto, considerare l'integrazione come un problema sempre nuovo, da affrontare nei suoi aspetti contraddittori, senza illudersi che vi siano soluzioni tecniche preconfezionate e utili per ogni circostanza.

Con tale ottica vanno esaminate e accolte le diverse procedure descritte nella sezione, anche, naturalmente, se si riferiscono a manufatti metallici, lignei, ceramici, musivi, tessili o altro.

## NOTE

1 C. Brandi, *Teoria del restauro*, Einaudi, Torino 1977, terza ediz., p. 18.

2 *Ibid.*

3 Normal 1/80, *Alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei: lessico*.

4 Cit. in G. Carbonara, *La reintegrazione dell'immagine*, Bulzoni, Roma 1976, p. 93.

5 C. Brandi, *Teoria del restauro*, op. cit., p. 43.



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica del risarcimento o ripresa dei giunti di malta di allettamento esistenti tra le pietre o i mattoni delle murature, o tra altri elementi costruttivi assemblati con l'uso di tale materiale, prevede l'integrazione delle porzioni di malta mancanti eseguita utilizzando e stendendo nelle mancanze impasti plastici dotati di resistenza analoga a quella del materiale preesistente e di caratteristiche fisiche (colore, grana, tessitura, rapporti clasti-matrice ecc.) analoghi o differenti in relazione alle intenzioni del progetto. L'impasto può essere realizzato, ad esempio, utilizzando composti a base di grassello di calce, sabbia e altri aggregati minerali di granulometria e colore simili a quelli contenuti nelle malte esistenti. La granulometria della sabbia, in particolare, incide sulla consistenza, sulla plasticità, sulla resistenza e sulla tessitura della nuova malta. È importante anche il colore degli inerti, perché da questo dipende come si percepirà visivamente il giunto reintegrato, sia nel caso si voglia ottenere un risultato mimetico, sia che si voglia invece marcare la differenza tra la nuova e la vecchia malta.

Va rilevato, tuttavia, che lo scopo principale dell'integrazione è di preservare la muratura da possibili ulteriori fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura muraria per impedire infiltrazioni o attecchimenti di vegetazione infestante, rafforzandone le proprietà statiche. L'integrazione della malta mancante nei giunti li rende inoltre più resistenti conferendogli una funzione di barriera alla penetrazione dell'acqua, all'attecchimento di vegetali e patine biologiche, ai depositi organici e inorganici.

Inoltre, va tenuto sempre presente che ogni integrazione comporta il rischio di seppellire o mascherare gli strati di malta antichi, oltre che di alterare i contorni di pietre e/o di mattoni che caratterizzano le apparecchiature murarie e che costituiscono un sistema di segni spesso indispensabile per le analisi archeologiche e stratigrafiche (fig. 1).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Gli strati di malta interposti fra i mattoni e tra le pietre delle murature, o tra altri elementi costruttivi, svolgono una duplice funzione: assicurano la coesione tra i blocchi, conferendo continuità e stabilità alla massa muraria e costituiscono una barriera alla penetrazione di liquidi e sostanze estranee al suo interno, preservandone la durata.

I giunti di una muratura o tra le mattonelle di una pavimentazione sono generalmente costituiti da malte a base di calce e hanno caratteristiche di resistenza, spesso ma non sempre, inferiori a quelle dei litoidi che collegano. Per questa ragione essi sono spesso i primi a cedere sotto l'azione degli agenti aggressivi. Le porzioni più esterne subiscono, allora, perdite più o meno consistenti di materiale e la loro funzione protettiva può essere fortemente diminuita.

In questi casi, si procede integrando i giunti di malta che appaiono interessati da mancanze o da fenomeni di erosione e decoesione, aggiungendo ad essi nuovo materiale che, unendosi a quello superstite, recuperi in tutto o in parte l'integrità funzionale del giunto e, tramite ciò, quella dell'intero elemento costruttivo di cui è parte essenziale.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

In generale, l'applicazione di questa tecnica prevede la sequenza di operazioni di seguito sinteticamente descritta.

1. Innanzitutto, devono essere rimossi, dal giunto che occorre risarcire, la polvere e i detriti, pulendone il fondo e le altre superfici di delimitazione, per eliminare eventuali patine che impedirebbero l'ancoraggio della nuova malta d'integrazione. I vecchi allettamenti possono essere puliti con stecche da stilatura e con scalpelli dentati da muratore, ma è bene evitare il ricorso a strumenti che li scalzino e provochino scheggiature.

L'impatto dello strumento sulla superficie del giunto deve avvenire con un angolo inclinato rispetto ad essa e non perpendicolarmente. Tutte le operazioni di pulitura devono tendere a lasciare l'interno del giunto privo di detriti o patine, ma con la superficie scabra, in modo da favorire un contatto efficace con la nuova malta (fig. 2).

2. Una volta preparato, il giunto deve essere ripassato con una spazzola e con un getto d'acqua pulita a bassa pressione, per fornire alla malta superstita e alle superfici contermini dei materiali la necessaria saturazione e l'inumidimento, essenziale per evitare che assorbano l'acqua della nuova malta pregiudicandone la presa.

3. Nel caso in cui si esegua l'integrazione dei giunti di una muratura, la polvere e tutti i materiali incoerenti presenti sulle sue superfici devono essere rimossi, prima di ogni altra operazione, procedendo dalla sommità verso il piede dello stesso. Questo per evitare che detriti e polveri si depositino sulle parti già pulite. In presenza di alghe e licheni è necessario integrare la pulizia con un trattamento teso a eliminare le alterazioni di natura biologica (v. DSZ 04 - Eliminazione vegetazione inferiore mediante trattamenti chimici).

4. Prima di procedere all'integrazione dei giunti è necessario proteggere le superfici non trattate con una pellicola protettiva o con un telo, per evitare che esse siano sporcate. La protezione è necessaria soprattutto se vi sono serramenti, aree ornamentali, materiali non lapidei, ecc. adiacenti al punto in cui si interviene.

5. Una volta pulito e inumidito, con un getto d'acqua, il giunto da risarcire, si applica ad esso, per tutta la larghezza e la profondità, la nuova malta utilizzando una piccola cazzuola o ferri lunghi e stretti in grado di raggiungere tutti i vuoti esistenti nel giunto. La malta può essere spinta nelle fessure anche con un'asticella o, se la dimensione del giunto lo permette, con il frattazzo da muratore, esercitando la massima pressione possibile per facilitare la presa della nuova malta su quella antica. Se i giunti da risarcire sono ampi e profondi, possono essere riempiti anche a spruzzo o con iniezioni, e in seguito stilati. La stilatura, ossia la compressione della malta nel giunto, ha il compito di farla penetrare in modo uniforme in tutta la profondità dell'interstizio.

6. La superficie esterna del giunto può poi essere portata allo stesso piano esterno del paramento oppure lasciata "sottolivello", evitando che la sua superficie esterna sia complanare a quella del muro o, addirittura, che debordi rispetto a essa, causando un'alterazione dei contorni nei blocchi lapidei o fittili.

7. Dopo che la malta ha iniziato il suo processo di presa, la si comprime e tira, con la punta della cazzuola o con la spatola, e si ripete l'operazione dopo 5-6 ore, d'estate, o dopo 24 ore, d'inverno, esercitando una leggera pressione con la punta della cazzuola piccola, per far uscire l'acqua in eccesso. Si ripete quest'operazione nell'arco di mezza giornata, fino a che il giunto appare compatto e senza crepe.

8. Appena la malta ha cominciato a indurirsi, ma quando è ancora modellabile, se richiesto dal progetto, la superficie esterna del giunto può ad esempio essere resa scabra con una spazzola di saggina, o con una leggera sabbiatura, oppure tamponandola con una tela di sacco ruvida. Si usa la spazzola di ferro quando la malta ha quasi terminato la presa.

Le spazzole non devono però essere strofinate sulla superficie, ma battute leggermente. Va tenuto presente che se questa tecnica è applicata troppo presto, rispetto ai tempi di presa, la nuova malta rischierà di essere rimossa; al contrario, se si opera troppo tardi, sarà difficile far rimanere impressi i segni desiderati, senza un'azione vigorosa che può danneggiare il giunto e le superfici circostanti. Si completa questa lavorazione con una spugna imbevuta d'acqua, per cancellare eventuali solchi

della spazzola e per rimuovere quei granuli distaccati che poi conferirebbero alla malta asciutta un aspetto polverulento.

Al termine delle operazioni, la zona d'intervento dovrebbe in ogni caso essere protetta dal sole diretto e dalla pioggia, fino a quando l'impasto sia completamente indurito ([fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#)).

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Uno dei problemi maggiori quando si devono integrare i giunti di una muratura antica, di un elemento architettonico o di una pavimentazione, è rappresentato dalla necessità di proteggerla dalla eventuale malta in eccesso che cola e si deposita sulle sue superfici esterne, a margine dell'area di intervento. Il numero e il genere delle operazioni richieste, infatti, rendono difficile il controllo del lavoro e non sempre l'operatore riesce a evitare di "imbrattare" le superfici circostanti l'area d'intervento, e ciò determina, a volte, complicati problemi di protezione che non di rado comportano significativi oneri aggiuntivi, di tempo e di costo.

Ad ogni modo, per rimuovere i residui di malta accidentalmente colati o caduti al di fuori del giunto da risarcire, è in genere sufficiente lavare e spazzolare la parte interessata, ma, in caso di necessità, può essere utile ricorrere all'impiego di una soluzione al 10% di acido cloridrico applicata sulla superficie del muro preventivamente bagnata per poi procedere al suo accurato lavaggio finale.

Un discorso a parte riguarda i giunti molto sottili, come ad esempio quelli esistenti fra le mattonelle di una pavimentazione, per i quali è di fatto impossibile parlare di stilatura.

Esistono tuttavia molti metodi per riempire e risarcire questi giunti e tutti richiedono una loro accurata pulizia preventiva, eseguita con una lama sottile munita di denti, oppure con un coltello ricurvo ([fig. 6](#)). La pulizia va poi completata iniettando acqua nel giunto, con una siringa ipodermica da 30 cc, fino a quando questa risulta pulita e priva di residui.

Talvolta, può anche essere necessario approntare alcuni accorgimenti che permettano di trattenere la malta all'interno del giunto, quando è inserita al suo interno, sotto forma di stucco molto fluido. L'armatura più semplice è in questi casi costituita da una corda incerata o da una stringa ricoperta di silicone. La corda deve essere arrotolata e utilizzata per contenere e spingere il composto sul fondo del giunto, servendosi di una lama di coltello.

Tra i metodi impiegati per risarcire giunti sottili di una muratura o di una pavimentazione si ricordano, in ogni caso, le seguenti soluzioni.

### *1° Iniezioni di malta*

Dopo la pulitura di preparazione, utilizzando una piccola cazzuola o una spatola, si sigilla la faccia esterna del giunto con 3-5 mm di malta, in modo che resti una sorta di camera vuota fra il fondo del giunto stesso e il piccolo cordolo di sigillatura esterna. Con una siringa ipodermica da 10 cc si inietta poi un composto contenente mattone polverizzato e grassello di calce liquido. L'impasto fluido può essere addizionato anche con una emulsione acrilica.

Si introduce quindi l'ago ipodermico, nel vano appena sigillato, e si inietta lentamente al suo interno lo stucco, in modo che esso riempi il vuoto e resti in esso "imprigionato", senza uscirne o debordarne. Ogni 150 mm, circa, si dovrebbero inoltre praticare alcuni fori per controllare l'immissione della malta e far uscire l'aria dal vuoto sigillato. Questi fori saranno successivamente chiusi con una piccola stuccatura e, il giorno seguente, la malta in eccesso potrà essere eliminata mediante un getto d'acqua e una spazzola.

### *2° Spruzzo*

Per le sue caratteristiche, questo sistema non è adatto alla stilatura di giunti molto sottili, perché non sono ancora disponibili beccucci che possano indirizzare con precisione la malta in modo che si inserisca entro giunti di spessore inferiore ai 5 mm. Nel 1986 sono state eseguite alcune prove di stilatura di giunti da 2 a 4 mm di altezza. Il beccuccio adottato per la malta era realizzato in quelle prove con un foglio di rame ricurvo e misurava 2 mm di spessore, 10 di larghezza e 25 di lunghezza. Terminata la preparazione, la pistola da spruzzo era caricata con un composto

costituito da 2 parti di stucco di calce e 1 parte di sabbia molto sottile. Il beccuccio era quindi inserito nel giunto e, attraverso di esso, si spruzzava la malta sul fondo del giunto da risarcire.

### 3° Sandwich di stucco

Tale metodo, utilizzato in Gran Bretagna, prevede il ricorso a due fogli di pellicola di plastica, approssimativamente di 150 x 25 mm, per i giunti orizzontali, e di 150 x 75 mm per quelli verticali. Lo stucco deve essere molto fine, preparato su di una lastra di vetro e lavorato con la punta della cazzuola o con una spatola. Esso deve essere steso con la cazzuola su uno dei fogli di plastica e ricoperto con il secondo per formare un sandwich. Il composto dovrebbe formare uno strato di 5 mm di spessore tra i fogli. Questo sandwich va introdotto nel giunto precedentemente pulito e bagnato e successivamente, per mezzo di una lama piatta all'interno dei due lembi di plastica sollevati, si esercita una pressione costante sulla malta, facendola penetrare nella fessura e provando a sfilare nel frattempo i fogli di plastica. Lo stucco, in questo modo, rimarrà nel giunto e, terminata la compressione, si eliminerà quello eccedente con una cazzuola pulita e si finiranno di estrarre i fogli di plastica (fig. 7, fig. 8).

### ESPERIENZE

Le operazioni di risarcimento dei giunti sono piuttosto comuni e diffuse, in quanto sono numerosi i cantieri di restauro che richiedono un qualche intervento di questo tipo.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Carbonara G. (a cura di) 1996, vol. III, pp. 209-10; Gessani P., Mancinelli E. 1993. (ARC)



Figura 1 • Risarcitura dei giunti eseguita sottofilo.

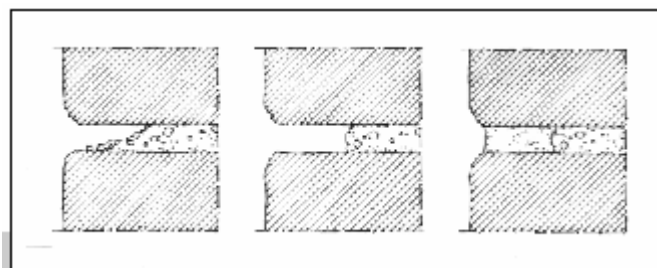


Figura 2 • Nel giunto da risarcire vanno rimossi la polvere e i detriti, raschiando il fondo e le altre superfici libere. Tutte le operazioni di pulitura devono tendere a lasciare l'interno del giunto con una faccia non lisciata per favorire il contatto efficace con la nuova malta. (CAF)

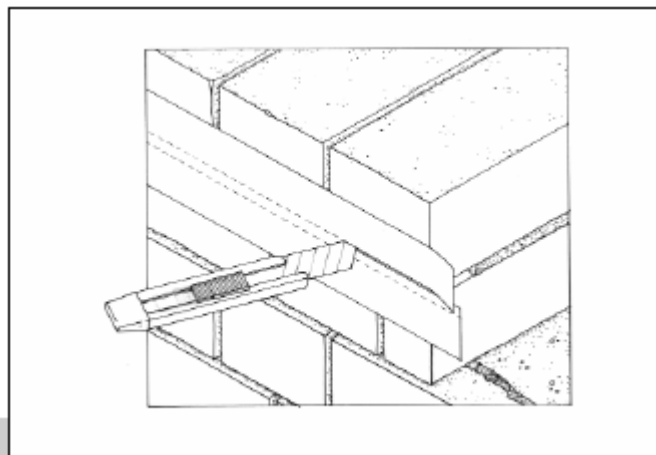


Figura 3 • Prima di procedere alla sigillatura dei giunti è necessario proteggere le superfici non trattate con un foglio di pellicola protettiva. Nella figura viene usato del nastro adesivo rifilato lungo i bordi del giunto con una lama affilata. (CAF)

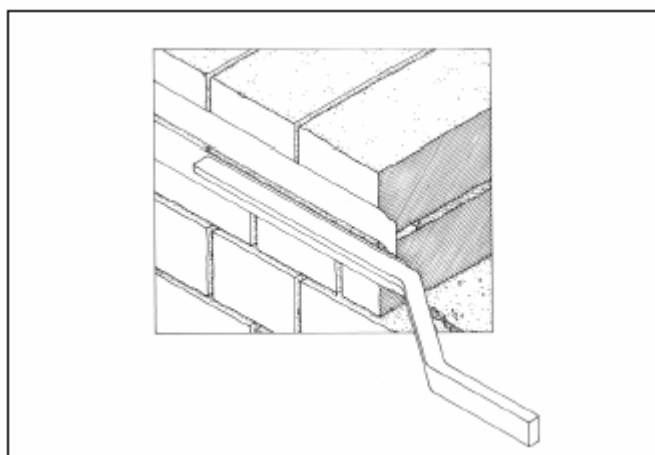


Figura 4 • Stilatura del giunto con un ferro adatto. (CAF)

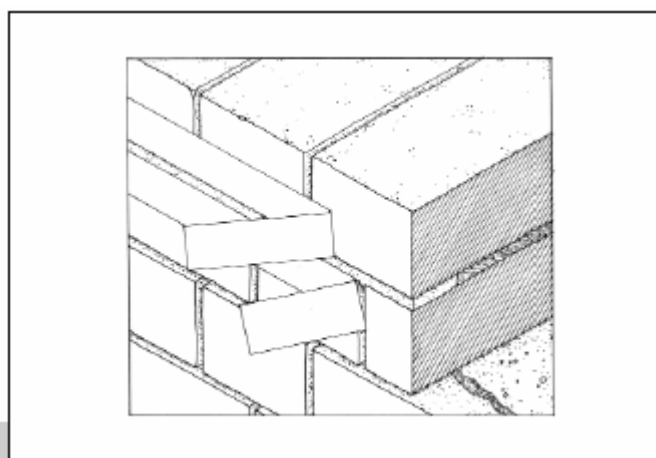


Figura 5 • Rimozione della protezione dei bordi. (CAF)

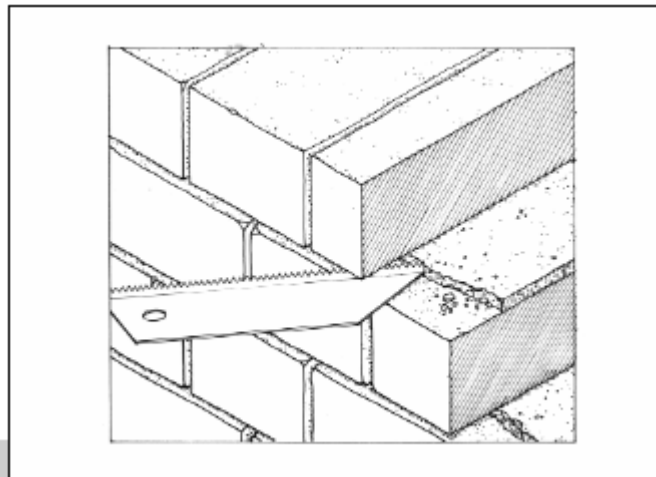


Figura 6 • Per la pulitura dei giunti di dimensioni particolarmente ridotte è necessario intervenire utilizzando lame sottili e dotate di denti. (CAF)

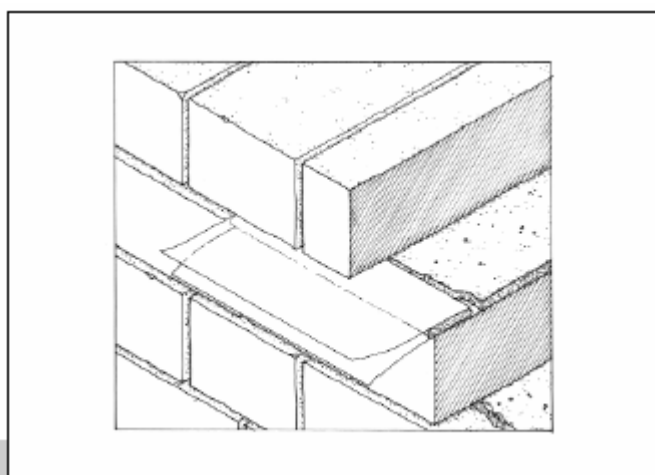


Figura 7 • In funzione della dimensione del giunto e dei materiali che costituiscono il paramento murario, possono essere impiegate diverse procedure. Qui è descritto il sistema detto a sandwich di stucco: due fogli di pellicola plastica contenenti la necessaria quantità di malta sono introdotti nel giunto da risarcire per mezzo di una lama piatta. (CAF)

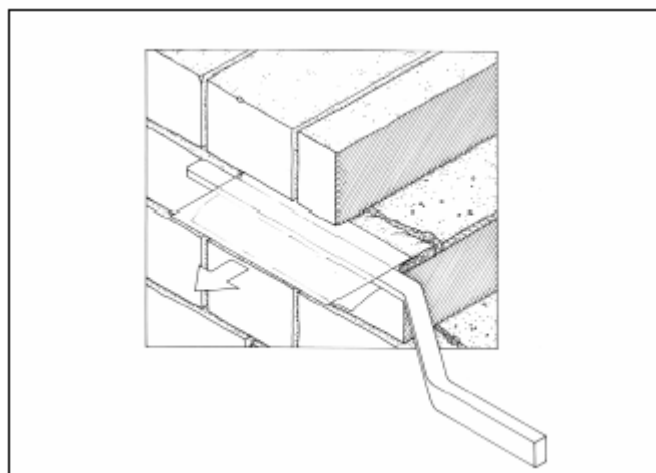


Figura 8 • Contemporaneamente all'operazione di inserimento della malta nel giunto, occorre sfilare i fogli di pellicola plastica. Il materiale in eccesso sarà rimosso con una cazzuola pulita. (CAF)

<b>INT 02</b>	<b>TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tassellatura consiste nell'integrazione di un manufatto lapideo lacunoso o interrotto, con elementi, generalmente prismatici, ricavati da un materiale analogo a quello della parte da integrare. Nella maggior parte dei casi, l'integrazione mediante tasselli si configura come una sostituzione parziale, in quanto spesso è preceduta dalla rimozione di una parte del materiale esistente. La rimozione può essere imposta da ragioni diverse tra le quali vi sono, ad esempio, la presenza di difetti congeniti o di fenomeni di degrado che compromettono le caratteristiche meccaniche del materiale e le sue prestazioni, indebolendo il manufatto, o mutandone in modi irreversibili l'aspetto.

Da quanto è dato sapere, nelle epoche passate, la tassellatura era una pratica corrente, sia per l'uso frequente di materiali inappropriati e fragili, sia perché quelli di buona qualità, nel tempo, si degradavano e i manufatti erano spesso interessati da rotture e alterazioni che le tassellature consentivano di riparare.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Generalmente questo tipo di integrazione o di sostituzione parziale era comunemente eseguito, nel passato meno recente, su elementi costruttivi realizzati con materiali di un certo pregio, quindi costosi o di difficile approvvigionamento.

In particolare, le tassellature lapidee interessavano prevalentemente porzioni di paramenti architettonici, quali ricorsi modanati, cornici, fasce marcapiano, cimase e stipiti o riquadrature di porte e finestre, colonne, plinti ed elementi scolpiti, a tutto tondo o a bassorilievo.

La tassellatura era di solito realizzata con materiali per lo più simili a quelli del manufatto da riparare, per ricostituire l'unitarietà del suo aspetto e per evitare problemi di reciproca incompatibilità, ma ove questi non erano reperibili, si sono frequentemente impiegate anche pietre diverse.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le tecniche di realizzazione delle tassellature sono assai varie, come diversi possono essere i materiali impiegati e le relative tecniche di taglio, preparazione, incollaggio e impernatura di questi elementi alle parti sane dei manufatti lacunosi.

Citando, ad esempio, il caso della Toscana, troviamo che i materiali più diffusi per l'impiego monumentale e artistico sono i diversi tipi di arenaria locale, quali la cosiddetta pietra serena, le pietre forti, le bigie di diversa granulometria, per passare ai calcari bianchi, alla pietra Alberese, ai tufi, ai marmi pisani di san Giuliano, ai travertini, ai marmi senesi e ai marmi apuani, nelle loro innumerevoli tonalità e tessiture. Sappiamo che ogni tipo di pietra possiede un "verso" naturale, del quale occorre tenere conto durante la lavorazione e nella posa in opera. Un bravo maestro scalpellino, conoscendo il materiale su cui operava, era d'altra parte in grado di selezionare i pezzi lapidei da cui ricavare i tasselli più idonei alla realizzazione dei tasselli necessari per l'applicazione di questa tecnica integrativa.

*Sostituzione del materiale e integrazione con la tecnica del tassello*

È piuttosto facile trovare, nei nostri territori, bellissimi marcapiani scorniciati a gola rovescia e a becco di civetta, in costruzioni romaniche, gotiche e rinascimentali che, nel corso del tempo, sono state parzialmente sostituite con questa tecnica.

La sostituzione avveniva asportando la parte guasta, tagliando la pietra con uno scalpello piano e creando una cavità per l'inserimento del nuovo pezzo di pietra. In dettaglio, il materiale era rimosso con scalpelli, piccole subbie, gradine, ugnetti e scalpelli piani e si realizzava un alloggiamento a forma pressoché di parallelepipedo, idoneo ad accogliere il tassello ospite. Prima di compiere l'operazione di preparazione della sede d'inserimento del tassello, avveniva tuttavia la scelta del pezzo di marmo da cui ricavare l'elemento per realizzare la sostituzione. Subito dopo, si realizzava una sagoma bidimensionale del profilo dell'elemento da integrare, oppure un modello tridimensionale del pezzo mancante e questi servivano come riferimenti per il taglio del tassello vero e proprio. Trovati il tipo di pietra e il pezzo adatti all'esecuzione del tassello, si riportavano sulle facce del blocco lapideo selezionato, le misure e il disegno del pezzo che doveva essere realizzato. A questo punto, lo scalpellino toglieva dal blocco il materiale in eccedenza, utilizzando subbia e ugnetto, fino a ottenere un elemento prismatico di forma e misure corrispondenti all'alloggiamento realizzato nel manufatto da integrare, lasciando però solo abbozzata la faccia esterna aggettante. Il tassello sbizzato era allora inserito nel suo alloggiamento adattandolo prima con scalpelli, per ottenere un buon inserimento e poche committiture, e usando, in seguito, acqua e sabbia per strofinare il tassello nella sua cassa, così che, per azione abrasiva (cucciatura), si otteneva un'unione perfetta tra il tassello e le parti integre del manufatto da integrare.

Esistevano un tempo varie tecniche per realizzare la tassellatura, soprattutto dove gli elementi da sostituire risultavano aggettanti o avevano parti caratterizzate da un forte rilievo.

Per garantire una maggiore tenuta degli elementi d'integrazione si impiegavano in particolare dei perni, inseriti in fori praticati all'interno della cavità che avrebbe ospitato il tassello, e nella corrispondente faccia del tassello stesso. I perni potevano essere di ferro forgiato, di rame o di bronzo. I fori, nel materiale lapideo, erano eseguiti utilizzando dapprima un ferro adatto e un mazzuolo, ed erano quindi rifiniti con l'ausilio di trapani manuali di diversa foggia. I fori nei tasselli possono essere passanti, cioè attraversare il tassello da una faccia alla faccia opposta, oppure interessare solo parte di esso (in questo caso sono detti fori ciechi).

La scelta del tipo di foratura dipendeva in ogni caso dalla forma del tassello, dalla sua posizione e dalla eventuale presenza, sulla sua superficie esterna, di particolari finiture o lavorazioni decorative. I perni metallici erano generalmente trattenuti all'interno della pietra da piombo colato fuso nello spazio interstiziale esistente tra le pareti del foro e quelle del perno, attraverso una serie di canaletti. A questo fine, prima di procedere al suo inserimento, si fermavano i perni all'interno del tassello e, successivamente, lo si fissava provvisoriamente nella cavità predisposta ad accoglierlo, in modo che non si sfilasse dalla sede.

Le committiture, sulla superficie esterna del manufatto integrato, erano allora provvisoriamente stuccate con argilla, per evitare che il piombo fuso che occorreva colare all'interno dei fori di alloggiamento dei perni, potesse fuoriuscire attraverso di esse, compromettendo l'incollaggio del tassello. A questo punto, si colava il piombo fuso nella committitura superiore, attraverso un foro appositamente lasciato aperto e posto in comunicazione con i fori praticati nella cavità di alloggiamento del tassello per accogliere i perni di fissaggio. Infine, a inserimento eseguito, si procedeva alla lavorazione con scalpello dalla parte esterna del tassello e, se la superficie della porzione integrata con il tassello era liscia, la faccia esterna di quest'ultimo era levigata con sabbie o altri abrasivi, sempre più fini e, talvolta, la si patinava per renderla simile a quella del manufatto integrato (fig. 1).

### *Sistemi alternativi di fissaggio dei tasselli*

Nel caso di tassellature di piccole dimensioni, realizzate, ad esempio, nei ricorsi di cornici marcapiano, dove le modanature erano relativamente grandi e sporgenti, i tasselli erano per lo più incollati nelle sedi di alloggiamento, con malte di calce ed erano poi stuccati, dall'esterno, con i medesimi materiali, talvolta aggiungendo a essi aggregati colorati o altri pigmenti, per assimilare il colore della malta da stucco a quello della pietra del manufatto da integrare.

Talvolta, la realizzazione dell'elemento destinato all'integrazione richiede notevole perizia in quanto, per la sua particolare posizione, il tassello deve avere una forma articolata. Si pensi, ad



esempio, alla riparazione per integrazione del bordo di una vasca di marmo, oppure a quella da eseguirsi su un ornato, poiché le commettiture tra le parti originarie di tali manufatti e i nuovi tasselli devono combaciare perfettamente ed essere quasi invisibili.

Nel restauro della fontana di Ercole e Anteo a villa del Castello, realizzato negli anni sessanta del secolo scorso, ad esempio, il marmo di cui è costituita, era fortemente degradato, soprattutto a causa dell'usura provocata dallo scorrimento dell'acqua e per l'azione degli agenti atmosferici. La tassellatura fu allora eseguita asportando le parti deteriorate e realizzando, nel manufatto, alcune cavità articolate, con l'ausilio di modelli in cartone per controllare, in sezione, gli spessori dei singoli tasselli. Da elementi di grandi dimensioni di marmo, simile a quello della fontana, furono quindi ricavati i tasselli, adattati fuori sede agli alloggiamenti predisposti per la riparazione, utilizzando raspe e lime. Prima dell'inserimento dei nuovi pezzi nelle cavità a questo scopo preparate, furono poi realizzate le loro parti ornamentali e scultoree, lasciando solo sbazzate quelle di confine che avrebbero dovuto combaciare con le corrispondenti facce degli alloggiamenti, al momento della messa in opera. I tasselli furono quindi montati nelle loro sedi, utilizzando anche perni in metallo non passanti (imperniature "cieche") e furono fissati, come tutte le restanti parti, con mastice poliestere caricato con polvere di marmo bianco di Carrara, così da nascondere il più possibile le commettiture (fig. 2, fig. 3).

Un altro esempio documentabile di simili interventi, risalente agli anni ottanta del XX secolo, è quello di due rosoni in stile romanico, smontati e restaurati con l'impiego di tasselli lapidei.

Il primo rosone è a S. Quirico d'Orcia e l'altro a Monticchiello, nella provincia senese. Entrambe i manufatti sono realizzati in travertino locale. L'intervento di tassellatura era finalizzato a sostituire le discutibili integrazioni realizzate con calce e mattoni inseriti al posto della parte a vista dei capitelli, e di alcuni elementi delle colonne portanti. Furono, in quei

casi, riprodotte le forme e le dimensioni delle parti da sostituire, mediante calchi di gesso preparati sulla base dei manufatti esistenti, e quindi, con l'ausilio dei calchi stessi, si ricavarono gli elementi destinati alle integrazioni da grandi blocchi di travertino. I tasselli furono poi inseriti negli alloggiamenti predisposti nel manufatto, resi solidali all'oggetto da riparare, mediante inserzione di perni di acciaio inox, e incollati in sede con resina epossidica.

Un ulteriore esempio è costituito dalle tassellature realizzate sui vasi ornamentali di villa Cordellina a Vicenza, smontati e condotti all'Opificio delle pietre dure di Firenze, nel 1983 e qui restaurati. In essi furono realizzate cospicue tassellature (integrazioni) su superfici ornate e foggiate a semicerchio; alcune di esse erano vincolate con perni passanti dall'esterno e adese con piombo fuso, altre, molto più grandi, erano ancorate con zanche e graffe in rame che tenevano il tassello fermo alle due estremità, il tutto fissato con malta di calce e polvere di pietra di Vicenza come aggregato.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Esistono numerose tecniche di fissaggio ma le più diffuse sono quelle realizzate con perni radiali, per cui il tassello è posto in senso orizzontale nel suo alloggiamento, utilizzando perni passanti o perni ciechi, disposti su tutte le sue facce interne, e fissandolo con malta o con piombo fuso. Altri sistemi di fissaggio sono utilizzabili quando, per ragioni di spazio, di collocazione o per altre ragioni tecniche, i tasselli devono essere inseriti negli alloggiamenti predisposti a ospitarli, facendoli scorrere dall'alto verso il basso.

In tali sistemi, le imperniature sono quindi eseguite posizionando i perni in modo diverso da quello visti precedentemente e aggiungendo ulteriori elementi di ancoraggio, quali graffe o zanche metalliche (fig. 4). In questi casi, i tasselli scivolano nei loro alloggiamenti, le cui facce sono rifinite mediante abrasione proprio per migliorare lo scorrimento dei pezzi.

Nella parte inferiore delle cavità sono quindi inseriti, in posizione verticale, due o più perni guida che entreranno nei fori praticati sulla faccia inferiore del tassello e saranno poi murati con malta. Una volta inserito, il tassello sarà ancorato, nella parte superiore, da una o più grappe inserite in apposite sedi preventivamente realizzate. In relazione al tipo di materiale lapideo su cui si opera, e alla sua consistenza, le grappe potranno essere alloggiare verso l'interno del manufatto e del tassello oppure lungo l'asse orizzontale della zona interessata dall'integrazione. Le grappe, in genere, sono realizzate in rame, piegate alle due estremità ad angolo retto, incassate nelle

apposite sedi predisposte nel materiale lapideo del manufatto e del tassello e fermate definitivamente con piombo fuso o ribadito con scalpello o subbia (fig. 5).

Altre tassellature, che non richiedono l'uso di imperniature di fissaggio, sono realizzate frequentemente, ad esempio, sui gradini di scale o scaloni monumentali, quando il bordo esterno del gradino, le sue modanature e in particolare il toro o cordone che ne definisce il lato frontale, sono consunti, rotti, lacunosi o rovinati per cause diverse e in vari modi.

In questi casi, la tecnica di realizzazione delle tassellature è analoga a quelle fin qui descritte ma i perni sono superflui per la particolare posizione del tassello e per le sollecitazioni cui l'elemento è sottoposto. In passato, per migliorare la tenuta di simili tasselli, sia la cavità destinata a ospitarli sia il pezzo da inserire al suo interno erano realizzati, indipendentemente dal materiale costitutivo, con forma a coda di rondine, evitando così l'impernatura.

I tasselli, infatti, erano mantenuti nei loro alloggiamenti grazie alla forma ed eventualmente da malta di grassello di calce o da mastici molto tenaci. In tempi più recenti, i tasselli, specie in gradini di scale soggette a intenso utilizzo, sono realizzati con utensili meccanici e vincolati alle sedi di inserimento, con resine epossidiche, come ad esempio avviene nei tasselli realizzati nello scalone di pietra forte (pietra di Riscaggio) nel palazzo del Bargello a Firenze (fig. 6, fig. 7).

### ESPERIENZE

Firenze, villa della Pietraia, vasca del Tribolo. Tassellature marmoree rese solidali con il manufatto per mezzo di perni ciechi di rame e con malta di calce bianca e polvere di marmo.

Villa del Castello, fontana dedicata ad Ercole e Anteo. Tassellatura dei bassorilievi con tasselli marmorei collegati all'oggetto per mezzo di imperniature cieche e incollaggio con un mastice a base di resina poliesteri "caricata" con polvere di marmo.

Firenze, scalone del museo del Bargello. Tassellature dei gradini di pietra forte, eseguita con elementi di materiale simile a quello originario, incollati con resine epossidiche.

Lisbona, chiostro romanico della cattedrale. Tassellature sulle basi delle colonne binate.

Firenze, Santa Maria del Fiore. Tassellature di varie modanature nei rivestimenti marmorei esterni.

Genova, palazzo Ducale. Tassellature ai gradini dello scalone monumentale.

Firenze, Cappella Pazzi. Tassellature sulle paraste interne (fig. 8).

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bellina A., Doglioni F., Quendolo A., Biscontin G., Mietto D. 1991; Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1997; Gizzi S. 1988; Gizzi S. 1992; Gizzi S. 1997; Segarra Lagunes M. M. (a cura di) 1997. (BIL)

Giusti A.M., Biliotti C., Manni R., Nesti R., *Fonte del labirinto o di Fiorenza. Tecnica di conservazione, intervento*, in *Opdrestauro quaderni dell'opificio delle pietre dure e laboratori di restauro di Firenze, restauro del marmo opere e problemi*, Firenze, 1986, pp. 178-181

Giusti A.M., Biliotti C., Manni R., Nesti R., *Rosone. Tecnica di conservazione, intervento*, in *Opdrestauro quaderni dell'opificio delle pietre dure e laboratori di restauro di Firenze, restauro del marmo opere e problemi*, Firenze, 1986, pp. 188-193

Sciolla G. C. (a cura di), *Istruzione elementare per gli studiosi della scultura di Francesco Carradori (1802)*, Treviso 1979, pp. XXVIII-XXX

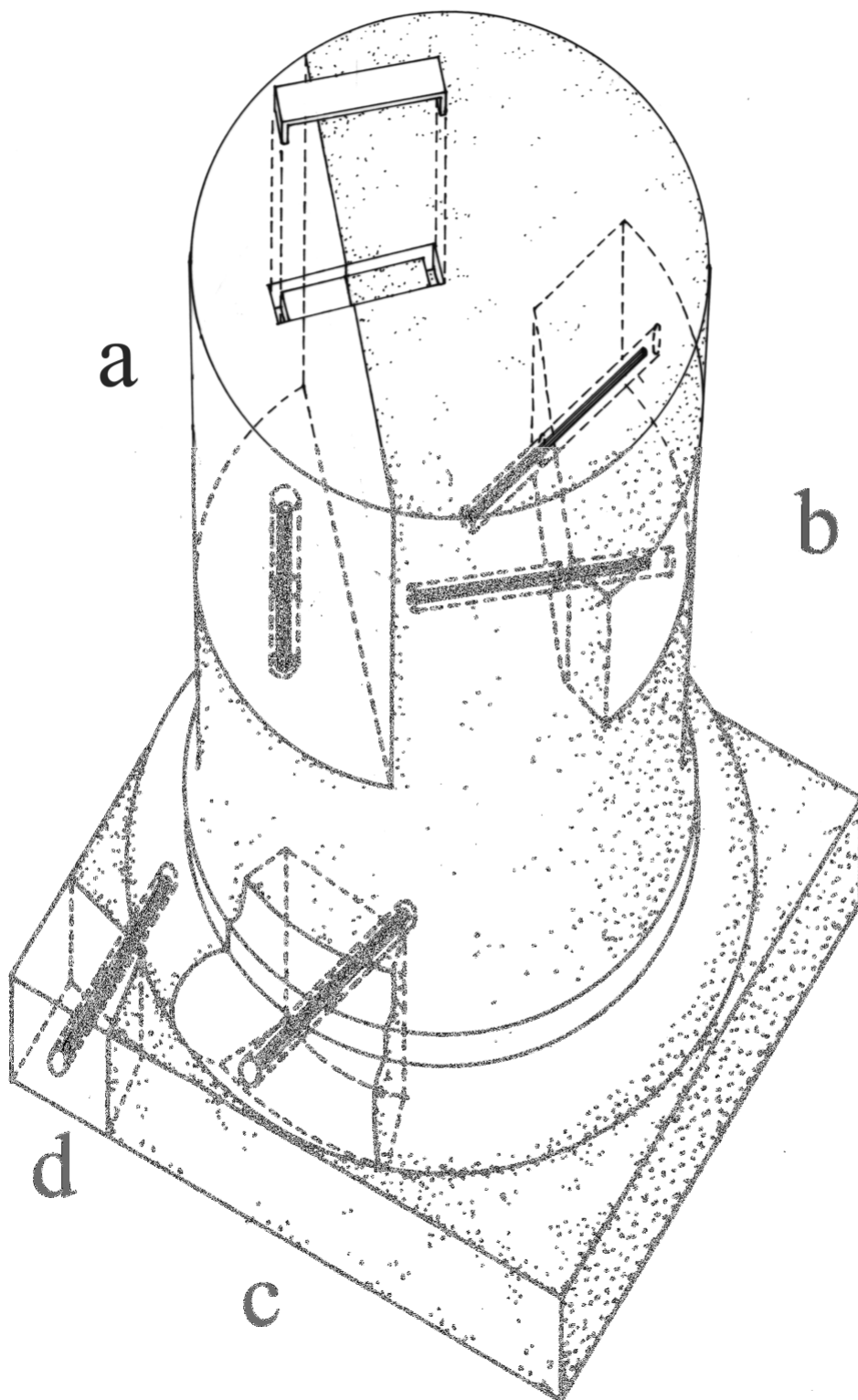


Figura 1 • Tasselli inseriti nel fusto e nella base di una colonna: a) tassello fermato con un perno verticale e, sulla sommità, con una grappa metallica incassata; b), c), d) tasselli in marmo, sagomati parzialmente fuori corpo, vincolati con malte e, dall'esterno, con perni annegati in piombo fuso successivamente stuccati.  
(CAF-BIL)

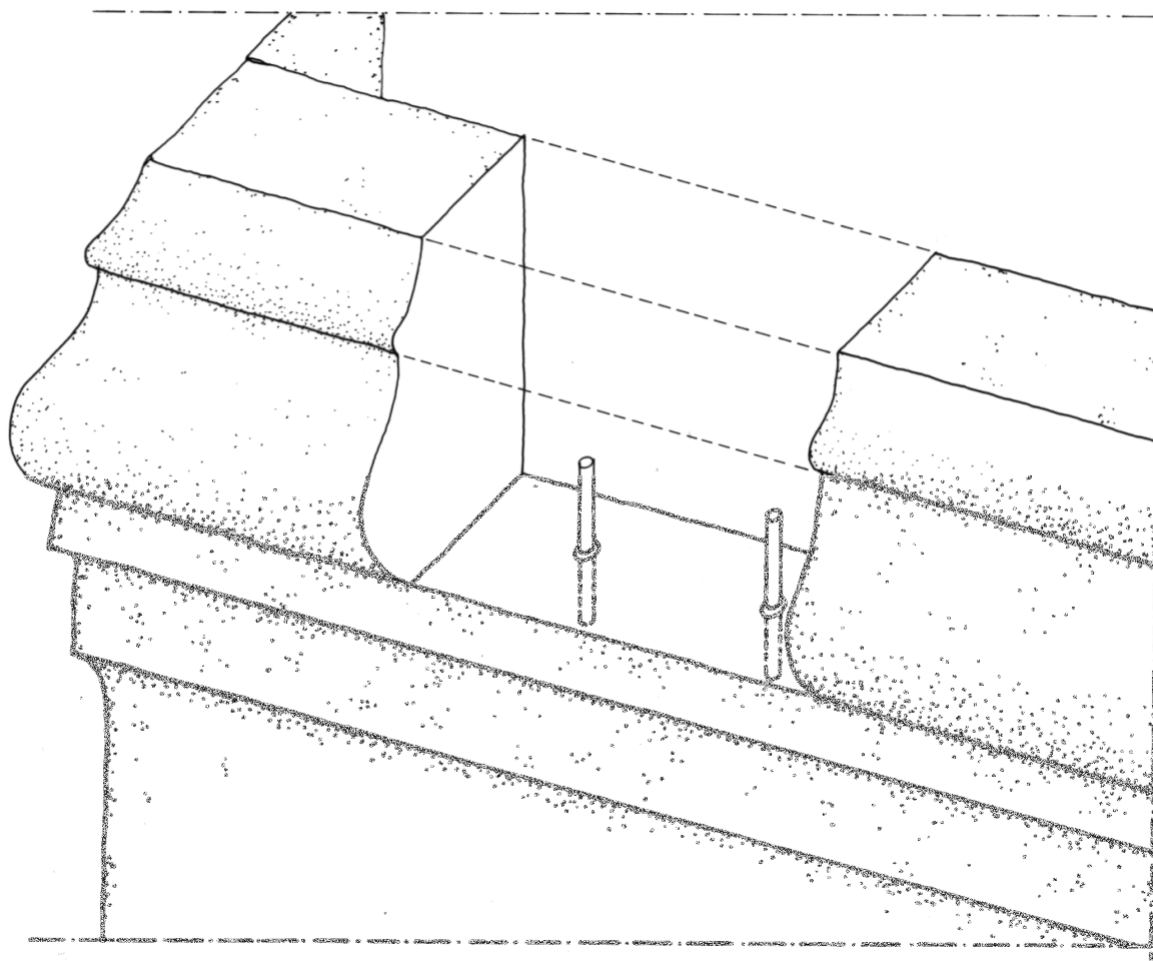


Figura 2 • Tassello per una cornice modanata, inserito dall'alto verso il basso. Il vincolo è realizzato con due perni metallici verticali e con l'impiego di resine epossidiche. (CAF-BIL)

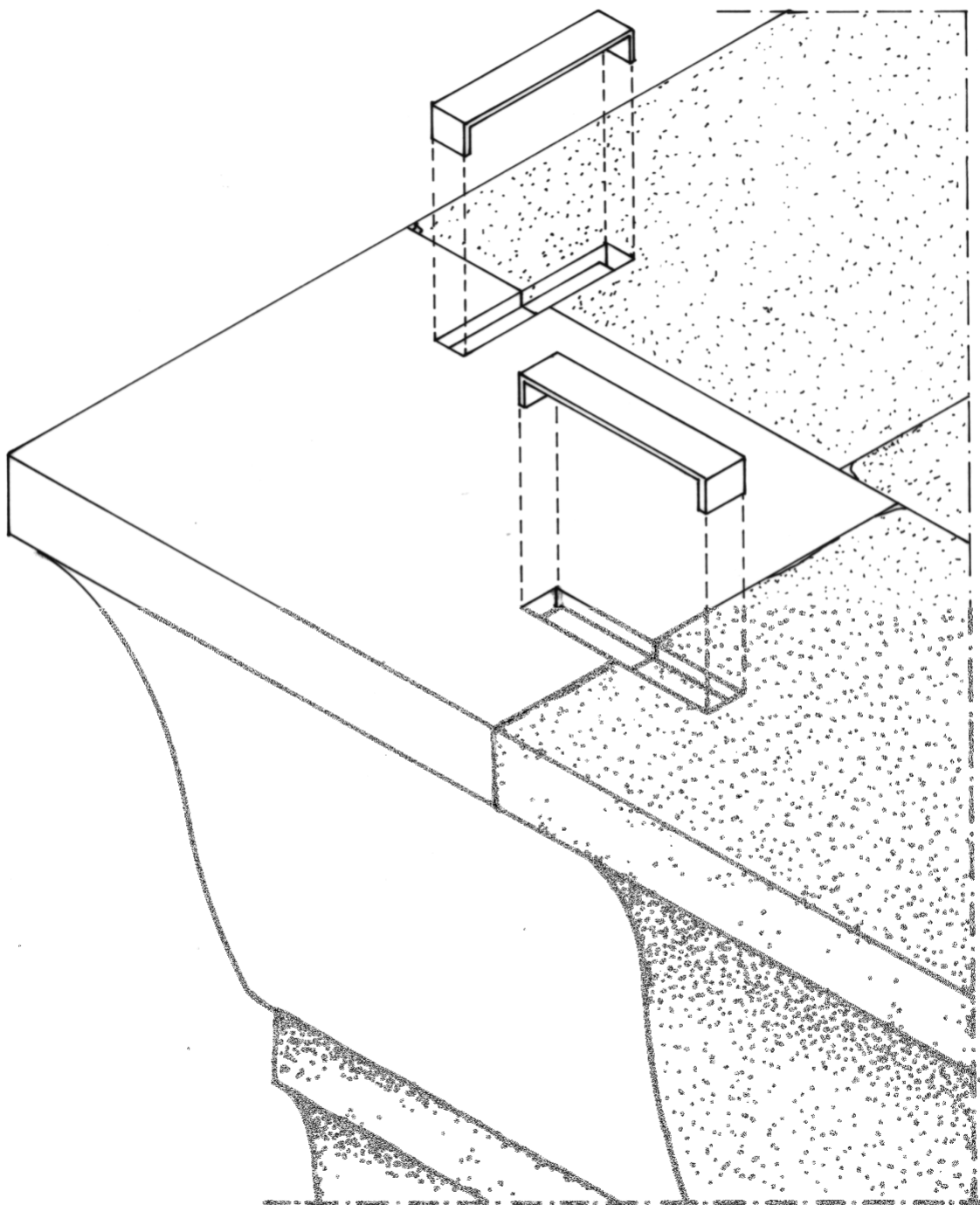


Figura 3 • Tassello di cantone con inserimento di grappe metalliche. Gli alloggi per le grappe sono realizzati con scalpello piano a taglio. (CAF-BIL)

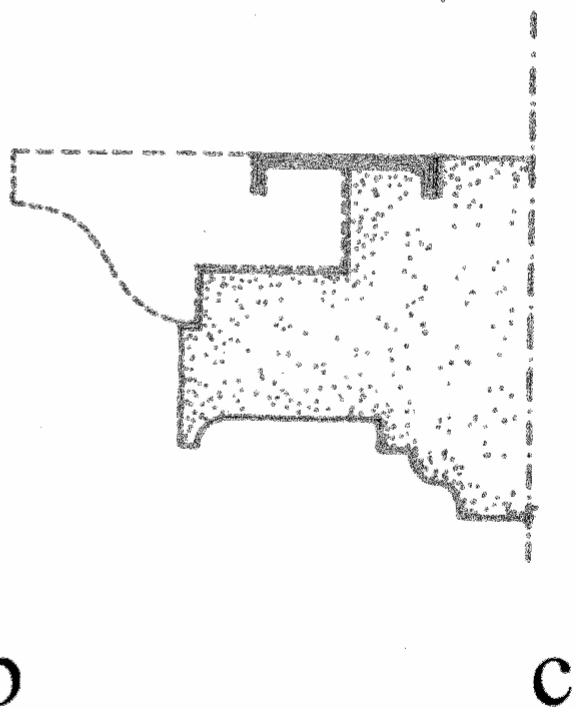
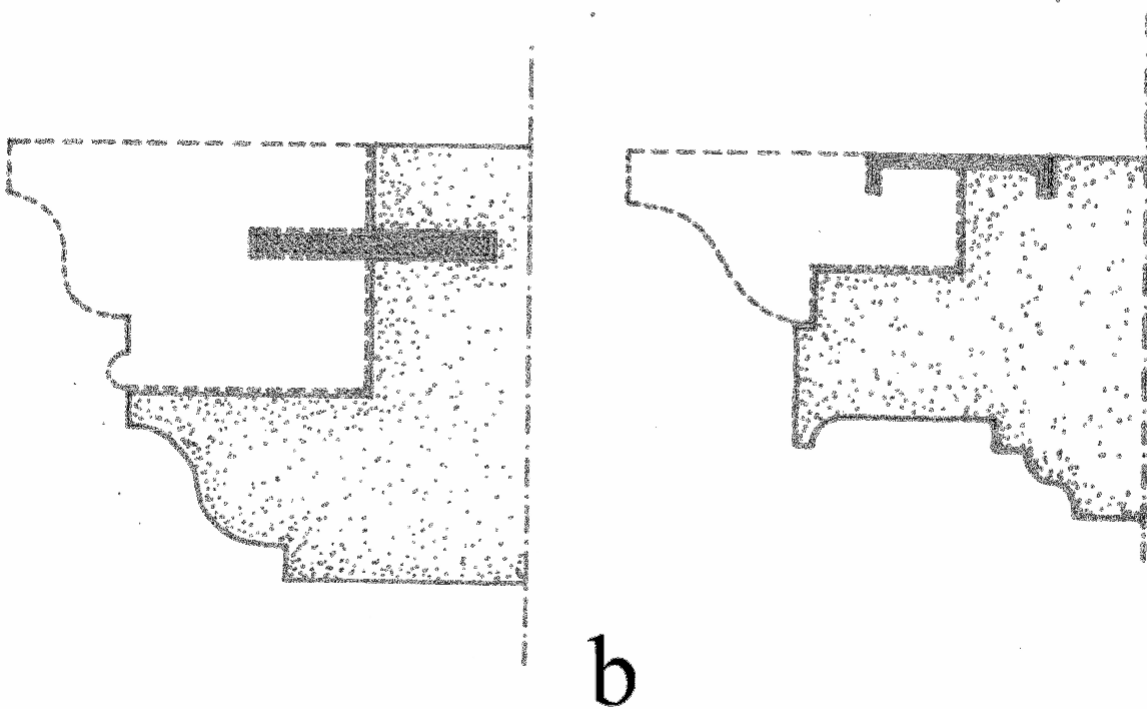
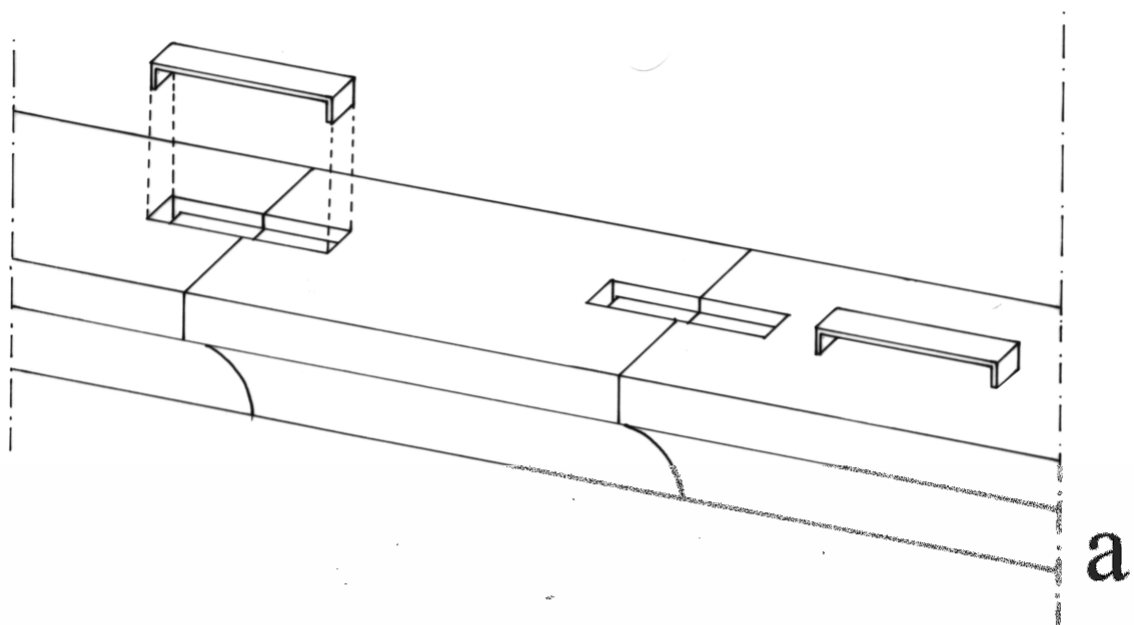


Figura 4 • Tasselli semplici: a) tassello inserito su cornice marcapiano con vincoli metallici (grappe) incassati a livello; b) tassello con tenuta a malta e perno metallico; c) tassello con tenuta a malta e grappa metallica. (CAF-BIL)

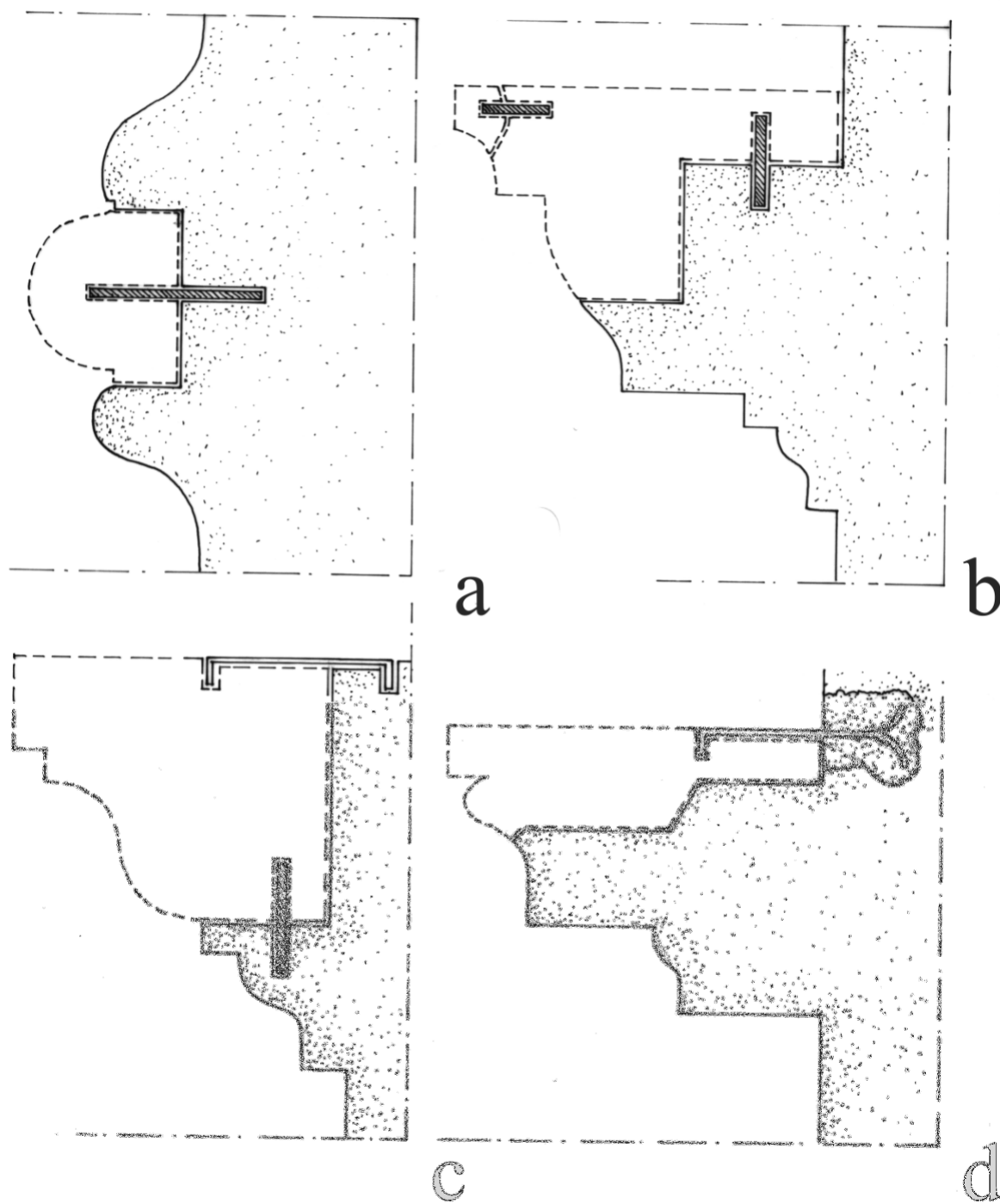


Figura 5 • Tasselli semplici: a) tassello con tenuta a perno metallico; b) rimontaggio di frammenti, con perni metallici di diversa dimensione; c) tassello con tenuta a malta e grappa metallica; d) in questo caso particolare, la grappetta ha, ad un estremo, una testa a squadra e, sull'altro, due lembi divaricati per essere murati. (CAF-BIL)



Figura 6 • Tassello dalla forma analoga alla cornice da sostituire, ma di materiale diverso.



Figura 7 • Tassello realizzato con lo stesso materiale e con le stesse forme della cornice da sostituire.





Figura 8 • Tasselli realizzati con stesse forme e materiale delle parti da sostituire. Firenze, Cappella Pazzi, base di parasta.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Talvolta, manufatti a struttura muraria, interessati da mancanze localizzate di elementi componenti le murature o da porzioni più estese in cui i componenti stessi sono irreparabilmente degradati e non più resistenti, possono essere riparati con la cosiddetta tecnica del “cuci-scuci” che, in realtà, dovrebbe più correttamente essere nominata dello “scuci-cuci” poiché in essa l’azione distruttiva precede quella costruttiva o integrativa. Questa tecnica di risarcimento – tradizionalmente applicata alle murature di mattoni ma utilizzabile anche per quelle in pietra e miste – ha origini antichissime. L’intervento si basa, essenzialmente, sulla rimozione degli elementi ammalorati, e nella loro sostituzione con altri sani, analoghi o meno per forma, dimensioni, materiali e tecniche di lavorazione rispetto a quelli rimossi o mancanti.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica del “cuci-scuci” è stata utilizzata per diversi scopi, anche in epoche remote, nel campo del restauro, del risanamento e del consolidamento di fabbriche esistenti. In particolare, con simili operazioni, sono state consolidate molte murature antiche, mediante sostituzione di parti e di elementi resi deboli dai processi di degrado o che, per varie ragioni, avevano perso le proprie caratteristiche formali o di resistenza meccanica. Sono generalmente oggetto di simili interventi sia le fondazioni, anche nell’ambito di più complessi programmi di rinforzo statico e di sottomurazione delle strutture esistenti, sia le murature in elevato, specie se realizzate con materiali laterizi o lapidei (soprattutto pietre lavorate in blocchi squadrati o in bozze regolarizzate o mattoni), specie se lavorati e posti in opera per restare a faccia-vista. Le motivazioni principali per il ricorso a questa tecnica sono rappresentate dalla necessità di scongiurare rischi di collasso delle strutture, di porre rimedio alla diminuzione delle sezioni resistenti di maschi o di generici elementi murari (ad es. conseguente a processi di asportazione della materia, per effetto di vari processi di degrado quali erosioni, rotture, cadute ecc.), di ricostituire la continuità delle cortine murarie anche a fini di prevenzione dei rischi di ulteriore degrado (infiltrazioni d’acqua, attacchi biologici di origine vegetale o animale).

Analogamente, molti manufatti architettonici sono stati sottoposti a interventi di rimozione-sostituzione di parte degli elementi componenti, con la tecnica del “cuci-scuci”, per restituire loro una perdita completezza morfologica o estetica, in relazione, ad esempio, alle teorie che hanno governato i restauri soprattutto tra Otto e Novecento.

Un ulteriore motivo per il ricorso alla tecnica detta del “cuci-scuci” è infine costituito dalla necessità/opportunità di costituire una barriera alla risalita d’acqua per capillarità nelle murature, sostituendo interi filari di elementi costituenti la muratura con elementi in materiali meno porosi e con l’eventuale e contemporanea realizzazione di nuovi giunti di allettamento eseguiti con materiali impermeabili all’acqua o di rivestimenti dotati di spiccata.

Con particolari cautele, l’intervento può trovare applicazione anche per risanare strutture arcuate o voltate: in questo caso, tuttavia, il particolare regime delle sollecitazioni e delle tensioni interne non sempre consente di rimuovere singoli elementi, se non dopo aver predisposto adeguate armature provvisorie in grado di sostenerle e di impedire alla struttura di deformarsi per tutto il tempo necessario alla sostituzione dei pezzi rimossi, alla ricostituzione della loro continuità e di un corretto regime di sollecitazioni interne.

In altri casi la tecnica del “cuci-scuci” può essere associata a interventi di rinforzo delle strutture quali, ad esempio, l’inserimento nelle masse murarie di perni e legature, soprattutto metallici, in grado di garantire una più salda connessione degli elementi costitutivi e, in particolare, di quelli di nuovo inserimento rispetto a quelli preesistenti e conservati *in situ*.

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Ogni intervento di “cuci-scuci” prevede sostanzialmente le seguenti fasi operative:

1. Rilievo accurato della struttura oggetto di intervento, attuato con metodi tradizionali, oppure con tecniche di rilievo fotogrammetrico, analitico o digitale.  
I dati del rilievo costituiscono, infatti, la base per la progettazione e poi per l’esecuzione dell’intervento, non solo dal punto di vista delle scelte formali.
2. Eventuale realizzazione di puntellature e di opere provvisorie a sostegno delle porzioni di manufatto interessate dall’intervento, per prevenire crolli o deformazioni indesiderate e rischiose per la sua conservazione e per l’incolumità degli operatori.
3. Rimozione degli elementi degradati, avendo cura di procedere dall’alto verso il basso, operando per sezioni successive di limitata estensione, per non porre in crisi la stabilità dell’elemento su cui si agisce. La rimozione può avvenire con mezzi manuali e con l’ausilio di semplici utensili, quali martelli, punte e leve, oppure può richiedere la preventiva frantumazione di alcuni elementi per realizzare i necessari spazi di manovra. È in ogni caso necessario limitare al massimo le sollecitazioni indotte nella struttura, per evitare di provocare ulteriori danni, soprattutto alla sua stabilità.
4. Pulitura delle sedi di inserimento dei nuovi elementi, per rimuovere i detriti grossolani e quelli pulverulenti che potrebbero pregiudicare la posa in opera e, soprattutto, il corretto aggrappaggio degli eventuali materiali leganti utilizzati ai supporti. La pulitura è in genere eseguita con strumenti meccanici (spazzole, raschietti e con eventuale ausilio di aspiratori), ma può richiedere anche l’impiego di acqua, la cui quantità deve comunque essere limitata al massimo.
5. “Presentazione” dei nuovi pezzi, ovvero loro inserimento provvisorio nella sede prevista destinata ad accoglierli, per controllare l’accettabilità della loro forma e l’effettiva realizzabilità dell’intervento. In questa fase s’impiegano generalmente piccole zeppe o sottili liste di legno, per appoggiare gli elementi nella loro sede di inserimento e per poterli agevolmente rimuovere prima dell’inserimento definitivo.
6. Posa in opera dei nuovi elementi, nelle sedi predisposte, utilizzando malte di composizione tradizionale e compatibili con quelle preesistenti o con miscele di nuova composizione con additivi che ne migliorino l’aderenza e ne diminuiscano il ritiro.  
Questa fase operativa può variare in relazione al tipo di elementi utilizzati, alla loro forma, alle dimensioni e al peso. Inoltre, le modalità di costruzione della nuova porzione di struttura variano sensibilmente se l’integrazione riguarda un singolo strato di paramento esterno oppure l’intero spessore della struttura muraria. In quest’ultimo caso, infatti, la stabilità della parete è potenzialmente pregiudicata dalla rimozione dei pezzi degradati e deve talvolta essere interamente ricostituita. Tutto ciò richiede che si operi, se possibile, prima su una faccia e poi su quella contrapposta della parete e che, in ogni caso, si proceda per piccoli tratti, puntellando le parti sovrastanti e circostanti l’area di intervento. Inoltre, dal momento che occorre ricostituire l’apparecchiatura esistente o disporre i nuovi elementi seguendo precise regole di alternanza e di sfalsamento dei giunti, è spesso necessario sostenere i blocchi che durante le fasi di posa in opera possono trovarsi privi di appoggio con puntelli o martinetti regolabili, anche a tutela degli operatori.
7. Finitura e stilatura dei giunti di materiale legante tra gli elementi di nuovo inserimento e quelli preesistenti conservati *in situ*.
8. Finitura superficiale dei pezzi e della superficie muraria ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#)).

In ogni caso, anche in relazione al dibattito teorico sulla disciplina del restauro, le possibili scelte relativamente a come realizzare i nuovi tratti di muratura possono essere assai diverse, poiché possono sostanzialmente variare i seguenti elementi:

- materiali, forme, dimensioni e lavorazioni degli elementi prescelti per l’integrazione;
- tipi di apparecchiatura e di posa in opera adottati per l’integrazione.

Le combinazioni possibili di tali elementi sono assai varie e, per certi versi, non preordinabili o codificabili, poiché il nuovo tratto di muratura potrebbe essere realizzato, ad esempio, con:

- uguali materiali, forme, dimensioni e uguali apparecchiature (fig. 4);
- uguali materiali ma elementi di forme, dimensioni e lavorazioni diverse e posti in opera con apparecchiature differenziate, rispetto a quelle dei tratti rimossi o circostanti;
- uguali forme e dimensioni dei pezzi, ma materiali diversi (in genere più resistenti), posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle esistenti;
- tutti i caratteri diversi (materiali, forme, dimensioni e lavorazioni), addirittura ricorrendo, per risarcire la lacuna creata con la rimozione del tratto di muratura preesistente, a materiali plastici gettati in opera e variamente rifiniti sulla faccia destinata a rimanere a vista (fig. 5, fig. 6).

L'intervento impone, in ogni caso, notevoli e complessi problemi sia di natura teorica sia di carattere tecnico e operativo. Come ricordato, esso può interessare esclusivamente il paramento esterno di una struttura muraria o la sua intera sezione, e ciò ha notevoli implicazioni strutturali ed esecutive, in ordine anzitutto alla necessità di assicurare la stabilità del manufatto durante la sua esecuzione.

Un problema specifico riguarda poi i giunti che occorre realizzare nel nuovo tratto di muratura e tra questa e le porzioni circostanti e preesistenti.

La tecnica del "cuci-scuci" intrattiene, poi, una relazione problematica con l'anastilosi (v. SMG09-Ricomposizione per anastilos) e, in genere, con il vasto insieme delle tecniche integrative e ricostruttive utilizzate soprattutto in ambito archeologico.

Occorre, infine, sottolineare come la tecnica del "cuci-scuci" sia adatta e sia effettivamente utilizzata soprattutto per eseguire interventi di riparazione e ricostruzione di tratti di murature composti da elementi di forme e di dimensioni regolari, messi in opera in apparecchiature ordinate (mattoni, conci squadrati o almeno sbazzati). La tecnica è invece molto meno appropriata, di difficile esecuzione e di incerta efficacia, nel caso di interventi su murature incoerenti, ad apparecchiatura disordinata o caotica, come molte strutture murarie in ciottoli o scaglie di pietra irregolare, così come risulta di problematico impiego sulle murature ciclopiche o megalitiche, viste le notevoli dimensioni dei blocchi che le compongono.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per le numerose implicazioni richiamate, l'esecuzione dell'intervento richiede in ogni caso:

- a) in fase preventiva e diagnostica, un'attenta e prudente valutazione della stabilità e dell'equilibrio della muratura e dell'elemento oggetto di intervento;
- b) in fase progettuale, la corretta scelta dei materiali e delle tecniche di posa in opera (affinché sia assicurato il mantenimento o addirittura il miglioramento delle caratteristiche di resistenza meccanica della parete riparata);
- c) in fase di cantiere, un'accurata esecuzione che eviti di determinare rotture e crolli, o incontrollati ampliamenti, delle mancanze e della sede di inserimento dei nuovi elementi.

Per tali motivi, come accennato, è sempre consigliabile procedere per sezioni di muratura successive e di limitata estensione, puntellando la struttura circostante e, ove necessario e possibile, operare in momenti distinti sulle due facce contrapposte della parete interessata.

La scelta dei materiali non può anche per questo essere governata esclusivamente da ragioni di carattere estetico-formali, ma deve tenere conto di ben più ampie implicazioni tecniche e operative. Considerata la sua invasività e l'introduzione di nuovi elementi entro compagini murarie preesistenti, la tecnica del "cuci-scuci" solleva inoltre delicati problemi in ordine alla tutela dei segni stratigrafici in esse eventualmente presenti e al trattamento di quelli che l'intervento stesso determina. L'attenta valutazione di questi aspetti, e non solo una scelta di carattere formale, può quindi influire sulla selezione dei materiali e dei caratteri superficiali dei nuovi elementi, nonché dei modi con cui realizzare la "cucitura" della mancanza creata da un crollo o dalla rimozione di elementi degradati, ad esempio per quanto concerne l'opportunità che la nuova porzione di muro sia costruita in lieve soprasquadro e sottosquadro rispetto alla superficie della muratura

confermine anche per rendere chiaramente riconoscibile il nuovo inserto. Inoltre, non è possibile ignorare che simili scelte comportano ulteriori problemi di carattere tecnologico legati, in particolare, all'effettiva durabilità ed efficienza dell'intervento, dal momento che ogni discontinuità provocata all'interno della compagine muraria costituisce un potenziale punto di aggressione da parte degli agenti aggressivi esterni.

Un ulteriore limite è rappresentato dall'entità e gravità delle mancanze e delle discontinuità che si intende risarcire: se, infatti, la tecnica del "cuci-scuci" può risultare utile e accettabile quando la struttura muraria si trova ancora in buone condizioni generali, quando le mancanze, le lesioni o le fratture cui si vorrebbe porre rimedio sono molto estese e diffuse, l'intervento risulta assai meno sicuro, sia per difficoltà operative, sia perché si giungerebbe, di fatto, gradualmente e paradossalmente, a una sostituzione quasi totale della muratura originaria, innescando ben altri scenari e problemi di carattere teorico e tecnico.

Anche in presenza di muri a sacco, cioè di strutture murarie caratterizzate da un nucleo interno spesso incoerente, compreso tra due paramenti esterni, la tecnica del "cuci-scuci" non risulta quasi mai utilizzabile, per l'intrinseca difficoltà di operare su di una muratura disomogenea e di forte spessore. Analogo discorso vale per le murature incoerenti (ad esempio strutture murarie costituite da scaglie irregolari di pietra a spacco) e per quelle caratterizzate da elevate sezioni.

Un'ultima, ma non meno rilevante raccomandazione, riguarda la necessità di porre particolare attenzione agli interventi di "cuci-scuci" quando si tratti di operare su manufatti compresi in zone sismiche poiché, se non si assicura un saldo legame tra le nuove porzioni di muratura e quelle preesistenti, si può rischiare la sconnessione e il crollo della struttura, sotto l'effetto delle sollecitazioni sussultorie e ondulatorie del sisma che provocano, nell'elemento, notevoli sollecitazioni di trazione e di taglio alle quali anche una muratura sana e coerente oppone generalmente scarsa resistenza.

## ESPERIENZE

La tecnica del "cuci-scuci" è in realtà utilizzata da moltissimo tempo e fa parte delle tecniche tradizionali di riparazione e consolidamento delle fabbriche, come dimostrano gli stessi trattati rinascimentali di architettura o i manuali pratici di arte e tecnica del costruire particolarmente diffusi tra Ottocento e Novecento. Inoltre, essa è sempre comparsa tra i metodi impiegati dai restauratori, almeno a partire da quando la loro attività si è staccata e distinta dalle consuete pratiche architettoniche.

Molte strutture murarie appartenenti a siti e complessi archeologici, *in primis* i ruderi del Palatino a Roma o quelli di villa Adriana a Tivoli, comprendono numerosi tratti di pareti murarie per varie ragioni ricostruiti o progressivamente sostituiti con la tecnica del "cuci-scuci".

La medievale porta Soprana a Genova e quasi ogni altro monumento, di architettura civile o religiosa, restaurato da Alfredo D'Andrade in Liguria e in Piemonte, mostrano segni evidenti di tali interventi, così come molti monumenti variamente integrati, ricostruiti e completati da Eugene Emanuel Viollet-le-Duc tra i quali, anzitutto, la cittadella fortificata di Carcassonne o il castello di Pierrefonds.

Da citare ad esempio molti tratti delle mura di Rodi, a più riprese "riparate" con la tecnica del "cuci-scuci", a partire dagli anni Trenta del secolo scorso, o la perdurante esperienza del cantiere della cattedrale di Strasburgo, ove opera ancora un'importante École de Tailleur de Pierres, ove giorno per giorno molti elementi lapidei degradati sono sostituiti con nuovi pezzi "identici" (almeno nelle intenzioni) a quelli rimossi.

Un altro significativo esempio può essere costituito dai piloni polistili che sostengono il tiburio del duomo di Milano, consolidati tra gli anni Settanta e gli anni Ottanta del secolo scorso sostituendo, con la tecnica del "cuci-scuci", i loro blocchi deteriorati di marmo di Candoglia. I piloni erano stati infatti rifasciati con camice di calcestruzzo di cemento armato destinate a sorreggere il tiburio durante l'intervento e progressivamente "forate" per intervenire sul paramento esterno dei piloni estraendo i blocchi degradati per sostituirli, uno ad uno, con nuovi elementi dello stesso materiale.

Infine, la tecnica del "cuci-scuci" è stata recentemente impiegata in modo diffuso nel restauro delle mura aureliane di Roma, attuato nell'ambito del programma di interventi per il grande Giubileo 2000.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Acocella A., *L'architettura di pietra. Antichi e nuovi magisteri costruttivi*, Lucense Alinea, Firenze, 2004.

Caleca L., De Vecchi A., *Tecnologie di consolidamento delle strutture murarie*, Flaccovio, Palermo, 1987.

Carbonara G. (a cura di), vol. III, 1996.

Cigni G., *Il consolidamento murario. Tecniche di intervento*, Kappa, Roma, 1983.

Defez A., *Il consolidamento degli edifici*, Liguori, Napoli, 1998.

Franceschi S., Germani L., *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

Mastrodicasa S. 1974.  
(MUS)

Musso S. F., Franco G., *Guida agli interventi di recupero dell'edilizia diffusa nel Parco Nazionale delle Cinque Terre*, Marsilio, Venezia, 2006.

Musso S. F., Franco G., *Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali*, Marsilio, Venezia, 2000.

Nizzi Grifi L., *Restauro statico dei monumenti 1. Diagnosi e consolidamento*, Hoepli, Milano, 1981.

Rocchi P. (a cura di), *Il Manuale del consolidamento strutturale*, Mancosu, Roma, 2003.



Figura 1 • In alcuni casi, la muratura da integrare non è ancora caduta, ma è conservata *in situ*, anche se in condizioni precarie tali da non poter essere riparata o consolidata e va completamente rimossa e sostituita. (CAF)

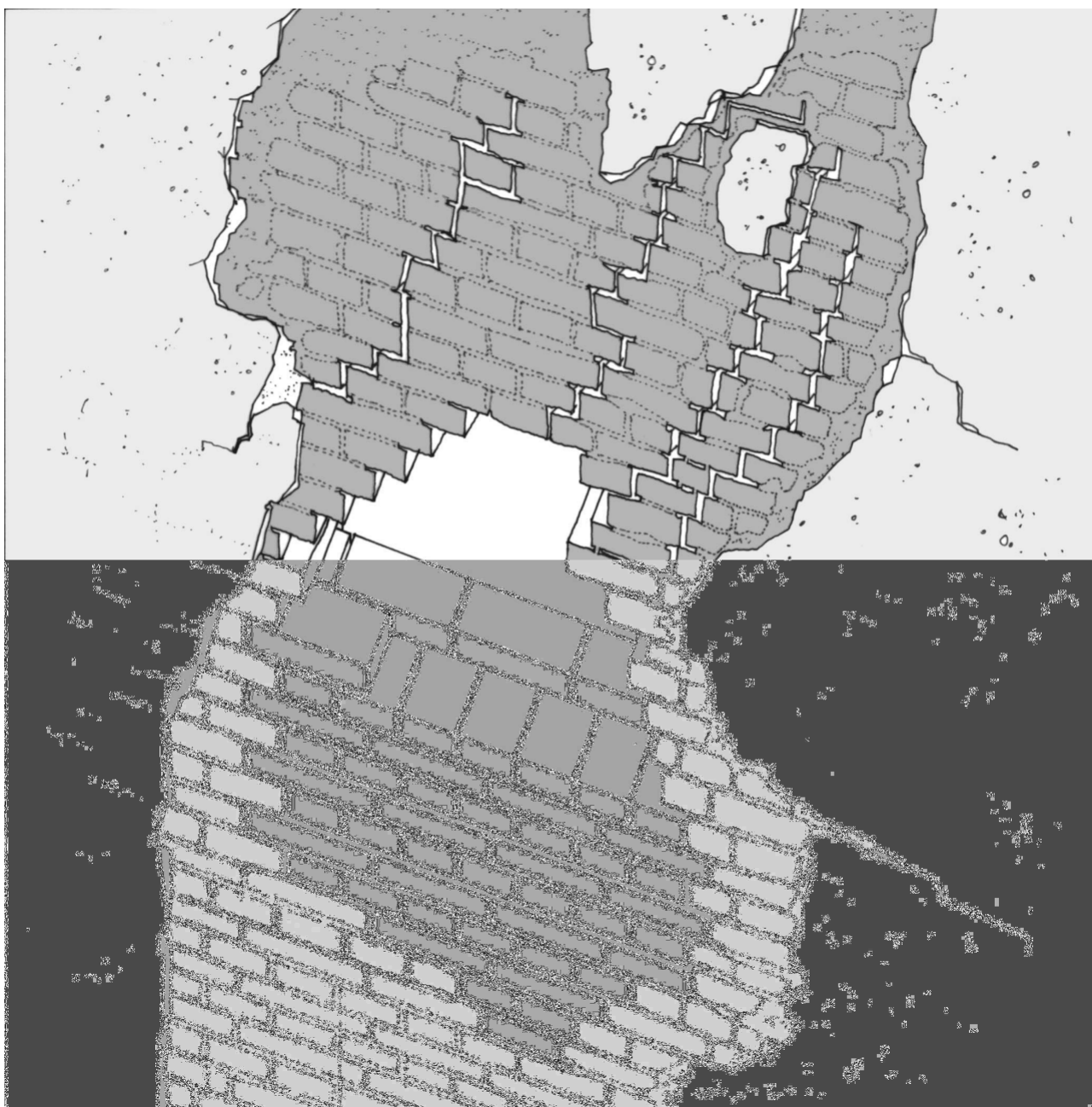


Figura 2 • “Presentazione” dei nuovi pezzi, ovvero loro inserimento provvisorio nella sede prevista, per controllare l'accettabilità della loro forma e l'effettiva realizzabilità dell'intervento. Posa in opera dei nuovi elementi nelle sedi di inserimento, preparate e pulite nelle fasi precedenti. (CAF)



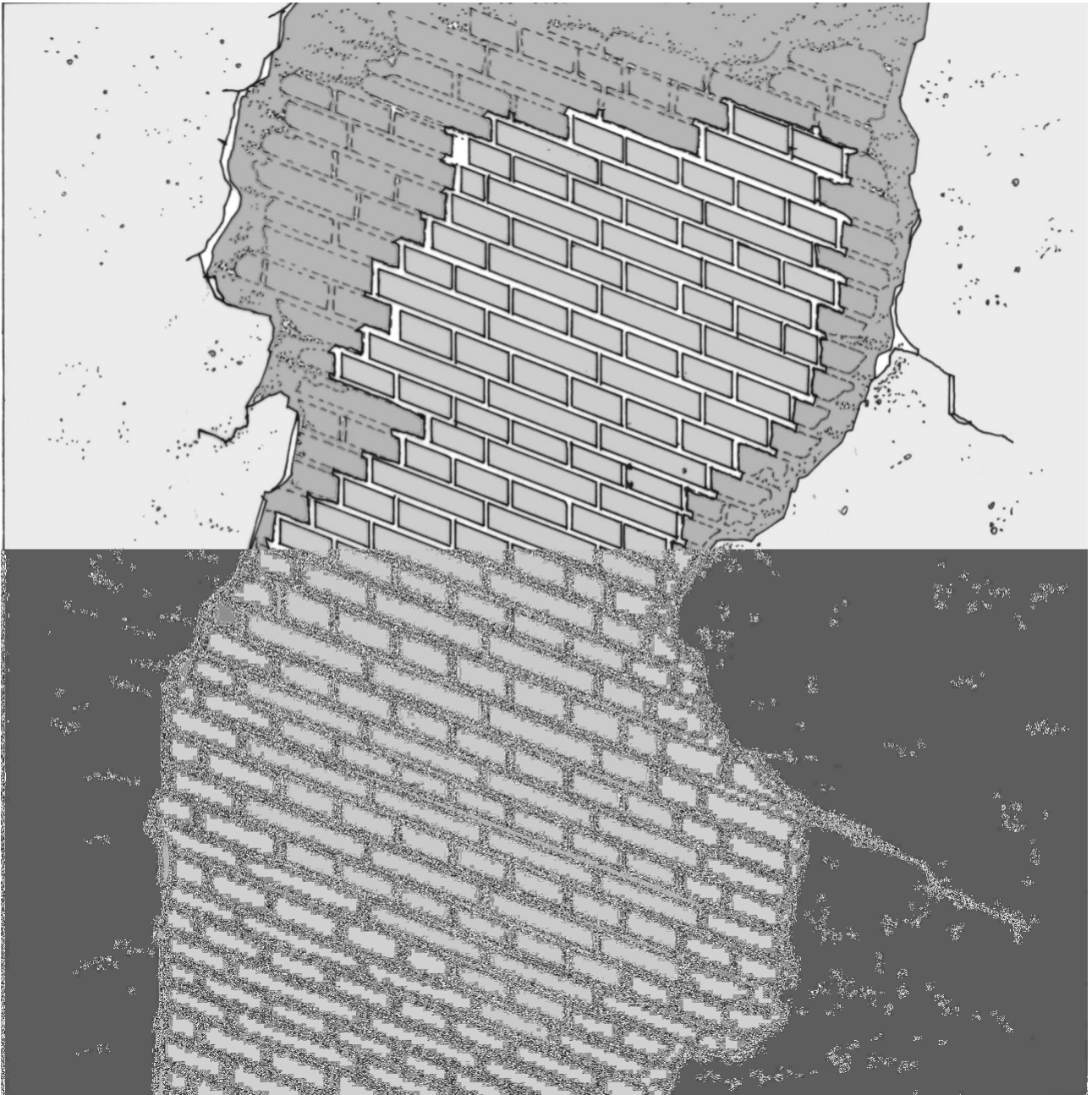


Figura 3 • Fase finale dell'integrazione. (CAF)



Figura 4 • Istanbul, muro di cinta della Basilica di Santa Sofia: parete sulla quale è stata applicata la tecnica del cuci-scuci, mantenendo uguali materiali, forme, dimensioni e apparecchiature con un risultato altamente mimetico. (BUC)



Figura 5 • Parete sulla quale è stata applicata la tecnica del cuci-scuci.



Figura 6 • Parete sulla quale è stata applicata la tecnica del cuci-scuci, mantenendo la nuova muratura a un livello di paramento arretrato rispetto a quello preesistente.

## INT04 INTEGRAZIONI E “RINCOCCIATURE” DI MURATURE

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Talvolta, manufatti a struttura muraria interessati da mancanze localizzate o estese di elementi, conseguenti a crolli o a distruzioni di varia origine, o da porzioni in cui gli elementi componenti sono degradati a tal punto da porre a rischio non solo l'aspetto ma anche la stabilità della struttura, possono essere riparati con diverse tecniche e con varie soluzioni costruttive. Se la riparazione prevede la rimozione materiale degli elementi degradati e la loro sostituzione con nuovi elementi sani, di analogo o di diverso materiale, forma, dimensione e tecnica di lavorazione, si ricorre alla cosiddetta tecnica del “cuci-scuci” (v. INT03 - *Consolidamento mediante “cuci-scuci”*). Altre volte, tuttavia, non si tratta di sostituzioni ma di vere e proprie integrazioni, ossia di costruzione di nuove parti in sostituzione di altre mancanti o mai realizzate, attuate per conferire continuità alla compagine muraria, per proteggerne le parti sommatili (v. anche PTZ11 - *Protezione di creste di muri col metodo della foderatura di malta*, PTZ12 - *Protezione della cresta dei muri mediante spalmatura di malta e sassi infissi*, PTZ13 - *Protezione della cresta dei muri mediante strati di sacrificio*, PTZ14 - *Protezione delle creste dei muri con bauletto di malta*), per ricucire e rinsaldare i bordi di zone di crollo o di aperture aperte in traccia, attraverso demolizioni localizzate della parete o, ancora, per realizzare addizioni necessarie, ad esempio, alla stabilità della struttura o ai nuovi usi per essa previsti.

In caso di riparazioni estese, che spesso sconfinano nella realizzazione di veri e propri nuovi tratti di muratura, si è soliti parlare d'integrazioni murarie, mentre si definisce normalmente “rincocciatura” una più limitata riparazione eseguita con l'inserimento di nuovi elementi, senza rimozione di quelli esistenti, attuata per colmare una mancanza, ossia un vuoto di limitata estensione nella parete. In ogni caso, un intervento puntuale di “rincocciatura” prevede la ricostituzione della massa e del volume della porzione di parete interrotta, scavata o lacunosa. L'intervento può quindi tendere a consolidare e a rinforzare la parete, per ragioni statico-strutturali, ossia per garantirne la stabilità e l'equilibrio, sotto l'azione del peso proprio e di eventuali carichi trasmessi da altre strutture o dal terreno. Inoltre, la riparazione e il risarcimento delle mancanze, mediante “rincocciatura”, può essere necessaria per ristabilire la continuità della superficie della parete e della sua massa, in modo da contrastare il progredire dei fenomeni di degrado e dissesto in atto o da impedire che insorgano nuovi problemi (crolli, insediamento di vegetazione infestante, ingresso dell'acqua e degli agenti inquinanti che essa veicola, penetrazione di animali ecc.). Infine, la “rincocciatura”, come ogni altra forma d'integrazione, può essere utilizzata nel ristabilimento dell'unità morfologica e figurale del manufatto oggetto di intervento.

In questi casi, si tratta quindi di veri e propri interventi costruttivi, che pongono sempre rilevanti questioni in merito alle relazioni che le opere di nuova esecuzione avranno con le parti preesistenti. Sono problemi che riguardano la scelta dei materiali e delle tecniche costruttive da impiegare per la realizzazione delle integrazioni, ma anche la selezione dei modi con cui risolvere le linee e le superfici di contatto che si determinano tra queste e le porzioni preesistenti della muratura. Ogni integrazione muta, d'altra parte, lo stato del manufatto e ne altera i segni stratigrafici, ponendosi come nuova unità costruttiva nel suo palinsesto materiale. Si tratta, dunque, ogni volta, di decidere, se utilizzare o meno elementi analoghi per forma, per dimensioni, per materiali e per tecniche di lavorazione e di posa in opera, rispetto a quelli propri del manufatto su cui si interviene. Analogamente, possono variare, rispetto all'opera esistente, i caratteri dimensionali, di giacitura e di tessitura dei nuovi elementi che costituiscono i tratti o le porzioni di nuova realizzazione.

Tutto ciò, in ogni caso, non dipende esclusivamente né prevalentemente da ragioni di tipo tecnico, costruttivo o strutturale quanto, piuttosto, da precisi intenti progettuali tra i quali emerge, anzitutto,

il desiderio di assicurare la riconoscibilità, seppure in diversi gradi e condizioni, del nuovo intervento rispetto alle parti preesistenti del manufatto, ovvero di perseguire la loro perfetta mimesi.

### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le integrazioni di antiche murature, come accennato, possono essere realizzate con diversi metodi, sempre riconducibili al vasto settore delle usuali tecniche costruttive murarie.

Le integrazioni possono riguardare pareti o strutture murarie incomplete, interrotte o da consolidare e riparare e pongono sempre delicati problemi di connessione con le parti preesistenti, oltre a presentare aspetti strutturali di varia rilevanza, in relazione al ruolo cui sono destinati i nuovi tratti murari, ossia alla necessità che hanno di reggere esclusivamente se stessi, altre porzioni di muratura o di fabbricati o, addirittura, le spinte di altri elementi o del terreno. Di tutto ciò occorre tenere conto in fase di progettazione e di dimensionamento, ricorrendo ai sistemi di calcolo propri della tecnica delle costruzioni.

In effetti, le integrazioni possono rispondere a diversi scopi, talvolta tra loro integrati, e sono state realizzate, fin dalle epoche più remote, negli interventi su fabbriche esistenti, nel campo del restauro archeologico, del risanamento e del consolidamento.

In particolare, con simili operazioni, sono state riprese, completate e consolidate molte murature antiche, mediante aggiunta di parti e di elementi a rinforzo di altre porzioni di fabbrica rese deboli dai processi di degrado e di dissesto, ma anche al fine di ampliare gli edifici esistenti con nuove addizioni, in orizzontale o in elevato.

Altre volte, le integrazioni hanno ripristinato lo stato dei manufatti a seguito di crolli e di distruzioni improvvisi, o ne hanno protetto le porzioni più esposte all'aggressione degli agenti atmosferici, come accade in molte strutture di siti archeologici, ormai prive di reali funzioni ma rese instabili dalla vegetazione infestante e aggredite dalla pioggia, dal sole e dal vento.

In altri casi, le integrazioni sono rese necessarie da interventi che distruggono in parte antiche murature, ad esempio, per ricavare nuovi varchi e aperture al loro interno, per cui occorre successivamente rimarginare il foro creato nella parete e regolarizzarne i contorni, sia per ragioni formali, di decoro e di completezza formale, sia per motivi costruttivi. Si pensi, ad esempio, alla necessità di porre in opera nuovi infissi o di rinforzare il tessuto murario compromesso dal taglio ed evitare che il foro si estenda, in modo incontrollato, per effetto delle sollecitazioni agenti nella muratura o a seguito di eventuali urti.

Possono essere oggetto di interventi integrativi sia le fondazioni, generalmente nell'ambito di più complessi programmi di rinforzo statico e di sottomurazione delle strutture esistenti, sia le murature in elevato, in qualunque materiale e con qualunque tecnica costruttiva siano realizzate. Le integrazioni prevedono l'addizione delle parti di nuova realizzazione, in continuità con quelle esistenti, sia in senso orizzontale sia in senso verticale, ossia affiancandole o sovrapponendole ai tratti di muratura preesistente ma anche addossando, in tutto o in parte, le nuove porzioni a quelle originarie, raddoppiandone così le sezioni resistenti anche a fini di rinforzo statico strutturale.

In molti casi, dunque, le motivazioni principali per la realizzazione di integrazioni murarie sono rappresentate dalla necessità di ampliare le strutture esistenti o di scongiurare i rischi di un loro eventuale collasso, di porre rimedio alla diminuzione delle sezioni resistenti di maschi o di generici elementi murari, di proteggere l'apice, il piede o le terminazioni laterali delle strutture murarie oggetto di intervento, di rimarginare zone di crollo o nuove aperture realizzate con localizzate demolizioni al loro interno, nonché di riparare eventuali loro zone lacunose interrotte e caratterizzate da mancanze e vuoti. Proprio in quest'ultimo caso si ricorre spesso a una rincocciatura caratterizzata da una esecuzione e da un aspetto piuttosto "rozzi" poiché imposta, il più delle volte, da urgenti necessità operative più che da meditate scelte progettuali.

Le rincocciature, infatti, possono essere realizzate per occludere fori, lacune e discontinuità della parete (ad es. in conseguenza di indebolimenti causati da eventi esterni, quali frane o smottamenti, o da lavori di trasformazione interrotti e non perfettamente risolti). Tali operazioni possono essere limitate al solo paramento esterno della parete o attraversarne l'intero spessore. In molti casi, tuttavia, la loro funzione è prevalentemente passiva, poiché i nuovi materiali e i nuovi elementi (generalmente mattoni, interi o in frammenti, scaglie di pietra o ciottoli, misti a malte di varia composizione) sono utilizzati per impedire che la discontinuità divenga motivo di indebolimento della struttura.

Potrebbero, infatti, verificarsi in quel punto urti e crolli accidentali, o penetrare nella parete acqua, agenti inquinanti, radici di piante infestanti o animali, con prevedibili guasti e danni futuri. In questi casi, l'impegno strutturale della rincocciatura è spesso trascurabile, poiché il materiale aggiunto regge se stesso o deve essere addirittura connesso alle superfici di delimitazione del vuoto da occludere mediante opportuni sistemi di ancoraggio, per evitarne la caduta. In altri casi, la rincocciatura può essere chiamata a svolgere un determinante ruolo di sostegno rispetto alle parti di muratura sovrastante ed è quindi necessario che il materiale e le tecniche esecutive adottate siano tali da garantire la sua buona resistenza meccanica a compressione, la sua indeformabilità e stabilità.

Molti manufatti architettonici, soprattutto nel passato meno recente, sono stati sottoposti a interventi di integrazione delle loro compagini murarie, per restituire ad essi una perdita completezza morfologica o formale, in relazione, ad esempio, alle teorie del restauro che hanno governato gli interventi sull'architettura antica soprattutto tra Ottocento e Novecento.

L'integrazione può riguardare tutti gli elementi di carattere murario e, quindi, anche le strutture arcuate o voltate, seppur con alcune cautele e con specifici accorgimenti realizzativi che debbono tenere conto del particolare regime delle sollecitazioni e delle tensioni interne che agiscono in tali elementi e alla conseguente necessità di realizzare eventualmente opportuni sistemi di centinatura provvisoria durante tutte le fasi dell'intervento (v. CSD08 - Puntellature, centinature e sostegni provvisori) (fig. 1, fig. 2).

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Ogni intervento d'integrazione e rincocciatura di strutture murarie esistenti, al di là dall'estrema variabilità delle soluzioni tecnico-costruttive adottabili, prevede sostanzialmente la seguente successione di fasi operative:

1. Ispezione e rilievo accurato dello stato di fatto della struttura oggetto d'intervento, attuato con metodi tradizionali, quali il ricalco diretto della superficie muraria contermine all'integrazione e, soprattutto, delle sue facce destinate ad essere connesse alle porzioni di nuova realizzazione, oppure con tecniche di rilievo fotogrammetrico, analitico o digitale. I dati del rilievo e l'analisi, estesa all'intera profondità delle strutture, per definire qualità, forme e modi di posa in opera dei nuovi elementi, costituiscono, infatti, la base per la progettazione e poi per l'esecuzione dell'intervento, non solo dal punto di vista delle scelte formali ma anche riguardo alla esatta successione delle diverse fasi operative (fig. 3).
2. Eventuale realizzazione di puntellature e di sostegni provvisori che sostengano le parti contermini del manufatto interessate dall'intervento, per prevenire crolli o deformazioni indesiderate e rischiose per la sua conservazione e per l'incolumità di operatori e persone in genere (v. CSD08 - Puntellature, centinature e sostegni provvisori).
3. Rimozione degli eventuali elementi degradati e instabili presenti al contorno o all'interno dei vuoti e delle discontinuità da occludere, rimarginare e integrare, per predisporre una sede di inserimento salda e sicura per i nuovi elementi, avendo cura di procedere dall'alto verso il basso, operando per sezioni successive di limitata estensione, per non porre in crisi la stabilità dell'elemento su cui si agisce. In questa fase, possono anche essere attuate eventuali perforazioni per l'inserimento, nel corpo della parete, di perni e connettori vari cui ancorare le nuove masse, assicurandone l'effettiva stabilità e solidarietà con il supporto. La rimozione dei depositi presenti nei vuoti da colmare può avvenire con mezzi manuali e con l'ausilio di semplici utensili, quali martelli, punte e leve, oppure può richiedere la preventiva frantumazione di alcuni elementi, per realizzare i necessari spazi di manovra. È in ogni caso necessario limitare al massimo le sollecitazioni indotte nella struttura da tali operazioni, per evitare di provocare ulteriori danni, soprattutto alla sua stabilità.
4. Pulitura delle sedi e dei piani di appoggio e di connessione dei nuovi elementi, per rimuovere i detriti grossolani e quelli pulverulenti che potrebbero pregiudicarne la posa in opera e, soprattutto, il corretto ancoraggio degli eventuali materiali leganti a questo scopo utilizzati alle strutture esistenti. La pulitura è, in genere, eseguita con strumenti meccanici (spazzole, raschietti e con eventuale ausilio di aspiratori) ma può richiedere anche l'impiego di acqua, la cui quantità deve essere limitata al massimo, per evitare di bagnare eccessivamente la muratura innescando ulteriori processi di degrado (fig. 4).

5. “Presentazione” dei nuovi pezzi, ovvero loro collocazione provvisoria nella sede prevista opportunamente predisposta e preparata, per controllare l'accettabilità della loro forma e l'effettiva realizzabilità dell'intervento.

In questa fase, si impiegano generalmente piccole zeppe o sottili liste di legno, per appoggiare provvisoriamente gli elementi nella loro sede di inserimento e per poterli poi agevolmente rimuovere.

6. Posa in opera dei nuovi elementi nelle sedi e sui letti di inserimento, preparati e puliti nelle fasi precedenti, utilizzando materiali leganti ossia generalmente malte di composizione tradizionale o di nuova composizione, con aggiunta di additivi che ne migliorino l'aderenza e ne diminuiscano il ritiro, nonché eventuali perni o dispositivi di tipo passivo per migliorare la connessione tra i nuovi pezzi e quelli esistenti (v. INT10 - Reintegrazione/riadesione di intarsi lapidei). Questa fase varia in relazione al tipo di elementi utilizzati, alla loro forma, alle loro dimensioni e al loro peso. Inoltre, le procedure di realizzazione delle integrazioni e delle rincocciature variano se queste riguardano lo strato superficiale, ossia il paramento esterno di una parete, oppure una sua porzione più estesa e profonda, oppure ancora una vera e propria nuova porzione di muratura strutturalmente indipendente, poiché in questo caso sono maggiori le necessità di assicurare un saldo ancoraggio del nuovo materiale alla massa muraria esistente. La fase di realizzazione risente, inoltre, della posizione e del ruolo affidato all'integrazione, poiché questo influisce sull'accessibilità e sulla facilità di manovra degli operatori e sulla scelta dei materiali e dei modi di posa in opera (fig. 5, fig. 6, fig. 7).

Nel caso, ad esempio, si tratti di realizzare nuove spallette o nuovi stipiti di un'apertura, aperta in traccia nella muratura preesistente, occorrerà fare sì che i nuovi elementi si integrino con quelli esistenti, non solo dal punto di vista formale ma anche strutturalmente, onde assicurare la necessaria resistenza meccanica dei nuovi elementi e dell'intera compagine muraria contermina.

7. Finitura ed eventuale stilatura dei giunti di materiale legante posti tra gli elementi e, soprattutto, tra quelli del nuovo tratto di muratura e quelli preesistenti, anche con riguardo alle scelte operate in merito alla relazione formale che si intende realizzare tra le due porzioni di fabbrica (fig. 8).

8. Finitura superficiale e protezione della nuova superficie muraria (fig. 9).

Diverse e molteplici sono, in ogni caso, le possibili scelte riguardo ai modi con cui realizzare i nuovi tratti di muratura, poiché, nella scelta, possono sostanzialmente giocare un ruolo fondamentale e variabile i seguenti elementi:

- i materiali, le forme, le dimensioni e le lavorazioni degli elementi prescelti per l'integrazione;
- i tipi di apparecchiatura e di posa in opera.

Le combinazioni possibili di tali elementi sono, come numerose esperienze recenti e antiche dimostrano, assai varie e, per certi versi, non codificabili, poiché il nuovo tratto di muratura potrebbe essere realizzato, ad esempio, con:

- gli stessi materiali utilizzati nelle murature preesistenti, con pezzi di forme, dimensioni e lavorazioni uguali alle loro e con apparecchiature simili;
- gli stessi materiali utilizzati nelle murature preesistenti ma con elementi di forme, dimensioni e lavorazioni diverse e posti in opera con apparecchiature differenziate rispetto a quelle dei tratti vicini;
- le stesse forme e analoghe dimensioni dei pezzi rispetto a quelli delle murature preesistenti, ma di materiali diversi (in genere più resistenti), posti in opera con apparecchiature analoghe o differenti rispetto a quelle esistenti nei tratti vicini;
- tutti i caratteri e gli elementi richiamati diversi da quelli delle murature preesistenti (materiali, forme, dimensioni e lavorazioni), addirittura ricorrendo all'uso di materiali plastici gettati in opera entro casseri di varia fattura e variamente rifiniti sulla faccia destinata a rimanere a vista.

Nel caso di rincocciature, trattandosi nella maggior parte dei casi di integrazioni di limitata estensione, tali scelte sono fortemente condizionate dalla forma dei vuoti da occludere e dai materiali costitutivi della parete in cui si opera. Per questo, rispetto a quanto avviene nelle più ampie integrazioni murarie, è prevalente l'impiego di materiali plastici gettati o stesi in opera,

direttamente con la cazzuola, oppure di frammenti di laterizi o delle stesse pietre che compongono la muratura circostante, la mancanza da suturare o il vuoto da colmare. Assumono, quindi, minore rilevanza le scelte che, nei casi più estesi, concernono, ad esempio, le dimensioni dei pezzi e delle apparecchiature secondo cui porli in opera, anche per distinguere le nuove opere da quelle originarie, sulla scorta di generali riflessioni sul senso dell'intervento.

L'intervento integrativo impone, in ogni caso, notevoli e complessi problemi di varia natura.

Esso può, come accennato, interessare esclusivamente il paramento superficiale di una struttura muraria oppure può riguardare la sua prosecuzione nell'intera massa interna e ciò ha notevoli implicazioni strutturali ed esecutive, in ordine anzitutto alla necessità di assicurare la stabilità del manufatto durante l'esecuzione dell'intervento e, se l'integrazione avviene per sovrapposizione, anche in ragione della capacità che le vecchie murature hanno di reggere il peso murario delle nuove porzioni di muratura.

Uno specifico problema riguarda poi i giunti che occorre realizzare nel nuovo tratto di muratura e tra questa e le porzioni preesistenti, poiché ciò ha notevoli implicazioni sia sul suo comportamento statico e sulla sua durabilità e resistenza, sia sul suo aspetto finale e, quindi, sulla sua riconoscibilità rispetto ai tratti preesistenti.

Occorre, infine, sottolineare come le tecniche di integrazione delle murature siano soprattutto utilizzate per eseguire interventi di riparazione e di ricostruzione di tratti di murature composte da elementi di forme e di dimensioni regolari, messi in opera in apparecchiature ordinate (mattoni, conci squadrati o almeno sbozzati). Molto più problematica è la loro adozione nel caso si debba intervenire su murature incoerenti, ad apparecchiatura disordinata o caotica, come sono, ad esempio, molte strutture realizzate con ciottoli o con scaglie di pietra irregolare, non tanto dal punto di vista degli esiti formali, quanto piuttosto dal punto di vista costruttivo, per la maggiore difficoltà di assicurare, in questi casi, un saldo ancoraggio e una sicura connessione tra le nuove porzioni di muratura (fig. 10, fig. 11).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per le numerose implicazioni richiamate, ogni integrazione muraria o rincocciatura richiede in ogni caso:

- a) un'attenta e prudente valutazione della stabilità e dell'equilibrio della muratura oggetto di intervento, in fase preventiva e diagnostica, in se stessa e nelle sue relazioni con altre strutture cui è eventualmente connessa;
- b) la scelta, già in fase progettuale, dei materiali e delle tecniche di posa in opera da impiegare nelle integrazioni, affinché sia assicurato il mantenimento o il miglioramento delle caratteristiche di resistenza meccanica della parete integrata e siano scongiurati conflitti e incompatibilità tra le nuove opere e le preesistenze, anche dal punto di vista chimico-fisico e meccanico;
- c) un'accurata esecuzione dei nuovi tratti o inserti di muratura, in fase di cantiere, per evitare che si determinino rotture e crolli incontrollati delle strutture esistenti e affinché si realizzi una salda unione tra nuovi e antichi tratti murari.

Considerata la sua invasività, non solo formale, con l'inevitabile introduzione di nuovi elementi a fianco di compagini murarie esistenti, ogni tecnica integrativa solleva, inoltre, delicati problemi in ordine alla tutela dei segni stratigrafici in esse presenti e al trattamento di quelli che l'intervento stesso determina. L'attenta valutazione di questi aspetti, e non solo una scelta di carattere formale, deve quindi influire sulla scelta dei materiali e dei caratteri superficiali dei nuovi elementi nonché sui modi con cui realizzare l'integrazione. Occorre, ad esempio, valutare l'opportunità che la nuova porzione di parete sia costruita in lieve soprasquadro e sottosquadro rispetto alla superficie della muratura contermina (per rendere tra l'altro riconoscibile il nuovo inserto e per assorbire le irregolarità delle superfici e delle linee di contatto).

Non è tuttavia possibile ignorare, che simili scelte comportano ulteriori problemi di carattere tecnologico, legati in particolare all'effettiva durabilità e efficienza dell'intervento, dal momento che ogni discontinuità creata all'interno della compagine muraria costituisce un potenziale punto di aggressione da parte degli agenti aggressivi esterni.



## ESPERIENZE

### *Integrazione di porzioni murarie*

Le diverse tecniche murarie sono da sempre utilizzate per realizzare integrazioni, protezioni, rinforzi e ampliamenti di strutture murarie esistenti, come dimostrano gli stessi trattati di architettura e i manuali pratici di arte e tecnica del costruire, particolarmente diffusi tra Ottocento e Novecento. Inoltre, esse sono sempre comparse tra i metodi impiegati dai restauratori, almeno da quando la loro attività si è distinta dalle consuete pratiche architettoniche, come dimostrano, tra gli altri, gli interventi di Raffaello Stern e di Giuseppe Valadier all'anfiteatro Flavio di Roma.

Molte strutture murarie appartenenti a siti e complessi archeologici (fig. 12, fig. 13, fig. 14), anzitutto i ruderi del complesso del Palatino a Roma o quelli di villa Adriana a Tivoli, comprendono numerosi tratti, per varie ragioni integrati con diverse tecniche murarie. In particolare, a villa Adriana è possibile vedere e ritrovare innumerevoli integrazioni realizzate prevalentemente con laterizi e malte di diversa composizione, con le più varie apparecchiature e con i più diversi metodi di segnalazione dell'epoca di costruzione, tanto che, secondo alcuni studiosi, è ormai possibile costruire una sorta di "cronotipologia" delle varie integrazioni presenti nel complesso, in quanto ciascuna è riconducibile, per scelte tecniche e formali, a precisi momenti del dibattito culturale o all'azione di singoli soprintendenti e architetti-archeologi.

Anche molti monumenti medievali sono stati variamente integrati, completati o ricostruiti con estese integrazioni murarie, ad esempio da Viollet-le-Duc e tra essi vi sono, anzitutto, la cittadella fortificata di Carcassonne o il castello di Pierrefonds.

### *Rincocciature di murature*

L'intervento di rincocciatura è spesso stato eseguito in condizioni di urgenza e per riparazioni di limitata estensione e di ridotto impegno strutturale. Per queste ragioni si pensa, spesso erroneamente, che si tratti di opere caratterizzate da una prevalente ed esclusiva finalità pratica. Forse anche per tali motivi, la rincocciatura, pur essendo un'operazione diffusa nei cantieri di restauro, antichi e recenti, non è esplicitamente citata nella letteratura tecnica del settore.

Molti monumenti delle epoche successive presentano a loro volta numerose tracce di rincocciature, il più delle volte eseguite nelle zone basamentali delle murature esterne, a colmare tratti demoliti o scalzati da piene o da smottamenti del terreno.

Alcune applicazioni di questa tecnica sono state adottate nel recente restauro del castello di Rapallo, per risarcire lacune del paramento murario, in situazioni di rischio per la sua stabilità.

Interventi di questa natura sconfinano, tuttavia, molto spesso nelle opere di sottomurazione e sfociano in più complessi interventi di consolidamento statico-strutturale delle costruzioni, rispetto ai quali è inevitabile il rimando alla letteratura tecnica e scientifica del settore.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bellina A., Doglioni F., Quendolo A., Biscontin G., Mietto D., 1991.

Biscontin G., Driussi G. (a cura di), 1997.

De Angelis d'Ossat G., 1978.

Gizzi S. 1988.

Gizzi S. 1992.

Gizzi S. 1997.

Segarra Lagunes M.M. (a cura di), 1997.

(MUS)

Acocella A., *L'architettura di pietra. Antichi e nuovi magisteri costruttivi*, Lucense Alinea, Firenze, 2004.

Amato P., Manzo S., Mertens D., Torraca G., *Il trattamento delle lacune nel Tempio di Segesta. La successione storica dei restauri e l'intervento attuale*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 1997.

Biscontin G., Cimitan L., Longega G., Rossi P.P., Fawzi F., *Trattamento di lacune per il restauro delle colonne del Tempio di Amenofi III a Luxor*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura*.

*Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 14 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 1997.

Caleca L., De Vecchi A., *Tecnologie di consolidamento delle strutture murarie*, Flaccovio, Palermo. Carbonara G. 1976, *La reintegrazione dell'immagine. Problemi di restauro dei monumenti*, Bulzoni, Roma, 1987.

Cigni G., *Il consolidamento murario. Tecniche di intervento*, Kappa, Roma, 1983.  
Defez A., *Il consolidamento degli edifici*, Liguori, Napoli, 1998.

Franceschi S., Germani L., *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 2005.

Musso S.F., *"Integrare" o "re-integrare" l'antico?*, in Segurra Lagunes, Maria Margarita (a cura di), *La reintegrazione nel restauro dell'antico. La protezione del patrimonio dal rischio sismico*, atti del Seminario di studi Paestum, 11-12 aprile 1997, Gangemi, Roma, 1997.

Musso S.F., Franco G., *Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali*, Marsilio, Venezia, 2000.

Musso S.F., Franco G., *Guida agli interventi di recupero dell'edilizia diffusa nel Parco Nazionale delle Cinque Terre*, Marsilio, Venezia, 2006.

Napoleone L., *Lacuna: mancanza o disvelamento?*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 1997.

Nizzi Grifi L., *Restauro statico dei monumenti. 1. Diagnosi e consolidamento*, Hoepli, Milano, 1981.

Rocchi P. (a cura di), *Il Manuale del consolidamento strutturale*, Mancosu, Roma, 2003.

Torsello B.P., *Lacune: testo, pretesto*, in Biscontin G., Driussi G., *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di Studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 1997.

Torsello B.P., *La materia del restauro. Tecniche e teorie analitiche*, Marsilio, Venezia, 1988.

Torsello B.P. (a cura di), *Il castello di Rapallo. Progetto di restauro*, Venezia, Marsilio, 1999.



Figura 1 • Ricostruzione del cantonale in pietra.

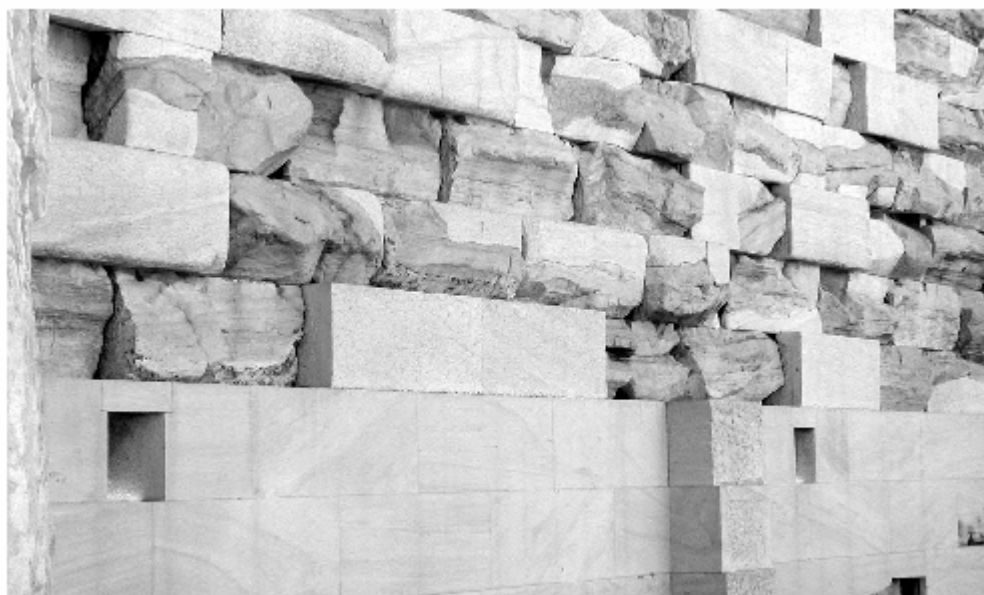


Figura 2 • Integrazione di muratura nell'Acropoli di Atene.



Figura 3 • Lacuna di muratura in prossimità di un bolzone.



Figura 4 • Prima di applicare la malta, si bagna il supporto.



Figura 5 • Applicazione della malta di allettamento del primo mattone.



Figura 6 • Inserimento del primo mattone.



Figura 7 • Collocazione del secondo mattone.



Figura 8 • Stuccatura finale.



Figura 9 • Ricostruzione del setto murario legato alla trabeazione.

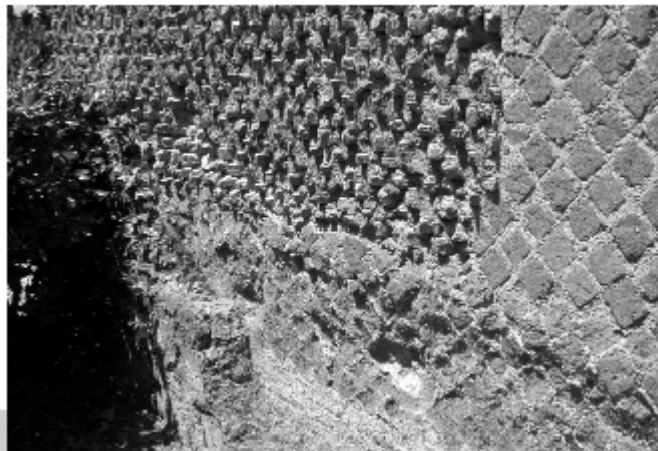


Figura 10 • Integrazione di *opus reticulatum* con muratura a paramento.

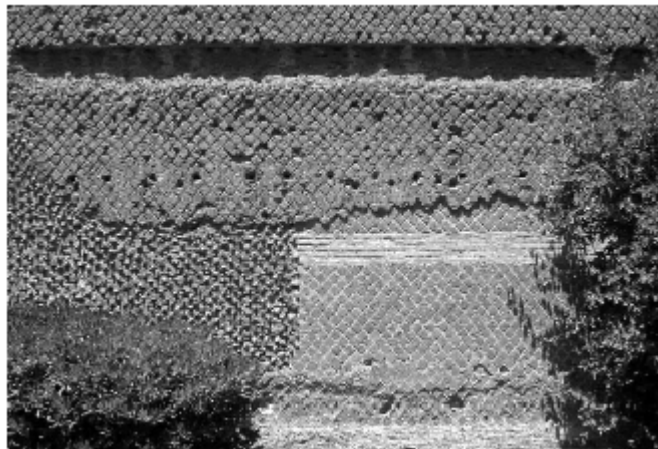


Figura 11 • Integrazioni murarie stratificate, "storiche" e recenti.



Figura 12 • Istanbul, ingresso del Palazzo del Topkapi con integrazioni murarie stratificate (BUC).





Figura 13 • Troia (Turchia), particolare di una delle cinte murarie della città in cui è visibile un intervento di integrazione esteso a tutta la profondità della struttura (BUC).



Figura 14 • Acropoli di Pergamo (Turchia): integrazioni murarie con elementi diversi per pezzatura e apparecchiatura, derivanti da raccolta di materiale a piè d'opera. (BUC).

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica di integrazione di elementi plastici, soprattutto di carattere decorativo, mediante modellazione in opera di materiali in pasta, è il risultato di operazioni che possono essere eseguite interamente in cantiere. Questa tecnica prevede l'applicazione di più strati di impasto, lavorati con appositi attrezzi – stecche, spatole, sgorbie, lame – e soprattutto, se si debbano integrare modanature e cornici lacunose realizzate con impasti analoghi agli esistenti o con materiali diversi, con sagome che riproducono, in negativo, la sezione della decorazione da integrare.

Il principio che guida la tecnica è quello della ricostruzione di parti o del riempimento di cavità presenti nei manufatti trattati, utilizzando materiali in pasta modellabili che possono, in alcuni casi, divenire vere e proprie protesi realizzate con materiali – e, spesso, anche con forme – analoghi a quelli originali.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

È una delle operazioni più diffuse nel campo del restauro. Essa si applica su manufatti realizzati con i materiali più diversi. I materiali in pasta sono utilizzati, ad esempio, per l'integrazione e la riparazione di manufatti di legno, in malta di gesso o di calce, di cemento, di pietra o di materiali fittili o ceramici. Sono infatti frequenti i manufatti, all'interno e all'esterno degli edifici, che hanno subito menomazioni e rotture con perdite di parti più o meno estese e localizzate, in seguito a urti o traumi di diversa natura. Tali menomazioni possono essere costituite anche dal distacco e dalla perdita di intere porzioni dei manufatti, e alcuni restauratori ritengono che esse vadano ricostruite, vuoi per conferire completezza formale agli oggetti, vuoi perché queste lacune possono costituire punti di fragilità per le parti sane o di discontinuità dei materiali che, talvolta, favoriscono infiltrazioni e possono agevolare l'insorgere di fenomeni di degrado sempre più gravi.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La tecnica richiede, prima di tutto, un'accurata preparazione delle superfici su cui si interviene. Tale preparazione prevede le seguenti operazioni fondamentali:

- eliminazione di tutti i depositi incoerenti (polveri e detriti) e di tutti i materiali di alterazione (croste nere, pellicole, patine ecc.) che potrebbero impedire o rendere inefficace l'applicazione del materiale in pasta;
- eventuale regolarizzazione dei margini della lacuna o incisione dell'interno della mancanza, per creare superfici scabre che facilitino l'ancoraggio dei materiali aggiunti;
- trattamento, nel caso delle cornici e delle modanature in malta, delle eventuali armature presenti al loro interno, spesso costituite da elementi metallici ossidati o ossidabili.

In questi casi, è opportuno assumere le idonee precauzioni per neutralizzarne gli effetti degradanti, eventualmente eliminando le parti irrecuperabili e non più funzionali.

Una volta completata la preparazione del supporto, è necessario un esame accurato dei materiali per predisporre l'integrazione utilizzando formulati compatibili.

A questo punto, si procede all'esecuzione dell'intervento, considerando:

- il solido ancoraggio del nuovo modellato al supporto, facendo conto sia sulla capacità di coesione dei nuovi materiali sia su eventuali agganci meccanici (ad es. perni, fili, ganci, ecc.);
- la capacità di resistenza della nuova massa che, salvo alcune eccezioni, non può essere affidata esclusivamente alle caratteristiche fisiche e meccaniche delle malte e dei composti utilizzati, ma va integrata e rafforzata con l'inserimento al suo interno di una struttura in grado di assicurare condizioni di stabilità superiori;
- l'eventuale trattamento e la realizzazione della superficie di finitura esterna della nuova massa che, per materiale e per forma, può accordarsi con la parte sana del manufatto, mimetizzandosi, oppure può denunciare la propria natura di corpo aggiunto.

La soluzione di questi problemi è alla base di questa tecnica, come di seguito descritto.

### *Materiali di base*

#### *Integrazione e stuccatura di manufatti in malta*

La composizione degli impasti è costituita generalmente dalla miscela di un legante e di un aggregato, con una granulometria variabile in relazione alla funzione dello strato: di dimensioni maggiori se lo strato è di preparazione, più fine se è di finitura.

Per l'integrazione delle decorazioni a stucco eseguita in opera si utilizzano malte il cui legante può essere costituito da calce aerea o idraulica, grassello di calce o gesso, con l'aggiunta, ove sia necessario, di leganti ottenuti da polimeri di sintesi. Il tipo di inerte e la sua granulometria devono essere compatibili con il materiale da integrare.

#### *Integrazione e stuccatura di manufatti in pietra*

La composizione degli impasti utilizzati per le reintegrazioni è generalmente realizzata con resina e derivati della pietra dell'opera originaria (detriti e/o polveri). Nella maggior parte dei casi, per evitare che l'impasto si deformi sotto il suo stesso peso e aderisca in modo imperfetto al supporto, si realizza un'armatura di sostegno costituita da perni e reticolo in filo di ottone.

L'impiego nell'impasto dello stesso litotipo degli elementi che si vanno a reintegrare e l'eventuale aggiunta di pigmenti minerali, fanno sì che le parti reintegrate si avvicinino come grana e colore al materiale originario. I nuovi elementi sono tuttavia individuabili da una distanza ravvicinata.

In ambiente esterno si impiegano generalmente prodotti acrilici per la loro resistenza agli agenti atmosferici, perché sono incolori e trasparenti (anche in massa), e hanno scarsa tendenza all'ingiallimento. Le resine epossidiche conferiscono all'impasto maggiori caratteristiche meccaniche, ma hanno minore resistenza agli agenti esterni (soprattutto al gelo per i prodotti di ultima generazione), e perciò è preferibile che siano utilizzati in luoghi protetti oppure che siano previste adeguate protezioni alle superfici delle integrazioni (stuccature, ridipinture ecc.).

Le quantità per ogni singolo componente vanno definite volta per volta, in base al tipo di resina e agli inerti utilizzati. Indicazioni più dettagliate in proposito sono fornite dalle case produttrici nelle schede tecniche di ogni singolo prodotto.

La reintegrazione va eseguita per strati successivi, analogamente al procedimento utilizzato per le stuccature, in modo da facilitare la catalizzazione della resina. È sempre preferibile preparare solo la quantità di impasto necessario per ogni strato. I tempi di lavorazione variano secondo la temperatura esterna, ma è sempre preferibile lavorare con valori superiori ai 10 °C.

L'umidità relativa deve essere inoltre abbastanza bassa (50-60%) in quanto una forte umidità, soprattutto nel caso dei prodotti epossidici, può provocare tempi di reazione più lunghi.

L'impasto può essere facilmente lavorato a mano con spatole, stecche, bacchette, piccole spatole a foglia di ulivo e altri strumenti generalmente utilizzati per la modellazione. Nel caso in cui si debba ricostruire un elemento di tipo seriale (ovoli, fiori, foglie ecc.), questo può essere anche eseguito mediante calco degli elementi ancora esistenti ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#)).

#### *Armature di sostegno*

Le armature di sostegno sono inserite per impedire che il materiale utilizzato per l'integrazione si deformi sotto il suo stesso peso o aderisca in modo imperfetto al supporto, con inconvenienti tanto più seri quanto maggiore è lo spessore di materiale necessario a eseguire l'integrazione.

L'armatura è generalmente realizzata con chiodi a testa larga o con perni inseriti nel supporto, per sostenere eventuali pezzi di laterizi che formano il corpo della decorazione, o per creare, unendo i chiodi con del filo, uno scheletro che assicuri al nuovo composto un ancoraggio stabile. Per queste strutture si utilizzano chiodi e fili zincati o protetti da cadmiatura, oppure d'acciaio inossidabile, o nylon.

In quest'ultimo caso, la prima operazione consiste nell'eseguire i fori nel materiale da integrare per l'introduzione dei perni di sostegno all'impasto; questi devono essere filettati per fornire maggiore aggrappaggio e devono avere diametro e lunghezza leggermente superiori a quello delle barrette da inserire. La distribuzione e quantità dei fori vanno commisurate al tipo di volume che s'intende ricostruire; generalmente le perforazioni si eseguono a distanze regolari o con una disposizione a quinconce che consente di attorcigliare un filo d'ottone intorno alle barrette, realizzando un reticolo che aiuta a sostenere il nuovo volume (fig. 4, fig. 5).

Il diametro dei perni, in acciaio inox o vetroresina, deve essere calcolato in base al volume che deve essere sostenuto: generalmente, non trattandosi di pesi eccessivi, vengono utilizzati diametri variabili dai 3 ai 6-7 mm. Per quanto riguarda la lunghezza, essa varia in funzione della conformazione dell'elemento che si deve ricostruire. Ad esempio, se s'intende reintegrare un cornicione, un listello o un elemento ad andamento lineare, essa deve essere costante, mentre in corrispondenza di spigoli o altro tipo di sporgenze, vanno utilizzate barrette di lunghezza maggiore, sempre a parità di diametro.

In tutti i casi, le barrette devono arrivare sotto livello di 1 o 2 cm rispetto alla superficie finale.

Le barrette devono essere inserite entro fori predisposti e fissate con un adesivo, generalmente una resina acrilica, iniettata per mezzo di una siringa, avendo cura di tamponare l'eccedenza di resina con un batuffolo di cotone.

In alcuni casi, per rendere più stabile l'armatura di fissaggio nel suo insieme, i perni possono essere piegati a uncino all'estremità esterna, in modo da poter legare in maniera più salda il filo di sostegno anche in senso orizzontale, vale a dire parallelamente alle superfici da reintegrare.

Qualora i volumi da ricostruire siano di una certa rilevanza, è opportuno fornire un maggiore aggrappaggio all'impasto realizzando una superficie scabra, costituita da uno strato di poliestere applicato a spatola, nel quale vengono infisse delle scagliette di inerte (cocciopesto, marmo, mattone ecc.).

Nella formazione dell'armatura per decorazioni di malta in notevole oggetto è opportuno che le sue parti sporgano per uno spessore sufficiente a sostenere solo lo strato più interno dello stucco.

Una volta che questo sia indurito, si crea un'altra armatura, per il secondo strato, e si prosegue in questo modo fino a raggiungere l'oggetto voluto. Nel primo strato d'armatura possono essere impiegati pezzi di mattone o di materiale lapideo, annegati nella malta. È opportuno però che i frammenti siano saturi d'acqua, perché, se asciutti, tenderebbero ad assorbire l'acqua del nuovo impasto, sottraendo una parte del liquido necessario alla presa della malta di integrazione. Per l'esecuzione dello strato di finitura, si richiede l'uso di strumenti adatti alla modellazione, come spatole, ferri dritti, tondi e cavi, oltre agli strumenti propri del muratore (fig. 6, fig. 7).

#### *Modellazione mediante sagome*

Nell'integrazione di modanature e cornici di malta può essere necessario far ricorso alla modellazione mediante sagome. Tale procedura si avvale generalmente di una lamina di metallo, tagliata secondo il profilo della modanatura da replicare o da continuare e riprendere, munita di un supporto ligneo e fatta scorrere a più riprese su di una guida collocata sul supporto cui la cornice è ancorata (modine) così da conferire all'impasto il profilo desiderato.

La prima operazione consiste nel riportare il disegno della cornice da integrare sulla sagoma, e per fare questo si utilizza uno stampo di gesso o di resina, il cui negativo sarà in seguito segato lungo una sezione trasversale e utilizzato per riprodurre il profilo esatto.

Il disegno così definito deve essere riportato su una lamiera che è tagliata con le forbici, e che si spiana e si rifinisce nei contorni con una lima. I materiali più indicati per l'esecuzione delle sagome sono le lastre di alluminio o di zinco, con uno spessore di 1 o 2 mm.

Per cornici di particolare complessità, può essere necessario il ricorso anche a due sagome diverse: la prima, più piccola di alcuni millimetri rispetto alle dimensioni previste per la cornice finita, serve a modellare lo strato di preparazione; la seconda, con il disegno e le dimensioni definitive, per modellare lo strato di finitura esterno. Una volta steso il primo strato, si dovrà

passare la prima sagoma trascinandola dal basso verso l'alto nelle decorazioni verticali, e da destra a sinistra in quelle orizzontali. La sagoma va tenuta sempre pulita, recuperando la malta in eccesso e lavando accuratamente il profilo della lamina. L'operazione sarà ripetuta più volte anche con la seconda sagoma, in modo che non restino sbavature e parti eccedenti di malta sulla superficie.

Il movimento delle sagome deve essere deciso e sicuro, per non pregiudicare con andamenti irregolari il risultato finale. Per questo, le sagome sono spesso munite di un supporto ligneo, una vera e propria struttura di sostegno, che si appoggia alle guide predisposte sulla superficie muraria. Le guide sono generalmente attaccate alla parete con ganci.

La modellazione della malta con le sagome deve essere eseguita solo quando questa comincia a presentare una certa consistenza (fig. 8, fig. 9).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nella realizzazione degli strati di preparazione dei manufatti di malta possono essere utilizzati anche impasti a base di calce e coccio pesto. Il coccio pesto permette, infatti, di applicare spessi strati di malta limitando il fenomeno della fessurazione superficiale. Per questo occorre mantenere umido lo stucco, bagnandolo direttamente più volte al giorno per una settimana, o coprendolo con dei panni o delle spugne umidi, che si dovranno mantenere umidi. Nel caso invece di un indurimento rapido, e ciò avviene quando non si osservano gli accorgimenti sopra illustrati, occorre lasciar asciugare completamente lo strato steso, in modo che sulla superficie si completino tutte le fessure, e stendere, dopo circa un mese, gli strati successivi. Prima però di applicare gli strati di finitura si dovranno, affinché lo strato sovrapposto abbia maggiore superficie di ancoraggio, incidere con un bisturi le fessure. Naturalmente prima di stendere nuovi strati sarà necessario bagnare accuratamente quello asciutto.

Occorre infine sottolineare che la reintegrazione dei manufatti di pietra effettuata con impasti a base di resine artificiali è un tipo di intervento irreversibile in quanto, dopo l'indurimento, l'eventuale rimozione delle aggiunte può essere realizzata esclusivamente mediante strumenti meccanici quali scalpelli, subbie, martelletti ecc. e quindi con interventi di tipo distruttivo. Inoltre resta sempre l'incognita del comportamento nel tempo delle proprietà di questi materiali di natura sintetica in merito ai quali i test di invecchiamento artificiale forniscono indicazioni solo orientative, non riuscendo a riprodurre il "percorso fisico" dei processi naturali.

### **ESPERIENZE**

#### *Integrazione di stucchi*

Chiesa di S. Maria Assunta (Arriccia). Ricostruzione di porzioni di cornicione realizzando la struttura di supporto con chiodi e fili d'acciaio a sostegno delle parti più sporgenti e corpose di malta, 1994.

Palazzo Chigi (Roma). Gli stucchi esterni sono stati ricostruiti con impasti a base di calce e pozzolana, 1999.

Chiesa di Sant'Agata in Trastevere (Roma). Gli stucchi della navata centrale sono stati integrati con un impasto a base di calce e pozzolana, con aggiunta di una quantità minima di resina acrilica, 1995.

Chiesa di SS. Sebastiano e Rocco a San Vito Romano (Roma), 2000-2001.

La reintegrazione delle cornici è avvenuta con il tradizionale impiego del modano.

#### *Integrazione di manufatti di pietra*

Passignano (Firenze), abbazia, portale di accesso in Pietra serena, 1995.

Firenze, S. Marco, chiostro, Vera di pozzo, 1999.

Firenze, laboratorio Opificio pietre dure, basamenti di due statue lapidee, 2000-2001.

Siena, fonte Gaia.

Asolo, villa Rinaldi, integrazione di cornici delle finestre.

Torre civica di Rapallo, integrazione di beccatelli in pietra.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Forti G. 1993; Guffredi A., Lemmi F., Cigarini C. 1991; Lazzarini L. 1986, pp. 95-109; Scheda di restauro n. 10923; Tinè S. 1985, pp. 67-71; Turco T. 1990.

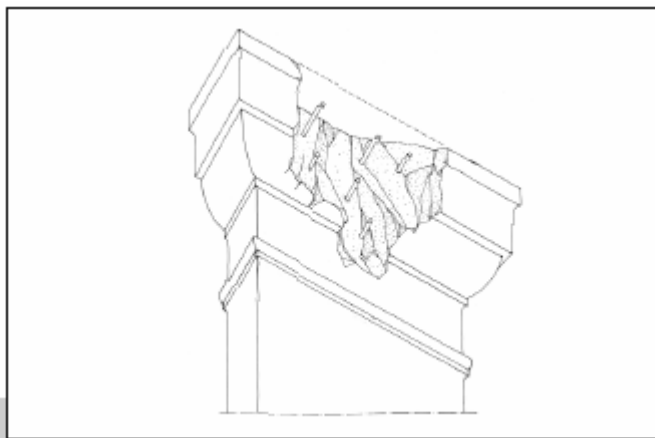


Figura 1 • La prima fase consiste nell'eseguire i fori nel materiale lapideo per l'introduzione di perni di sostegno all'impasto. (CAF)

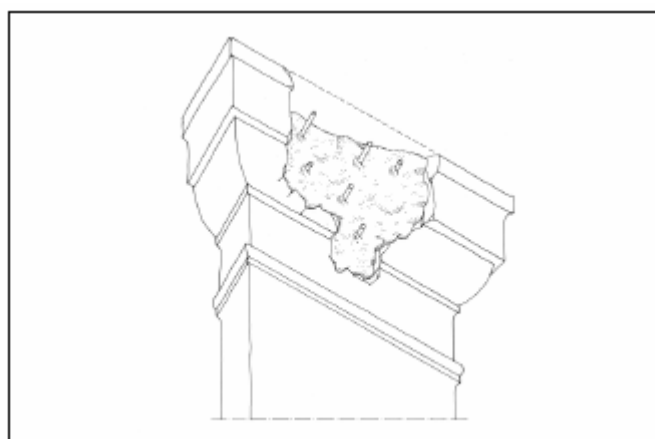


Figura 2 • Si procede alla preparazione e all'applicazione dell'impasto per strati successivi in modo da facilitare la catalizzazione della resina. (CAF)

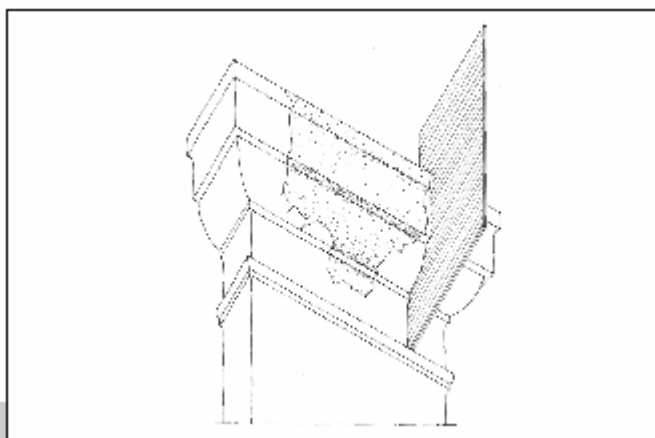


Figura 3 • Modellazione della cornice mediante una sagoma. Per eventuali altri lavori di finitura, l'impasto può essere lavorato a mano con stecche, bacchette, piccole spatole a foglia d'ulivo e altri strumenti generalmente utilizzati per la modellazione. (CAF)



Figura 4 • Integrazione di modellato mancante con impasto a base di resine acriliche: fase di imperniatura con inserimento di una barretta inox nel foro. (OPD)



Figura 5 • Reticolo di fili di ottone per il sostegno dell'impasto. (OPD)





Figura 6 • Inizio della fase di modellazione dopo una prima stesura grossolana della malta necessaria all'integrazione del particolare decorativo.



Figura 7 • Operazione di lisciatura della malta modellata con una spugna bagnata.

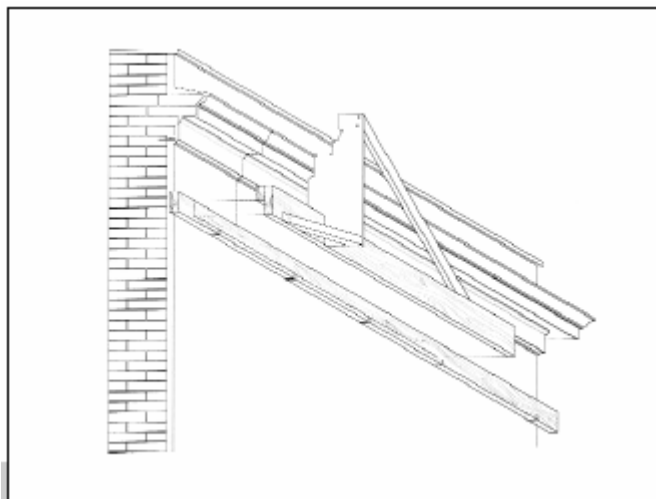


Figura 8 • Modellazione mediante una sagoma. Una lamina di metallo, tagliata secondo il profilo della modanatura da replicare e munita di un supporto ligneo è fatta scorrere a più riprese su una guida collocata sul muro. (CAF)



Figura 9 • Sagoma utilizzata per integrazione di stucchi in opera.

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica si basa sulla possibilità di riprodurre o “clonare” le parti sane di un ornamento o di un manufatto lapideo, soprattutto se caratterizzato da elementi ripetitivi, per ricostruire le sue porzioni mancanti o rimosse in quanto irrimediabilmente degradate. A tal fine si impiegano solitamente materiali e procedimenti di lavorazione che consentono di eseguire l’operazione in cantiere, su banchi di lavoro all’uopo predisposti oppure in opera, agendo direttamente sulle mancanze da integrare.

L’intervento tende quindi a ricostituire la completezza materiale, costruttiva e figurale del manufatto mutilato, colmandone le lacune e determinando, al tempo stesso, il suo consolidamento e la sua protezione.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Per integrare un elemento modanato, del quale è andata perduta una parte più o meno ampia, se ne può ricostruire la porzione mancante replicandola, per mezzo di calchi, utilizzando come modello altri elementi o parti simili, ma sani, del manufatto stesso o di altri consimili, purché il motivo decorativo o la parte mancante appartenga a una serie di forme ed elementi ripetitivi.

Questa tecnica può essere impiegata per integrare cornici e modanature architettoniche, costituite dalla successione di forme plastiche ricorrenti, ma anche per realizzare elementi isolati, ma riconducibili a modelli esistenti *in situ* o su altri manufatti, come patere, rosette, capitelli e simili. L’operazione non è tuttavia scevra di implicazioni riguardo il senso generale dell’intervento rispetto agli obiettivi di tutela e salvaguardia del manufatto da integrare e la sua applicabilità deve quindi essere attentamente valutata in relazione a molteplici aspetti anche teoretici e non solo di fattibilità tecnica.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L’integrazione di elementi mancanti mediante formatura di nuovi elementi simili, a banco o in opera, si svolge con la seguente successione schematica di fasi operative:

1. protezione e isolamento del modello da riprodurre;
2. realizzazione del *calco* o della *forma* operando sul modello prescelto;
3. getto del materiale prescelto per la realizzazione del clone, nella forma, a banco o in opera, per riprodurre l’elemento assunto quale modello, in uno o più esemplari;
4. preparazione delle superfici della mancanza da integrare, in modo da preparare l’ancoraggio del nuovo elemento al corpo dell’oggetto lacunoso;
5. posa in opera del nuovo elemento, se preparato a banco, o sua realizzazione diretta *in situ*;
6. eventuali lavorazioni di finitura superficiale del nuovo elemento inserito nella lacuna esistente nel manufatto.

La riproduzione di elementi a banco richiede l'uso di materiali plastici ossia di impasti in grado di fare presa in tempi relativamente brevi anche in presenza di spessori elevati per cui la malta a base di gesso appare come il composto più indicato per la realizzazione di tali elementi.

La formatura dei nuovi elementi destinati a integrare le lacune esistenti nel manufatto da restaurare, prevede, come del resto l'esecuzione del loro calco dal modello prescelto, la sovrapposizione di strati diversi di materiale plastico. In particolare, lo strato posto immediatamente a contatto con il modello deve essere più fluido, per seguire fedelmente tutti i dettagli dell'elemento assunto come originale da riprodurre. A questo strato vanno poi sovrapposti altri strati più densi che, per evitare crepe e ritiri eccessivi, debbono contenere percentuali di aggregato sempre maggiori, fino a raggiungere il rapporto di 1:1 con il legante, nello strato più esterno.

La formazione di calchi per il ripristino di parti mancanti di decorazioni plastiche o di elementi lacunosi in genere, può avvenire in ogni caso per colata o per sovrapposizione di strati di malta e/o di resina su di un nucleo di base.

#### *Antiadesivi o isolanti per forme e modelli*

Per impedire che la forma di gesso, predisposta per la formatura, aderisca al modello e per proteggere quest'ultimo favorendo al contempo le operazioni di sformatura (ossia di rimozione della forma una volta che si sia completata la sua presa), si impiegano particolari prodotti antiadesivi e isolanti stesi sul modello e sulla forma. Per tali operazioni, si utilizzano generalmente sostanze oleose, come olio di lino, olio d'oliva, olio di cocco, o materie grasse, come il grasso animale, il sego, la vaselina. Si possono tuttavia utilizzare anche soluzioni saponacee, quali la paraffina e la stearina. Sciolte in opportuni solventi o applicate a caldo,

tali sostanze sono particolarmente indicate per trattare superfici molto porose e assorbenti.

In questi casi, però, i manuali tecnici del settore consigliano di isolare precedentemente la superficie del modello con uno strato sottilissimo di una soluzione di gommalacca e alcol, sulla quale, dopo l'essiccazione, si applica l'isolante vero e proprio.

La vernice alla gommalacca è impiegata anche per isolare modelli, ancora umidi, costituiti da gesso o da creta, o per proteggere forme molto complesse e dalle quali si devono ricavare numerose copie.

La gommalacca è stata recentemente sostituita dalle emulsioni acetoviniliche le quali, oltre a impermeabilizzare, isolare e indurire stabilmente le superfici di gesso, impediscono la penetrazione al loro interno, in profondità, degli isolanti oleosi o grassi che, con il continuo uso, tendono a rendere il gesso meno resistente rispetto alle sollecitazioni cui è sottoposto durante le operazioni di formatura e sformatura.

Tra gli antiadesivi di più recente diffusione, occorre anche menzionare, per la loro efficacia, le resine siliconiche. Alcuni derivati di queste resine, prodotti a tale scopo, sono chimicamente incompatibili con la maggior parte delle sostanze organiche, poiché esercitano su di esse una spiccata azione repulsiva che ostacola la formazione di legami di qualsiasi natura e risultando quindi innocui per l'originale.

I fluidi siliconici antiadesivi si presentano sotto forma di oli o di grassi con i quali si trattano le superfici di forme e modelli. La loro efficacia isolante è superiore a quella di tutti gli altri prodotti impiegati con tale scopo, tanto che le forme trattate con essi possono essere utilizzate più volte, senza necessità di rinnovare il procedimento.

Nel caso si utilizzino isolanti diversi dai fluidi siliconici, le operazioni di isolamento delle superfici di forme e modelli devono essere ripetute dopo ogni singola operazione di formatura e sformatura, rimuovendo ogni volta le tracce di gesso dalla forma e dal modello.

In generale, tutti gli isolanti devono comunque essere applicati in strati molto sottili, per non alterare la forma dei modelli che si intende riprodurre. È necessario, inoltre, che lo strato isolante sia uniforme e continuo, in modo da non lasciare scoperte zone o punti dove il gesso potrebbe aderire al modello rendendo difficile la sformatura dell'elemento riprodotto o procurando danni al modello.

#### *Realizzazione del calco per colata*

Per realizzare un calco mediante il procedimento della colata del materiale plastico prescelto, è utile approntare una scatola di legno sagomata in modo da risultare approssimativamente simile al modello che si intende riprodurre, ma leggermente più grande di esso, per poterlo agevolmente

contenere. Dopo aver realizzato la forma lignea se ne ricopre la superficie esterna con uno strato di gesso che, una volta indurito e dopo aver rimosso la parte lignea, sarà utilizzato come contenitore della pasta di colata impiegata per la riproduzione del modello. La pasta di colata dovrà essere introdotta a piccole dosi nel contenitore di gesso, operando dall'alto e per mezzo di imbuti, e costipandolo progressivamente.

L'interno del contenitore e, soprattutto, il modello da riprodurre dovranno essere come accennato accuratamente protetti per permettere la sformatura ma anche e soprattutto per non rovinare irrimediabilmente l'originale. Una volta indurita la pasta di colata si toglie il tutto, avendo l'accortezza di non rompere la scatola, che dovrà essere utilizzata come contenitore della forma, durante la formatura della copia ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#)).

#### *Realizzazione del calco per sovrapposizione di strati*

I tipi di forme o di calchi ottenuti per sovrapposizione di più strati di materiale plastico, in relazione al tipo di operazioni che consentono, sono denominati "forma matta" o "perduta", "forma semplice", "forma a tasselli" o "composta" e "forma flessibile" in resina.

1. *Forma matta o perduta.* È una forma che si presta ad essere utilizzata una sola volta. Più propriamente, la forma matta dovrebbe denominarsi *impronta*, perché generalmente serve per la messa a punto di veri e propri stampi per la produzione di elementi in serie.
2. *Forma semplice in gesso.* È una forma composta da un solo pezzo ed è utilizzata per la riproduzione di elementi molto semplici e poco aggettanti.
3. *Forma a tasselli o composta, in gesso.* È una forma composta da più pezzi, preventivamente formati sul modello, ed è utilizzata per la riproduzione di stucchi complessi e caratterizzati da numerose parti in sottosquadro.
4. *Forma flessibile in resina.* È una forma che consente la riproduzione di modelli complessi e può essere utilizzata più volte.

#### *Esecuzione di una forma in piano*

Nel caso in cui sia possibile smontare il manufatto da riprodurre, lo si pone su di un piano, si predispongono elementi di contenimento al suo intorno e si cola al loro interno malta di gesso piuttosto liquida. L'altezza dell'arginatura, predisposta intorno al modello, per contenere il getto di malta del calco, e che può essere costituita anche da elementi di lamierino o da tavole lignee, deve essere tale da poter contenere una quantità di malta sufficiente a ricoprire il modello per uno spessore di qualche centimetro. Lo spessore della forma deve inoltre tenere conto di quello di eventuali armature.

L'arginatura, che può essere realizzata in legno, gesso, creta, cartone o in altro materiale, deve essere preventivamente unta, come del resto il piano su cui poggia il modello, perché la malta utilizzata per la sua riproduzione non rimanga attaccata a nessuno dei due.

Una volta completata l'arginatura e l'eventuale armatura, si isola accuratamente il modello, utilizzando le apposite sostanze protettive prima richiamate e si prepara l'impasto a base di gesso e acqua che sarà applicato ad esso, in modo da ricoprirne tutte le sfaccettature. Si sovrappongono poi a un primo strato di malta altri strati, progressivamente più densi, fino a ottenere lo spessore voluto. Per forme di dimensioni notevoli, si annegano spesso nella malta del calco vari tipi di armature costituite, ad esempio, da fili di canapa o da reti metalliche, per dare robustezza al calco stesso.

Terminata l'applicazione della malta, si lascia riposare il calco fino a quando l'impasto sarà del tutto indurito. Se vi sono al suo intorno degli elementi di armatura, è opportuno che essi siano dotati di appendici che possano facilitare l'azione di separazione della forma dal modello ([fig. 4](#), [fig. 5](#)).

#### *Esecuzione di una forma in opera*

Quando non è possibile smontare l'elemento scelto come modello da riprodurre e occorre lavorare *in situ*, l'eventuale armatura deve essere preventivamente collegata all'arginatura realizzata intorno al modello e il tutto deve essere fissato alla muratura o, genericamente, al manufatto cui appartiene il modello.

Eseguito l'isolamento dell'originale, nel modo sopra descritto, si procede all'applicazione del primo strato di malta di gesso utilizzando un pennello. Successivamente, con strati progressivamente più

densi – applicati con la cazzuola e con l'accortezza di comprimere la malta per evitare che restino dei vuoti all'interno della sua massa – si realizza uno spessore di impasto proporzionato alle dimensioni del modello. Gli ultimi strati del calco devono essere configurati in modo da creare, all'esterno della forma, un piano d'appoggio per la successiva operazione di riproduzione sul banco. Compiuta la costruzione della forma in opera e trascorso il tempo necessario all'indurimento del suo impasto, la si distacca dal manufatto cui era ancorata e, solo a presa molto avanzata, essa sarà liberata anche dall'arginatura.

Una volta asciugata, la forma è quindi utilizzabile per le colate delle copie in positivo ([fig. 6](#), [fig. 7](#), [fig. 8](#)).

#### *Forma semplice in gesso*

La forma semplice è utilizzata per la riproduzione di elementi caratterizzati da rilievi contenuti ed è realizzata in un unico pezzo. È importante, prima di approntare l'arginatura e isolare il modello, correggere con plastilina gli eventuali punti di sottosquadro del modello poiché essi impedirebbero il distacco della forma e potrebbero provocare la rottura dell'originale durante la sformatura del calco. Per tali parti è necessario utilizzare un impasto colorato, per segnalarle all'operatore che potrà così procedere alla loro correzione. L'applicazione della malta di gesso va eseguita come avviene nel caso della forma matta. Lo stacco della forma va eseguito appena la malta ha iniziato a indurire. Prima di procedere alla formatura

della copia è infine necessario lasciare essiccare la forma, per un periodo non inferiore a venti giorni, ricoprendola poi con olio di lino molto caldo per accrescerne la resistenza.

#### *Forma composta o a tasselli di gesso*

Quando il modello originale presenta superfici che non permettono un'agevole estrazione della copia, è necessario scomporre la forma in più elementi autonomi, chiamati tasselli.

Questi saranno ricomposti prima di eseguire il getto e poi smontati per liberare lo stampo con esso realizzato. I tasselli sono costruiti individuando, sull'oggetto, le zone che possono essere facilmente riprodotte e procedendo alla formatura dei singoli pezzi come se fossero indipendenti e finiti. Dopo aver realizzato l'impronta di una zona autonoma, con le procedure già descritte, la si rimuove, insieme alla sua arginatura, subito dopo che il gesso ha concluso la sua presa. Preparati in questo modo alcuni pezzi, si procede ponendo sul modello quelli già predisposti, con le loro superfici ben unte con prodotti antiadesivi; si arginano successivamente i margini liberi delle parti contigue e ancora da riprodurre e si prosegue nell'applicazione della malta con le relative armature, nelle altre zone del modello. Si continua in questo modo fino a completare tutti i pezzi, che saranno contrassegnati sul dorso da un numero progressivo, in modo da permettere il perfetto assemblaggio dell'intera forma.

Prima di togliere i tasselli e dopo aver trattato la superficie esterna con un antiadesivo, si esegue, sempre in gesso, una custodia, dotata di base perfettamente piana, in grado di contenere tutti i tasselli durante la formatura della copia sul banco o in opera. A presa avanzata si separano infine i tasselli dalla custodia e si lasciano asciugare ([fig. 9](#), [fig. 10](#)).

#### *Forma flessibile in resina epossidica o poliesteri*

Dopo aver preparato e isolato, con la cera o con la paraffina, il modello da riprodurre, si applica su di esso uno strato di resina epossidica o poliesteri, a pennello. Se il modello è posto in posizione orizzontale, su questo primo strato deve essere stesa ulteriore resina, secondo le esigenze della riproduzione e le dimensioni del modello stesso. Una tela di lana di vetro, impregnata con resina e fatta aderire ai precedenti strati, completa l'operazione. Se il modello è poi posto in posizione scomoda e poco accessibile, si impiega la resina unita a cariche inerti o a prodotti addensanti, in modo da ottenere una malta lavorabile anche in verticale che viene stesa con la cazzuola sul primo strato, applicato a pennello. Per evitare possibili deformazioni della forma, negli stampi di grandi dimensioni o per le forme in resina, è opportuno inserire elementi di rinforzo, di ferro o di alluminio. È utile, infine, dotare lo stampo di maniglie che ne facilitino il distacco dal modello.

#### *Forma flessibile in resina siliconica*

Sul mercato esistono alcuni elastomeri a differente rigidità che consentono di riprodurre fedelmente il modello prescelto in numerosi esemplari. Gli elastomeri più indicati, soprattutto per realizzare modelli caratterizzati da notevoli sottosquadri, sono le gomme siliconiche.

Si tratta di materie plastiche che possono, tramite il processo di vulcanizzazione, produrre solidi deformabili elasticamente. Questa caratteristica le rende adatte a essere applicate a pennello sugli elementi da riprodurre mediante calco. Le sostanze utilizzate a tale scopo sono contraddistinte, nella denominazione commerciale, dalla sigla RTV (Room Temperature Vulcanising) per indicare che vulcanizzano a temperatura ambiente. In commercio, esistono prodotti caratterizzati da diverse densità così che alcuni sono più adatti alla realizzazione del primo strato del calco, posto a diretto contatto con l'oggetto da riprodurre mentre altri sono più adatti alla realizzazione del secondo strato, perché meno flessibili ma più resistenti. Per riprodurre elementi particolarmente complessi si possono inoltre eseguire stampi misti, utilizzando silicone e gesso: il silicone nei punti dove l'estrazione della forma è particolarmente difficoltosa e malta di gesso a completamento della formatura.

### *Posa in opera*

La messa in opera degli elementi realizzati a banco o tramite colatura in opera, richiede, innanzitutto, l'accurata preparazione delle superfici dei manufatti da integrare per favorire un buon aggrappaggio del nuovo pezzo alla parte lacunosa. A tale scopo, è spesso necessario rendere leggermente scabra la superficie che accoglierà il nuovo elemento e stendere su di essa uno strato di malta, in modo da ottenere una superficie perfettamente uniforme.

Su questa superficie si impostano gli eventuali sostegni o le eventuali armature di rinforzo, ancorati utilizzando una malta analoga a quella utilizzata per la riproduzione dell'elemento da porre in opera.

Nel caso di integrazione in opera mediante colatura, la forma deve essere collocata in modo che aderisca perfettamente al muro o al generico elemento da integrare, ed essere poi lentamente riempita con la malta utilizzata per l'integrazione.

L'elemento realizzato fuori opera, invece, va preventivamente appoggiato sulla superficie, sia per verificare l'eventuale necessità di correzioni o di adattamenti, sia per segnare l'esatta posizione che dovrà assumere una volta collocato *in situ*. Dopo aver fissato tutti i pezzi sul muro, si riempiono le cavità rimaste tra gli elementi e il supporto, utilizzando la stessa malta impiegata per riprodurre la parte scelta come modello. Infine, quando tutte le stuccature sono asciugate, si levigano le loro eventuali imperfezioni, a secco e con pomice o abrasivi in polvere o su carta. Se si utilizzano carte abrasive, è opportuno iniziare la levigatura ricorrendo a quelle caratterizzate da grana più grossa e passare progressivamente a quelle dotate di grana più fine. Durante la levigatura è consigliabile spolverare spesso la superficie del manufatto, per eliminare eventuali granuli di abrasivo e controllare così l'andamento del lavoro.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le gomme siliconiche utilizzate per la realizzazione dei calchi rischiano di danneggiare la superficie dell'elemento su cui sono applicate poiché possono strappare, durante la sformatura, lo strato più superficiale del materiale, soprattutto se non è molto compatto, e inoltre, gli oli usati come plastificanti possono provocare sul modello e sul calco indesiderate alterazioni cromatiche di colore bruno.

### **ESPERIENZE**

S. Maria Assunta in Arriccìa. Reintegrazione delle semicolonnine della finta balaustrata realizzata colando dall'alto la malta molto fluida, entro una forma posta in opera aderente al muro, già intonacato e predisposto con la necessaria armatura in chiodi di ferro. Anno dell'intervento 1994.

Ninfeo della Villa di Giulio III a Roma. Rifacimento a calco delle metope e degli altri elementi di gesso mediante stampi di gomma siliconica. Anno dell'intervento 1989.

Palazzo Borghese (Roma). Alcuni elementi di astragali o altri tratti plastici ripetitivi persi sono stati integrati con medesima malta per mezzo di un calco in silicone. Anno 1995-2000.

Villa Panza di Biumo (VA). La ricostruzione delle sagome delle cornici e dei capitelli gravemente compromessi è avvenuta mediante sagome di gesso; al fine di ottenere l'effetto traslucido delle finiture a stucco lucido dei fusti delle colonne è stato applicato un film di cera carnauba. Anno intervento 1999.

Villa Quartana a Genova. Le ricostruzioni degli elementi decorativi in "finta pietra" lacunosi sono state realizzate mediante sagome miste di gesso e silicone, costruite in opera. Anno intervento 2008.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Biscontin G., Volpin S. 1990; Guffredi A., Lemmi F., Cigarini C. 1991; Tufani A. 1989. (ARC)

Le figure dalla 11 alla 16 sono state realizzate dall'Arch. Marta Gnone nel cantiere di Villa Quartara, le opere di restauro sono state eseguite dalla Cooperativa Archeologia.

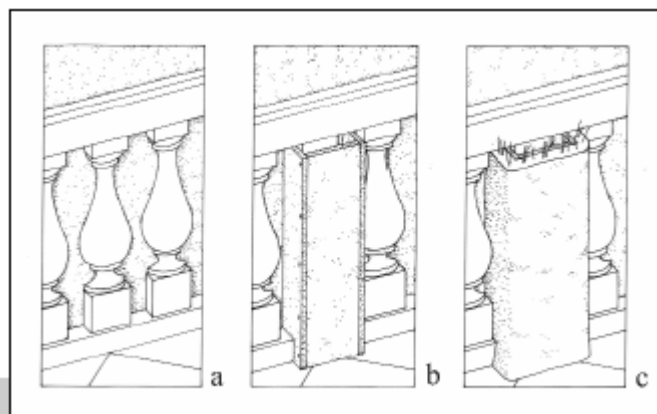


Figura 1 • Realizzazione del calco per colata: a) mezzo balastrino da riprodurre, b) scatola di legno, c) la scatola in legno è ricoperta da uno strato di gesso con armatura. (CAF)

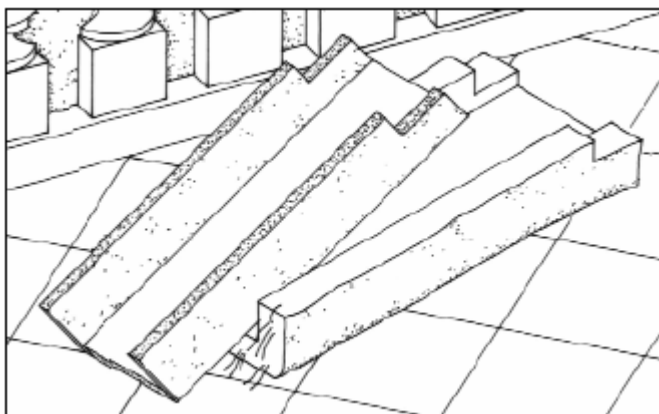


Figura 2 • La nuova "scatola" di gesso è liberata da quella lignea. (CAF)



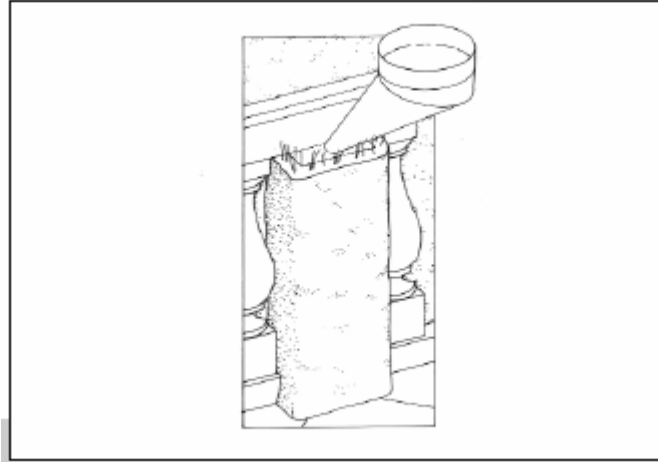


Figura 3 • La scatola di gesso è accostata al modello. Si esegue la colatura dall'alto per mezzo di imbuto. (CAF)

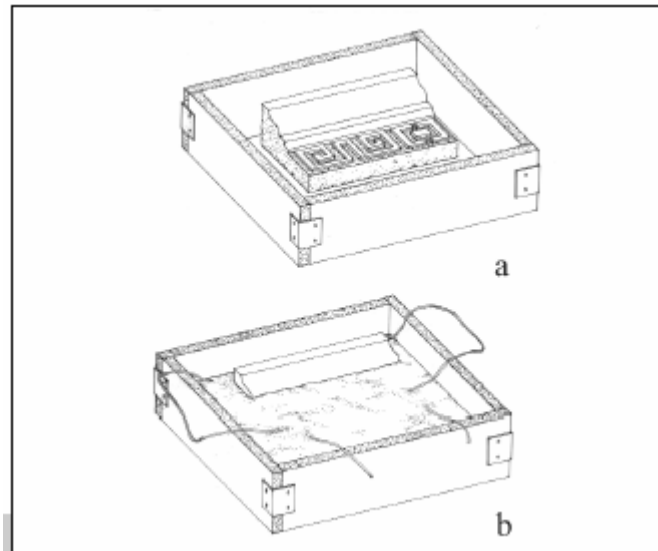


Figura 4 • Esecuzione di una forma su banco: a) predisposizione dell'arginatura; b) completata l'arginatura e disposta l'eventuale armatura, si applica l'impasto di malta di gesso a strati progressivamente più densi. (CAF)

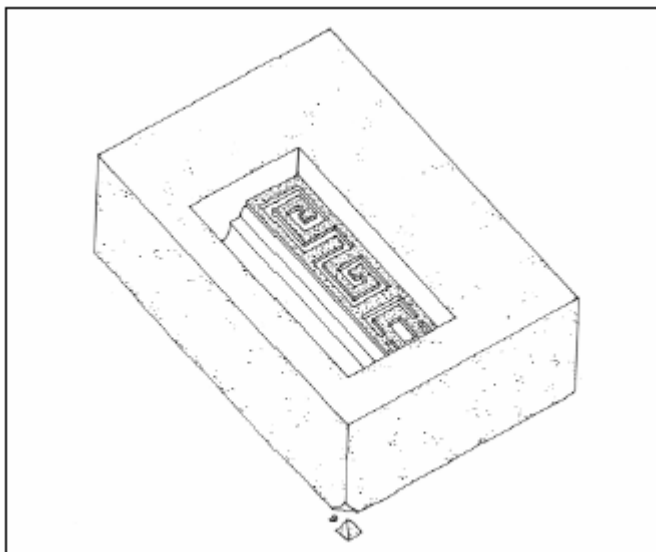


Figura 5 • Sformatura del calco. (CAF)

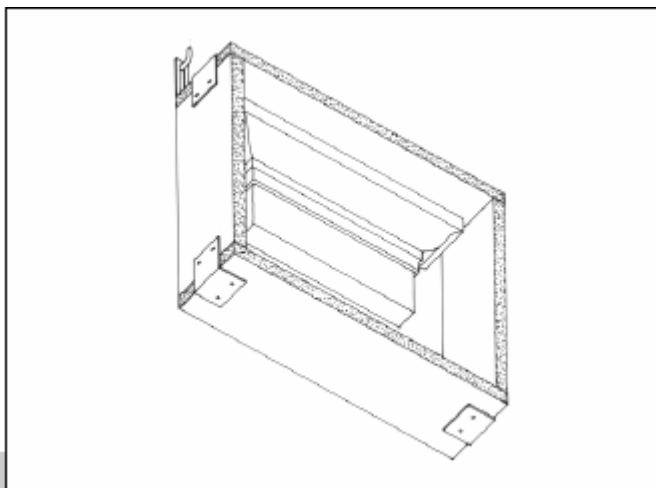


Figura 6 • Esecuzione di una forma in opera: l'armatura è collegata all'arginatura, e questa è fissata alla muratura. (CAF)

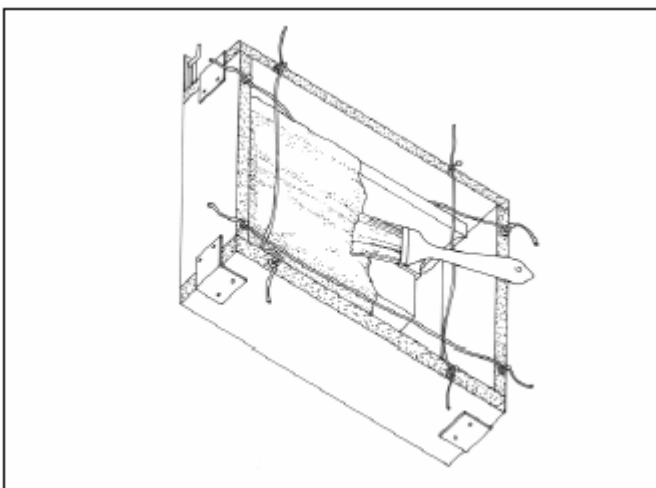


Figura 7 • Eseguito l'isolamento dell'originale, si applica il primo strato di malta di gesso con il pennello. (CAF)

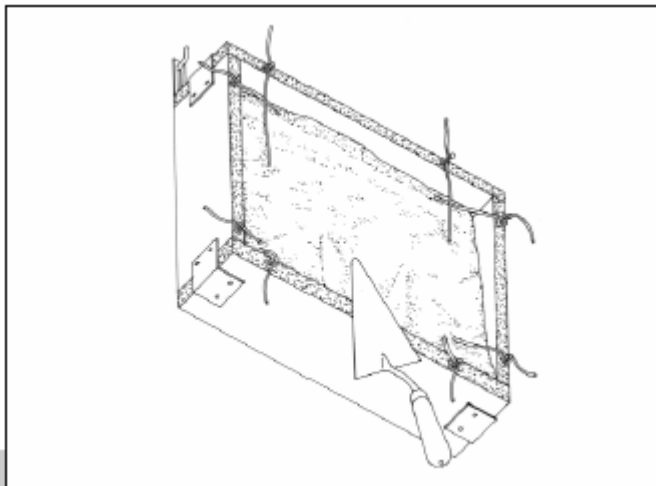


Figura 8 • Si applicano, a cazzuola, strati progressivamente più densi, comprimendo la malta per evitare che restino dei vuoti. (CAF)



Figura 9 • Per riprodurre oggetti a tuttotondo, è necessario ricorrere a una forma detta “composta” o “a tasselli in gesso”.



Figura 10 • Vari tipi di spatole e frattazzi.

## INT 07 | INTEGRAZIONE DEI MATTONI ALVEOLIZZATI O EROSI

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica dell'integrazione dei mattoni consiste nell'integrazione della materia mancante in quei mattoni soggetti a fenomeni di disgregazione, erosione, alveolizzazione, polverizzazione o fratturazione. La perdita di materia può essere più o meno accentuata, sino ai casi in cui, in una cortina muraria, si rileva la completa mancanza di un intero mattone, il cui volume può tuttavia essere ancora delimitato dalla presenza di giunti di allettamento ben conservati. L'integrazione dei mattoni permette in questi casi di ricostituire la continuità della muratura e di difenderla dagli agenti atmosferici, assolvendo quindi ad azioni sia di consolidamento sia di protezione, oltre che di "integrazione dell'immagine".

Una tecnica succedanea potrebbe essere rappresentata dalla sostituzione dell'intero mattone con un nuovo elemento (eventualmente anche di reimpiego) ed effettivamente questa soluzione viene adottata qualora la quasi totalità dei mattoni componenti una cortina muraria siano caratterizzati da forti mancanze o risultino del tutto assenti. L'integrazione dei mattoni ammalorati, rispetto alla loro sostituzione con nuovi elementi, garantisce tuttavia la conservazione della parte di mattone ancora sana e, soprattutto, permette all'osservatore che si ponga in posizione ravvicinata di distinguere i mattoni "originali" da quelli integrati, senza mutare l'aspetto generale della cortina muraria

### CAMPI DI APPLICAZIONE

In genere, questo tipo di integrazione si esegue nel caso in cui, all'interno della cortina muraria, una parte limitata dei mattoni sia alterata e presenti una considerevole mancanza di materiale, dovuta a diversi fenomeni di degrado.

Spesso, inoltre, la malta di allettamento posta tra i mattoni ha uno stato di conservazione migliore del mattone e si offre quindi per essere utilizzata come "cassaforma" entro cui stendere la malta utilizzata per integrare la porzione mancante del mattone.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Prima di poter procedere all'integrazione è in ogni caso necessario pulire ed eventualmente desalinizzare il mattone su cui si interviene (v. PLT27- Desalinazione dei materiali lapidei). Con l'utilizzo di spazzole di saggina o pennelli, va quindi asportato ogni residuo polverulento presente sulla superficie della porzione residua del mattone da integrare per consentire che la nuova malta vi sia aggrappi stabilmente (fig. 1). Qualora sulla superficie esposta siano presenti efflorescenze o si rilevi un considerevole contenuto di sali è inoltre opportuno procedere, come accennato, alla desalinazione del mattone utilizzando impacchi di acqua deionizzata o con altre tecniche selezionate in relazione alle particolari situazioni in cui si opera.

Qualora poi il mattone presenti fenomeni di degrado particolarmente accentuati, si può preventivamente procedere al suo consolidamento rimandando a una fase successiva la sua integrazione con la nuova malta. Il prodotto consolidante prescelto tra quelli disponibili sul mercato, può essere applicato a pennello e non deve in ogni caso costituire una barriera fisica tra il mattone e l'impasto da applicarvi per cui è necessario che sia caratterizzato da una notevole traspirabilità.

La malta utilizzata per l'integrazione è generalmente composta da polvere di mattone e grassello di calce aerea, in proporzioni pari a circa tre parti su una, e l'aggregato è ottenuto dalla frantumazione minuta di mattoni ben cotti, di colore e consistenza simile ai mattoni da integrare. Può in ogni caso essere necessario aggiungere polvere di mattone più scuro per compensare lo schiarimento che la calce naturalmente induce sull'impasto di partenza.

È comunque opportuno eseguire dei saggi di prova per verificare, tra l'altro, la resa effettiva dei colori dopo la presa e la stagionatura dell'impasto. La granulometria della polvere di mattone utilizzata deve essere tale da riempire totalmente i vuoti esistenti nel laterizio da integrare.

Per quanto riguarda ancora la predisposizione degli impasti, è opportuno ricordare che esistono ormai numerose ditte artigianali che preparano malte con polvere di mattoni e le vendono già pronte dopo aver effettuato prove di colore dell'impasto.

Prima di procedere alla stuccatura del mattone, ossia alla sua totale o parziale ricostruzione, è necessario bagnare la superficie degradata ed esposta (fig. 2). Si procede quindi alla stuccatura vera e propria, eseguita con spatole o piccole cazzuole, agendo in modo che ogni lesione sia totalmente riempita dall'impasto, così da chiudere ogni via di possibile accesso alla pioggia e agli agenti aggressivi e inquinanti. Con la spatola si dà quindi forma alla parte mancante del mattone comprimendo l'impasto per eliminarne l'acqua in eccesso e per migliorarne la compattezza e l'aderenza alla parte superstite del mattone da integrare. Per cospicui spessori di integrazione, è opportuno che la malta sia applicata in strati separati e successivi, come fosse un intonaco, per evitare spaccature e lesioni durante la presa e successivi rischi di distacco. Quando la malta ha fatto presa, nella stessa giornata, la superficie del mattone integrato può essere ulteriormente trattato a spugna inumidita per arrotondare e plasmare gli spigoli e per rendere scabra la superficie, avvicinandone le caratteristiche a quelle dei mattoni circostanti.

In alcuni casi, in presenza di integrazioni di massa rilevante, per spessore, peso ed estensione, o per particolari caratteri di debolezza della porzione residua del mattone da integrare, può essere necessario rafforzare il legame tra il vecchio mattone e il nuovo impasto con l'introduzione di opportune impernature e la messa in opera di reti (fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7). In questi casi, secondo la loro dimensione e disposizione, si praticheranno in ogni mattone 2 o 3 fori in cui inserire perni di circa 4 mm di diametro, a vite o ad aderenza migliorata, in acciaio o in altro materiale non ossidabile, i quali dovranno sporgere per almeno 2/3 dello spessore da integrare, così da assicurare un buon ancoraggio della massa aggiunta, a presa avvenuta.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Quando lo spessore dell'impasto di integrazione raggiunge valori minimi, dell'ordine di uno o due millimetri – il che accade soprattutto ai margini delle aree da integrare –, si possono verificare in breve tempo fenomeni di distacco che si accentuano se la nuova malta non è solidamente aggrappata al supporto fittile. Per evitare questo rischio è utile aggiungere all'impasto un additivo che svolga, appunto, funzioni di aggrappante.

#### **ESPERIENZE**

Restauro del Castello a mare di Rapallo, 1999-2000 (cfr. Torsello, 1999).

Edificio denominato "La Torretta di Leon Pancaldo" a Savona.

Torre civica di Rapallo.

Sede del Parco del Ticino, Villa Picchetta a Cameri (NO)

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Carbonara G. (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, Torino 1996;

Torsello B.P. (a cura di), *Il Castello di Rapallo progetto di restauro*, Venezia, 1999.



Figura 1 • Pulitura dell'area oggetto di intervento. (Cantiere di restauro Villa Picchetta a Cameri (NO) foto Marta Gnone)



Figura 2 • Operatore durante la pulitura con acqua nebulizzata.



Figura 3 • L'operatore predisporre con trapano a mano i fori che ospiteranno le imperniature.



Figura 4 • Imperniatura con bacchette di vetroresina applicate con l'ausilio di resina.



Figura 5 • Applicazione di una prima mano di malta a base di polvere di mattone e grassello di calce.



Figura 6 • Applicazione di retina in materiale plastico.



Figura 7 • Applicazione dei successivi strati di malta.



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'impiego di resine epossidiche nell'integrazione di manufatti in calcestruzzo offre il vantaggio, rispetto alle malte cementizie ordinarie o additate, di una notevole resistenza finale e di un'elevata adesione alla massa del conglomerato. Gli adesivi epossidici sono particolarmente compatibili con il calcestruzzo a causa della loro inerzia chimica verso gli alcali e l'acqua. Si parla di malte di resine epossidiche quando il monomero liquido è caricato con materiale in polvere o granulare che consente di ottenere una pasta da applicare come intonaco a spessore centimetrico. Se la carica è costituita da aggregati più grossi di 5 mm si ottiene un vero e proprio calcestruzzo polimerico. Tali malte presentano il vantaggio di riempire meglio gli eventuali anfratti non completamente raggiungibili dalla colata e di facilitare il riempimento delle casseforme nei casi in cui il getto non sia di agevole esecuzione.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Questa tecnica può essere utilizzata nei casi in cui nei manufatti in calcestruzzo, armato o meno, sia necessario intervenire in presenza di una parziale disgregazione del materiale e consente di ottenere la ricostruzione delle parti mancanti, purché, beninteso, le lacune non implicino una menomazione delle funzioni strutturali. La tecnica, infatti, si utilizza essenzialmente come forma di protezione della massa costruttiva, per arrestarne i processi degradativi in atto e impedire che raggiungano livelli di minaccia per il suo comportamento statico.

La tecnica fa affidamento sul fatto che le resine epossidiche presentano elevate resistenze a trazione, compressione e subiscono solo un lieve ritiro durante la reticolazione. Quest'ultima caratteristica è molto importante perché vengono applicate su di un calcestruzzo che ha ormai raggiunto una notevole stabilità e dovranno pertanto presentare caratteristiche (ritiro, coefficiente di dilatazione, modulo di elasticità, aderenza, porosità, ecc.) tali da risultare compatibili con le caratteristiche del materiale sul quale si vuole intervenire. Queste resine possiedono, inoltre, un'eccellente resistenza agli attacchi chimici.

Le resine epossidiche presentano, infine, un elevato comportamento tixotropico che le rende adatte al ripristino di superfici verticali ed inclinate, anche quando sono addizionate a componenti fibrosi.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La fase preparatoria consiste nell'accurata asportazione del materiale disgregato ed eventualmente delle parti in via di disgregazione, mediante mezzi meccanici manuali attorno all'area oggetto di intervento. A questa prima fase seguono la pulizia e il lavaggio della zona interessata. Nel caso vi siano ferri d'armatura scoperti, i lavori preparatori comprenderanno il decapaggio del metallo e il suo trattamento con prodotti antiossidanti, per evitare che la formazione di ruggine, e il conseguente aumento di volume, possa generare un effetto spingente e il distacco della protesi epossidica.

In caso di sezioni molto disgregate è consigliabile predisporre delle idonee armature leggere, di collegamento del nuovo getto alla massa preesistente, inserite mediante fori e bloccate con iniezioni di resina nella parte sana di calcestruzzo.

Il getto è eseguito dopo aver predisposto le opportune casseforme che riproducono l'andamento delle superfici esterne dell'oggetto integro.

In caso di disgregazione del solo copriferro, o poco più, è possibile applicare un betoncino di resina epossidica mediante spalmatura a uno o più strati.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Una variante del metodo consiste nel preparare dei calchi di gesso della superficie sana del manufatto, eseguiti nelle vicinanze della zona da riparare e per un'estensione leggermente superiore a quella della lacuna. Ogni calco riporterà, di conseguenza, la forma in negativo della rugosità caratteristica della superficie cementizia originale. Tale forma potrà essere riprodotta premendo il calco sulla malta di resina in fase di indurimento e alla quale siano stati aggiunti dei pigmenti o degli inerti che le conferiscano il colore della materia da integrare. Con tale accorgimento, il ripristino si mimetizza completamente con il materiale originario, del quale riproduce il colore e le caratteristiche di superficie, come appunto le rugosità e i segni delle vecchie casseforme.

Va considerato, in ogni caso, che la tecnica del ripristino con malte epossidiche può essere applicata solamente per integrare lacune di modesta entità, che non comportino una sensibile diminuzione della sezione resistente.

Inoltre, quando la mancanza è tale da mettere a nudo i ferri d'armatura, oltre ad assicurare un'adeguata protezione del metallo dai processi d'ossidazione e di corrosione ai quali sono esposti, è sempre opportuno procedere a una diagnosi di tipo statico prima dell'intervento, anche per appurare se la disgregazione sia stata causata da fenomeni di dissesto.

Occorre, infine, evidenziare che la durabilità degli interventi realizzati con le malte epossidiche è strettamente legata al procedere di fenomeni degradativi della resina, che possono nel tempo modificarne alcune importanti proprietà, incluse quelle meccaniche. L'azione sinergica dell'umidità, delle alte temperature, degli sforzi residui del sistema e di altri eventuali agenti aggressivi presenti, infatti, influenza in modo rilevante la morfologia della resina all'interno e all'interfaccia.

In particolare i processi di "invecchiamento chimico" in ambienti aggressivi provocano decadimento delle proprietà fisiche e meccaniche delle resine. Risulta, quindi, necessario lo studio di tali processi in relazione alle proprietà fisiche finali e all'eventuale rottura in servizio. Le resine epossidiche, inoltre, invecchiando possono raggiungere uno stato vetroso, quindi di non equilibrio e, di conseguenza, possono subire nel tempo fenomeni di rilassamento strutturale. I materiali diventano in genere più rigidi, più fragili e meno tenaci. Questi effetti sono noti come "invecchiamento fisico".

### **ESPERIENZE**

Questa tecnica, per i notevoli problemi di invecchiamento del materiale, è attualmente poco utilizzata.

Civico Acquario di Milano, anno intervento 2004. Il Civico Acquario di Milano è un edificio realizzato nel 1906. Il paramento esterno è interamente realizzato in conglomerato cementizio. Nel corso del restauro del 1979-80 per le stuccature di tale paramento sono state utilizzate delle malte composte da resina epossidica, pigmenti e polvere di quarzo. Nel corso dell'ultimo intervento è stato verificato che tali stuccature si presentavano completamente vetrificate, cromaticamente alterate ma tenacemente ancorate alle superfici. Si è pertanto deciso di conservarle procedendo a una velatura con pigmenti minerali veicolati in silicato liquido di potassio.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Collepari M., Coppola L., Pistolesi C. 1993, pp. 211-20; Lizzi F. 1981, pp. 16-17; Tinè S. 1985, pp. 67-71; Frigione M., Acierno D. 1998, pp. 64 - 72.

(ARC)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Se la superficie di un manufatto costituito da malta a base cementizia presenta mancanze di materiale non tanto estese da comprometterne la caratteristica di resistenza strutturale, l'integrazione o il rappezzo può essere eseguito applicando la stessa logica costruttiva del manufatto stesso. Le opere in calcestruzzo, infatti, sono realizzate generalmente per mezzo d'impasti fluidi che vanno letteralmente "versati" o "gettati" in appositi stampi, le "casseforme", entro cui solidificano conservando la forma assunta dopo il getto.

Il rappezzo mediante colaggio di simili manufatti obbedisce agli stessi criteri, perché si avvale del medesimo principio della conformazione a stampo, anche se applicato a piccole porzioni dell'oggetto e con malte preparate a questo scopo.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica del rappezzo per colaggio di materiali a base cementizia si applica in caso di parziale disgregazione delle superfici in calcestruzzo e consiste nella ricostruzione delle parti mancanti tramite colaggio, in casseforme apposite, di composti aventi caratteristiche analoghe a quelli esistenti.

Inoltre, questa tecnica è destinata anche al rappezzo di superfici verticali, come pareti, muri, pilastri, e orizzontali, come le pavimentazioni, oppure per riempire cavità interne di grande estensione e di spessore relativamente elevato, superiore a 5 cm. Il colaggio è realizzato con malte cementizie o calcestruzzi espansivi a consistenza superfluida, con comportamento autolivellante.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'integrazione per colaggio entro casseri prevede la seguente successione di lavori:

- preparazione del sottofondo;
- preparazione dei casseri;
- preparazione della malta;
- colaggio della malta;
- stagionatura del rappezzo.

*Preparazione del sottofondo*

Il sottofondo sul quale va realizzata l'integrazione deve essere perfettamente pulito, privo di parti ammalorate e residui di interventi precedenti non perfettamente aderenti, compresi anche gli oli, i grassi, le vernici ecc. Vanno perciò eliminate tutte le porzioni di cemento ammalorato, fino al rinvenimento dei ferri. Queste operazioni devono essere eseguite con cura, perché le parti incoerenti e le sostanze estranee favoriscono, a intervento ultimato, una ripresa dei processi di degrado e impediscono la perfetta adesione della nuova malta alla vecchia.

Completata la rimozione delle parti degradate, occorre ripulire in profondità sia la superficie in cemento sia i ferri, che vanno liberati dalla ruggine incoerente. Se le armature sono corrose e il loro diametro è ridotto di circa il 30-40% di quello originario, occorre sostituirle o integrarle. Tale integrazione può avvenire ripristinando le armature o le staffe mediante saldatura di nuovi ferri

sulla parte sana di quelli deteriorati, oppure predisponendo profilati d'acciaio in aderenza alle strutture esistenti.

#### *Preparazione dei casseri*

Le casseforme devono essere realizzate in materiale resistente e impermeabile, e vanno disposte in modo da essere saldamente ancorate, oltre che ben contrastate nelle parti, per resistere alla pressione generata dal getto dell'impasto fluido. Nei climi caldi e asciutti è consigliabile saturare con acqua le casseforme di legno, a evitare che l'eventuale secchezza e porosità di questo materiale sottraggano liquido all'impasto. Prima del getto è inoltre necessario applicare alla cassaforma un prodotto disarmante per facilitarne il distacco.

Prima di procedere al getto sarà opportuno applicare il disarmante per facilitare la successiva fase di distacco dei casseri.

Per favorire l'introduzione della malta si dovrà munire i casseri di una imboccatura a tasca in modo da garantire un'apertura di carico.

Se ci sono perdite attraverso le connessioni tra i casseri, è necessario che queste ultime siano sigillate con listelli di polistirolo, con materiali stuccanti o, al limite, con la stessa malta impiegata per la reintegrazione.

#### *Preparazione della malta*

Il materiale impiegato nell'integrazione deve avere un'elevata tixotropia che ne consenta l'adesione anche su superfici inclinate, una buona lavorabilità, un basso rapporto acqua/cemento che ne riduca il ritiro, e assenza di bleeding.

Le malte e i calcestruzzi da utilizzare nelle integrazioni devono pertanto contenere nella loro composizione:

- sostanze fluidificanti che riducano il rapporto acqua/cemento;
- "fumo" di silice per aumentare la resistenza agli attacchi di cloruri, solfati, alcali;
- sostanze espansive che compensino il ritiro della malta in fase di presa.

In aggiunta a queste caratteristiche, comuni a quasi tutti i prodotti cementizi, le malte possono essere arricchite con sostanze particolari, in grado di proteggere dalle sollecitazioni di carattere chimico, fisico o meccanico alle quali il calcestruzzo originale non è stato in grado di resistere.

Si utilizzano pertanto:

- cemento Portland a basso contenuto di C3A per resistere ai solfati;
- cementi d'altoforno per resistere ai cloruri;
- fibre polimeriche per contrastare le crepe dovute al ritiro;
- fibre metalliche per aumentare la resistenza e la plasticità del composto;
- additivi aeranti per contrastare l'effetto dei cicli gelo-disgelo (UNI 7087).

Per la preparazione della malta è opportuno miscelare gli ingredienti in betoniera, seguendo le istruzioni del produttore per quanto concerne la quantità d'acqua da impiegare e le procedure di approntamento.

#### *Applicazione della malta*

La malta, dotata di caratteristiche autolivellanti in virtù della sua fluidità e delle forze d'equilibrio idrostatico, deve essere colata in modo da favorire la fuoriuscita dell'aria presente nei casseri, e perciò è consigliabile gettare o pompare l'impasto fluido da un solo lato, in modo che l'aria defluisca dal lato opposto. Il getto contemporaneo della malta dai due lati della cassaforma può provocare, infatti, la formazione di bolle d'aria e di conseguenti vuoti all'interno del getto.

Nel caso di interventi su superfici orizzontali (solette, pavimenti ecc.) sarà opportuno provvedere a una immediata staggiatura dell'impasto autolivellante. L'operazione di colatura potrà venire più agevolmente ultimata impiegando tondini flessibili per rimuovere la malta fluida e favorire il deflusso di eventuali bolle d'aria. Per quest'ultima fase è sconsigliabile l'utilizzo di vibratori ad ago o a parete che potrebbero favorire la formazione di micro bolle d'aria.

### *Stagionatura del getto*

Per la stagionatura valgono le raccomandazioni indicate per l'integrazione a spruzzo o a cazzuola (v. scheda relativa, già citata) che valgono anche per i getti colati su superfici orizzontali non delimitate da casseri, come pavimenti, solai e simili. Le superfici verticali, se il disarmo dei casseri è eseguito prima di 24 ore, debbono essere protette con un prodotto stagionante o con teli umidi, per almeno un giorno.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per raggiungere il completo riempimento delle cavità non è consigliabile ricorrere a vibratori ad ago o a parete, com'è per i normali getti, perché la fluidità dell'impasto favorirebbe la separazione tra il legante cementizio e gli inerti, provocando pericolose condizioni di anisotropia.

L'omogeneità del riempimento può essere invece favorita dall'impiego di tondini metallici immersi e fatti scorrere alternativamente avanti e indietro per rimuovere la massa fluida e facilitare l'espulsione dell'eventuale aria residua.

Occorre tener presente che per un'ottimale applicazione per colaggio la consistenza della malta o del calcestruzzo dovrà essere superfluida. Un limite di tale tecnica risiede in una certa tendenza al distacco del rappezzo, soprattutto lungo i bordi, quando lo spessore della malta di integrazione raggiunge gli spessori minimi.

Quando si opera su calcestruzzi a faccia vista, questa tecnica di integrazione tende a produrre sulla superficie delle vistose interruzioni del pattern originale, in genere costituito dalle impronte dei casseri originari. Per evitare tale inconveniente, alcuni operatori preparano un calco in gesso di tale impronta (o di altre impronte preventivamente predisposte) e con esso rivestono le pareti interne del nuovo cassero, in modo che l'integrazione presenti una faccia esterna configurata nel modo desiderato.

### **ESPERIENZE**

Ponte ad arco in cemento armato di Carate Brianza (MI). Anno intervento ant. 1993. Le travi di bordo sono state incamiciate con un getto di betoncino a ritiro controllato che inglobava le armature integrative.

Marsiglia, *Unité d'habitation* di Le Corbusier.

Palazzo dei Lavori Pubblici di Mario Passanti a Torino. Anno intervento 2005.

Ex Mercati Generali di Torino. Anno intervento 2003-2005.

Edificio di L. Figini e G. Pollini a Milano. Anno intervento 2003.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Bartolini L., Pedefferri P. 1996; Colleparidi M., Coppola L., Pistolesi C. 1993, pp. 211-20; Lizzi F. 1981, pp. 16-17; Tinè S. 1985, pp. 67-71, Nelva R., Vancetti R., Frigeri G., Teruzzi T. 2004, pp.725-728.

(ARC)

# INT 10 REINTEGRAZIONE/RIADESIONE DI INTARSI LAPIDEI

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La reintegrazione delle lacune negli intarsi mediante l'inserimento di nuove tarsie si esegue per evitare che le mancanze abbiano potere scardinante nei confronti della superficie ancora esistente, provocandone con il tempo la perdita di porzioni sempre più ampie. Per tale motivo, è sempre opportuno verificare la presenza di distacchi delle tarsie e provvedere al ripristino del loro stato di adesione al supporto lapideo. Generalmente, per eseguire la riadesione è necessario procedere allo stacco delle tarsie e al riallettamento con malta sul supporto originario (o al trasferimento su nuovo supporto, in alcuni casi particolari).

Per quanto riguarda la riconoscibilità della reintegrazione, per l'esecuzione dei nuovi elementi si utilizzano per lo più materiali e tecniche analoghi agli antichi, ricorrendo in alcuni casi all'accorgimento di delimitare il contorno della lacuna con lamine metalliche, allo scopo di denunciare l'intervento. Nella maggior parte dei casi, per la delimitazione si usano profili di ottone che sono fatti aderire con una leggera battitura al perimetro interno della lacuna.

Per rendere la reintegrazione facilmente reversibile, oltre che riconoscibile, sono stati sperimentati altri metodi più complessi, quali la preparazione della reintegrazione su un supporto rimovibile (v. INT15 - Integrazione di lacune mediante cassetta estraibile).

## CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica si applica alla reintegrazione e al consolidamento delle tarsie in manufatti architettonici, quali altari, balaustre e rivestimenti marmorei decorati con tasselli policromi.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Il procedimento necessita di alcune fasi da svolgere in loco e di altre da eseguire in laboratorio.

Nel caso di oggetti amovibili, l'intervento può essere svolto interamente in laboratorio. In entrambi i casi, la lavorazione dei nuovi pezzi deve essere compiuta presso centri specializzati (per lo più attivi presso le soprintendenze, oppure presso istituti altamente qualificati, come l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze).

La prima operazione consiste nel preparare su un foglio di acetato o di altra carta lucida, in scala 1:1, il disegno degli elementi da reintegrare. Questo si può ricavare, nel caso gli elementi mancanti facciano parte di un motivo decorativo modulare, anche dall'analisi formale dei segni ripetitivi (triangoli, rombi, cerchi e così via). Se non si ha la certezza che la ricostruzione corrisponda al disegno originario, è necessario ricorrere a tutte le informazioni di cui si dispone sull'oggetto: disegni preparatori, documentazione fotografica, fonti scritte ecc. È necessario anche cercare tutti gli indizi, presenti sull'opera, che possano fornire indicazioni sulla forma delle parti mancanti (impronte ancora visibili nel letto di malta, segni sul supporto di marmo, alloggiamenti più profondi preparati per alcuni pezzi ecc.). In ogni caso il disegno ricostruito non deve mai essere ipotetico.

Su tale base, si ritagliano dei modelli in cartoncino che si applicano poi con un adesivo direttamente sulla lastra del materiale con il quale sarà poi realizzata la reintegrazione. In laboratorio, i vari pezzi vanno tagliati con l'archetto a filo, o con una mola a disco diamantato, poi molati su di un disco abrasivo, inclinando il contorno verso l'interno per favorire l'incastro e creare delle connessioni perfette in superficie, quindi limati per eliminare le ultime imperfezioni e, infine, spianati con smeriglio. L'operazione di finitura terminale per i singoli pezzi è il passaggio della

pietra pomice, che favorisce la chiusura delle porosità superficiali della pietra conferendo loro una certa lucidità.

A questo punto, il lavoro si trasferisce in loco, dove le “casse” vanno preparate asportando con scalpellini e mazzuolo i pezzi frantumati e degradati, ormai impossibili da recuperare, e sono anche liberate dai residui degli strati di allettamento.

Dopo questa operazione, si controlla l'esattezza degli incastri. I vari pezzi devono potersi incastrare senza resistenza, per non scheggiare i bordi, e pertanto devono essere sottoposti, se necessario, a una nuova smerigliatura. In alcuni punti può anche essere opportuno abbassare la cassa, laddove lo spessore esistente non consente il perfetto alloggiamento delle tarsie.

Si prepara, quindi, il nuovo strato di allettamento, avente le stesse caratteristiche di quello esistente, colandolo in abbondanza nelle casse, dopo di che si appoggiano i vari pezzi in base alla sequenza stabilita dal disegno preparatorio, e si battono leggermente, in modo che la superficie superiore raggiunga lo stesso livello di quella delle tarsie preesistenti. La malta eccedente si elimina subito dopo con delle spugnature.

A fine lavoro, dopo aver fatto trascorrere qualche giorno, per consentire alla malta di aderire e asciugare perfettamente, si può procedere alla lucidatura. Questa può essere fatta con vari metodi. Nel caso di tarsie di spessore molto ridotto (placcature), frequentemente utilizzate per materiali particolarmente preziosi, bisogna scegliere metodi che non esercitino alcuna azione abrasiva sulle superfici marmoree.

Generalmente, come finitura, va passata (con batuffoli di cotone) della cera Ambra che, una volta fatta riposare ed essiccare, va lucidata con panni puliti e asciutti. In alcuni casi, si utilizzano cere microcristalline in soluzione di clorotene a bassa percentuale.

La lucidatura può anche essere realizzata con un'antica tecnica, che consiste nello strofinare a mano, con un tampone resinoso (*poté*), acido ossalico e polvere di piombo. In tal caso, la lucidatura avviene attraverso la formazione di una pellicola di ossalato di calcio, perfettamente trasparente e brillante, che si deposita sulla superficie del marmo ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#), [fig. 6](#)).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nel caso le tarsie presentino problemi di adesione al supporto, è necessario provvedere al loro consolidamento mediante la riadesione dei pezzi. Per compiere l'operazione bisogna innanzitutto procedere al distacco degli elementi labili. Se i pezzi sono collocati lungo il contorno delle lacune e in tutte le situazioni in cui si possono asportare facilmente senza arrecare danno al pezzo stesso o a quelli limitrofi, si procede al loro distacco singolarmente, facendo leva delicatamente con degli scalpellini. In tutti gli altri casi, e cioè quando si tratta di intere superfici (o di porzioni più o meno estese) distaccate, si deve procedere a un vero e proprio stacco con la “velatura” delle tarsie, analogamente alla tecnica utilizzata per gli affreschi o i mosaici (v. voci relative). Per la velatura si utilizzano delle tele di cotone robuste, fatte aderire alla superficie esterna con una soluzione d'acqua e vinavil.

Le fasi esecutive della riadesione al supporto originale sono analoghe a quelle della reintegrazione con nuovi pezzi (preparazione dello strato di allettamento, lucidatura ecc.), avendo cura, prima della ricollocazione, di provvedere alla pulitura puntuale del retro dei pezzi, liberandoli dai residui dello strato di allettamento. Questa operazione, oltre a facilitare l'adesione della nuova malta, consente di studiare la superficie interna delle tarsie, analizzandone le tracce di lavorazione (raspatura, lisciatura ecc.), e permettendo l'eventuale individuazione di elementi di riutilizzo, di frammenti utilizzati in restauri recenti e così via.

Talvolta è invece necessario procedere alla sostituzione del supporto. In tal caso, generalmente, si realizza una nuova cassa in materiale lapideo aventi le stesse dimensioni dell'originale.

In alcuni casi sono anche stati sperimentati supporti in materiali non tradizionali. In particolare, sono stati realizzati supporti in materia trasparente, senza l'impiego dello strato di allettamento, per consentire la lettura del retro dell'intarsio. A tale scopo, sono state utilizzate lastre di polimetilmetacrilato che, lavorate e lucidate, assumono una trasparenza simile al cristallo e caratteristiche meccaniche tali da renderle idonee all'utilizzo come supporto.

Per proteggere i bordi delle tarsie e tenerle bloccate, va realizzata una cornice il cui spessore deve tener conto dell'altezza di tutti gli spessori dei singoli pezzi, e la cui forma deve consentire alle tarsie di incastrarsi senza resistenza.

### ESPERIENZE

Badia a Passignano (FI): abbazia, cappella di San Giovanni Gualberto, pavimento a intarsio e formella (reintegrazione).

Roma: chiesa di San Girolamo della Carità, rivestimenti marmorei (reintegrazione).

Pistoia: duomo (secolo XVI), paliotto in intarsio marmoreo (reintegrazione).

Roma: Museo nazionale romano, tarsie di Giunio Basso (IV-V secolo d.C.), (nuovo supporto).

Mantova: palazzo Ducale, piano di tavola (officina romana, secolo XVII). Anno intervento: 1982-84, reintegrazione di mancanze sparse e circoscritte.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Griffo A., (a cura di), *Il restauro del mosaico e del commesso in pietre dure*, Le antologie di "OPD restauro", Centro DI, Firenze, 2009.

Baldini U., Dal Poggetto P. 1972; Basile A. 1992; De Tomasso F. 1984; Gallo Colonni G. 1973.

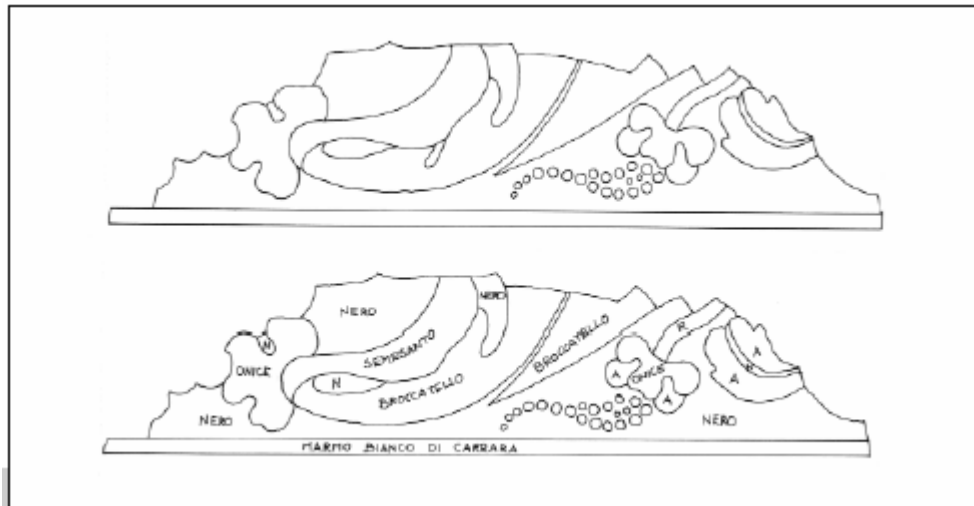


Figura 1 • Fasi di esecuzione di una reintegrazione eseguita con la tecnica del "commesso" fiorentino: disegno in scala 1:1 con indicazione dei vari tipi di pietre policrome (OPD)



Figura 2 • Disegno di un singolo pezzo sulla lastra di materiale mediante un modello in cartoncino. (OPD)





Figura 3 • Taglio di un elemento lapideo secondo la tecnica tradizionale del “commesso”. (OPD)

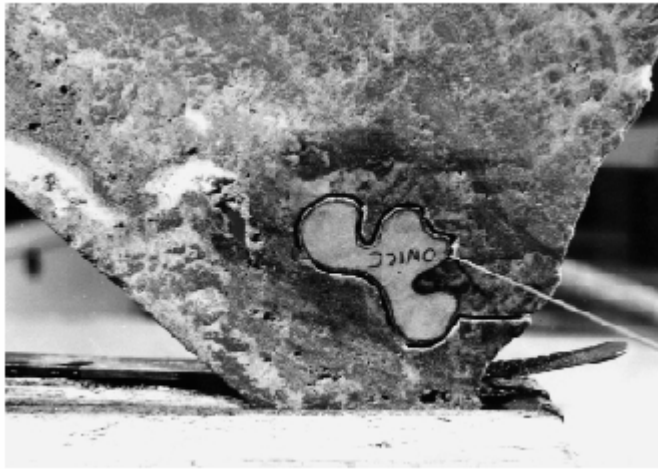


Figura 4 • Taglio del pezzo: particolare. (OPD)



Figura 5 • Lime per la rifinitura delle tarsie dopo il taglio.

Gruppo in alto: vecchie lime "a fradicio" o a umido, da utilizzare con polvere abrasiva (carborundum) bagnata in acqua.

Gruppo in basso: lime diamantate più recenti. Nell'ordine dall'alto: coda di topo, mezzo tondo, piatta, mezzo tondo. (OPD)



Figura 6 • Rifinitura dei bordi di un pezzo con lima diamantata piatta. Il bordo viene inclinato verso l'interno per favorire l'incastro e creare delle commessure perfette in superficie. (OPD)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La perdita di porzioni di intonaco provoca talvolta estese lacune, più o meno profonde e dai bordi più o meno stabili e coesi, sulle superfici parietali di molti edifici storici e possono in alcuni casi mettere a nudo le sottostanti strutture murarie, con notevoli rischi per la durabilità della fabbrica. In questi casi, si può intervenire applicando sulle parti scoperte del muro un nuovo intonaco, realizzando il cosiddetto “rappezzo” altrimenti detto “macrostuccatura” (fig. 1, fig. 2).

Tale operazione ha innanzitutto una motivazione di tipo tecnico poiché ogni fessura, ogni lacuna o ciascuna discontinuità rappresenta un indebolimento del manufatto, una via di penetrazione dell’acqua al suo interno, che a sua volta veicola agenti inquinanti aggressivi, e un potenziale punto di innesco di molti fenomeni di degrado superficiale e profondo.

Non si può tuttavia ignorare che, a fronte di tale motivazione, ne esistono altre di natura estetico-formale che chiamano in causa rilevanti problemi di ordine culturale e teoretico. Per questo, la scelta di integrare o di non integrare, con una macrostuccatura, la lacuna esistente negli intonaci di un edificio, spesso non dipende esclusivamente da ragioni pragmatiche ma discende da precise scelte di impostazione del progetto, in ordine ai temi della difesa della leggibilità della fabbrica e della tutela delle sue stratificazioni storico-costruttive.

In generale, per la realizzazione dei rappezzi è comunque necessario che siano attentamente valutati i seguenti aspetti:

- la compatibilità fisico/chimica e meccanica tra nuovo intonaco, intonaco antico superstite e supporto murario;
- la composizione delle malte esistenti e di quelle di nuovo apporto;
- l’eventuale integrazione dei nuovi materiali con additivi o con resine e leganti idraulici, in grado di migliorarne le caratteristiche di lavorabilità, idraulicità, resistenza meccanica e durabilità.

Affinché vi sia compatibilità fra nuovo intonaco e supporto, i rispettivi coefficienti di dilatazione termica e di resistenza meccanica debbono essere comparabili e, soprattutto, occorre che l’integrazione avvenga solo alla luce di una attenta valutazione dello stato di conservazione del supporto su cui realizzare l’integrazione.

Un esempio indicativo di incompatibilità tra supporto murario e nuovo intonaco, è rappresentato dall’impiego di malta a base di cemento Portland su di una struttura muraria realizzata, ad esempio, con pietre e malta di allettamento a base di calce aerea, soluzione per anni molto diffusa nel restauro e nel recupero di edifici antichi. Il cemento Portland, infatti, essendo poco poroso e scarsamente permeabile al vapore, provoca la concentrazione dell’umidità sotto la sua superficie esterna e ne impedisce l’evaporazione. Inoltre, esso è molto più rigido e resistente, dal punto di vista meccanico, degli intonaci a base di calce aerea e delle strutture murarie realizzate con materiali tradizionali e quindi, posto a contatto con questi ultimi, sviluppa tendenzialmente una serie di coazioni negative. Infine, il cemento ha un coefficiente di dilatazione termica più elevato di quello dei materiali antichi e, in caso di sbalzi di temperatura, si comporta in modi alquanto differenti dal supporto, creando sovente perdite di adesione tra intonaco e muratura e fessure superficiali diffuse sul primo.

Il rappezzo deve quindi essere eseguito con un intonaco compatibile con il supporto e avente caratteristiche chimiche e fisiche “analoghe” a quelle dell’intonaco preesistente, ben sapendo tuttavia che è di fatto impossibile di riprodurre, oggi, un materiale identico a quello da integrare.

Il rappezzo può dunque essere eseguito con una malta tradizionale, a base di calce, di consistenza simile a quella esistente, oppure con una malta tradizionale leggermente modificata con l’aggiunta di additivi e ingredienti particolari. In generale, le combinazioni possibili tra i vari tipi di malte, tradizionali e non, e le diverse tipologie di murature o di supporti dell’edilizia storica, sono di fatto infinite ed è quindi quasi impossibile restituire un quadro completo di tutte le situazioni che si possono presentare al restauratore in merito al problema della integrazione di intonaci lacunosi. Tuttavia, è almeno in parte possibile superare tali difficoltà procedendo a un’accurata ricognizione preliminare delle caratteristiche del supporto e delle malte, per acquisire la necessaria conoscenza che può consentire di esprimere scelte di massima garanzia e coerenti con le esigenze di durabilità e di conservazione richieste a un intonaco, seppur “risanato e integrato”.

### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

La caduta di porzioni di intonaco può riguardare intonaci semplici o decorati e può interessar uno o più degli strati che lo compongono, in molte parti di tutti gli edifici, antichi e recenti. La tecnica del rappezzo mediante macrostuccatura trova quindi diffusa applicazione in questo vasto campo di manufatti.

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le principali fasi di lavoro per l’esecuzione dell’intervento sono di seguito sintetizzate, anche se occorre tenere presente che, la molteplicità delle situazioni e dei relativi problemi possono richiedere aggiustamenti tecnici e metodologici significativi, suggeriti dall’esperienza del restauratore e, soprattutto, dalle circostanze, dai diversi fenomeni di degrado rilevati sul manufatto da trattare, dai materiali che lo compongono, dalle caratteristiche delle pareti coinvolte e dalle condizioni climatiche in cui opera. La tecnica richiede comunque il rispetto di alcune norme, o quanto meno, di alcuni criteri generali nelle sue diverse fasi esecutive.

#### *La preparazione della parete*

Prima di realizzare un rappezzo di intonaco è anzitutto buona norma preparare accuratamente il supporto su cui si deve applicare la nuova malta. In particolare, occorre valutare le caratteristiche del supporto murario, che deve essere sufficientemente asciutto.

Una superficie impregnata di umidità può infatti causare una scarsa aderenza del rappezzo. Inoltre, la superficie del supporto deve essere sufficientemente ruvida o scabra, per permettere al nuovo impasto di “aggrapparsi” solidamente ad esso e di sviluppare meglio le sue capacità meccaniche, durante la fase di indurimento. Infine, deve la superficie del muro essere pulita, in modo da non provocare forme di inquinamento dei materiali dello strato aggiunto e non deve contenere patine, sali o altre sostanze che possono favorirne il distacco a breve o a lungo termine. Successivamente, occorre creare sulla parete le condizioni ideali per l’applicazione della malta del rappezzo. A tal fine è fondamentale l’inumidimento della superficie, eseguito con un pennello imbevuto d’acqua, senza eccedere con la distribuzione del liquido. L’inumidimento della superficie è necessario per ovviare ai problemi derivanti dal contatto fra materiali con qualità igrometriche diverse: l’acqua contenuta nell’impasto sarebbe infatti subito assorbita dalla parete asciutta, inducendo una precoce disidratazione della nuova porzione di intonaco e, quindi, l’inefficacia tecnologica dell’intervento. Questa operazione ha anche lo scopo di far uscire l’aria racchiusa negli interstizi e nelle discontinuità del supporto; diversamente, quest’aria uscirebbe durante la stesura dell’impasto, riducendone la coesione e vanificando in parte l’efficacia dell’operazione.

Se le caratteristiche superficiali della struttura muraria pregiudicano potenzialmente la stabilità futura del rappezzo, è possibile migliorarne l’aderenza con particolari trattamenti coadiuvanti.

Questi consistono nella creazione di superfici scabre, mediante l’esecuzione di leggere striature del supporto, nella bocciardatura e nell’accentuazione dei giunti di allettamento della muratura, oppure nella esecuzione di vere e proprie armature di sostegno per il nuovo intonaco, realizzate con griglie metalliche (purché non ossidabili), reti in Pvc, più raramente con incannucciati o,

ancora, nell'aggiunta di particolari additivi che aumentano le capacità adesive dell'impasto utilizzato per il rappezzo.

### *L'impasto*

Nel momento in cui si predispone la malta necessaria alla macrostuccatura, acquistano notevole importanza alcuni accorgimenti operativi considerati spesso scontati e quindi sottovalutati.

Ad esempio, se una malta da intonaco deve essere preparata in opera, occorre assicurarsi che il contenitore nel quale si intende realizzare l'impasto sia pulito, e sarà quindi opportuno lavarlo sempre con acqua, prima di iniziare ogni operazione. L'acqua utilizzata deve essere sufficientemente pura, e non deve contenere sostanze inquinanti. Una volta rispettate tutte le precauzioni richieste dalle buone regole dell'arte, occorre ancora fare attenzione al dosaggio dei materiali, perché da questo dipende in grande misura la lavorabilità della malta, la durabilità del materiale nel tempo e, quindi, la possibilità di realizzare il rappezzo in modo ottimale.

Fondamentale, sotto quest'aspetto, è il dosaggio dell'acqua nella miscela aggregato-legante, per determinare il grado di fluidità dell'impasto e l'entità e il tipo di porosità dell'intonaco che si otterrà. Si deve infatti tenere conto che un impasto povero d'acqua rischia la non completa idratazione del legante e risulterà quindi meno lavorabile; viceversa, utilizzandone una quantità eccessiva di acqua, l'impasto sarà troppo fluido e andrà incontro al distacco e alla caduta dal supporto già durante l'applicazione, e determinerà anche una perdita di efficacia nel contatto tra il legante e i granuli dell'aggregato, con conseguenze negative sulla resistenza e sulla durata del rappezzo. L'acqua in eccesso dà luogo a una porosità di tipo capillare e a una macroporosità con presenza di cavillature da ritiro che andrà a scapito della resistenza e della durabilità del prodotto finito.

### *Il dosaggio*

Nel dosaggio degli ingredienti di una malta da rappezzo, le variazioni del rapporto legante/aggregato fanno d'altra parte assumere all'impasto determinate caratteristiche, ricercate in relazione al risultato desiderato.

È pratica comune, ad esempio, misurare le quantità dei due ingredienti fondamentali utilizzando direttamente e semplicemente la pala, oppure, secondo le circostanze, addirittura la carriola. Questi metodi possono tuttavia causare gravi errori nel corretto dosaggio degli ingredienti, dato che, anche se si contano con molta attenzione il numero di palate o di carriere, la quantità contenuta in ognuna di esse può sensibilmente variare. La mancanza di precisione nelle misure, può allora dare luogo a variazioni notevoli, da impasto a impasto anche all'interno di uno stesso cantiere producendo estreme variazioni nelle malte impiegate per i rappezzi che, conseguentemente, non avranno affatto le caratteristiche previste come ottimali e necessarie dal progetto.

La non buona qualità dei componenti e un'errata esecuzione dell'impasto e del dosaggio possono poi generare, con il passare del tempo, fenomeni poco controllabili, quali ad esempio differenze di resistenza e di ritiro dei vari rappezzi. Per ottenere una qualità uniforme delle malte impiegate nelle macrostuccature entro uno stesso cantiere, è quindi consigliabile esercitare un attento controllo sul grado di umidità contenuta nei materiali – utilizzando quelli allo stato più secco possibile –, sull'esatta determinazione delle quantità di ingredienti da utilizzare, tramite l'impiego di strumenti di misurazione rigorosi e, infine, sulla qualità stessa degli ingredienti prescelti.

### *L'applicazione*

Una volta determinato, sulla base delle caratteristiche dell'intonaco da integrare, il tipo di impasto di nuovo apporto e preparata la parete da intonacare, si passa alla stesura in opera dell'intonaco. Per una corretta applicazione, occorre anzitutto tenere conto delle condizioni ambientali in cui si opera, prestando particolare attenzione che la temperatura esterna sia compresa tra i 5 e i 30 °C. Nel caso di un rappezzo di intonaco, il problema della stesura risulta semplificato, rispetto alle difficoltà insite nella stesura di un intonaco *ex novo* su una intera parete, poiché l'intonaco esistente, a margine della lacuna da integrare, può fornire un valido contributo al controllo della profondità del nuovo strato e al suo corretto livellamento. Il nuovo impasto è generalmente applicato con la cazzuola, all'interno della lacuna da colmare, avendo prima cura di pulire, spazzolare e, se necessario, consolidare accuratamente i margini del vecchio intonaco e il

supporto murario sottostante. Successivamente, la nuova malta è stesa con il frattazzo o con la cazzuola stessa, facendosi guidare dalla superficie dell'intonaco circostante nel livellamento di quello nuovo (fig. 3, fig. 4).

Se il vuoto da colmare è ampio e profondo, la maggior parte della lacuna può essere in una prima fase costipata stendendo uno strato di malta idraulica, tipo calce/pozzolana o cocchiopesto, in grado di far presa sul supporto più velocemente e in assenza di anidride carbonica, con schegge di aggregato grosse, costituite ad esempio da pezzi di laterizio o da scaglie di pietra. Questa operazione è detta *rincocciatura*.

La macrostuccatura superficiale, invece, può essere eseguita applicando uno strato sottile di malta di calce aerea con aggregati tali da raggiungere le caratteristiche materiali e tecnologiche desiderate.

L'esecuzione di un buon rappezzo richiede una certa abilità da parte dell'operatore, che deve riempire al meglio le lacune e comprimere accuratamente la malta: la compressione è infatti essenziale per ottenere buone caratteristiche meccaniche, per non sporcare i materiali circostanti e per formare giunti di malta adeguati e anche esteticamente accettabili (fig. 5, fig. 6).

Se la mancanza è superficiale l'integrazione potrà essere realizzata con maltina molto fluida composta da grassello di calce aerea e sabbia di fiume, applicata a mano con cazzuola o spatole, e rifinita con la spugna, per uno spessore complessivo pari a quello dell'intonaco adiacente ancora in opera. La stesura a spugna permetterà di sovrapporre una quantità minima di malta che, essendo molto fluida, potrà essere messa e tolta con gesti in successione riuscendo così a ridurre "l'interferenza percettiva delle parti con mancanze leggermente più profonde presenti sulla superficie senza realizzare uno strato coprente di intonaco. Tale modo di applicazione avrà anche una funzione consolidante nei confronti delle cavillature e delle microfratture presenti sulla superficie. L'obiettivo è quello di risarcire le parti mancanti senza creare una nuova superficie finita che determinerebbe uno squilibrio su prospetti e pareti caratterizzate da superfici molto irregolari e non uniformi.

Gli strumenti utilizzati per la realizzazione dei rappezzi sono, come accennato, la cazzuola e il frattazzo. Quest'ultimo, in particolare, può essere di legno, di metallo o di plastica, munito di uno strato di spugna spesso circa due centimetri. Il frattazzo di plastica consente di levigare più rapidamente e con minor fatica la superficie del rappezzo, giacché permette di intervenire sulla malta assai prima che essa abbia iniziato la fase di presa. Questa caratteristica spinge spesso gli operatori a un uso improprio di tale attrezzo, con conseguenze che diventano evidenti solo dopo la completa asciugatura del manufatto, quando la sua superficie apparirà interessata da una fitta rete di microfessure, a causa dell'eccessivo asporto d'acqua favorito dalla parte spugnosa del frattazzo e dalla conseguente alterazione del processo di presa.

In relazione al genere di rappezzo che occorre eseguire, alla natura del supporto, agli spessori dello strato aggiuntivo e ad altre variabili, gli impasti utilizzati possono essere anche molto diversi, per prestazioni, per composizione e per preparazione, come suggerisce schematicamente il successivo elenco di intonaci usati frequentemente nelle operazioni di integrazione.

#### *Intonaco a base di calce aerea*

La malta di calce aerea, o di grassello di calce, è il materiale ritenuto più congruo negli interventi sugli edifici antichi, poiché ha la capacità di assecondare le caratteristiche specifiche dei materiali della struttura muraria, creando uno strato di rivestimento più traspirante e poiché presenta coefficienti di dilatazione generalmente compatibili con quelli dei materiali presenti nelle murature tradizionali.

Accanto agli indubbi vantaggi sono tuttavia presenti, nell'uso di questi intonaci, anche alcune caratteristiche che ne rendono, in certi casi, difficoltosa l'applicazione. La perdita d'acqua durante il loro processo di presa, deve in particolare essere graduale, e occorre perciò bagnare il supporto prima e dopo la stesura della malta. Un intonaco a base di calce aerea, infatti, necessita di irrorazione con acqua 5-8 volte al giorno, nei primi 2-3 giorni dalla stesura, per poi ridurre questa esigenza progressivamente, nei successivi 5-6 giorni.

Per la quantità d'acqua da impiegare non esistono regole precise e riconosciute, poiché questa dipende dall'umidità atmosferica, dalla temperatura e dal vento, che svolge un'azione asciugante più rapida di quanto non faccia il sole battente. Una certa esperienza aiuta gli operatori a definire

quanto sia ancora necessario bagnare l'intonaco. Le buone regole dell'arte prevedono comunque che, per i primi giorni, la superficie dell'intonaco non debba schiarire, perché sarebbe indice di un'asciugatura troppo precoce e dannosa.

L'impegno richiesto da questo tipo di finitura è come si vede notevole, perché se s'interrompe l'irrorazione l'impasto brucia con conseguente diminuzione delle sue caratteristiche di resistenza e di durabilità, oltre che di carattere estetico.

Quindi, la realizzazione di un rappezzo di intonaco eseguito con malta unicamente a base di calce aerea, è possibile solo se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- disponibilità di una manodopera qualificata, che conosca bene le tecniche d'impiego e le qualità intrinseche del materiale;
- garanzia che i lavori si svolgano secondo il ritmo e il periodo che il materiale richiede, tenendo conto che devono essere terminati prima del periodo invernale e di quello estivo, per prevenire rischi di congelamento dell'impasto o di essiccazione prematura;
- assenza dalla muratura di umidità e di sali igroscopici nelle loro diverse forme;
- presenza di sporgenze che proteggano l'intonaco dall'azione della pioggia battente.

Il soddisfacimento delle condizioni sopraindicate permette di ottenere superfici con un'elevata stabilità all'acqua, buona permeabilità al vapore, scarsa sensibilità alle variazioni dell'umidità relativa dell'aria, deformabilità tale da sopportare bene le sollecitazioni di origine termica. Per contro, in ragione della sua debole resistenza fisica, un intonaco di calce aerea è molto sensibile alle sollecitazioni meccaniche, alla cristallizzazione dei sali e al congelamento, se esistono le condizioni di saturazione dell'acqua in esso contenuta e le relative condizioni climatiche.

#### *Intonaco a base di calce aerea con aggiunta moderata di leganti idraulici*

La debole resistenza meccanica, la cristallizzazione dei sali, il tempo di presa piuttosto lungo, sono tuttavia caratteristiche che possono essere migliorate con l'aggiunta moderata di leganti idraulici all'impasto a base di calce aerea; un accorgimento, questo, che permette di evitare, almeno in parte, i problemi richiamati, senza alterare le caratteristiche fondamentali del composto.

Numerose esperienze e analisi dimostrano che questo genere di miscela è in grado di sostituire vantaggiosamente l'intonaco a base di calce aerea, soprattutto nel caso in cui questo sia particolarmente esposto alle sollecitazioni meccaniche e alle intemperie.

Nel dosaggio di questo particolare tipo di malta una parte in volume del grassello di calce è sostituita da un volume equivalente di leganti idraulici o di additivi idraulicizzanti. In relazione ai diversi casi e alle varie esigenze, si possono utilizzare qualità differenti di leganti idraulici e di additivi idraulicizzanti, tenendo conto che quelli più utilizzati nella predisposizione di malte per restauro sono la calce idraulica tipo *chaux La Farge*, la pozzolana ventilata e il coccio pesto. In molti casi, inoltre, è l'analisi stessa della composizione delle malte da integrare a rivelare la presenza nel composto originale di eventuali leganti idraulici.

In questi casi, la scelta e il dosaggio possono avvenire sulla base delle caratteristiche e della consistenza dell'intonaco preesistente. La cura necessaria al confezionamento e all'applicazione delle malte a base di calce idraulica, inoltre, è di molto inferiore rispetto a quella richiesta quando si utilizzano malte di calce aerea. Anche in questo caso, tuttavia, una volta messa in opera la malta occorre bagnarla abbondantemente, ma l'irrorazione necessaria è inferiore di circa un terzo rispetto a quella richiesta per un intonaco a base esclusivamente di grassello di calce.

#### *Intonaco a base di cemento*

L'intonaco a base di cemento Portland è, come già accennato, il peggiore per gli interventi sull'edilizia storica, e se ne tratterà solo per evidenziarne gli aspetti negativi. L'intonaco a base di cemento, infatti, assume, dopo la stagionatura, un notevole grado di durezza e tende a ritirarsi creando diffuse cavillature. Attraverso queste microfratture, l'acqua meteorica passa e si espande nella sottostante muratura. L'asciugatura è sempre superficiale, in quanto l'acqua assorbita fuoriesce solo in minima parte, creando attorno alle fessure un sottile alone di umidità. L'acqua assorbita in questo modo rimane all'interno della muratura, poiché l'intonaco cementizio è

caratterizzato da un'elevata impermeabilità. Inoltre, il ciclico abbassamento di temperatura, ove si raggiunge con frequenza lo zero termico, determina il congelamento dell'acqua rimasta imprigionata sotto la sua superficie, con conseguenti aumenti volumetrici che provocano il distacco di parti più o meno estese d'intonaco.

D'altra parte, esistono anche edifici costruiti nel XX secolo, nei quali occorre realizzare rappezzi di intonaco cementizio e, in questi casi, l'esperienza suggerisce di operare con un intonaco a base di calce idraulica con aggiunta di piccole percentuali di cemento.

Tra i cementi vengono solitamente comprese, scorrettamente, anche le cosiddette "malte bastarde" ossia confezionate con più leganti. Sembra opportuno a questo proposito ricordare che, nella preparazione di una malta bastarda con grassello di calce, conviene sempre operare come se si dovesse preparare una semplice malta di calce aerea e, solo alla fine del procedimento, aggiungere a essa il cemento, provvedendo poi a un'ulteriore miscelazione del composto. Quando invece si devono mescolare due leganti in polvere, quali la calce idrata e il cemento, si procede mescolando fra loro prima i leganti e poi aggiungendo gli aggregati e l'acqua.

#### *Intonaco a base di calce aerea e additivi sintetici*

"Sintetico" è un termine usato per designare sia i materiali artificiali sia quelli naturali che sono stati adulterati o trattati in vario modo prima di essere impiegati per confezionare la malta. Tali materiali sintetici possono essere utilizzati in forma di additivi per realizzare una malta a base di calce aerea, o come componenti principali per trattamenti protettivi. La caratteristica principale di tali sostanze è che le loro prestazioni e qualità tecnologiche possono essere controllati con molta sicurezza durante i processi di fabbricazione. In effetti, il vantaggio principale che pare raggiungibile con l'uso dei prodotti di sintesi sembra essere, oltre a un miglioramento delle prestazioni meccaniche dell'intonaco con essi realizzato, quello di poter creare superfici praticamente impermeabili, con tutti i benefici che tale caratteristica può rappresentare in alcuni casi, ma anche con tutti i problemi che la mancanza di traspirazione comporta per la salubrità della costruzione e per la durata dell'intonaco stesso.

Un altro, non trascurabile inconveniente, dei materiali sintetici è la possibile formazione di sali solubili, con il conseguente rischio di efflorescenze, esfoliazioni e rotture. Questa eventualità può presentarsi soprattutto con l'impiego di alcune emulsioni acriliche copolimero che, per la loro acidità, richiedono di essere neutralizzate con una base, prima di essere utilizzate come additivi di ispessimento per l'impasto. Se non vengono neutralizzate esse possono infatti portare alla formazione di un sale che, se usato in grandi quantità, può incrementare il ritiro della malta e innescare in essa dannose sollecitazioni.

Nel rappezzo degli intonaci, oltre agli impasti più comuni sopra menzionati, ci si può trovare a dover integrare strati di finitura realizzati con antiche tecniche di cui abbiamo perso memoria e che presentano, in relazione all'epoca e alle metodologie locali adottate, caratteristiche molto differenti, che occorre accuratamente valutare caso per caso. Lo strato di finitura, storicamente definito "colla" o "intonachino", costituiva ad esempio l'elemento generalmente più esterno dell'intonaco. Tale strato era realizzato con una complicata stesura di spessori ridotti di malte composte da miscele selezionate di materiali accuratamente vagliati, in modo da fornire, a seguito dell'indurimento, il risultato desiderato.

Si riportano di seguito gli esempi più ricorrenti di malte storiche ancora oggi impiegate, rimandando, per una trattazione più accurata e particolareggiata del tema, alla letteratura specializzata sull'argomento.

#### *Intonaco a "sgraffito" o colla di carbone*

La tecnica dell'intonaco a "sgraffito" risale al XV secolo, fu ripresa nell'Ottocento e venne impiegata diffusamente anche nelle costruzioni neomedievali e liberty. L'impasto utilizzato per la realizzazione di questo intonaco è costituito da una parte di calce, due parti di aggregato, in genere sabbia o pozzolana, e carbone di legna polverizzato nel mortaio. Questo particolare composto era applicato sulle facciate degli edifici da decorare a "sgraffito". Sull'intonaco, utilizzando polvere di carbone ancora umido, si stendeva un intonachino molto sottile, di spessore



pari a 2-3 mm, preparato con calce di travertino e polvere dello stesso materiale. Questo strato, di colore diverso dal primo, più scuro, formava la superficie finale del manufatto su cui andava tracciato lo schema decorativo desiderato, con la tecnica dello spolvero. Successivamente, lo strato più superficiale era asportato nelle parti esterne alle campiture decorative, utilizzando ferri appuntiti e spatole, seguendo la traccia fissata dallo spolvero, in modo da mettere allo scoperto lo strato scuro sottostante e lasciare in evidenza i segni di finitura ornamentale sul fondo chiaro dell'intonaco.

#### *Marmorino o colla di marmo*

Probabilmente, il più pregevole degli intonaci antichi e il più continuamente utilizzato nel passato, soprattutto in area veneta, è il cosiddetto "intonaco a marmorino". Per la formazione di questo tipo di intonaco si provvedeva innanzitutto alla stesura di un primo strato, di malta a base di calce aerea e cocchio pesto, di spessore considerevole, con proporzioni aggregato/legante pari a 2:1, amalgamati con una parte di acqua. Si stendeva poi un secondo strato piuttosto sottile, composto da una parte di calce, 1,5 parti di polvere di marmo e 0,7 parti d'acqua, con l'eventuale aggiunta di terre coloranti, per fingere un rivestimento di marmo. Di solito, tale rivestimento era applicato con spessori molto ridotti, pari a 2-3 mm, anche perché con queste dimensioni si favoriva la carbonatazione in profondità dell'impasto e la stesura accurata con cazzuole e stecche di legno. La superficie era poi trattata con una lavorazione accuratissima, ripassandola di continuo con la cazzuola, e infine lucidandola con olio di lino, sapone o cera, applicati con un panno morbido con il risultato di ottenere non solo una resa estetica eccellente, a perfetta imitazione del marmo, ma anche una sua spiccata idrorepellenza.

#### *Intonaco a stucco lucido*

L'impasto dell'intonaco a stucco lucido è simile a quello del marmorino e, rispetto a quello, cambia soltanto la finitura superficiale, atta a rendere la lucentezza del marmo e a imitarne le venature. Dopo aver steso l'ultimo strato di intonaco, prima che questo sia completamente asciutto, occorre bagnare la superficie con acqua e sapone disciolto in essa e la si comprime quindi attentamente con la cazzuola per poi lucidarla utilizzando ferri caldi.

Terminata questa operazione, occorre bagnare nuovamente la superficie dell'intonaco, con la stessa soluzione saponacea e la sua stesura è completata da un'accurata lisciatura eseguita con panni morbidi.

#### *Sagramatura*

La tecnica della sagramatura era realizzata sui paramenti in mattoni e consisteva nella stesura di un intonaco molto sottile, composto da calce aerea, sabbia e polvere di cotto. La caratteristica principale della sagramatura è che lascia la possibilità di leggere la cortina muraria in trasparenza; quindi, la quantità di materiale sovrapposto alla muratura deve essere minima e va rifinita in modo da seguire le sue irregolarità. La sagramatura, secondo le fonti storiche, era realizzata sfregando con un mattone la superficie sottilmente intonacata e ancora umida. L'intonaco doveva essere mantenuto bagnato, fino a che la polvere di sfregamento e i residui di malta fresca restavano perfettamente incorporati in uno strato sottile aderente alla muratura. L'operazione era completata con ulteriori ripassate della cazzuola e un'eventuale stesura d'olio di lino cotto che, attenuando la porosità del mattone, conferiva idrorepellenza alla superficie.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Una variante al procedimento principale descritto inizialmente è quella che prevede l'utilizzo, per la realizzazione dei rappezzati, di malte preconfezionate o premiscelate. Le malte preconfezionate sono malte fornite in cantiere già pronte all'uso, mentre quelle premiscelate sono fornite in polvere asciutta e richiedono, in cantiere, solo l'aggiunta di acqua. Queste malte contengono generalmente additivi che ne facilitano la posa in opera e ne garantiscono prestazioni funzionali specifiche, attraverso la realizzazione di una composizione controllata e costante.

L'uso di queste malte, negli interventi di restauro, dovrebbe però essere subordinato a una verifica preliminare degli ingredienti che le compongono, perché frequentemente esse contengono leganti

cementizi e altri additivi, non esplicitamente dichiarati dal produttore, che possono comportare conseguenze negative per i manufatti realizzati con materiali tradizionali.

### **ESPERIENZE**

#### *Rappezzi con malta tradizionale*

Venezia: convento della Carità (facciata verso il rio Terà Sant'Agnese).

Roma: palazzo Spada.

Caserta: giardino inglese della reggia di Caserta.

Roma: chiesa di Sant'Anastasio dei Greci (facciata).

Roma: villa Giulia.

Termoli: cattedrale.

Parma: duomo.

Casbeno: villa Recalcati.

Castelvetrano: cappella degli Aragonesi.

Torino: palazzo Reale (facciata).

Modena: chiesa di S. Pietro.

#### *Rappezzi con maltina liquida*

Udine: palazzo Antonini (facciate)

#### *Rappezzi con malta tradizionale modificata*

Venezia: campiello della Scuola grande di San Giovanni Evangelista.

Bologna: palazzo Zambeccari.

Reggio Emilia: chiesa dei SS. Pietro e Prospero.

Roma: palazzo Spada.

Castiglione Olona: palazzo Branda.

Ferrara: palazzo Naselli Crispi.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Astrua G. 1979; Broccolo A. 2000; Feiffer C. (a cura di) 1997; Frattini F. (2000) Forcellino A. 1989; Forti G. 1984; Giuliani M. 1990; Guffredi A., Lemmi F., Cigarini C. 1991; Micocci F., Pulcin G. 1991; Palestra G. W. 1991, Quendolo A. 2004.



Figura 1 • Perdita di un tratto d'intonaco della facciata.



Figura 2 • Distacco degli strati d'intonaco da una bugna realizzata con malta.

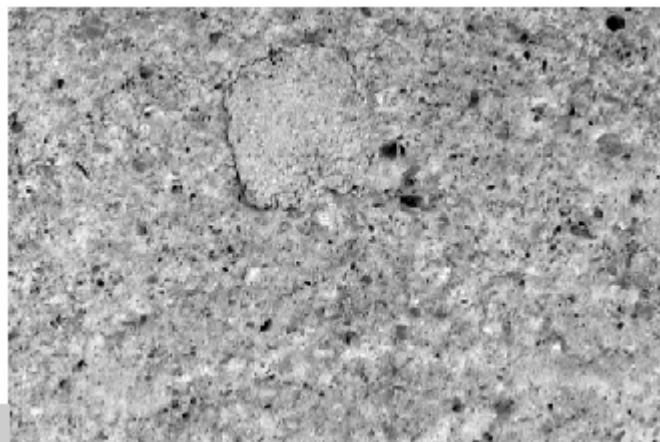


Figura 3 • Integrazione di una piccola lacuna, mediante rappezzo con malta di composizione simile a quella dell'intonaco esistente.



Figura 4 • Macrostruccatura eseguita su un vecchio, più ampio rappezzo.



Figura 5 • Rappezzo di un tratto angolare su una facciata intonacata.



Figura 6 • Rappezzo di una parasta intonacata e dipinta: fase precedente alla finitura.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica consiste nel risarcimento di mancanze di materia, accessibili dalla superficie di un manufatto, utilizzando sostanze plastiche e modellabili che, con il tempo, asciugano e induriscono assumendo la forma e la consistenza desiderata. Attualmente, i prodotti normalmente utilizzati a tal fine sono molto numerosi e variano in relazione al materiale di cui è costituito il manufatto da riparare (v. INT07 - *Integrazione dei mattoni alveolizzati o erosi*). La scelta dei leganti e delle cariche varia considerevolmente in dipendenza del substrato su cui si interviene: nel caso di risarcimenti di mancanze su materiali lapidei, comprendendo tra questi anche i calcestruzzi, gli intonaci e gli stucchi, si ricorre prevalentemente a malte a base di leganti inorganici, quali le calci, i gessi e i cementi, eventualmente addizionate con additivi di presa, fluidificanti, antiritiro ecc., ma sono frequenti anche impasti plastici a base di resine termoindurenti, come quelle epossidiche e quelle poliesteri, di gomme siliconiche oltre a diversi tipi di adesivi diluiti con solventi.

Nel caso di integrazioni da realizzare su manufatti lignei o metallici si prediligono gli stucchi a base di polimeri di sintesi come leganti. Tra questi ultimi, i più frequentemente utilizzati sono: il nitrato di cellulosa sciolto in acetato d'etile, l'idrossipropilcellulosa in acqua o in etanolo, l'alcol di polivinile stemperato in acqua. Altre sostanze impiegate per interventi integrativi, comuni soprattutto nel passato meno recente, sono le cere, sia quella d'api sia quelle microcristalline, e gli oli siccativi, come l'olio di semi di lino e di papavero, gli adesivi proteici (ad esempio la colla forte o la colla di coniglio) sempre diluiti con acqua. Alcuni di questi prodotti possono essere impiegati singolarmente, ma, nella maggior parte dei casi, a essi sono aggiunte cariche di varia natura, dalla polvere di legno, al caolino, all'argilla finissima, alle microsferi di vetro o di altre sostanze, per aumentare la consistenza degli impasti, per migliorarne la lavorabilità e diminuirne il ritiro in fase di essiccamento, oltre che per concorrere a controllarne colore e tessitura. Alcuni impasti, a base di resine e sostanze catalizzanti, sono disponibili sul mercato per essere immediatamente usate, e possono essere impiegate anche per stuccare metalli, marmi e altri materiali.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'impiego di questa tecnica è adatto soprattutto all'integrazione di mancanze di materiale di piccola entità (sia in termini di estensione sia di profondità), quali le piccole fessure, le discontinuità tra i giunti di un rivestimento, le lacune superficiali di dimensioni limitate, i fori lasciati dai chiodi, i buchi di sfarfallamento dei tarli, i vuoti lasciati dai nodi sulle superfici lignee. Non è consigliabile ricorrere alle integrazioni con stucchi per risarcire mancanze molto vaste e soprattutto se estese in profondità, a causa del ritiro cui sono soggetti i prodotti comunemente impiegati per questo tipo di operazioni. Il ritiro, infatti, può indurre tensioni all'interno del manufatto su cui si interviene e provocare il distacco tra il materiale di origine e quello apportato per l'integrazione, anche solo per effetto del peso proprio della massa aggiunta, rendendo inefficace la riparazione o, anche, causare lesioni nelle parti sane del manufatto che circondano la mancanza riparata, trasformando l'intervento di restauro in una nuova causa di degrado.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Prima di procedere al riempimento della mancanza, le sue superfici devono essere accuratamente pulite, ed eventualmente sgrassate o rese ruvide o scabre, per favorire una migliore adesione del nuovo impasto. È inoltre opportuno verificare che sulle superfici da integrare non vi siano strati o residui di cera, di paraffina o di altri protettivi, che ostacolerebbero l'adesione della pasta utilizzata per la stuccatura, soprattutto quando questa sia a base di resine sintetiche. A volte, è anzi necessario stendere, prima di applicare l'impasto della nuova stuccatura, un prodotto aggrappante per facilitarne l'adesione al supporto ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

Dopo avere preparato lo stucco nella consistenza voluta, si applica alle pareti della mancanza utilizzando spatole metalliche o di altro materiale (legno, plastica ecc.), di dimensioni diverse, in ragione della quantità di prodotto da stendere, della forma e dell'estensione della lacuna da colmare. Durante la stesura, occorre esercitare una leggera pressione sull'impasto per facilitarne l'adesione al substrato. Per ovviare al problema del ritiro e per consentire ulteriori lavorazioni a secco, tra le quali vi è soprattutto la levigatura della superficie della stuccatura, è opportuno impiegare una quantità di pasta leggermente eccedente il volume da colmare ([fig. 3](#), [fig. 4](#)).

Qualora si intendessero risarcire mancanze ampie e profonde con questa tecnica, benché ne esistano altre più adatte ([v. INT22 - Integrazione con tasselli](#)), occorre stendere lo "stucco" in strati sovrapposti, attendendo che asciughi lo strato precedente prima di passare alla stesura di quello successivo, in modo da ridurre l'effetto del ritiro che, altrimenti, sarebbe eccessivo. Per migliorare l'adesione tra uno strato e l'altro, inoltre, è opportuno praticare incisioni incrociate sulla superficie di ciascuno di essi prima del loro indurimento: lo strato successivo si aggrapperà meglio a quello sottostante, riducendo i rischi di distacchi tra l'uno e l'altro e tra l'intera stuccatura e la parte salda del manufatto riparato.

4. A essiccazione avvenuta, è possibile procedere alla levigatura della superficie superiore della stuccatura, utilizzando carta smeriglio fine, pietra pomice o paste abrasive, e alla finitura che, tenuto conto del materiale del manufatto riparato, può essere costituita, ad esempio, da una coloritura, da una lucidatura o da una verniciatura, in modo da accordare, distinguere o mimetizzare la stuccatura al suo interno ([fig. 5](#), [fig. 6](#)).

È bene ricordare che il ricorso ad alcune paste, soprattutto a base di resine, richiede l'impiego di mascherine protettive da parte degli operatori, per evitare l'inalazione di vapori nocivi, emessi soprattutto dai solventi impiegati per sciogliere le resine stesse. La medesima precauzione va poi rispettata durante le fasi di levigatura, che, soprattutto se eseguita per abrasione con apparecchi rotanti e su paste contenenti inerti silicei, comportano la produzione di polveri fortemente nocive per l'apparato respiratorio.

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Le fessure più profonde possono richiedere anche colature o iniezioni in profondità di prodotti adesivi. ([v. CSD 03 - Consolidamento delle murature con iniezioni](#), [CSD20 - Iniezione o colatura di malta ad espansione](#)).

Per risarcire mancanze particolarmente estese e profonde, non sempre facilmente raggiungibili dall'esterno, come, per esempio, sono le cavità dovute all'azione concentrata dei tarli, su cui non è possibile operare con stucchi o con analoghi materiali, si ricorre talvolta anche all'uso di resine schiumogene (come il poliuretano espanso), iniettate all'interno della cavità con siringhe o altri utensili in grado di raggiungere i vuoti da colmare con il nuovo materiale. Queste resine hanno, infatti, la proprietà di gonfiare, riempiendo il vuoto, e di indurire occludendo definitivamente la cavità. Questo tipo di integrazione sembra avere alcuni vantaggi, come ad esempio la leggerezza del materiale utilizzato e l'assenza di ritiro, ma comportano anche alcuni rischi, connessi proprio con l'aumento di volume cui sono soggetti tali prodotti, poiché, se incontrollato, esso può indurre pericolose tensioni nel manufatto in cui sono inseriti.

## ESPERIENZE

L'integrazione di piccole lacune con materiali modellabili è operazione assai diffusa, sia nel restauro architettonico sia in ogni altra pratica specifica di risanamento, in vari campi della tutela. Tra i numerosi casi di manufatti sottoposti a simili interventi, si segnalano pertanto, a titolo di esempio, i seguenti:

Genova, palazzo Ducale, stuccatura di piccole mancanze nei fusti delle colonne, in marmo bianco di Carrara dei cortili interni, eseguita con malta a base di calce e polvere di marmo.

Ascoli Piceno, Palazzo Roverella, stuccatura del paramento lapideo di travertino, eseguita con malte composte con grassello di calce, calce idraulica Lafarge (rapporto 1:1), 5% di Primal come parte legante e con polvere di travertino, polvere di marmo bianco di Carrara, sabbia gialla e polvere di marmo rosso di Verona, come aggregati, opportunamente dosati in dipendenza del colore naturale dell'elemento da integrare.

Portone di epoca angioina della chiesa di S. Antonio Abate a Napoli, stuccatura di alcuni elementi lignei degradati, con stucco a base di una resina epossidica e microsferi cave di silicio.

Firenze, Chiesa di San Niccolò Oltrarno, Cristo ligneo di Michelozzo di Bartolomeo, stuccatura dei fori provocati dai chiodi, con uno stucco a base di gesso e farina di legno; stuccatura dei giunti tra i pezzi di cui è costituito il Cristo, con gesso a oro e colla di coniglio.

Siena, Museo dell'Opera del Duomo, Crocifisso di Giovanni Pisano, stuccatura di fenditure sottili con uno stucco a base di resina e polvere di legno.

Roma, Palazzo del Quirinale, Seggioloni del Finimento Pisani, stuccatura di piccole cavità con un formulato a base di cera d'api (60%), colofonia (20%) e cera carnauba (20%), pigmentato con terra d'ombra e rosso Venezia.

Pornassio, Chiesa di San Dalmazzo, statua di San Nicola di Bari. Stuccatura di fenditure con cera vergine pigmentata.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AMATI F., *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Milano 1993;

GIUSTI L., IACCARINO A., *Il restauro del portone angioino della Chiesa di Sant'Antonio Abate in Napoli: criteri e metodologia di intervento*, in "kermes", n. 26 a. 1996;

GRATTAN D. W., BARCLAY R. L., *A study of gap-fillers for wooden objects* in "Studies in Conservation" n. 2, 1988; pp. 7-86;

MAZZONI M.D., *Il restauro di una scultura lignea genovese del XVII secolo, Chiesa di San Dalmazzo Pornassio (Imperia)*, in "OPD Restauro", a. 2008, n. 20, pp.;

PLENDERLEITH H.J. E WERNER A.E.A., *Wood. The Conservation of Antiquities and Works of Art*, 2nd Ed., Oxford University Press, New York, 1971.



Figura 1 • Superficie di marmo con cavità da integrare. (ZAM)



Figura 2 • La superficie deve essere accuratamente pulita e successivamente bagnata. (ZAM)



Figura 3 • Si procede con la stuccatura. (ZAM)

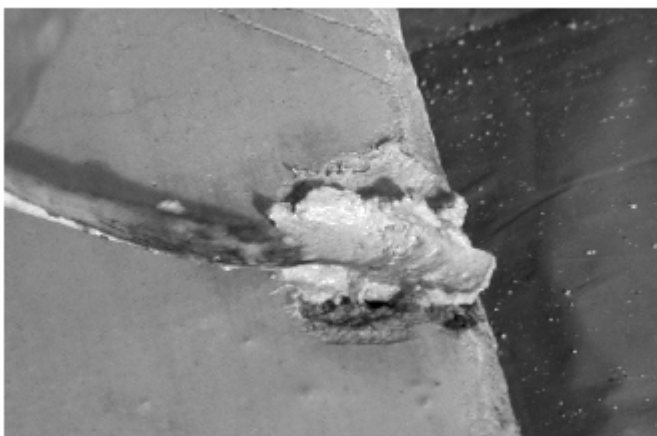


Figura 4 • Dettaglio dell'operazione di stuccatura. (ZAM)





Figura 5 • La pressione della spatola permette di far penetrare lo stucco e di riempire omogeneamente la cavità. (ZAM)



Figura 6 • Cavità risarcita e in attesa della finitura. (ZAM)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il cosiddetto pavimento “alla veneziana” ha origini antichissime, con cenni già in Vitruvio, e l’adozione di tale termine va attualmente ben oltre i confini della città lagunare, appartenendo, sia pure con alcune varianti, alla tradizione costruttiva di altre regioni italiane, dalla Puglia, all’Emilia, alla Liguria.

Con “pavimento alla veneziana” si intendono, grosso modo, tre tipi di manufatti diversi:

- il classico *terrazzo alla veneziana*, a base di impasti il cui legante è la calce aerea, ottenuta preferibilmente dalla cottura di ciottoli di fiume per il loro basso contenuto in magnesio;
- il cosiddetto *pastellone*, tipico della tradizione lagunare sin dal XV secolo, caratterizzato, oltre che dall’impiego della calce, da cariche di aggregato a base di polveri e granulati fini di coccio pesto e di rottami di pietra d’Istria;
- il pavimento a base di impasti il cui legante è il cemento.

I primi due tipi, com’è evidente, sono accomunati dall’impiego della calce aerea e pertanto, malgrado alcune differenze per certi aspetti sostanziali, possono essere descritti e accorpati in questa voce. La calce, infatti, come componente che entrambi i manufatti, influisce sui tempi e sulle tecniche di lavorazione, sulle proprietà meccaniche del manufatto finito (elasticità, durezza, dilatazione termica) e, in una certa misura, sulle metodiche della manutenzione ordinaria, oltre che su alcuni aspetti del risultato finale, in primo luogo lo speciale tipo di lucentezza della superficie finita. Essi possono essere trattati insieme, dunque, come varianti di una medesima categoria, beninteso evidenziandone le specifiche peculiarità.

Il pavimento alla “veneziana” in cemento è una variante relativamente recente di quello in calce aerea trasmessoci dalla tradizione e dalle vecchie regole dell’arte. La differenza principale risiede, evidentemente, nell’impiego di leganti cementizi in luogo della calce, ma questa variante comporta dei cambiamenti sostanziali anche nella tecnica di realizzazione, con vistose conseguenze nei risultati formali, oltre che nelle caratteristiche fisiche, meccaniche e di durata. In particolare, il legante cementizio condiziona tutto il procedimento esecutivo sino agli esiti finali, e ciò per via dei tempi di presa e di indurimento relativamente rapidi degli impasti, per le caratteristiche di elevata durezza e di bassa elasticità conferite agli strati, per un coefficiente di dilatazione termica che può determinare fenomeni di fessurazione più o meno gravi e che si accentuano quando il manufatto sia eseguito su solai lignei.

Inoltre, contrariamente ai pavimenti in calce, dove la lentezza della presa consente lavorazioni e correzioni relativamente agevoli, in quelli a base di cemento tutto deve essere eseguito nei tempi stretti che precedono l’indurimento, e ciò determina conseguenze vistose soprattutto nei manufatti decorati, ai quali non è applicabile la tecnica dello spolvero, e la posa in opera delle tessere musive richiede grande rapidità d’esecuzione e semplicità di disegno. Occorre precisare che, in tutti i casi gli interventi volti all’integrazione delle lacune o al rifacimento di parti ammalorate più o meno estese richiedono tecniche del tutto simili a quelle impiegate per la loro esecuzione *ex novo*, e per tale ragione è necessario conoscere il procedimento completo che è alla loro base costruttiva.

Le fonti bibliografiche per una corretta descrizione della tecnica non sono numerose, a parte i brevi e non sempre chiari cenni rintracciabili negli antichi trattati; un recente testo a cura di Lorenzo

Lazarini (2008) si affianca al testo di A. Crovato, *I pavimenti alla veneziana* (1989), completo ed esauriente anche perché redatto dall'erede di una delle sopravvissute stirpi di "terrazzai" a Venezia. A questi testi conviene riferirsi per descrivere le lavorazioni e le diverse fasi operative.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica si applica per integrare lacune più o meno estese di pavimenti alla veneziana, del tipo a *terrazzo* o a *pastellone*, eseguiti con impasti a base di calce aerea o di cemento. L'integrazione può riguardare semplici rappezzi localizzati, oppure intere porzioni di pavimento mancante, e può investire gli strati superficiali della *stabilitura*, oppure estendersi anche al *sottofondo* e alla *coperta* o *coprifondo*.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

#### *Pavimenti in calce*

Il *terrazzo alla veneziana* si compone di tre strati e comprende ben undici o addirittura tredici lavorazioni diverse. I tre strati, corrispondenti anche alle prime fasi lavorative, sono il *sottofondo*, la *coperta* o *coprifondo* e la *stabilitura* o *finitura*. Le altre lavorazioni, oltre quelle del getto dei tre strati, sono la *semina*, la *rullatura*, la *battitura*, la *lisciatura*, l'*orsatura*, la *stuccatura*, la *lucidatura* e l'*oliatura*. A queste si possono aggiungere, per i pavimenti che contengono disegni ornamentali, lo *spolvero* e la *filettatura*.

Per realizzare, dunque, un'integrazione, un rappezzo o un rifacimento parziale di un terrazzo alla veneziana è spesso necessario eseguire l'intera serie delle lavorazioni sopra indicate; non prima, tuttavia, di aver approntato adeguatamente il programma di lavoro, il piano di posa e i bordi dell'area da integrare. Tale preparazione comprende:

- un'accurata ricerca e individuazione dei granulati del vecchio pavimento, in modo da pervenire a una miscela dei diversi ingredienti del tutto simile a quella della parte sana. A tale scopo "è buona norma preparare la composizione del granulato e la *stabilitura* in cantiere e confrontarla con un campione del terrazzo da imitare" (Crovato, 1989, p. 68);
- il taglio dei bordi della lacuna o della parte ammalorata, per mezzo di un martello da taglio, e la pulitura accurata dai rottami di demolizione e dalle polveri;
- l'armatura degli spigoli, vale a dire una spalmatura di calce lungo i bordi del taglio, per preservarlo da sgretolature.

Può avere inizio, a questo punto, la realizzazione del nuovo tratto di pavimento, secondo la seguente procedura ([fig. 1](#)).

#### 1 - Il *sottofondo*

Lo strato è costituito da un impasto a base di coccio pesto e una minor dose di pietrisco, legati da calce spenta, preferibilmente ottenuta da ciottoli di fiume, in rapporto volumetrico di 4 a 1, e con acqua sufficiente a realizzare una miscela omogenea, densa, relativamente asciutta. Vista la ridotta quantità di materiale occorrente per i rappezzi, l'impasto è miscelato a mano, e può contenere come inerte la macinatura del materiale proveniente dalla demolizione del tratto di pavimento ammalorato. La stesura del massello del *sottofondo*, che ha uno spessore compreso tra 10 e 20 cm, inizia dalla formazione delle *guide* lungo i muri perimetrali o i bordi dei grandi rappezzi. Si tratta di fasce di *sottofondo* che hanno lo scopo di predeterminarne e controllarne lo spessore e la pendenza, fungendo, appunto, da guida a tutto il getto. Questa fase è necessaria quando si tratta di costruire tratti piuttosto ampi di pavimentazione; per piccoli rappezzi o integrazioni, invece, lo spessore può essere valutato a occhio, in base all'esperienza dell'operatore.

Dopo la stesura del *sottofondo* a cazzuola, si procede alla *battitura* col mazzapicchio (o battipalo), alla *rullatura*, mediante rulli del peso di circa 80 kg, e ad una ribattitura con la "staffa" o "fero da bater", una sorta di grande cazzuola in ferro, del peso di circa 5 kg, costituita da un lungo manico collegato a una specie di spatola pesante, spesso un centimetro e lunga circa ottanta. Tanto la *rullatura*, quanto la *battitura* vanno eseguite secondo direzioni incrociate, in modo da assicurare il massimo di omogeneità e di controllo dell'azione costipante.

Queste operazioni vanno ripetute più volte, sino a quando l'acqua dell'impasto ha cessato di spurgare, e hanno lo scopo di rassodare, livellare e compattare lo strato, eliminando gli avvallamenti. In questa fase, il controllo dello spessore e della planarità è eseguito mediante stadi appoggiate alle guide perimetrali.

## 2 - La coperta o coprifondo

È il secondo strato, dello spessore di due-tre centimetri, costituito da un impasto di calce spenta e cocchio macinato in frantoio sino alla consistenza di una polvere grossolana. La malta ha una composizione di calce e aggregante in rapporto volumetrico di uno a tre e va preparata mescolando con cura gli ingredienti e lasciandola riposare, in modo che il cotto assorba bene l'acqua, altrimenti la presa non è omogenea e si rischiano screpolature nel pavimento finito. La buona preparazione della malta è talmente importante e delicata da richiedere un lavoro di circa otto ore da parte di due operai, per una quantità sufficiente a ricoprire una superficie di 20-30 m<sup>2</sup>. La stesura è eseguita con la stadia e la livella, assicurandosi che lo spessore sia omogeneo e non si creino avvallamenti o pendenze.

Anche questo strato va sottoposto a continua battitura con la staffa e dopo due o tre giorni sarà pronto per l'ultimo strato di finitura, la *stabilitura* (fig. 2).

## 3 - La stabilitura

È lo strato finale, destinato a ricevere la semina delle scaglie di marmo e a rimanere in vista.

Ha uno spessore di un centimetro o poco più, ed è formato da una malta contenente polvere di marmo (sottile e grossa) e calce spenta, in rapporto volumetrico di uno a uno, con l'eventuale aggiunta di terre coloranti. L'impasto si presenterà, dunque, come una miscela grassa e plastica, facile da lavorare, e si applicherà come una sorta di intonaco orizzontale.

Sulla stabilitura si esegue la *semina*, vale a dire lo spargimento a mano della graniglia e delle scaglie di marmo opportunamente vagliate. Nella semina si impiegheranno pietre o scaglie della stessa dimensione o di grandezze diverse. In quest'ultimo caso, si inizierà da quelle più grosse e si proseguirà con quelle sempre più minute. Le dimensioni dei granuli variano da 5 a 40 mm e sono individuate da numeri che corrispondono a precise classi di grandezza (ad es., lo zero indica la polvere impalpabile, i numeri 1 e 2 si riferiscono rispettivamente alla polvere fina e media, il 3 ai granulati da 3-5 cm, e così via, sino ai numeri 7 e 8, rispettivamente per i granuli da 30 a 40 mm). L'operazione è estremamente delicata, perché da essa dipende non soltanto l'omogeneità di composizione e di colore della superficie finita, ma anche l'efficacia mimetica del rappezzo rispetto al vecchio pavimento. Per questo, la semina richiede l'intervento di artigiani particolarmente esperti.

Alla semina seguono la *rullatura* e la *battitura* con il mazzapicchio e con la staffa, per far penetrare le scaglie nell'impasto, cioè per costipare la miscela malta/granulato e per livellare e sgrezzare la superficie del terrazzo. È a questo punto che, dopo una provvisoria lisciatura della superficie con la cazzuola, quando l'impasto non ha ancora terminato la presa, si procede con l'*orsatura*, una lavorazione di vera e propria levigatura realizzata con un attrezzo, detto appunto *orso*, formato da un lungo manico che termina a un'estremità con una ganascia che stringe una pietra abrasiva. Con movimenti alternati e incrociati si trascina la pietra abrasiva sulla superficie sottoponendola a lenta e graduale levigatura. Si tratta di un'operazione piuttosto lunga, per la quale è richiesto mediamente un lavoro di quattro-otto ore per metro quadrato.

Una volta levigato, il pavimento si lascerà stagionare per alcuni mesi e sarà quindi sottoposto alla *stuccatura*, destinata a riempire i piccoli fori lasciati dalle bollicine d'aria imprigionate dall'impasto e le eventuali imperfezioni del getto. La stuccatura, a base di una miscela di solfato di calcio idrato (il cosiddetto gesso da sarti) e olio di lino cotto, con eventuali aggiunte di pigmenti colorati, sarà lasciata riposare per 7-10 giorni, per dar luogo poi a una nuova levigatura con l'orso.

Ulteriore operazione è la *lucidatura*, che si ottiene frapponendo della calce bianca tra il pavimento e la pietra dell'orso e, infine, il lavaggio con acqua, per eliminare la poltiglia formatasi.

Il lavoro sarà completato dall'*oliatura*, l'operazione finale che, ripetuta più volte, è destinata a impregnare il pavimento in profondità, dandogli una colorazione omogenea e morbidamente lucida. Le lavorazioni sin qui descritte presuppongono che il pavimento presenti una superficie uniforme, colorata dalle scaglie di marmo, dal legante e dall'eventuale presenza di pigmenti, ma priva di decorazioni. Alcune soluzioni, tuttavia, prevedono che all'interno delle superfici in graniglia siano inseriti dei disegni a base di motivi geometrici, floreali, simbolici o figurati di varia natura. In questi casi, il disegno è di solito realizzato con scaglie o tessere musive affiancate che realizzano le linee dei contorni oppure riempiono campiture più o meno estese. Per realizzare tali ornamenti, si ricorre alla tecnica dello *spolvero* e della *filettatura*, dopo aver steso lo strato della stabilitura e prima della semina (fig. 3, fig. 4).

Lo *spolvero* consiste, innanzitutto, nel tracciare il disegno che si intende realizzare, alla scala 1:1, su carta da scenari. Si procede, quindi, all'esecuzione di una fitta serie di piccoli fori lungo le linee del disegno stesso e poi si posano i fogli di carta sulla superficie della stabilitura, nella loro posizione corretta. Cospargendo tali fogli con finissima polvere di marmo, i granuli che passano attraverso i fori lasceranno sulla stabilitura una fedele traccia del disegno, che farà da guida alla fase successiva. Una volta rimossi i fogli, infatti, un operaio esperto comincerà a realizzare i *filetti*, posando a mano, singolarmente, una serie di tessere musive contigue lungo il tracciato dello *spolvero* e riproducendone in tal modo il motivo ornamentale. L'opera del posatore si limiterà all'esecuzione di semplici linee oppure potrà estendersi al riempimento di campi di varia ampiezza, per realizzare decorazioni più complesse.

In ogni caso, al termine di questa fase si potrà procedere alla semina, secondo quanto descritto in precedenza, beninteso limitatamente alle aree libere. Ogni altra lavorazione successiva per terminare il terrazzo resta invariata.

In alcuni casi, ove si intendano inserire nel pavimento piccoli disegni di una certa complessità (stemmi, scritte o altri motivi compositi), gli ornamenti possono essere realizzati fuori opera, incollati provvisoriamente su carta ritagliata ai contorni e poi adagiati sul piano della stabilitura, ovviamente capovolti (con la carta verso l'alto), pronti per essere rullati nella stabilitura, dopo la semina.

#### Il *pastellone*

Questo pavimento ha in comune con il *terrazzo* soltanto il primo strato di sottofondo e l'impiego della calce come legante. Per il resto, se ne differenzia notevolmente, quanto a materiali e a tecnica esecutiva. Se ne conoscono due diverse tecniche di esecuzione.

Con il primo metodo, sul *sottofondo* analogo a quello dei terrazzi, si stende un altro strato (2 cm) di una malta composta da calce di ciottolo e polvere grossa di cotto e pietra d'Istria in parti uguali, nel rapporto volumetrico di uno a tre. Su questa speciale *coperta*, dopo accurata spazzolatura e lavaggio, andrà applicata una sorta di "pasta" costituita da polvere grossa di pietra d'Istria e calce, in eguale quantità volumetrica. La stesura di due mani della "pasta" è eseguita con l'orso, i cui movimenti la incorporano nella coperta, forzandone la penetrazione. L'ultima passata, con polvere impalpabile di inerte, è applicata con l'aiuto di spatole e cazzuole, e con l'aggiunta di piccole quantità d'acqua, come nella classica realizzazione del marmorino.

Il classico colore finale di questo pavimento, il rosso, è ottenuto con l'aggiunta di terre coloranti (rosso Cinabro, rosso Angeli, terra vermiglia), mentre per i pavimenti colorati di giallo si impiega la terra di Siena e per quelli verdi, piuttosto rari, il verde di Treviso.

Il secondo metodo prevede un secondo strato piuttosto sottile (circa 1 cm), di una miscela a base di polvere grossa di cotto, in ragione dell'80% circa, e di pietra d'Istria, impastata con calce aerea nel rapporto volumetrico legante/aggregato di uno a tre.

Una volta che sia stata ben battuta con il mazzapicchio e con la staffa, questa *covertina* è pronta per ricevere l'applicazione della pasta dopo un periodo di stagionatura.

La pasta, in questo caso, è costituita interamente da calce e polvere grossa di mattone (rapporto in volume: uno a uno), dopo che quest'ultima sia stata passata al setaccio per eliminare la parte impalpabile e i granuli troppo grossi. La stesura è eseguita a spatola e lavorata con il cazzuolino per due volte, mentre una terza mano, quella finale, impiegherà polvere fine di cotto con l'eventuale aggiunta di terre coloranti.

Per entrambi i metodi, il trattamento finale consiste nella levigatura con carta abrasiva fine e nella lucidatura a olio strofinato con stracci di tela juta (fig. 5, fig. 6).

### *Integrazione di piccole mancanze e fessure*

Nel caso di pavimenti che si presentino sostanzialmente integri, con piccole discontinuità dovute a movimenti delle strutture e usura, discontinuità che però potrebbero preludere ad un peggioramento anche repentino dello stato di conservazione, è possibile intervenire con “stucco ad olio” (gesso e olio di lino cotto) che garantisce alla stuccatura un’elasticità simile a quella del resto del pavimento e dunque una maggiore durabilità dell’intervento che eseguito con altri materiali tende a staccarsi rapidamente. Dopo aver pulito accuratamente le cavità e le fessure si procede con la stuccatura; nel caso di piccoli rappezzi si esegue la semina, la battitura e la levigatura che, in questi casi, può essere eseguita a mano, con quella che a Venezia è chiamata, appunto, *pietra a man* o con levigatrici manuali.

### *Pavimenti in cemento*

Un’integrazione, un rappezzo o un rifacimento parziale di un pavimento alla veneziana in cemento richiede prima di tutto un’accurata preparazione del programma di lavoro, del piano di posa e dei bordi dell’area da integrare. Essa comprende:

- l’individuazione dei granulati del vecchio pavimento, nella qualità delle pietre e nella percentuale di ogni varietà granulometrica, in modo da pervenire a una miscela dei diversi ingredienti del tutto simile a quella della parte sana;
- la determinazione del tipo e della quantità di terre coloranti eventualmente presenti nel vecchio impasto;
- il taglio dei bordi della lacuna o della parte ammalorata, per mezzo di un martello da taglio;
- l’isolamento dei ferri dell’eventuale rete d’armatura presente nel sottofondo;
- la pulitura accurata dai rottami di demolizione e dalle polveri;
- eventuali operazioni di consolidamento degli strati e di stuccatura delle crepe ([fig. 7](#), [fig. 8](#), [fig. 9](#)).

L’integrazione consisterà nella ricostruzione del tratto di pavimento mancante, seguendo un procedimento identico a quello richiesto per realizzarlo *ex novo*.

Al pari dei pavimenti in calce, quelli a base di cemento constano sostanzialmente di tre strati, il *sottofondo*, la *coperta* o *coprifondo* e la *stabilitura*, ma richiedono alcune lavorazioni diverse, come di seguito specificato.

#### 1 - Il *sottofondo*

È lo strato a diretto contatto con il solaio, ha uno spessore variabile da 10 a 20 cm ed è costituito da un impasto quasi asciutto di rottami vagliati e cemento, nel rapporto volumetrico di quattro a uno. Una volta realizzate le guide lungo i bordi (quando ciò è richiesto dalle dimensioni del tratto pavimentale e il pavimento sano non può svolgere una funzione analoga), si sparge l’impasto con la stadia e si sottopone a ripetute rullature e battiture, rispettivamente con il rullo, con il battipalo (mazzapicchio) e con la staffa. In taluni casi, l’inerte in pietra è sostituito da argilla espansa o vermiculite per ottenere un calcestruzzo leggero, legato da una dose di 200 kg di cemento per metro cubo d’impasto. Nei pavimenti costruiti *ex novo* o per il ripristino di porzioni estese, si usa talvolta annegare nel sottofondo una rete elettrosaldata che conferisce loro caratteristiche di resistenza alle fratture e di autoportanza rispetto al solaio. Il sottofondo, che nel caso dei “terrazzi alla veneziana” è parte inscindibile del pavimento stesso deve essere eseguito dall’operatore che eseguirà la finitura.

#### 2 - La *coperta* o *copri fondo*

Si stende sul sottofondo, ha uno spessore di circa 2 cm. Il legante ottimale è costituito da Portland bianco 525 (Nardo, 2008). È possibile inoltre procedere con un impasto con legante “misto” cemento, grassello di calce e cotto. Va stesa con la cazzuola, controllandone l’uniformità di spessore, la pendenza e l’assenza di avvallamenti.

#### 3 - La *stabilitura* e la *semina*

È lo strato finale, di 1-1,5 cm di spessore, costituito da una miscela secca, vale a dire completamente priva d'acqua, di polvere di marmo (sottile e grossa) e cemento, con l'eventuale aggiunta di terre coloranti. Su tale strato, asciutto, si semina la graniglia con le varietà di pietre e di granulometria richieste.

#### 4 - Le lavorazioni intermedie

Sulla stabilitura ricoperta dalle scaglie della semina si procede alla *bagnatura*, che consiste nello schizzare abbondantemente dell'acqua con una scopetta di saggina, sino a ottenere una malta abbastanza tenera da consentire, con l'aiuto del rullo, la penetrazione e l'inglobamento delle scaglie lapidee. Perciò, la *rullatura* e la *battitura* sono operazioni che vanno fatte pressoché contemporaneamente alla bagnatura, con il duplice scopo di amalgamare il granulato nel cemento e di livellare il piano pavimentale.

La lavorazione finale della *lisciatura* si effettua con una serie di passate con la lama della cazzuola, in modo da ridurre la quantità delle bollicine d'aria presenti nell'impasto ancora fresco, oltre che schiacciare e affondare gli eventuali piccoli grumi residui ([fig. 10](#), [fig. 11](#)).

#### 5 - Le finiture

Terminata la lisciatura, si attende per otto-dieci giorni che il pavimento indurito faccia presa e sia pronto per le successive lavorazioni. Queste consistono, prima di tutto, nella *levigatura*, che si effettua con macchine levigatrici, impiegando abrasivi a grana progressivamente grossa, medio-grossa e media. Segue la *stuccatura*, che ha lo scopo di otturare i piccoli alveoli formati a causa delle bollicine d'aria imprigionate nel getto della stabilitura. Lo stucco sarà composto da un impasto a base d'olio di lino cotto e solfato di calcio idrato (il cosiddetto gesso da sarti), oppure di cemento e calce o, ancora, di mastici sintetici da marmisti.

Dopo il perfetto indurimento dello stucco, si passa a una nuova levigatura, con abrasivi medio-fini (per eliminare gli eccessi della stuccatura), fini e finissimi, per terminare con speciali mole lucidanti e conferire al piano pavimentale una superficie perfettamente liscia e brillante. L'ultima lavorazione consiste nel lavare il pavimento e nel passarvi uno strato di cera, oppure, nello stendervi uno strato lucidante di acido ossalico con l'impiego di una macchina che strofina la superficie con stracci di juta.

### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

#### *Pavimenti in calce*

Una variante del pavimento alla veneziana in calce è costituita dall'applicazione, direttamente sulla coperta, di un impasto a base di calce e granulato sottile, nel rapporto uno a uno.

Lo strato sarà poi battuto più volte e quindi lisciato con la cazzuola.

Se il pavimento da integrare è sporco di malta, di grasso o di pittura, non eliminabili mediante il lavaggio con acqua semplice o con acqua e soda o detersivo da pavimenti, si può ricorrere alla levigatura con l'orso e, nei casi estremi, all'impiego della macchina levigatrice. Quest'ultima soluzione, a volte adottata impropriamente per spianare e levigare il pavimento o per esaltare la colorazione delle pietre del seminato, deve essere eseguita con abrasivi fini ed essere limitata al solo scopo della pulitura dalle incrostazioni resistenti. L'impiego della levigatrice meccanica, infatti, "oltre a far perdere la consistenza e il naturale colore al terrazzo, spesso danneggia irreparabilmente il vecchio legante poiché questo, sotto l'azione della macchina si snerva e si sgretola" (Crovato, 1989, p. 70).

Tra le finiture dei pavimenti a calce è tassativamente sconsigliata la lucidatura con l'acido ossalico, perché tale operazione conferirebbe al pavimento una brillantezza di breve durata e lo indebolirebbe.

#### *Pavimenti in cemento*

Una variante per la realizzazione dell'ultimo strato risiede nello stendere sopra la coperta, in luogo della stabilitura e della semina allo stato asciutto, un impasto di granulato e cemento, nel rapporto volumetrico di uno a uno, dello spessore di 1 cm o poco più. Questa soluzione permette di realizzare pavimenti più economici e comunque dotati di buona resistenza.

Quando si tratta di reintegrare vecchi pavimenti con il sottofondo armato, è necessario prestare attenzione allo stato di conservazione dei ferri d'armatura, che vanno ben puliti dalla ruggine ed eventualmente tagliati e sostituiti, soprattutto se il sottofondo non è abbastanza spesso da neutralizzare le eventuali tensioni create dall'aumento di volume della ruggine.

Se il rappezzo investe grandi estensioni, sino a interessare il completo rifacimento di un pavimento, può essere opportuno suddividere i getti in porzioni di alcuni metri quadrati separate verticalmente da una lamina di materiale elastico (compensato, fogli di cartonfeltro e simili) e, nell'ultimo strato, da barrette di ottone annegate nella stabilitura, in modo da evitare che le dilatazioni termiche o le tensioni indotte da solai elastici provochino fratture.

Come per i pavimenti in calce, uno dei passi più difficili risiede nella determinazione dell'esatta composizione del manufatto da integrare. Anche in tali casi si può ricorrere alle possibilità offerte dall'impiego delle tecniche informatiche e della simulazione applicate al riconoscimento dei materiali e al calcolo automatico delle loro particelle.

Nell'integrazione delle lacune dei pavimenti, uno dei passi più difficili risiede nella determinazione dell'esatta composizione del manufatto da imitare. Le componenti che ne definiscono l'aspetto, infatti, sono numerose e dipendono dalla qualità e quantità delle pietre presenti nell'impasto, dalla loro dimensione, dalle percentuali dei granuli di misura diversa, dalla quantità e distribuzione dei frammenti più minuti, dal tipo di terre coloranti e dalla loro percentuale nell'impasto. Il tutto è spesso complicato dall'irreperibilità dei marmi impiegati nelle vecchie miscele. Nuove possibilità sono offerte, in tal senso, dall'impiego delle tecniche informatiche e della simulazione applicate al riconoscimento dei materiali e al calcolo automatico delle loro particelle. Le indagini e i calcoli, in questi casi, si avvalgono di macrofotografie e di immagini digitali analizzate con speciali software dedicati.

#### **ESPERIENZE**

Venezia, palazzo Ducale, loggia Foscara.

Venezia, palazzo Pisani Moretta.

Venezia, Ca' Rezzonico.

Isola di San Lazzaro degli Armeni, sala della Biblioteca.

Venezia, grande salone di palazzo Labia.

Venezia, Gallerie dell'Accademia.

Parma, Teatro Regio.

Genova, Palazzo Reale.

Genova, pavimenti in cemento, portici di via XX Settembre.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Arcolao C. 1998; Caniato G., Dal Borgo M. 1990; Crovato A. 1989; Menicali U. 1990; Montagni C. 1990;

Pittaluga D. 2001; Rossi Manaresi R. 1992.

Lazzarini L. (a cura di), *I pavimenti alla veneziana*, Venezia, 2008.

Vassallo S., Doria O., *Le pavimentazioni storiche del Palazzo Reale di Genova. Storia, tecnica, problematiche di conservazione*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Pavimentazioni storiche. Uso e conservazione*, Atti del XXII convegno Scienza e Beni culturali, Bressanone 11-14 luglio 2006, Marghera-Venezia, 2006, pp. 601-608.

Brunori V., Rubolino M. P., *Pavimenti alla veneziana e a mosaico nei villini Bomcompagni Ludovisi, attuale sede dell'ambasciata degli Stati Uniti d'America a Roma*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Pavimentazioni storiche. Uso e conservazione*, Atti del XXII convegno Scienza e Beni culturali, Bressanone 11-14 luglio 2006, Marghera-Venezia, 2006, pp. 383-392.

Nardo G., *Il terrazzo "alla veneziana" in cemento*, in Lazzarini L. (a cura di), *I pavimenti alla veneziana*, Venezia, 2008, pp. 71-72.



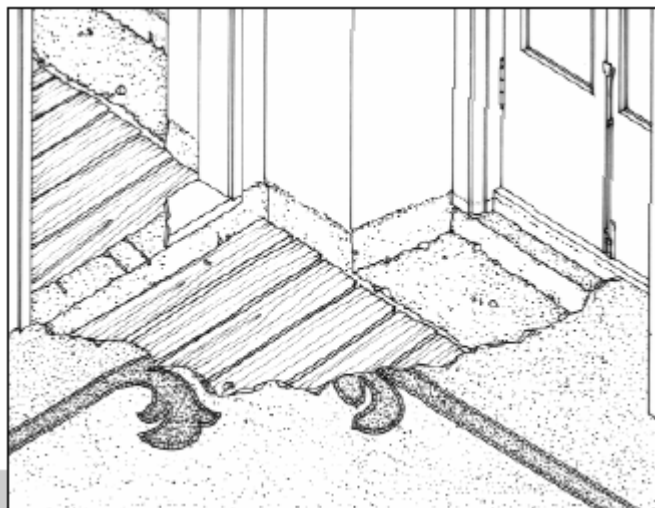


Figura 1 • Si ipotizza di risarcire una porzione di pavimento demolita totalmente, fino al tavolato del solaio.  
(CAF)

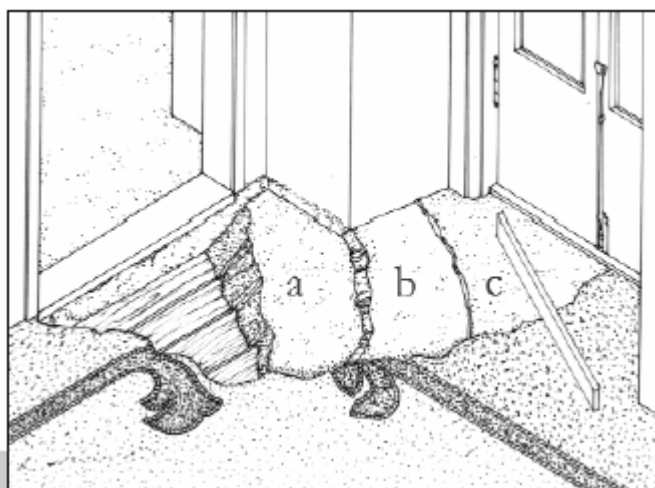


Figura 2 • Sono evidenziati i tre strati principali costituenti la struttura del pavimento:

- a) il sottofondo è costituito da un impasto a base di coccio pesto e pietrisco legati da calce spenta. L'impasto può contenere, come aggregato, la macinatura del materiale proveniente dalla demolizione del tratto del pavimento ammalorata. Il massello del sottofondo ha uno spessore che varia tra 10 e 20 cm;
- b) la coperta, o coprifondo, è il secondo strato. Ha uno spessore variabile di 2-3 cm ed è costituito da un impasto di calce spenta e coccio macinato in frantoio sino alla consistenza di una polvere grossolana;
- c) la stabilitura è lo strato finale destinato a ricevere la semina delle scaglie di marmo e rimanere in vista. Ha uno spessore di 1 cm ed è formato da una malta contenente polvere di marmo e calce spenta. (CAF)

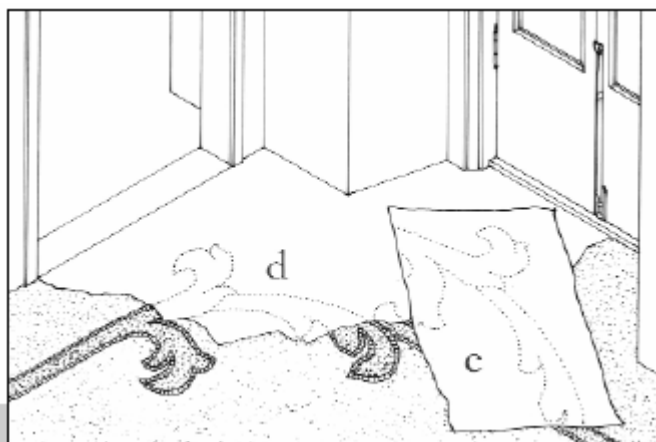


Figura 3 • Se è necessario riprodurre un motivo decorativo, si interverrà con lo spolvero, prima della semina. Sulla stabilitura, con un cartone forato, è disegnata la traccia del disegno. d) Traccia del disegno da riprodurre; e) cartone dello spolvero. (CAF)

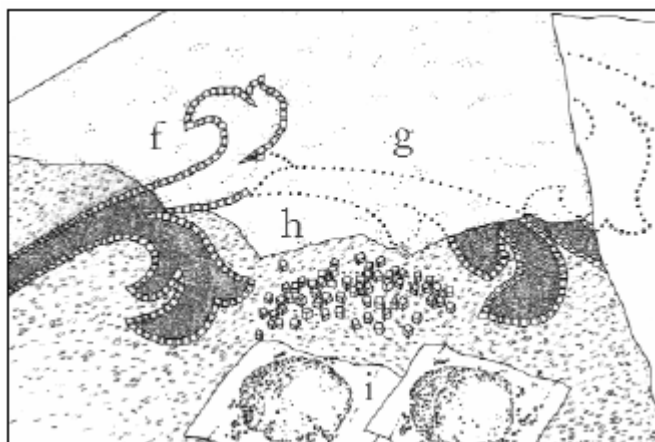


Figura 4 • Una volta rimossi i fogli, si comincerà la realizzazione dei filetti posando a mano, una per volta, una serie di tessere musive contigue lungo il tracciato dello spolvero. Al termine di questa fase si potrà procedere alla semina f) filetto; g) traccia dello spolvero; h) tessere musive per realizzare il filetto; i) scaglie di marmo per la semina. (CAF)

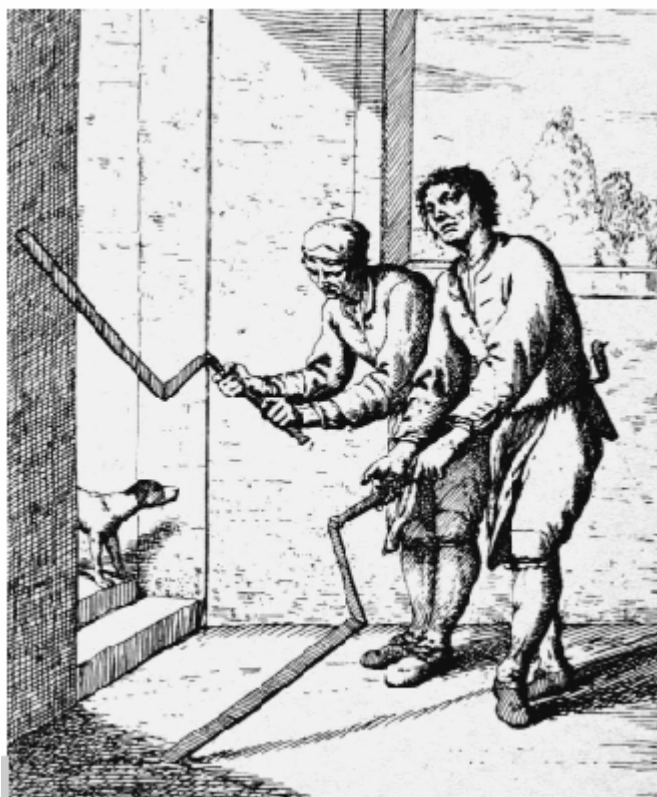


Figura 5 • Due *terrazzeri* utilizzano il *fero a batere* durante le operazioni di battitura del terrazzo.

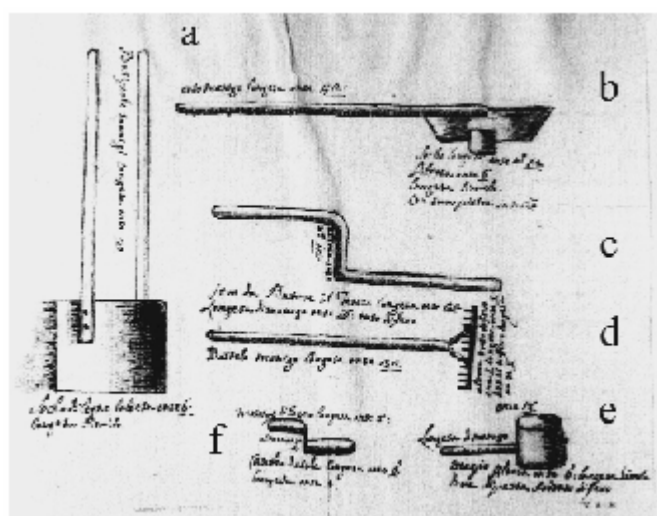


Figura 6 • Alcuni attrezzi utilizzati dai *terrazzeri* veneziani: a) il *socho di legno* o battipalo, usato per compattare il terrazzo non ancora asciutto; b) l'*orso* per la levigatura; c) il *fero da batere*; d) un *ristelo*; e) un *magio*, o maglio ligneo, dove si pesta fodrato di fero; f) una *caziola*.



Figura 7 • Fase di consolidamento di un pavimento fessurato. Tramite dei diffusori si impregna di resina il sottofondo in corrispondenza delle lesioni. (VIG)



Figura 8 • Stuccatura e integrazione delle fratture con graniglia dello stesso colore e granulometria del seminato. (VIG)



Figura 9 • Il pavimento prima della finitura. Sono ancora evidenti i segni delle fratturazioni integrate. (VIG)



Figura 10 • Rifacimento di un tratto pavimentale ammalorato. (VIG)



Figura 11 • Integrazione delle tessere sulla cornice di bordo. I giunti tra le tessere sono intasati con boiaccia colorata. (VIG)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il plafone nasce come esigenza di trasformare lo spazio modificandone la volumetria, l'aspetto o adeguarlo alla "moda" senza intervenire con operazioni costose. Proprio questa peculiarità rende i plafoni assimilabili alle architetture effimere e pertanto complessi per quanto concerne il restauro.

I plafoni sono stati utilizzati spesso per la controsoffittatura di ampie sale come teatri, saloni di rappresentanza, sale da ballo e scaloni monumentali. Esistono, però, anche plafoni o controsoffittature in stanze di modeste dimensioni sia progettate *ex novo* che come adeguamento al gusto.

Nella realizzazione dei plafoni erano solitamente usati materiali di facile reperibilità e basso costo, molto spesso già riciclati da altre strutture. Talvolta gli antichi costruttori mescolavano tecniche costruttive diverse nella redazione del medesimo plafone e ciò può complicare la scelta del metodo più adeguato per il restauro.

I materiali più utilizzati per l'assemblaggio dei plafoni erano: legno, gesso, chiodi, canne, steli di canapa, cordini, filo di ferro (anche all'interno del gesso).

Le modalità e le tecniche per gli interventi di consolidamento sono assai differenti e dipendono dalla tipologia di plafone anche se in generale seguono il principio base della redistribuzione del peso del plafone su una struttura portante adeguata, sia essa preesistente o studiata *ad hoc*.

Il risultato dell'intervento varia a seconda del degrado del manufatto e delle tecniche di esecuzione del plafone.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Il restauro dei plafoni viene di norma eseguito su controsoffitti che abbiano valore storico, artistico o documentario. I metodi di consolidamento dei plafoni possono essere utilizzati ogni qual volta il plafone ha ancora sufficiente consistenza statica, anche se precaria.

I plafoni possono essere divisi in diverse categorie, a seconda della loro funzione statica.

*Plafoni a struttura appesa*

La maggior parte dei plafoni sono di questo tipo. La struttura, composta da un'orditura di listelli lignei, è unita, mediante chiodatura, da sotto ad una travatura principale direttamente per simulare un soffitto continuo o a delle centine per simulare una volta. I listelli sono a loro volta oggetto di diverse modalità di finitura o direttamente intonacati. Le tipologie più frequenti di finitura sono:

- Finitura con stuoia di canniccio intrecciata intonacata;
- Finitura con stuoia di castagno intrecciata intonacata;
- Finitura con canniccio legato con cordino o filo di ferro e intonaco.

*Plafoni applicati su struttura*

Questo genere di plafoni sono composti utilizzando una struttura preesistente sulla quale vengono inchiodate le stuoie alle quali poi verrà fatto aderire l'intonaco e poi la decorazione.

### *Plafoni Strutturali*

In questo caso ci troviamo di fronte ad un vero e proprio sistema costruttivo molto in voga in abitazioni rurali soprattutto nella zona del Basso Monferrato. Il sistema è molto simile quello dei soffitti a cassettoni ed è composto da una orditura primaria ed una orditura secondaria di travi e travetti. La differenza è nello spazio compreso tra i travetti che invece di essere riempito con l'assito viene gettato in opera con gesso rinforzato con canne e su un cassero composto dai travetti come sponde e da un asse decorato come cassero inferiore. Il risultato è un vero e proprio solaio con portanza limitata ma di grande effetto decorativo.

### **TECNICA E FASI OPERATIVE**

La prima fase del restauro dei plafoni consiste in una approfondita analisi sulle tecniche di esecuzione della controsoffittatura e sulle cause del degrado. Questo permette di dedurre i possibili rischi nei quali si potrebbe incorrere nelle fasi successive del restauro e consente di iniziare a predisporre nella maniera più appropriata la puntellatura e la messa in sicurezza del manufatto.

La puntellatura è la fase più delicata dell'intero intervento; una puntellatura non opportuna potrebbe causare collassi indesiderati che pregiudicherebbero il processo di restauro. Essa può essere eseguita dal basso tramite puntelli classici estensibili o dall'alto, appendendo con delle ancore l'intradosso del plafone. Il puntello o l'ancora devono avere una superficie sufficientemente ampia per non provocare una pressione puntuale e quindi un collasso parziale della struttura.

Nel caso di abbassamenti o rigonfiamenti del plafone (per i plafoni non strutturali) sarà necessario applicare una pressione controllata sulla superficie e spingere lentamente con i puntelli l'intradosso del plafone per riportarlo quanto più è possibile alla geometria originaria; non sempre è possibile recuperare la geometria dell'intradosso perché la superficie, durante la spinta, potrebbe collassare improvvisamente.

A questo punto può iniziare la fase di consolidamento.

Nel caso di plafoni non strutturali si inizia con una pulitura minuziosa dell'estradosso del plafone. Questa operazione consente di alleggerire la controsoffittatura e nel contempo di preparare la base per le fasi successive del consolidamento. Successivamente si deve procedere con l'infiltrazione dall'estradosso del plafone con gesso e collanti acrilici in modo da recuperare, per quanto possibile, l'aderenza tra l'intonaco sottostante e la struttura e riempire gli eventuali vuoti lasciati dal ritiro degli elementi lignei. L'uso del gesso è da preferirsi rispetto alle malte o alla calce per motivi di compatibilità di materiali e per velocità di presa. Consolidato lo spessore del plafone è ora possibile aggrapparlo nuovamente ad una struttura fissa portante; la struttura può essere di nuova costruzione oppure si possono utilizzare i travi portanti esistenti se ancora in buone condizioni.

L'aggrappo del plafone alla struttura portante si può eseguire affogando una retina d'acciaio gommata 1 x 1 cm di lato in 1-1,5 cm di gesso, meglio se si utilizza un gesso, lasciando fuori dei riporti a L che saranno successivamente fissati alle travi portanti ([fig. 1](#)) o inserendo, prima del getto, aggrappi per cavi che verranno poi appesi ad una struttura portante ([fig. 2](#)).

In certi casi, i listelli, vengono, in fase di costruzione del plafone, ricoperti anche sull'estradosso con uno strato di gesso; i listelli, dilatandosi e restringendosi all'interno dei due strati di gesso, possono provocare distacchi tra lo strato superiore e quello inferiore. In questo caso è consigliabile rimuovere lo strato superiore di gesso fissare la rete direttamente sui listelli per poi procedere con le procedure già descritte in precedenza. Alternativamente nel caso in cui i due strati di gesso non fossero totalmente distaccati l'uno dall'altro, è possibile, con delle perforazioni mirate, arrivare direttamente nelle zone dove è presente il distacco e infiltrare gesso liquido addizionato eventualmente con collanti acrilici per ritardarne la presa e rendere la miscela più fluida ([fig. 3](#)).

Il restauro dei plafoni strutturali in passato è stato eseguito abbastanza poco, spesso per quello che riguarda i soffitti di gesso del Basso Monferrato; questo non per motivi di difficoltà di intervento quanto perché generalmente i soffitti strutturali erano eseguiti prevalentemente in case rurali non soggette a vincolo da parte della normativa.

Le cause di degrado su questi manufatti si possono riassumere in tre categorie: degrado della struttura per infiltrazione, degrado della struttura per trauma improvviso, degrado dato della deformazione degli elementi portanti a causa della bassa stagionatura delle strutture lignee.

Le infiltrazioni d'acqua possono aver provocato decoesione dei materiali e marcimento del gesso o degli elementi lignei. Per il restauro, in questo caso, bisogna innanzi tutto rimuovere la causa dell'infiltrazione; successivamente, a seconda di come si comporta la struttura a questa nuova situazione, si dovrà decidere se sostituire i singoli elementi che fanno parte del sistema strutturale o consolidarli con le tecniche correntemente in uso.

Il degrado della struttura per trauma improvviso è il più deleterio perché provoca, anche se puntualmente, la perdita parziale del manufatto originale. Tuttavia per piccoli traumi è possibile la ricomposizione dell'orizzontamento tramite sostituzione degli elementi irreparabilmente danneggiati. Nel caso di soffitti di gesso collassati è abbastanza semplice ricostruire una formella e da questa trarne una matrice che permette la ricostituzione del plafone conservando quindi il valore estetico che esso poteva avere in origine.

I plafoni strutturali o quelli applicati ad una struttura, come affermato anche in precedenza, erano costruiti seguendo il principio del basso costo, e questo spesso poteva portare all'utilizzo di legname non molto stagionato o di bassa qualità; ciò poteva provocare, col tempo, grossi problemi di deformazioni su travi e travetti che quindi perdevano la loro funzione strutturale. In questi casi, è possibile vedere le deformazioni della pavimentazione dall'estradosso del plafone e si possono raggiungere deformazioni dell'ordine di 3-4% della luce della travatura principale. In questi casi bisogna puntellare il plafone e alleggerire le strutture dalla pavimentazione, quando essa è presente, e successivamente si può procedere con la costituzione di base per la nuova pavimentazione<sup>1</sup>.

Nel caso dei soffitti di gesso la base per la nuova pavimentazione può essere fatta in due modalità a seconda dell'abbassamento dell'estradosso. Per piccoli abbassamenti è possibile usare una tecnica simile alla spillatura (per le volte) che consiste nell'inserire da sopra degli occhielli a vite in corrispondenza dei travetti, successivamente si fanno passare delle barre di acciaio ad aderenza migliorata negli occhielli; infine si completa l'intervento con un getto di calcestruzzo con rete elettrosaldata di 4-5 cm. Per abbassamenti dell'estradosso più evidenti conviene unire come inerte nel calcestruzzo un'argilla espansa per rendere più leggera la gettata oppure, in taluni casi, è consigliabile costituire una soletta staccata dal plafone con solaio in laterocemento o altro sistema costruttivo adeguato, avendo cura di appendere comunque i travetti di legno con occhielli a vite e cavo in acciaio<sup>2</sup>.

Nel caso invece di plafoni come in figura costituiti su una struttura di travi e assito, quando l'assito originale ha perso consistenza, è consigliabile predisporre un novo assito al di sopra di quello esistente e dall'intradosso del plafone forare con viti (munite di rondella di acciaio inox) per unire la stuoia alle nuove tavole. Le viti e le rondelle possono in un secondo momento essere incassate nell'intonaco al fine di avere da sotto una superficie continua e uniforme.

Le parti lignee del plafone durante il restauro devono essere sempre e comunque trattate con antimicotico e antitarlo.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Tutte le operazioni sopra descritte possono subire sostanziali modifiche in funzione dell'agibilità dell'estradosso, della fragilità del manufatto e del suo degrado. Una valutazione del *modus operandi* può essere fatta solo da persone che abbiano un'adeguata esperienza e sappiano valutare caso per caso i rischi che ogni operazione può comportare.

Le situazioni che si vengono a creare su un plafone possono variare localmente e questo porta all'impossibilità di stimare la sicurezza della struttura.

Nonostante certi plafoni siano ancora in opera a dispetto di tutte le leggi della statica, talvolta, per il collasso di un controsoffitto, è sufficiente una variazione di umidità o di temperatura; è appurato, infatti, che il crollo dei plafoni si verifichi soprattutto durante i cambi di stagione.

In alcuni casi non è possibile consolidare e mettere in sicurezza un plafone ciò nonostante è sempre possibile lo strappo delle superfici decorate che poi potranno essere ricollocate in sede una volta ripristinata la struttura.

<sup>1</sup> Nei soffitti di gesso del Basso Monferrato in origine non esisteva una vera e propria pavimentazione perché si camminava direttamente sopra i pannelli di gesso. In questo caso i pannelli sono usurate e mostrano le canne di armatura.

<sup>2</sup> Sono da evitare i sistemi di collegamento rigidi in quanto potrebbero trasmettere eventuali sollecitazioni dall'alto direttamente sul plafone.



## ESPERIENZE

Palazzo Bricherasio, Torino; restauro dei plafoni dello scalone d'onore e delle sale.  
 Palazzina di caccia di Stupinigi, Torino; restauro degli appartamenti della Regina e salone centrale.  
 Teatro di Casale, Alessandria; restauro della finta volta centrale.  
 Castello di Parella, Torino; restauro del soffitto crollato.  
 Casa Provenzale di Moncalvo, Asti; restauro della sala delle rondini.  
 Palazzo Carignano, Torino; restauro del salone del Parlamento Subalpino.  
 Castello del Valentino, Torino; restauro dell'aula magna.  
 Palazzo Madama, Torino; restauro della sala verde.  
 Casa dell'artista, Portacomaro; restauro della Sede dell'associazione Gente e Paesi .

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Guffredi A., Iemmi F., Cigarini C., *Il Cantiere Di Restauro*, Alinea, S. Lazzaro Di Savena – Bologna, 1991.  
 Ainai, *Legno Nel Restauro E Restauro Del Legno*, Palutan Editrice, Milano, 1983.  
 Finadra E., Borasi V., Cappellino M., *I Soffitti Di Gesso Nel Basso Monferrato*, Asti, Tip. Parena, 2000.  
 Dal Bianco M.P., Campanino G., Cinquetti P.M., Ronchetta M., *Palazzo Bricherasio*, Lybra Immagine, Milano, 1995.  
 Accurti L., Giordani M., Mannoni T., Bellini R., Nicola G.L., Baronio G., *Soffitti ornamentali in gesso nel Basso Monferrato: caratterizzazione chimico-fisica, tecnologie realizzative, problematiche di conservazione e restauro*, In "Lo stucco: cultura, tecnologia, conoscenza", Atti del Convegno di studi, Bressanone, Luglio 2001, Arcadia Ricerche, 2001, pp. 317-327.

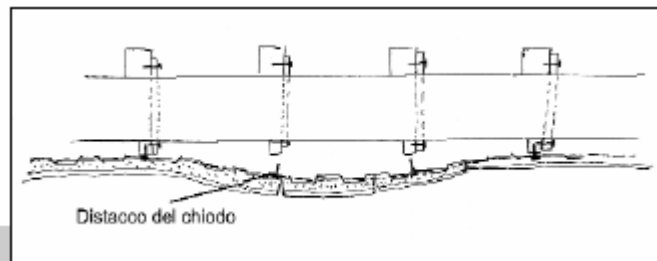


Figura 1 • Cedimento delle chiodature che sorreggono la stuoia intonacata. (NIC)

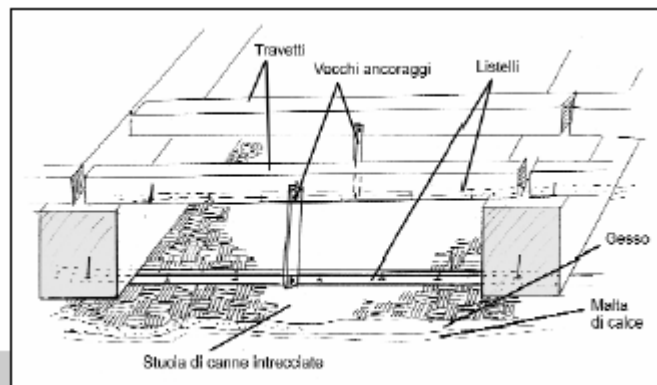


Figura 2 • Plafone con canne intrecciate fissate a listelli, inchiodati sotto la struttura di un precedente soffitto a cassettoni. (NIC)

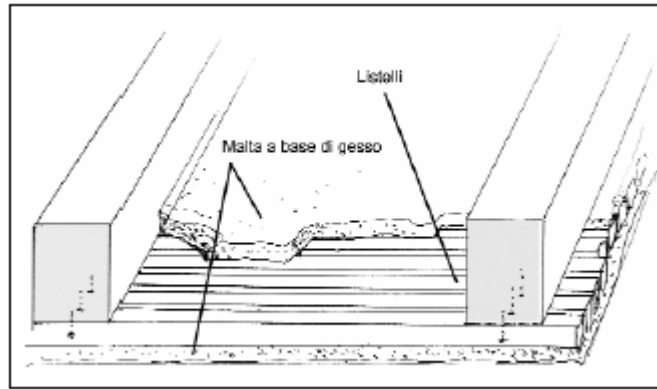


Figura 3 • Plafone appeso con listelli annegati nel gesso. (NIC)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica di reintegrazione su cassetta estraibile è stata messa a punto dai laboratori di restauro dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze e permette il rifacimento di una porzione di superficie a intarsio o a mosaico su di un piano di posa in ardesia, realizzato a parte, sagomato in base alla configurazione della lacuna e successivamente connesso alla stessa. In tal modo la reintegrazione diventa un elemento autonomo perfettamente documentato, che può essere rimosso facilmente dalla sua ubicazione nell'ambito dell'opera originale.

Questo tipo di tecnica può essere utilizzato in tutti i casi in cui sia possibile raggiungere dal retro il supporto del mosaico o dell'intarsio, in quanto la cassetta deve essere fissata con delle viti passanti dal retro del supporto stesso.

Una variante ancora meno invasiva di questa tecnica consiste nel realizzare una integrazione a cassetta fissata semplicemente con dei magneti. Questa soluzione può essere applicata nei casi in cui l'integrazione è di dimensioni piuttosto contenute in quanto la cassetta è sostenuta esclusivamente per mezzo dei magneti.

Per quanto riguarda i criteri da seguire nell'esecuzione del disegno all'interno della cassetta, la scelta dovrà essere effettuata di volta in volta in base alla situazione figurale in cui si colloca la mancanza. Nella maggior parte dei casi si utilizzano materiali e tecniche analoghi agli originali, considerato che la cassetta estraibile consente un intervento sempre reversibile. La riconoscibilità dell'intervento in superficie è agevolata dalla messa in opera di materiali delimitanti il confine della lacuna.

Per i mosaici, in alcuni casi specifici, sono stati sperimentati metodi di esecuzione tali da rendere le reintegrazioni perfettamente distinguibili dall'originale, con proposte di omogeneità non figurale ma cromatica: a campiture schematizzate, a unica campitura su ispirazione del metodo della astrazione cromatica ecc. In particolare, questi metodi sono utilizzati nelle lacune per le quali si sia perso ogni riferimento figurativo che possa fungere da guida per l'esecuzione del rifacimento.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento di integrazione mediante cassetta estraibile connessa al supporto mediante viti passanti, si può utilizzare negli intarsi e nei mosaici staccati e collocati su nuovo supporto, nei pannelli decorativi, nei piani di tavolo e così via. La cassetta fissata mediante magneti, oltre ai casi precedenti può essere utilizzata anche per le superfici di elementi architettonici intarsiati (altari, balaustrate e simili), purché di dimensioni ridotte.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Una volta individuata la lacuna da reintegrare, le tessere o le tarsie che presentano fenomeni di distacco si fissano al supporto, all'intorno della lacuna stessa, con una malta compatibile con l'originale. Nei casi in cui non si sia verificata la totale perdita degli strati preparatori, e sul fondo della lacuna si riscontrino residui di malta (generalmente ammalorati e poco aderenti), oppure depositi di sporco, si procede alla loro asportazione e alla pulitura del substrato con metodi e strumenti idonei (fig. 1).

Dopo la preparazione della lacuna se ne riproduce il contorno mediante un lucido, in scala 1:1; su questa traccia si prepara un supporto in ardesia, tagliandolo e rifinandolo accuratamente a lima, in modo che combaci perfettamente con il disegno eseguito.

Si procede poi all'esecuzione dei fori per l'inserimento delle viti acciaiate mediante le quali la cassetta sarà avvitata al supporto originale. La loro quantità e distribuzione va stabilita in base alla dimensione e alla forma della mancanza. Per le lacune di estensione limitata può essere sufficiente l'installazione di una singola vite collocata in posizione baricentrica.

I fori devono essere eseguiti sul fondo della lacuna e sul supporto in lavagna, in modo da essere perfettamente allineati sul medesimo asse: la cassetta potrà essere così installata (ed eventualmente rimossa) senza difficoltà. Le viti devono avere lunghezza tale da raggiungere e inserirsi entro i dadi in ottone incassati nello spessore della lavagna.

Dopo questa fase si procede alla realizzazione "a fresco" dei pezzi all'interno della cassetta e, quindi, alla stesura della malta di allettamento sul fondo in lavagna, oltre che alla posa in opera degli elementi decorativi, secondo i criteri di esecuzione del mosaico o dell'intarsio prestabiliti.

L'integrazione risulta sempre individuabile ad una osservazione ravvicinata per la sottile spaziatura che separa il suo perimetro dalle parti originali, tuttavia, per rendere la reintegrazione perfettamente riconoscibile, nel caso delle superfici a intarsio il contorno del supporto in lavagna può essere contornato con una sottile cornicetta in ottone, mentre nel caso del mosaico, oltre alla soluzione del profilo in metallo, il contorno della cassetta può essere evidenziato mediante vetrini trasparenti di spessore piuttosto sottile (circa 5 mm).

Gli spessori dello strato di lavagna, della malta di allettamento e degli elementi decorativi in pietra (tarsie o tessere), devono essere calcolati precedentemente con estrema precisione, in modo che, dopo l'inserimento, la superficie della cassetta nel suo insieme non sia arretrata o sporgente rispetto alla superficie originaria (fig. 2, fig. 3).

Nel caso della integrazione a cassetta estraibile fissata con magneti, il commesso viene fatto aderire su un sottile supporto di lavagna a cui vengono applicate sul retro delle piccole calamite. A queste ne corrispondono perfettamente le altre incassate sul supporto, in modo che la cassetta possa essere facilmente rimossa.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Talvolta, può convenire realizzare la cassetta con uno spessore complessivo minore di quello della lacuna, in modo da poter calibrare il sistema mediante spessori di compensazione, anche di malta, inseriti nell'interfaccia.

Il metodo della cassetta estraibile, anche se corretto dal punto di vista metodologico in quanto assicura la pronta reversibilità e riconoscibilità dell'intervento, si rivela nel complesso un intervento dalla realizzazione pratica piuttosto lenta e laboriosa; perciò di fatto, esso può essere realizzato solo in casi specifici e di limitata estensione.

Questo metodo inoltre non è utilizzabile nella reintegrazione di lacune ubicate in superfici curve, ed è anche sconsigliabile nei casi in cui la superficie originaria che circonda la lacuna non ha un andamento orizzontale ma presenta avvallamenti e ondulazioni anche minime.

In casi di questo genere, essendo il supporto in lavagna rigido e piano, potrebbe non verificarsi il perfetto incastro della cassetta entro il perimetro della lacuna.

#### **ESPERIENZE**

Messina: museo nazionale, Paliotto, secolo XVIII, marmi intarsiati.

Firenze: battistero di S. Giovanni, decorazione appartenente alla figura raffigurante il profeta Elia, primo coretto della parete est, mosaico.

Firenze: battistero di S. Giovanni, fregio decorativo raffigurante foglie, racemi e volti, parete sud-ovest, mosaico.

Mantova: palazzo Ducale, piano di tavola (officina romana, secolo XVII). Anno intervento 1982-1984.

Mantova: Palazzo Ducale, piano di tavolo (secondo quarto del XVII secolo). Piccola integrazione a cassetta estraibile fissata con magneti. Anno intervento 2002.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Ciatti M., Giusti A., Innocenti C., *Le "belle materie": commesso lapideo e mosaico, arazzi, tessuti, oreficerie*, pp.65-74, in A.A. V.V., *Lacuna. Riflessioni sulle esperienze dell'Opificio delle Pietre Dure*, Atti dei Convegni, Ferrara 7 aprile 2002 e 5 aprile 2003, Edifir, Firenze, 2004 (DEP)

Griffo A., (a cura di), *Il restauro del mosaico e del commesso in pietre dure*, Le antologie di "OPD restauro", Centro DI, Firenze, 2009

Raddi delle Ruote G., Martinelli C., Toso F., *Il trattamento delle lacune sui manufatti musivi: metodi e soluzioni*, pp. 113-118, in A.A. V.V., *Lacuna. Riflessioni sulle esperienze dell'Opificio delle Pietre Dure*, Atti dei Convegni, Ferrara 7 aprile 2002 e 5 aprile 2003, Edifir, Firenze, 2004

Annoni T., Antonelli E., Giusti A. 1990, pp. 99-107; Antonelli E., Raddi Delle Ruote G. 1994, pp. 134-43; Antonelli E. 1992, pp. 165-66; Baldini U. 1993, vol. I, pag. 18, tavv. 20-21; Baldini U., Casazza O. (a cura di) 1983; Giusti A. M., Raddi G., Frizzi P. 1987, pp. 99-107

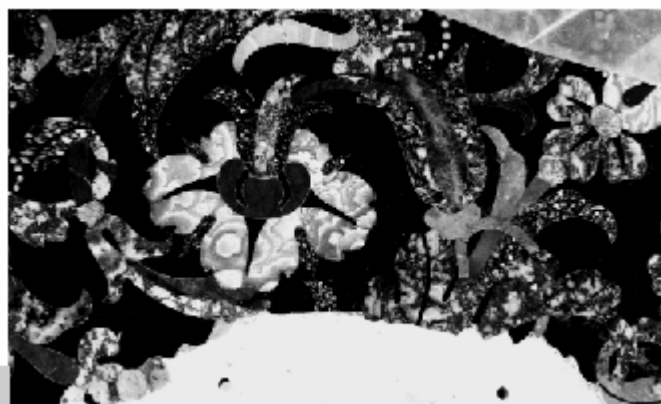


Figura 1 • Lacuna preparata per l'inserimento della cassetta estraibile. Sul piano di posa sono visibili i fori predisposti per l'inserimento delle viti di fissaggio. (OPD)



Figura 2 • Reintegrazione di una superficie lavorata a "comesso" montata su cassetta estraibile in lavagna, pronta per l'inserimento nella lacuna. (OPD)

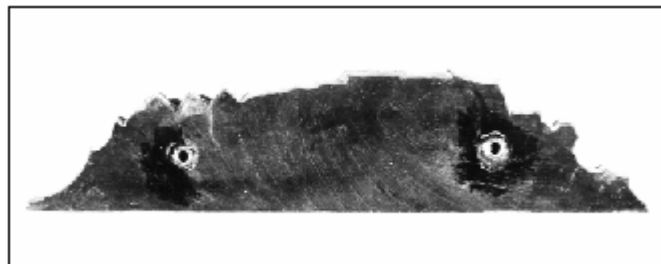


Figura 3 • Veduta dal retro del piano di posa in lavagna, sagomato in modo da essere inserito perfettamente entro il bordo della lacuna. Sono visibili i fori per l'inserimento delle viti di fissaggio. (OPD)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'integrazione delle lacune nelle superfici musive, può avere una duplice finalità.

La prima, strettamente conservativa, punta al ripristino della continuità materiale del tessellato, in quanto la mancanza anche di una sola tessera può compromettere con il tempo la stabilità di tutta la superficie musiva, innescando un meccanismo di distacco a catena.

La seconda è indirizzata alla reintegrazione dell'immagine. Per questo aspetto, generalmente, si considera reintegrabile una lacuna della quale esiste una documentazione certa e particolareggiata, oppure si trovi all'interno di una composizione geometrica composta da motivi ripetitivi; mentre si considerano non reintegrabili le parti figurate.

In ogni caso, l'integrazione deve assicurare la propria riconoscibilità, oltre che la reversibilità.

La riconoscibilità è affidata a vari accorgimenti, quali la differenza di colore, l'impiego di materie o di lavorazioni particolari, l'uso di speciali segni di delimitazione e altro.

Per i mosaici pavimentali, la scelta del tipo di integrazione e dei materiali dipende anche dal dover o meno recuperarne la funzione d'uso: un mosaico lacunoso, infatti, non è calpestabile, poiché le tessere dei bordi delle lacune sono malferme e la superficie dell'allettamento è generalmente poco consistente. Se deve essere ripristinata la calpestabilità, l'integrazione va realizzata con materiali aventi resistenza analoga a quelli originali.

In tutti gli altri casi, come i mosaici parietali in ambiente interno, le esposizioni museali, i pannelli auto portanti e simili, è anche ammessa l'adozione di materiali facilmente lavorabili, compreso il gesso o la malta di calce, considerato che non è necessaria un'elevata resistenza meccanica.

In generale, non è possibile predeterminare soluzioni valide per ogni caso, ma bisognerà analizzare con attenzione gli elementi in gioco, valutando in primo luogo l'opportunità o meno di ricostruire la lacuna. Ad esempio, in presenza di disegni preparatori, di coloriture di sottofondo, o anche delle impronte di allettamento delle tessere, sarebbe opportuno limitarsi al consolidamento dello strato in vista, mettendo a punto soluzioni specifiche in grado di conciliare la salvaguardia di questi segni con quella del tessellato, evitando l'allargarsi della lacuna. Lo stesso dicasi per i casi in cui si vogliono lasciare a vista, per motivi

documentari, gli strati preparatori più profondi, come il *nucleus* o il *rudus* per i mosaici pavimentali, o il paramento murario in pietra o mattoni per i mosaici parietali.

Altri casi problematici sono costituiti dai mosaici trasferiti in museo. Questi, avendo perso la loro funzione d'uso e decorativa nel sito originario, sono diventati documenti storici ed estetici a sé stanti. Parimenti, sono da esaminare attentamente anche i casi apparentemente semplici, come quelli dei fondi monocromatici, d'oro o d'argento, dei mosaici parietali, la cui luminosità dipende soprattutto dalla particolare inclinazione delle tessere.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

L'integrazione della lacuna con tessere restituisce continuità di materia al tessellato, e leggibilità degli elementi utili alla comprensione figurale del mosaico. Questo tipo di tecnica può essere utilizzata esclusivamente se si dispone di dati che possano fungere da guida nel ripristino delle parti mancanti. Quando l'entità delle lacune non consente una corretta ipotesi di ricostruzione formale, si opta per un'integrazione "neutra" dei fondi.

Se la superficie musiva è calpestabile, si utilizzano tessere lapidee o altro materiale resistente, come marmo, resina, cotto ecc.; se, invece, le integrazioni sono da realizzare nei mosaici parietali, in ambiente interno o in esposizioni museali, si utilizzano materiali meno resistenti.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Le tessere possono essere inserite con il *metodo diretto*, oppure *indiretto*.

Nel *metodo diretto* i singoli elementi vanno applicati "a fresco", uno per volta, secondo il disegno prestabilito, dopo aver steso la nuova malta di allettamento. La loro disposizione deve essere condotta procedendo secondo l'ordine con cui furono presumibilmente apposte le tessere originali, favorendo in tal modo un'esecuzione più corretta del nuovo tessellato.

Le tessere vanno immerse nella malta di allettamento per 3/4 del loro spessore. Come malta, si utilizza una miscela compatibile con i materiali antichi, ricavata in base all'osservazione analitica della malta originale. Generalmente si usa una malta idraulica, o a base di grassello e polvere di marmo, con l'aggiunta di resina acrilica.

Il *metodo indiretto* consiste nel preparare fuori opera parti di mosaico lavorate a rovescio; esso viene per lo più utilizzato laddove il mosaico originale era già stato realizzato con questa tecnica.

Il metodo consiste nell'incollare la faccia superiore delle tessere su un foglio di carta sul quale è stato riportato il disegno da realizzare; la porzione così realizzata si colloca nella malta di allettamento nella lacuna, dopo di che si bagna la superficie del foglio di carta per farla staccare; infine si battono delicatamente le tessere portandole allo stesso livello di quelle preesistenti.

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

La tecnica ammette un certo numero di varianti che dipendono dalla molteplicità dei materiali impiegabili e dalle procedure adottabili, sia per la "filosofia" dell'intervento, sia per i modi di renderne riconoscibile la presenza. Nei paragrafi seguenti si espongono brevemente le diverse opzioni con i rispettivi campi di applicazione e i limiti.

### *Integrazione con tessere di materiale diverso dall'originale*

La riconoscibilità dell'intervento è affidata alla differenza di materiale, escludendo cioè l'impiego di quelli tradizionali, lapidei o vetrosi. Sono state sperimentate tessere in pasta epossidica opportunamente pigmentata, l'*araldite*, ma anche in marmo-resina e in cotto.

Le tessere in cotto sono costituite da argilla cotta colorata a imitazione dei marmi: l'aspetto è quello del cotto comune, poroso, un po' ruvido e facile da levigare. La lavorazione al taglio è buona ed i colori simili ai materiali naturali.

Le tessere in resina e marmo-resina hanno un aspetto finale simile alle tessere in opera, nonostante la composizione sia molto diversa. I vantaggi sono l'elevata resistenza, la buona lavorabilità, la riconoscibilità. Tra gli svantaggi, è da segnalare le difficoltà di realizzare le giuste tonalità di colore ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

### Integrazione con tessere di gesso tagliato e dipinto

Questo metodo consiste nel preparare fuori opera delle tessere in gesso bianco da

colorare ad acquerello dopo la posa in opera. Attualmente non è più utilizzato per i costi onerosi e le controindicazioni dovute all'utilizzo di un materiale igroscopico come il gesso. ([fig. 3](#)).

#### *Integrazione dei fondi con tessere a tonalità monocroma*

Nel caso in cui le porzioni originali siano di ridotta estensione rispetto alla tonalità della superficie e non esista un tracciato geometrico ripetitivo che consenta una ricostruzione attendibile, si realizza un'integrazione del fondo con toni neutri, bianchi o beige, avendo cura di dare alle tessere, dove possibile, un andamento che le ricolleggi ai lacerti originali. Si utilizzano in genere calcari del colore dei fondi ([fig. 4](#)).

#### *Integrazione con tessere lapidee più chiare rispetto alle tessere originali*

La riconoscibilità è affidata alla differenza cromatica, usando colori con tonalità più bassa. Per ogni caso specifico si individua un abaco di tessere sostitutive, di tonalità più chiara rispetto a quelle originali, come ad esempio: rosa al posto del rosso, o grigio al posto del nero. Con questo metodo, generalmente definito "sottotono", non è sempre possibile, tuttavia, trovare materiali naturali delle gradazioni di colore necessarie: è difficilissimo, ad esempio, trovare un bianco o un beige di tonalità più bassa rispetto all'originale. Sarebbe pertanto più opportuno cambiare la definizione "integrazione in sottotono" in "integrazione con materiale riconoscibile per variazione cromatica".

Inoltre l'integrazione in "sottotono" risulta distinguibile in generale, ma in alcuni casi, ad esempio quando le parti originali sono di ridotte dimensioni rispetto alle zone reintegrate, può generare equivoci: la parte più chiara è l'originale o è l'integrazione? ([fig. 5](#), [fig. 6](#)).

#### *Integrazione con tessere lapidee con diverse tonalità di un unico colore*

Si sceglie un unico colore usandone più tonalità: ad esempio, cinque tonalità di bianco. L'intervento richiede l'individuazione di un colore che abbia una serie di gradazioni da poter utilizzare efficacemente.

Questo metodo si presta bene per le integrazioni di grandi mancanze, perché rende individuabile l'intera composizione musiva, mentre non va utilizzato per lacune di minore entità, in quanto tende a creare solo invasive macchie di colore ([fig. 7](#), [fig. 8](#)).

#### *Integrazione con tessere a lavorazione diversa rispetto alle originali*

La riconoscibilità è data dalla diversa finitura superficiale, generalmente più liscia, ottenuta mediante levigatura. Soluzione poco distinguibile. Con il passare del tempo, le tessere nuove tendono a uniformarsi a quelle originali, mimetizzandosi ([fig. 9](#)).

#### *Integrazione con tessere di diversi tagli e dimensioni rispetto alle originali*

La riconoscibilità è data dalla modifica del rapporto fra tessera e interstizio. Si utilizzano tessere simili alle originali ma tagliate più grandi o più piccole. Soluzione efficace, al fine della distinguibilità, ma snaturante nei confronti del tessellato originale ([fig. 10](#), [fig. 11](#), [fig. 12](#)).

#### *Integrazione delimitata con materiale diverso*

Solitamente, per la delimitazione del contorno si impiegano profili di piombo che sono fatti aderire con una leggera battitura al perimetro interno della lacuna. Questa soluzione consente di riconoscere l'intervento solo con un esame ravvicinato.

Un altro tipo di intervento prevede l'inserimento, lungo il perimetro, di tesserine di vetro trasparente o di materiale lapideo con taglio allungato, diverso dall'originale, ma la



soluzione crea una sottolineatura eccessiva dei bordi della lacuna (fig. 13, fig. 14). Entrambi questi sistemi di delimitazione non sono più utilizzati.

#### *Integrazione con tessere originali*

La riconoscibilità può esser data solo dalla composizione e dal colore della malta di allettamento, oltre che dalla non perfetta esecuzione del tessellato, oppure evidenziando il contorno della lacuna con delimitazione in materiale diverso. Il procedimento è tra quelli più altamente mimetici, che non consentono di distinguere sempre le parti originali da quelle aggiunte, anche a un esame visivo ravvicinato. Tale circostanza tende a complicare anche le analisi sulle materie interstiziali, in quanto non facilmente individuabili nella posizione e nella diffusione. Questa tecnica non risponde al criterio della riconoscibilità dell'intervento di integrazione, ma in alcuni casi è ancora utilizzata.

#### *Tessere lapidee nuove simili all'originale*

La riconoscibilità è data dal taglio a spigolo vivo delle tessere e dalla nuova malta che si distingue per il colore diverso negli interstizi. A un'analisi petrografica, le nuove tessere potrebbero risultare più antiche di quelle originali, com'è, ad esempio, se realizzate con materiali di reimpiego. Con il passare del tempo, inoltre, le tessere nuove tendono a uniformarsi al tessellato originale, mimetizzandosi (fig. 15).

In alcuni casi la riconoscibilità dell'intervento è affidata all'inserimento di una tessera di piombo con la data incisa a punzone o niellata. Questo espediente non è tuttavia sufficiente, da solo, a rendere riconoscibile la conformazione della lacuna, e perciò va utilizzato unitamente a uno dei metodi sopra descritti.

## **ESPERIENZE**

Ravenna, basilica di S. Vitale, mosaici pavimentali, ripresa tessere con materiale consustanziale in sottotono (anno intervento 1990).

Faenza, domus palazzo Pasolini, mosaico pavimentale staccato, tessere in malta incisa e dipinta (anno intervento 1995).

Forlì, aula teodoriana di Meldola, mosaico pavimentale staccato, ricostruzione disegno geometrica con una linea di tessere in malta incisa non dipinta. (anno intervento 1996).

Ravenna, basilica di San Vitale, arco presbiterale, ripresa con tessere in malta incisa e dipinta. (anno intervento 1988-1999).

Milano, Chiesa parrocchiale Santissima Maria Regina Pacis, mosaico parietale moderno, integrazione con tessere simili alle originali (anno intervento 2003).

Venegono Inferiore (Varese), Chiesa di Nostra Signora di Loreto, mosaico parietale, integrazione con tessere analoghe alle originali (anno intervento 2006).

Chiesa di San Lanfranco di Pavia (Pavia) edicola votiva, mosaico parietale, integrazione con tessere analoghe alle originali (anno intervento 2007).

Ravenna, proprietà privata, micromosaico settecentesco, integrazione con tessere originali (anno intervento 2008).

Trivero (Biella), Villa Zegna (di O. Maraini, 1942), fontana maggiore della villa, mosaico pavimentale, integrazione con tessere simili alle originali; mosaico parietale, integrazione con tessere simili alle originali in materiale moderno (anno intervento 2009);

Cervia, fontana "Tappeto Volante" mosaico moderno, (di T. Guerra e M. Bravura), integrazione con tessere simili alle originali (anno intervento 2010).

Ravenna, edicola funeraria, mosaico moderno (di A. Salitetti, 1927), integrazione con tessere simili alle originali (anno intervento 2010).

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Brandi C. 1956, pp. 3-9; Cordaro M. 1985, pp. 365-73; Fiori C. 1989, pp. 49-58; Fiori C., Mascolino C. 1990, pp. 115-17; Philippot P. 1977, pp. 78-81.



Figura 1 • Esercitazione didattica di integrazione con tessere in cotto (bianco, nero, rosa). (SRM)



Figura 2 • Esercitazione didattica di integrazione con tessere in resina (bianco, nero, rosa). (SRM)



Figura 3 • Esercitazione didattica di integrazione con tessere in gesso colorato. (SRM)



Figura 4 • Integrazione dei fondi con tessere a tonalità monocroma. (SRM)



Figura 5 • Integrazione con tessere di materiale lapideo più chiare rispetto alle originali. (SRM)



Figura 6 • Integrazione sottotono. (SRM)

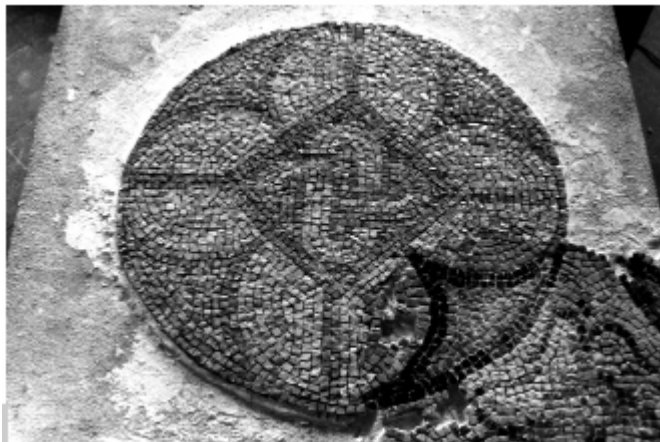


Figura 7 • Esercizio di integrazione con tessere di materiale lapideo in varie tonalità di bianco. (SRM)



Figura 8 • Esercizio di integrazione con tessere di materiale lapideo in varie tonalità di bianco (particolare). (SRM)



Figura 9 • Integrazione con tessere simili alle originali, ma con trattamento superficiale diverso (levigatura). (SRM)

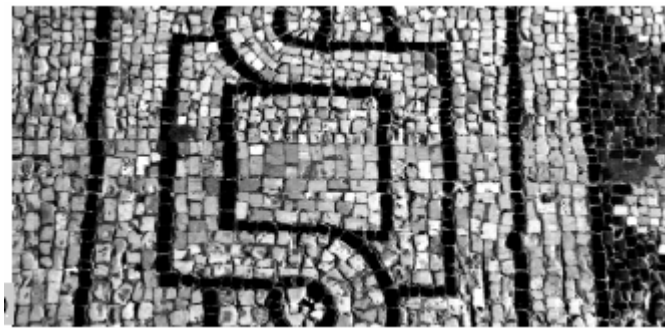


Figura 10 • Integrazione con tessere lapidee di colore simile alle originali, ma distinguibili per differente taglio e dimensione. (SRM)



Figura 11 • Integrazione in tessere con due tonalità di bianco. La zona originale è evidenziata da un contorno di tessere di taglio allungato. (SRM)



Figura 12 • Integrazione con tessere più piccole rispetto alle originali. (SRM)

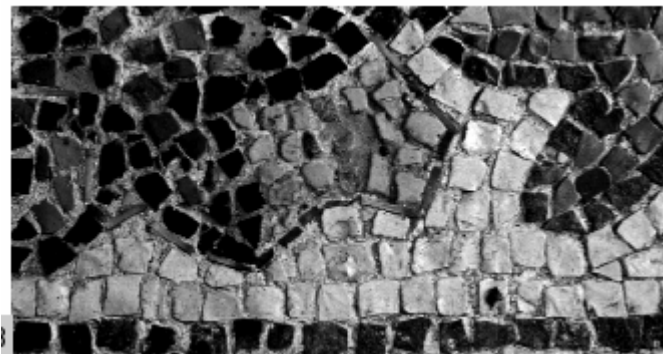


Figura 13 • Integrazione di tessere nuove simili alle originali, separate con lamina di piombo. (SRM)



Figura 14 • Integrazione di tessere in sottotono, con elemento di separazione in vetro. (SRM)

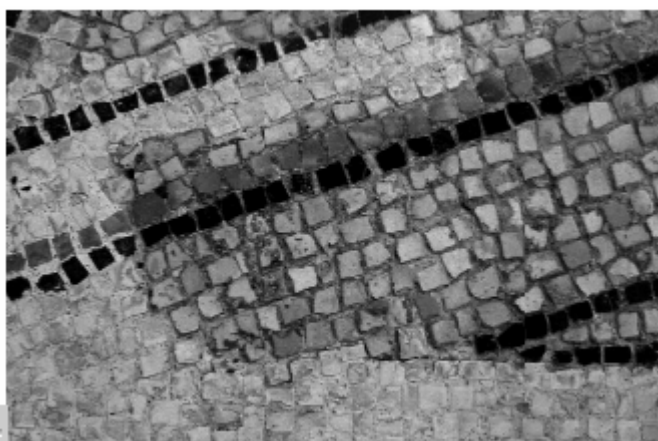


Figura 15 • Integrazione in tessere di materiale simile. (SRM)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'integrazione delle superfici musive pavimentali mediante l'empitura con impasti resistenti intende ridurre al tessellato la calpestabilità. La lacuna ripavimentata si presenta come una superficie continua, differenziandosi dalla superficie originale per l'assenza del caratteristico reticolo creato dalle tessere e dalla malta.

Generalmente, l'impasto è realizzato in modo da non interferire eccessivamente nella visione generale dell'opera. Nella maggior parte dei casi, è utilizzato come inerte il tritume degli stessi tipi di pietra di cui è composto il mosaico originale, la cosiddetta *graniglia*, i cui frammenti, di misura variabile da 2 a 5 mm, consentono di confezionare un impasto il cui colore d'insieme è simile al mosaico ancora esistente. Un'altra tipologia simile prevede l'utilizzo di cocchiopesto come inerte. Per i mosaici pavimentali esposti all'aperto, Brandi propone invece, come unica soluzione possibile, il consolidamento della lacuna e l'empitura della stessa con un "intonaco grezzo opportunamente elaborato e tinto in pasta" (Brandi, 1956).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Diversamente da quanto avviene per la tecnica di integrazione mediante tessere (v. INT16 - *Integrazione di lacune musive con tessere*), in questo caso il restauro è eseguito rinunciando a ogni intento mimetico o di ricostruzione della presunta immagine originale. Gli eventuali trattamenti "mimetici" si limitano a riprendere schematicamente il disegno preesistente, per evitare influenze negative sulla leggibilità delle immagini, per cui il risultato finale non genera dubbi sulla riconoscibilità dell'intervento, se non altro per il tipo di materiale impiegato.

I campi di applicazione sono, perciò, gli stessi di quelli della tecnica di integrazione mediante tessere, ma cambia la "filosofia" e il metodo di approccio alla soluzione del problema. Inoltre i tempi e i costi di intervento sono generalmente inferiori rispetto a quelli relativi all'integrazione delle lacune mediante tessere.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

*"La graniglia va impastata con grassello di calce stagionato e calce Lafarge con le stesse proporzioni normalmente utilizzate per la realizzazione del cocchiopesto. L'impasto va gettato e battuto come nella lavorazione del cocchiopesto fino a raggiungere lo stesso livello della superficie superiore delle tessere del mosaico. Il battuto va inumidito frequentemente durante la presa e curato per evitare cretti di ritiro; può essere levigato, dopo l'indurimento, con fratazzi di legno o con spatole di metallo, oppure spugnato durante la presa, fino a ottenere, in alcuni casi particolari, una finitura pressoché liscia. Generalmente, la superficie va lasciata scabra. L'aspetto al finito deve essere quello di un pavimento alla veneziana".*

(da Conti C., Martines G., *I mosaici*, in G. Carbonara, 1996, pp. 312-13).

Nell'impiego degli impasti, le soluzioni più usate sono elencate di seguito.

*Malta di calce e graniglia di pietre uguali alle tessere.* Si assume come colore di riferimento della graniglia quello del fondo dei motivi decorativi.

*Malta di calce, graniglia di pietre uguali alle tessere e polvere di pietra macinata come pigmento.* Si cerca di ottenere una tonalità che sintetizza l'insieme dei colori del mosaico. Questo metodo si ispira alla tecnica di reintegrazione ad astrazione cromatica delle grandi lacune nei dipinti (per i principi generali di questo metodo, v. INT 24 - Reintegrazione ad astrazione cromatica).

*Cocciopesto.* Soluzione compatibile dal punto di vista materico, in quanto il cocciopesto è simile, sia per colore sia per composizione, alla malta di sottofondo originale. È una malta realizzata con leganti idraulici o aerei, caricata con polvere di mattone e frammenti di coccio a varia granulometria.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il procedimento sopra descritto riassume, per grandi linee, le operazioni richieste per l'esecuzione di questa tecnica. Tuttavia, si deve tener conto delle numerose varianti che il metodo comporta, in ragione delle differenze dei materiali impiegabili e degli accorgimenti che si possono mettere in atto per risolvere problemi specifici, o per raggiungere risultati particolari. Di seguito, si forniscono ulteriori informazioni, attinenti alla varietà e agli specifici campi di applicazione delle particolari soluzioni adottabili.

#### *Integrazione con malta*

L'integrazione è realizzata con vari tipi di malte a base di calce. Tali materiali, inorganici e di natura chimica simili alla malta di allettamento originale, sono compatibili con quelli costituenti il mosaico, aderiscono bene al fondo della lacuna e possono essere facilmente rimossi meccanicamente.

La stuccatura può essere lasciata senza alcun tipo di lavorazione, con finitura liscia o scabra, oppure elaborata in modo da riprodurre l'andamento e le dimensioni delle tessere, modellata con stampini, lavorata a spatola, incisa, dipinta ecc. In quest'ultimo caso, per realizzare un'integrazione il più corretta possibile, i restauratori dei mosaici suggeriscono di eseguire lo studio accurato della forma, delle dimensioni, dell'orientamento e dell'andamento delle tessere originali. Indicazioni fondamentali in tal senso sarebbero fornite dalle impronte spesso ancora leggibili nell'allettamento. Successivamente, si procede alla coloritura ad acquerello con le stesse tonalità del mosaico originale o con tinte sottotono.

Questi metodi sono utilizzati prevalentemente nei mosaici parietali situati in ambiente interno o nelle esposizioni museali.

Nel caso della modellazione in tessere, la riconoscibilità è assicurata dalla diversità di materiale e d'aspetto del nuovo tessellato, poiché le tessere modellate di malta o di gesso hanno spigoli più arrotondati e superfici più scabre. È inoltre molto diverso il comportamento ottico visivo delle zone reintegrate, in quanto sono notevolmente opache, rispetto a quelle originali che sono, invece, generalmente molto riflettenti. Il riconoscimento diventa immediato con l'indagine a luce riflessa.

#### *Malta di raccordo senza ricostruzione del disegno*

Per colmare le lacune si stende una malta a tonalità neutra. L'impasto più usato è composto da calce idraulica, inerte e resina acrilica.

Questa tecnica è l'unica utilizzabile nel caso in cui non sia contemplata la ricostruzione del motivo compositivo (fig. 1, fig. 2).

#### *Malta modellata in opera con stampini ad imitazione delle tessere*

La reintegrazione consiste in una stuccatura di malta modellata a fresco con stampini in rame di diverse forme e dimensioni, con i quali si imprime singolarmente le diverse forme delle tessere. La rifinitura delle superfici, degli spigoli e degli interstizi è effettuata immediatamente dopo, a impasto ancora lavorabile, con piccole spatole a foglia d'ulivo.

Per la realizzazione dell'integrazione si utilizza una malta costituita da calce spenta (grassello di calce) e da polvere di marmo finemente setacciata.

Questo metodo presuppone un accurato studio delle regole formali della composizione e delle sue possibili eccezioni, in base alle quali realizzare le varie tipologie di stampini.

Generalmente per ogni opera si ottiene un elevato assortimento di forme – in alcuni casi anche un centinaio –, tra le quali scegliere le più indicate per realizzare la reintegrazione.

Gli stampini in rame sono gli strumenti base utilizzati per la modellazione delle tessere; si ricavano da un foglio di metallo opportunamente tagliato, piegato e saldato a stagno, in modo da ottenere delle tessere cave con le quali vengono poi “stampati” i nuovi elementi. Essi possono essere manovrati facilmente mediante l’applicazione di una piccola impugnatura di legno.

Prima di affrontare la reintegrazione delle lacune è necessario uno studio grafico della lacuna stessa.

Le tessere modellate vanno colorate in seguito, generalmente a tono con il resto del mosaico. Nel caso che gli interstizi tra le tessere siano eccessivamente chiari, possono essere utilizzate delle siringhe per infiltrare del colore diluito. Questa tecnica nel complesso si rivela piuttosto laboriosa e complessa, per cui la sua applicazione è sporadica.

#### *Malta modellata a fresco*

La reintegrazione consiste in una lavorazione della malta lavorata a fresco con delle spatoline, in modo da raggiungere un “effetto mosaico” credibile.

Questo metodo è simile alla tecnica con stampini, ma consente una maggiore elasticità nell’imitazione delle tessere, venendo meno il vincolo di essere legati a un numero finito di forme.

Rispetto alla modellazione con stampini, la reintegrazione eseguita con la sola spatola è però più lenta, in quanto ogni tessera va modellata singolarmente. In questo caso, l’esecuzione di un disegno preliminare in scala 1:1 diventa ancora più necessario, perché consente di procedere più velocemente nel lavoro di modellazione. Nelle lacune più estese, inoltre, può essere opportuno procedere solo all’esecuzione della porzione di malta che si prevede di poter eseguire agevolmente nei tempi di presa ([fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#), [fig. 6](#)).

#### *Malta incisa*

La reintegrazione consiste in un riempimento di malta liscia, generalmente composta da calce idraulica, polvere di marmo setacciata e resina acrilica in soluzione, ove le tessere vanno semplicemente incise a secco, proponendo la forma, la dimensione e la superficie di quelle originali.

Questo metodo è sicuramente più veloce rispetto a quelli analizzati in precedenza, ma è scarsamente utilizzato poiché ha l’inconveniente di essere troppo rigido, in quanto le rigature della malta “creano” delle tessere allineate per file eccessivamente regolari. Inoltre, produce un effetto finale troppo piatto rispetto al tessellato originale.

La procedura consiste nel realizzare una colata di gesso alabastrino all’interno della lacuna, sulla quale si incidono a secco e si dipingono le tessere a imitazione delle originali. Questa lavorazione viene realizzata con strumenti elettrici tipo vibroincisore o altro strumento analogo.

Una variante di questo metodo consiste nell’indicare solo le principali linee del disegno con delle tessere incise simili alle originali.

#### *Malta liscia dipinta*

L’integrazione è realizzata con una malta liscia di raccordo, successivamente dipinta a imitazione della superficie musiva riprendendo la forma delle tessere e degli interstizi. In alcuni casi si tracciano solo le linee principali della composizione musiva. Il metodo, tuttavia, è poco utilizzato ([fig. 7](#), [fig. 8](#)).

#### *Malta con disegno lineare realizzato con tessere lapidee*

La reintegrazione consiste in una stuccatura di malta con tonalità neutra, stesa sottosquadro, dove le linee principali della composizione sono indicate con tessere lapidee allettate.

Le tessere, poste allo stesso livello dell’originale, possono essere di colore bianco o nero, secondo l’esito cercato.

Questo metodo permette la chiara lettura del disegno musivo, ma presenta alcune difficoltà di esecuzione. Per ottenere un buon risultato è necessario:

— effettuare il disegno delle linee fondamentali della composizione su carta riportandolo poi su malta fresca;



— miscelare a secco una quantità sufficiente di malta per evitare, in seguito, variazioni di colore dovute alla preparazione di un nuovo impasto (fig. 9, fig. 10, fig. 11). Questa tecnica è stata ormai abbandonata e sostituita con la reintegrazione con malta incisa a ricostruzione delle linee fondamentali del disegno del mosaico.

#### *Graffito*

Si utilizza questo metodo per la ricostruzione lineare di grandi mancanze, incidendo la malta ancora in fase di presa con strumenti, quali punteruoli, bisturi e simili.

La malta più usata è composta da calce idraulica, inerti e resina acrilica.

Questo metodo è applicabile soprattutto nei casi in cui la composizione musiva presenta un disegno regolare, con campiture geometriche (fig. 12).

#### *Calco di porzioni di superfici musive*

La realizzazione del calco, in genere di gesso, prevede l'individuazione nel mosaico originale di una porzione musiva identica alla zona da integrare, quanto alla forma, agli andamenti, agli interstizi tra le tessere, e il raccordo delle due parti con tessere modellate. La riconoscibilità è data dalla differenza di materiale. Questo metodo è di difficile realizzazione, in quanto il mosaico, anche se caratterizzato da un disegno geometrico, presenta sempre delle irregolarità dovute alla lavorazione, ed è in pratica impossibile trovarne due parti identiche.

L'operazione, inoltre, è piuttosto elaborata in quanto prevede:

- la realizzazione di un calco in resina siliconica liquida autolivellante;
- un controcalco in gesso alabastrino, con retina in vetroresina come armatura;
- la rifinitura del calco in gesso, per consentire l'inserimento;
- le cuciture di raccordo con tessere di malta incisa;
- la pulitura e finitura di tutte le tessere a imitazione del mosaico originale (fig. 13, fig. 14).

#### **ESPERIENZE**

Ravenna, basilica di San Vitale, arco presbiterale, integrazione con malta incisa a stampini e dipinta. (anno intervento 1988/1999).

Faenza, domus palazzo Pasolini, mosaico pavimentale staccato, integrazione a malta neutra (anno intervento 1995).

Forlì, aula teodoriana di Meldola, mosaico pavimentale staccato, ricostruzione del disegno geometrico con una linea di tessere in malta modellata non colorata (anno intervento 1996).

Ravenna, cantiere archeologico di via M. D'Azeglio n. 47, mosaico pavimentale staccato, integrazione con tessere in malta incisa colorata; tessere in malta con ricostruzione del disegno lineare (Buon Pastore); integrazione con malta in cocchiopesto (anno intervento 1995/1999).

Priverno (Lt) area archeologica, integrazione ad intonaco con linee incise e colorate (anno intervento 2000).

Aquileia, Museo archeologico: restauro mosaico Asarotòn, integrazione con tessere a malta incisa e dipinta (anno intervento 2005).

Fondi (Latina), Chiesa di San Martino, integrazione con intonaco monocromo (anno intervento 2005).

Ravenna, San Severo, integrazione con tessere a malta incisa e dipinta (anno intervento 2006).

Cervia, San Martino in Prope Litus Mari, integrazione con tessere a malta incisa e dipinta, anno intervento 2007.

Ravenna, via d'Azeglio, integrazione con tessere a malta incisa e dipinta (anno intervento 2008).

Rimini, Museo della Città, integrazione mosaici con malta incisa a riproposizione del disegno geometrico (anno intervento 2009).

Rimini, Museo della Città, integrazione con malta incisa e dipinta (anno intervento 2009).

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Brandi C. 1956, pp. 3-9; Cordaro M. 1985, pp. 365-73; Fiori C. 1989, pp. 49-58; Fiori C., Fiorentini Roncuzzi I. (a cura di) 1989; Fiori C., Mascolino C. 1990, pp. 115-17; Philippot P. 1977, pp. 78-81.

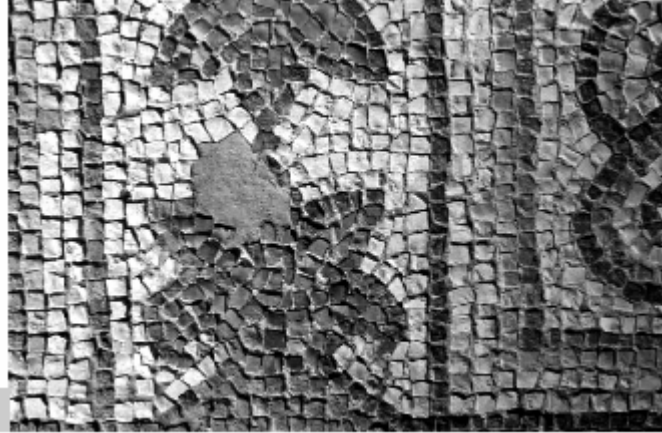


Figura 1 • Integrazione con malta colorata. (SRM)

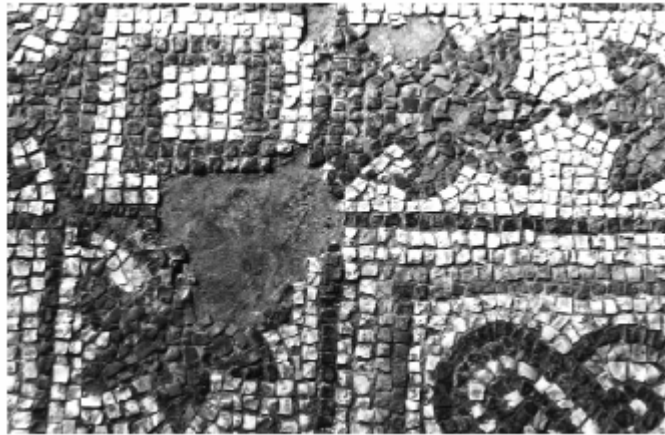


Figura 2 • Integrazione con malta cementizia. (SRM)



Figura 3 • Integrazione con malta incisa e modellata. (SRM)



Figura 4 • Integrazione con malta incisa e modellata: fase di incisione della malta. (SRM)



Figura 5 • Integrazione di lacune nella superficie musiva: fase operativa di pittura delle tessere in malta incisa. (SRM)



Figura 6 • Integrazione di lacune nella superficie musiva: con malta incisa e dipinta a effetto mosaico. (SRM)



Figura 7 • Integrazione di lacune nella superficie musiva: con malta liscia e dipinta a effetto mosaico. (SRM)



Figura 8 • Integrazione di lacune nella superficie musiva: con malta liscia e di colore neutro. Sono indicate, con tessere dipinte, le linee principali della composizione decorativa. (SRM)



Figura 9 • Integrazione di lacune nella superficie musiva con tessere in malta che ricostruiscono il disegno lineare. (SRM)

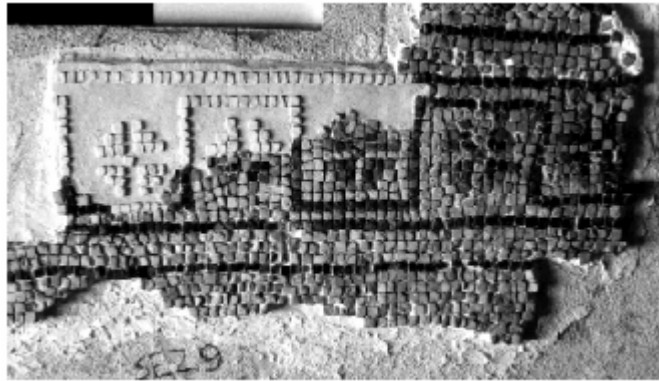


Figura 10 • Altro esempio di integrazione con tessere in malta a ricostruzione del disegno lineare. (SRM)

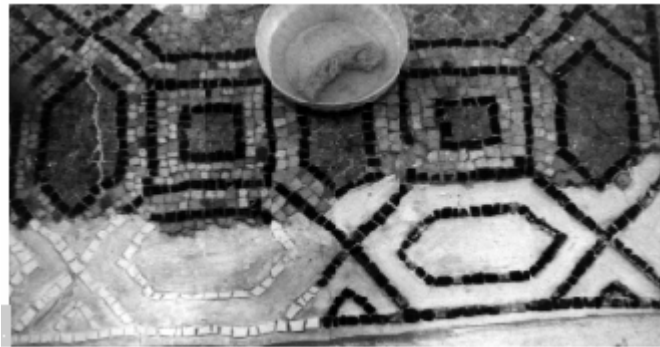


Figura 11 • Integrazione di lacune con tessere in materiale lapideo bianco e nero a ricostruzione del disegno lineare. (SRM)



Figura 12 • Cantiere archeologico di via Massimo D'Azeglio a Ravenna: graffito su malta. (SRM)



Figura 13 • Fase di realizzazione di un calco in resina siliconica. (SRM).



Figura 14 • Calco in gesso dipinto. (SRM)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Gli strati pittorici di finitura delle superfici edilizie non svolgono soltanto un ruolo decorativo, ma costituiscono una sorta di pelle protettiva che svolge una duplice funzione: difende i materiali sottostanti, come una sottile barriera contro gli agenti aggressivi dell'atmosfera e del clima, fungendo inoltre da rivelatore dei fenomeni di degradazione, sin dalle loro prime fasi di sviluppo.

Se tali strati vengono a mancare o se presentano lacune che espongono gli intonaci a rischiosi processi di alterazione, può essere necessario ripristinarne l'azione protettiva realizzando integrazioni delle loro eventuali lacune, ossia ricostituendone formalmente la continuità.

L'applicazione della tecnica è guidata, prima di tutto, dalla ricerca della difesa e della protezione dei manufatti edilizi e il rispetto di tale criterio deve orientare l'intervento verso la scelta delle procedure e dei materiali più idonei.

I prodotti per la ridipintura degli intonaci sono divisi, dalla normativa ufficiale italiana (UNI 8681:1984), in base alle loro caratteristiche qualitative, in quattro gruppi:

1 - *Tinte*, ossia prodotti che non comportano la formazione di una pellicola.

2 - *Pitture*, se il prodotto forma una pellicola più o meno coprente. Le pitture sono composte da legante, solventi/diluenti, additivi e in alcuni casi da pigmenti.

3 - *Vernici*, quando il prodotto forma una pellicola trasparente anche in presenza di pigmenti coloranti. Le vernici sono composte da legante, solventi/diluenti, additivi e in alcuni casi pigmenti colorati.

4 - *Rivestimenti plastici ad applicazione continua (Rpac)*. Si tratta di un prodotto verniciante che forma una pellicola piuttosto spessa. Le pitture plastiche sono composte da legante, pigmenti, riempitivi, solventi/diluenti e additivi.

Le tecniche tradizionalmente utilizzate per la tinteggiatura degli intonaci sono essenzialmente tre, con netta prevalenza, soprattutto in passato, della prima rispetto alle altre:

- tinte a base di calce;
- pitture a colla o tempera;
- pitture a base di silicati.

Oggi, oltre alle tecniche tradizionali, sono tuttavia disponibili sistemi modificati (ad es., le tinte a calce con aggiunta di resine) e altri ancora di nuova elaborazione, messi a punto dall'industria, per sostituire le tecniche antiche dove queste non sono più applicabili.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tinteggiatura costituisce, generalmente, l'ultima operazione del ciclo di finitura delle superfici architettoniche e può interessare l'interezza delle pareti o una loro singola parte, più o meno estesa. A quest'ultimo ambito appartengono gli interventi di integrazione, che hanno lo scopo di colmare le lacune esistenti nella pellicola pittorica che spesso copre vecchi intonaci, per ricostituirne la continuità cromatica ma, soprattutto per riabilitare la funzione protettiva dello strato pittorico.

Campo di applicazione della tecnica, perciò, è l'articolato e diversificato mondo delle lacune spesso esistenti nelle superfici pittoriche e costituisce, talvolta, un metodo integrativo rispetto al consolidamento delle pellicole pittoriche in corso di degradazione.

Esulano da questo campo, naturalmente, le superfici dipinte con motivi ornamentali più o meno complessi.

Andrebbe anche annotato che, contrariamente a quanto spesso si ritiene, la combinazione tra interventi di consolidamento e di integrazione delle vecchie pitture fornisce risultati migliori della ridipintura totale, e ciò per le seguenti ragioni:

- il procedimento preserva i vecchi materiali che hanno ormai dimostrato una buona resistenza e hanno superato i severi collaudi del tempo;
- l'intervento localizzato lascia integra la struttura stratigrafica delle diverse tinteggiature che si sono sovrapposte nel tempo, assumendo un importante significato documentario;
- anche sotto il profilo dell'impatto visivo, le superfici così trattate conservano i segni che conferiscono loro quel senso di vetustà che verrebbe irrimediabilmente perso nel caso di un intervento di totale innovazione;
- spesso l'intervento è più economico rispetto a quello della generale ridipintura, tanto più se preceduta da una altrettanto globale rimozione degli antichi intonaci.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Gli interventi che occorre preliminarmente attuare rispetto all'integrazione della coloritura di un intonaco sono rivolti essenzialmente alla preparazione del supporto e comprendono:

- il consolidamento del supporto (v. RCP 05 - Riadesione di distacchi tramite iniezioni);
- la pulitura del supporto; le tecniche più idonee devono essere scelte in base al tipo di deposito, coerente o incoerente, che occorre eliminare;
- il rappezzo o la macrostuccatura delle lacune esistenti nell'intonaco (v. INT11 - *Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta*);
- stuccatura delle fessure e delle lacune di piccola dimensione presenti sul supporto.

I metodi di integrazione delle superfici colorate cambiano soprattutto in ragione dei materiali impiegati e della loro preparazione e di essi si indicano, di seguito, quelli di più comune utilizzo.

#### *Tinteggiatura a calce*

Fino al secolo scorso gli intonaci erano di solito colorati utilizzando tinte a base di calce, preparate in cantiere, con procedure rimaste sostanzialmente immutate da tempi remoti. Ancora oggi le tinte a calce rappresentano uno dei migliori sistemi di finitura dal punto di vista percettivo, dal momento che le ~~SURSUM~~ ottiche ottenibili con la calce, in particolare la birifrangenza dei cristalli di calcite, determinano effetti cromatici, trasparenze e ~~OP LORUM~~ delle superfici non raggiungibili con altri tipi di materiali.

#### *Materiali*

La tecnica prevede, innanzitutto, la preparazione del latte di calce con diluizione del grassello, o della calce idrata in polvere, con acqua. La scelta migliore è rappresentata da grassello di calce con una stagionatura di almeno 12 o 24 mesi. Il latte di calce così preparato deve essere lasciato riposare per un periodo variabile tra un minimo di 6-8 ore a un massimo di circa 48 ore e, dopo questo tempo, il prodotto deve essere setacciato per eliminare gli eventuali corpi estranei e le parti insolubili in esso presenti. Per la qualità dell'acqua valgono le indicazioni riguardanti la predisposizione delle generiche malte a base di calce (v. INT11 - *Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta*).

Si passa, quindi, alla formazione della tinta vera e propria, miscelando la calce diluita con le polveri colorate dei pigmenti. I colori usati sono costituiti da terre naturali, ossidi, sostanze di origine vegetale e pigmenti ottenuti sinteticamente. Per una tinta colorata è consigliabile non superare mai il 10% (in volume) di pigmento rispetto al latte di calce. Percentuali superiori di pigmenti possono determinare l'indebolimento della tinta che, una volta asciugata, tende a polverizzare. Il



quantitativo di pigmento deve essere verificato di volta in volta, poiché varia in relazione alla natura chimica e alla macinazione dello stesso.

Per facilitare un'omogenea dispersione del colore nella calce è consigliabile usare un agitatore meccanico, inoltre, occorre porre preventivamente a bagno i pigmenti in una quantità d'acqua pari a circa il doppio del loro volume, lasciandoli riposare per alcune ore. Trascorso questo tempo, è consigliabile setacciarli, in modo da eliminare i grumi che, al momento della stesura, possono provocare striature di tinta più intensa.

La tinta dovrà essere accuratamente mescolata anche durante l'uso perché, trattandosi di una dispersione, l'acqua tende a separarsi dal colore.

Il tono desiderato deve essere messo a punto predisponendo opportuni provini di verifica, in quanto la tinta a calce, una volta asciugata, schiarisce notevolmente. Questi provini possono essere eseguiti su blocchetti realizzati con terra d'ombra che, assorbendo l'acqua in pochi minuti, danno un'idea sufficientemente precisa del risultato finale, senza dover aspettare che il colore asciughi completamente. Se tuttavia il tono finale deve accordarsi con i colori già esistenti, è bene che i provini siano eseguiti direttamente sull'intonaco interessato dalle integrazioni cromatiche. Questa operazione permette un raffronto diretto più efficace tra le nuove coloriture e quelle esistenti (fig. 1, fig. 2).

### *Stesura*

Prima di predisporre il materiale per la tinteggiatura, è necessario controllare che le condizioni ambientali in cui si opera siano tali da non pregiudicare i risultati della coloritura.

Occorre evitare, infatti, i climi troppo umidi o troppo caldi, e quelli troppo freddi, perché impediscono un corretto assorbimento del colore. L'umidità relativa dell'aria dovrebbe essere del 65-75 %, mentre la temperatura dovrebbe essere compresa tra i 5° e i 30 °C. Le stagioni migliori per eseguire le tinte a calce sono dunque la primavera e l'autunno.

In esterno, le tinteggiature non devono essere eseguite su superfici direttamente irradiate, o scaldate dal sole nelle ore precedenti all'applicazione, per questo può essere consigliabile lavorare nelle prime ore mattutine. Per ovviare a tale inconveniente è possibile coprire le impalcature con dei teli che proteggano dal sole ma permettano il naturale ricambio d'aria e l'evaporazione dell'acqua. Sono infine da evitare le giornate di vento forte.

Prima di iniziare la coloritura, si deve pulire accuratamente la superficie da dipingere, eliminando da essa la polvere e le parti incoerenti con una spazzola, e irrorarla con acqua.

Eseguite queste operazioni preliminari, volendo ottenere una superficie compatta e dalla colorazione uniforme, occorre procedere come di seguito descritto.

La prima mano di tinta a calce deve essere eseguita entro ventiquattro ore dalla bagnatura del supporto e circa mezz'ora dopo aver nuovamente nebulizzato la superficie con acqua. Occorre però far attenzione che l'intonaco non sia troppo bagnato, in questo caso è opportuno comprimerlo con un rullo, allo scopo di eliminare l'acqua eccedente. L'eccessiva presenza di umidità nel supporto provoca, infatti, la comparsa di macchie di notevole estensione.

La tinta **GRU** essere stata preparata almeno il giorno prima e sottoposta a vigorosa miscelazione. La tinta a calce va stesa a pennello. Inizialmente, la materia va applicata uniformemente incrociando le pennellate. Successivamente la superficie va ripresa con una seconda passata, fresco su fresco, a pennellate verticali parallele le une alle altre. È importante applicare la tinta in un'unica fase (due mani), senza fermarsi. Le interruzioni devono essere fatte sfruttando il **S** possibile gli angoli, le cornici e in generale i bordi offerti dall'architettura della facciata. Molta attenzione andrà posta nel limitare le riprese tra una pontata e l'altra che, una volta smontati i ponteggi, possono risultare particolarmente evidenti e pregiudicare l'intera operazione. A conclusione del tinteggio, la superficie deve essere lasciata asciugare per almeno 12 ore prima di procedere all'applicazione di eventuali mani successive.

La tecnica corretta di stesura del colore prevede l'utilizzo di pennelli di setola animale. È da escludere il rullo, mentre sono possibili una o più velature finali con la spugna o con il nebulizzatore, per calibrare il tono e la trasparenza del colore. Se la tinta è stesa a pennello occorre agire soprattutto sul movimento del solo polso che impugna l'utensile.

In particolare, si deve fare attenzione a non premere eccessivamente sul pennello per evitare di creare zone di colore più intenso. Il pennello deve inoltre essere passato sempre con lo stesso movimento, da sinistra a destra o dall'alto in basso.

Nell'applicazione della tinta a pennello si deve inoltre procedere per strati successivi incrociati, uno orizzontale e il successivo in verticale (o viceversa). Si deve inoltre ricordare di mescolare sempre la tinta nel secchio prima di intingere nuovamente il pennello e rimuovere la tinta in eccesso da quest'ultimo prima di passarlo sulla superficie, per prevenire sgocciolature sulle superfici sottostanti.

### *Finitura*

Una volta completata la stesura del colore è opportuno irrorare la superficie con acqua, servendosi preferibilmente di un nebulizzatore.

La tecnica di tinteggiatura a calce è particolarmente indicata su superfici realizzate con intonaci tradizionali, poiché i materiali utilizzati per la nuova coloritura (acqua e grassello di calce) sono analoghi a quelli che compongono questi ultimi. Mentre, se si tratta della sola integrazione di una tinteggiatura esistente è opportuno aggiungere alla soluzione a base di calce un fissativo, oppure stendere, dopo la mano finale, un ulteriore velo di acqua, sempre addizionata con un fissativo oppure stendere direttamente sulla superficie un prodotto un protettivo.

I sistemi tradizionali a calce possono ancora essere adottati, sia in ambienti interni sia in quelli esterni, purché il supporto murario non sia irrimediabilmente alterato da una precedente coloritura con un prodotto a legante polimerico che ne ostacolerebbe l'adesione ([fig. 3](#), [fig. 4](#)).

### *Pittura a tempera*

La tecnica della pittura a tempera prevede la stesura, sulla superficie perfettamente asciutta, di pigmenti colorati, dispersi in acqua e legati da un collante.

La gamma di pigmenti utilizzabili con questa tecnica è più ampia che non quella possibile con la tinteggiatura a calce, perché possono essere utilizzati anche quei pigmenti che sono sensibili agli alcali dell'idrossido di calcio che, nelle tinte a calce, li distruggerebbe.

Il grado di resistenza della tempera dipende dalle caratteristiche del legante utilizzato nella preparazione dei colori, ma è certamente inferiore a quello di una tinteggiatura a calce, soprattutto all'esterno. Nell'edilizia storica, infatti, i sistemi tradizionali a tempera erano usati in prevalenza negli ambienti interni.

I leganti tradizionalmente utilizzati nella predisposizione di queste tinte sono le colle animali – d'ossa, di pesce, di coniglio –, quelle vegetali – di farina, d'amido –, il bianco e il rosso d'uovo, il latte e i suoi derivati. Questi leganti devono essere preparati e usati durante la giornata di lavoro o, se ciò non è possibile, devono essere trattati con l'aggiunta di sostanze conservanti come, ad esempio, l'acido salicilico o, secondo alcune fonti, il silicato di potassa.

Attualmente, sono in commercio molti leganti, come la metilcellulosa, le resine acriliche e le resine viniliche, che permettono di ovviare a tale inconveniente.

La tecnica della pittura a tempera prevede, innanzitutto, la preparazione del colore ottenuto unendo i pigmenti colorati al legante. La quantità di legante varia sensibilmente se le tinte devono essere utilizzate in un ambiente interno oppure all'esterno. In generale, i manuali di tecniche pittoriche concordano nell'affermare che le tinte per esterno devono contenere più colla di quelle destinate agli interni, e che gli strati di pittura devono essere progressivamente meno adesivi. Grandi quantità di colla, infatti, aumentano l'impermeabilità dello strato pittorico e la formazione di cavillature e, con il tempo, alterano il tono del colore.

La stesura di un nuovo strato di integrazione utilizzando una pittura a tempere prevede la seguente successione di operazioni:

- a) bagnare la superficie da integrare prima di ogni applicazione. L'inumidimento della superficie deve essere eseguito con particolari precauzioni, perché un'asciugatura disomogenea provoca macchie o addirittura tonalità di colore diverse, in relazione ai cambiamenti di temperatura e delle condizioni di ventilazione;
- b) applicare una prima mano di colore composta solo da acqua e colla (nelle proporzioni di una parte di acqua e due di colla). Questo primo strato svolge essenzialmente una funzione isolante,

evitando che la calce contenuta nell'intonaco "bruci" le tinte ottenute con pigmenti non minerali. Con il medesimo scopo, alcuni manuali tecnici suggeriscono di utilizzare, per il primo strato, un composto formato da carbonato di calcio in polvere, pigmenti minerali, diluiti con acqua e latte (2 parti di latte, 1 parte di acqua);

c) applicare la prima mano di colore. La seconda mano di colore andrà stesa solo quando la prima sarà completamente asciutta e, per evitare che i due strati possano impastarsi fra loro, occorrerà far passare almeno 12 ore tra l'applicazione di uno strato e quella del successivo.

Per l'uso del pennello, nella stesura delle tempere, valgono gli stessi accorgimenti evidenziati per le tinte a calce e, anche in questo caso, il colore deve essere steso servendosi esclusivamente dei movimenti del polso mentre il corpo dell'operatore deve rimanere fermo e non pesare sul pennello. La stesura deve avvenire sempre con lo stesso movimento, da destra a sinistra, o viceversa, incrociando la direzione negli strati successivi.

L'applicazione della tempera non è indicata sulle superfici intonacate con malte cementizie e con malte contenenti calce eminentemente idraulica o mediamente idraulica. L'azione dannosa del legante sulla tempera si manifesta in ogni caso con macchie di diversa forma o colore, generalmente scure se il legante è scuro, chiare se il legante è chiaro. Questi inconvenienti si possono verificare subito dopo l'applicazione o a lunga distanza da essa.

#### *Pitture a base di silicati non stabilizzati o "stereocromia"*

La pittura ai silicati, detta "stereocromia", fu brevettata verso la metà del secolo scorso in Germania. Questa tecnica si basa sull'uso, come fissativo o come diluente del colore, di silicato di sodio o di silicato di potassio. I silicati si presentano come un liquido denso e trasparente che, diluito con acqua e addizionato con bianco e pigmenti minerali macinati finemente, può essere steso a pennello su qualsiasi tipo di intonaco, sia esso a base di calce aerea o idraulica, oppure di cemento.

Attualmente, sono presenti sul mercato pitture ai silicati, composte da silicato di potassio stabilizzato, già pronte all'uso e che non richiedono gli accorgimenti necessari per la preparazione della tinta con silicati non stabilizzati in cantiere. Le tinte ai silicati di potassio stabilizzati sono tuttavia ottenute aggiungendo alla tinta non stabilizzata una percentuale variabile di resine in emulsione e, se tale percentuale di resina supera il 5%, il prodotto ha caratteristiche e comportamento fisico molto simili a quelli delle consuete idropitture polimeriche.

La coloritura a base di silicati non stabilizzati o con una percentuale di resina inferiore al 5% non forma una pellicola indipendente dalla superficie su cui è applicata, ma crea con essa uno strato vetroso simile a quello ottenibile con la tecnica dell'affresco, ove tuttavia è frutto della carbonatazione del legante compreso nell'intonachino. La soluzione di silicato, infatti, penetra nei pori del supporto, inglobando le particelle pigmentate che vanno in questo modo a far parte dello strato di finitura. Per effetto di questa impregnazione, i silicati possono migliorare la compattezza e l'impermeabilità dell'intonaco, ma allo stesso tempo ne diminuiscono fortemente la permeabilità al vapore e impediscono anche l'impiego di altri materiali nelle successive manutenzioni.

I pigmenti da impiegare con i silicati non stabilizzati, a esclusione del bianco, sono quelli minerali utilizzati anche nella tecnica dell'affresco. È tuttavia preferibile, prima di comporre le tinte, verificare che essi siano tra loro compatibili e, per questo, si scioglie una minima porzione di colore in una piccola quantità di silicato: se il pigmento non precipita, depositandosi sul fondo, significa che è idoneo all'uso.

Dopo che i colori sono stati verificati, occorre miscelare il bianco di base, solitamente bianco di zinco o, in alternativa, carbonato di calcio, con la polvere colorata e l'acqua distillata.

L'acqua dell'impasto deve essere in proporzione di 8:1 o 8:2 rispetto al silicato. Quest'ultimo, deve essere aggiunto solo quando il composto formato dal bianco e dalla polvere colorata uniti all'acqua si amalgamerà perfettamente.

È opportuno, inoltre, considerare che il silicato dà luogo a una tinta più scura in modo proporzionale alla sua quantità. Per questo motivo, occorrerà preparare le tinte prima di mescolarvi il silicato, di un tono più chiaro di quello desiderato per il lavoro finito.

Il colore così preparato deve essere mescolato frequentemente, affinché i pigmenti risultino dispersi in esso in modo omogeneo.

Durante la tinteggiatura, i pennelli utilizzati devono essere frequentemente puliti con acqua distillata e poi perfettamente asciugati prima di essere riutilizzati.

Il tempo utile per stendere i colori preparati con una soluzione di silicato è di circa tre ore, se essi si utilizzano all'interno degli edifici, e di sei ore se sono usati all'esterno. È opportuno perciò preparare solo la quantità di tinta che serve a completare il lavoro nei tempi sopra indicati. La tinteggiatura, infatti, non può essere interrotta per più di un ora; ove ciò accada, è meglio gettar via la pittura e rifarne una nuova.

La stagione migliore per realizzare questo tipo di tinteggiatura è l'autunno, quando le giornate sono umide, non ventilate e coperte, e con una temperatura che si aggira sui 15-20 °C.

Dopo aver preparato, come precedentemente indicato, la superficie da tinteggiare, alcuni manuali suggeriscono di spruzzare una soluzione d'acqua e acido cloridrico (1 parte d'acqua e 2 o 3 parti di acido cloridrico), seguita da una mano di soluzione di allume di rocca e acqua, nel rapporto di una parte d'acqua e quattro parti di allume di rocca.

Per quanto riguarda la coloritura vera e propria, alcuni manuali suggeriscono di procedere come segue:

- 1) passare una o due mani di un composto formato da acqua, latte e calce idrata;
- 2) applicare il primo strato di pittura, avendo l'accortezza di stendere il colore sempre nello stesso verso, orizzontale o verticale, e senza ripassare sullo stesso punto;
- 3) dopo 24 ore, applicare il secondo strato con le procedure indicate per il primo.

#### *Tinte a calce con polimeri*

Normalmente una tinta a calce non necessita di aggiunta di additivi e leganti supplementari. L'impiego di additivi può determinare un cambiamento delle caratteristiche chimico-fisiche (ed estetiche) della tinta fino ad arrivare a stravolgerne completamente la natura.

In alcuni casi però le integrazioni con tinte a calce, soprattutto se eseguite in modo scorretto o con materie prime di scarsa qualità, possono non resistere a lungo alle intemperie, diventando in breve tempo polverose e perdendo rapidamente il colore per effetto del dilavamento superficiale delle acque meteoriche. Per aumentare la durata delle integrazioni eseguite con tinte a calce, le ricette tradizionali prevedevano la miscelazione del colore con piccole quantità di sostanze di origine animale o vegetale, come l'olio d'oliva, il latte, il formaggio fresco, la colla forte, la caseina o l'uovo. L'impiego di questi additivi, derivati da sostanze naturali, migliorava infatti l'idrorepellenza della tinta e permetteva una sua buona adesione anche su vecchi intonaci. Attualmente, questi additivi naturali sono stati sostituiti da resine sintetiche diluite in dispersione, che contribuiscono ad aumentare la resistenza della tinta e a limitare l'effetto di perdita di colore per dilavamento.

Le resine, in particolare, conferiscono più consistenza e durezza al grassello di calce che, spesso, è prodotto con processi industriali che non consentono al materiale di raggiungere le prestazioni proprie del grassello prodotto con tecniche di spegnimento tradizionale della calce.

In genere, l'impiego delle resine nelle tinteggiature a calce può seguire due vie distinte. La prima prevede l'incorporazione della resina nella calce durante la preparazione della tinta; la seconda, invece, rientra nel campo delle protezioni superficiali e comporta l'applicazione della resina diluita sulla superficie già dipinta.

Nel primo caso, per applicare le tinte a calce integrata con polimeri, oltre alle operazioni preliminari di preparazione del supporto prima descritte, occorre:

- 1) bagnare abbondantemente la superficie;
- 2) stendere due strati composti da grassello di calce, acqua, resina, ossidi in funzione di strato di preparazione;
- 3) applicare uno o più strati di tinta composta da grassello di calce, acqua di calce, additivi polimerici, ossidi naturali.

La stesura della tinta deve essere eseguita esclusivamente con pennello di setola morbida e lavorata con pennellate brevi e incrociate in diagonale, o circolarmente, ed eventualmente finita tamponando la superficie con spugne di mare.

Le tinte a calce con polimeri sono le uniche in grado di aderire su supporti precedentemente trattati con una pittura polimerica.

### *Tinte semitrasparenti ai silicati*

I sistemi semitrasparenti di coloritura ai silicati si differenziano da quelli tradizionali perché non contengono pigmenti bianchi con elevato potere coprente. Queste tinte, d'altra parte, sono state sperimentate e messe a punto proprio con l'intento di sostituire le tinte a calce dove queste non siano più applicabili e di approssimare l'effetto finale di una decorazione ad affresco. Infatti, tali sistemi danno luogo a tinteggiature con caratteristiche cromatiche, e di trasparenza e di tessitura superficiale simili a quelle delle tinte a calce. Inoltre, non danno luogo a pellicola come le idropitture a legante polimerico, sono traspiranti e invecchiano per progressiva erosione e dilavamento superficiale.

I sistemi semitrasparenti ai silicati presentano, tuttavia, i medesimi limiti di impiego evidenziati a proposito delle tinteggiature a calce, poiché aderiscono esclusivamente su supporti non ancora interessati da una precedente coloritura a base di leganti polimerici.

Alcune ditte produttrici delle tradizionali tinte coprenti ai silicati, suggeriscono per questo di realizzare effetti di "velatura" e di "semitrasparenza", simili a quelli ottenibili con le tinte a calce, mediante la diluizione di prodotti tendenzialmente coprenti. Tali sistemi, posti a confronto con quelli tradizionali prima descritti, danno tuttavia luogo a tinteggiature pellicolanti, con spessori molto ridotti e scarsa durata nel tempo.

La preparazione e la tinteggiatura degli intonaci esterni con tinte semitrasparenti ai silicati dovrà essere eseguita come segue:

- 1) spolverare e pulire la porzione di intonaco da integrare;
- 2) preparare la tinta mediante un'accurata miscelazione del componente in polvere con quello liquido;
- 3) stendere una prima mano di fondo e due mani di finitura.

Il numero delle mani, i rapporti di diluizione, il tipo di fissativo e le procedure di applicazione variano in relazione ai prodotti utilizzati.

### *Rivestimenti resino-plastici*

La denominazione di "rivestimenti resino-plastici" raggruppa genericamente i prodotti usati per tinteggiare, sia esternamente sia internamente, vecchi e nuovi manufatti, in sostituzione delle pitture tradizionali, dalle quali si distinguono, a prima vista, soprattutto per il maggiore spessore (da 0,4 a 1 mm e oltre) e la ridotta trasparenza. In commercio è disponibile una notevole gamma di simili prodotti.

Una prima importante suddivisione tra loro può essere proposta in base al solvente impiegato per la loro diluizione, essendo questo, agli effetti dell'impermeabilità e della resistenza del film pittorico, un fattore decisivo. Pertanto, si distinguono due principali categorie di pitture: la prima utilizza come solvente l'acqua, la seconda usa invece prodotti alifatici e aromatici.

Una seconda suddivisione può derivare dal tipo di resina impiegata e, fra le tante in uso, se ne possono indicare tre principali: le resine alchidiche, le resine acriliche e le resine viniliche.

Questi prodotti hanno avuto, negli ultimi vent'anni, una larga diffusione, in quanto permettono di realizzare, con rapidità e senza manodopera specializzata, le operazioni di tinteggiatura.

Le esperienze esaminate hanno però dimostrato l'incompatibilità di tali trattamenti con murature e intonaci di tipo tradizionale. Le pitture sintetiche emulsionate, infatti, tendono a formare, sulle superfici di applicazione, una pellicola impermeabile che non consente la naturale e indispensabile traspirazione dei supporti.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Molto spesso, il degrado dei rivestimenti e delle finiture parietali può essere notevolmente influenzato dalla conformazione delle superfici e degli elementi che compongono la facciata che interagiscono con gli agenti atmosferici direzionando e convogliando in vari modi i flussi di pioggia, vento ecc. Tra le operazioni complementari all'integrazione della coloritura esistente e degradata, occorrerà quindi inserire il controllo dell'efficienza, di tutti gli elementi di protezione presenti nella facciata trattata, come ad esempio i sistemi di captazione e allontanamento delle acque

meteoriche (canali di gronda, pluviali, gocciolatoi, rompigoccia ecc.) e l'eventuale correzione dei loro difetti.

Un altro aspetto da considerare con attenzione nella ricoloritura delle superfici edilizie è il seguente: spesso, le tradizionali prove di coloritura effettuate su una superficie campione di modeste dimensioni non è sufficiente a fornire esatte indicazioni sul risultato che si otterrà quando l'intervento sarà allargato a parti più o meno estese della superficie da trattare.

L'esperienza mostra anzi che, con una simile procedura, le indicazioni ottenute dai saggi e i risultati finali degli interventi sono spesso inattesi e deludenti.

Per superare tali difficoltà, si vanno diffondendo, sempre di più, tecniche di trattamento computerizzato delle immagini, che permettono di simulare il risultato finale delle operazioni di coloritura e di affrontare il problema analizzando preventivamente le diverse soluzioni ipotizzabili e le loro possibili varianti.

## **ESPERIENZE**

### *Tinte a calce*

Frascati, palazzo Vescovile. Anno intervento 1989. Tinteggiatura dei paramenti esterni con una velatura d'acqua di calce e terre naturali, data con il pennello, a colpi incrociati, in numerose mani fino a raggiungere il tono voluto.

Castiglione Olona, Palazzo Branda. Anno intervento 1990. Intonaco dipinto a finto bugnato. Integrazione delle lacune di colore degli intonaci originali quattrocenteschi con tinte a base di calce pigmentate con terre.

Caserta, Giardino Inglese della Reggia di Caserta. Anno intervento 1989. La zona basamentale del paramento a finto bugnato del Casino è stata tinteggiata a imitazione della pietra calcarea con una tinta al latte di calce. La tinta ha presentato, a distanza di poco tempo, un ingiallimento che i restauratori attribuiscono alle cattive condizioni atmosferiche intervenute durante la stesura.

Roma, via del Tritone, Palazzo del "Messaggero". Anno intervento 1989. Prima di stendere la tinta a calce si è provveduto a ricoprire la superficie con una mano di miscela di latte di calce e latte vaccino. Il latte vaccino è stato aggiunto alla miscela nella proporzione di 1 kg di calce con 5 l di latte. Con tale intervento si è ottenuto un fissaggio dei residui di tinta rimasti sulla superficie senza depositare sull'intonaco una pericolosa pellicola isolante e conferendo inoltre una certa durezza alle zone di intonaco che si presentavano friabili.

Roma, Palazzo Chigi. Anno intervento 1999. Il colore delle superfici esterne è stato integrato con tinte a calce applicate per velature successive (fino a 5). Successivamente la superficie è stata protetta mediante l'applicazione di silossani.

Genova, Villa Imperiale di Terralba, Anno intervento 2003-2004. I prospetti sono stati integrati con tinte al calce, applicate sia a velatura che a corpo a seconda dell'opportunità di far affiorare i residui sottostanti. Per proteggere le superfici è stato infine nebulizzato un protettivo silossanico.

### *Pitture a base di silicato di potassio non stabilizzato*

Castiglione Olona, palazzo Branda. Anno intervento 1990. Pitturazione delle lacune dell'originale intonaco quattrocentesco con successive velature di colore neutro con prodotti a base di silicato di potassio non stabilizzato.

### *Pitture a base di silicato di potassio e resine acriliche in dispersione acquosa*

Caserta, giardino inglese della reggia di Caserta. Nelle pareti di fondo racchiuse fra gli archi del bugnato e le lesene superiori del Casino è stata utilizzata una tinta color mattone ai silicati, applicata su di un sottofondo composto da silicato di potassio e resine acriliche in dispersione acquosa.

### *Tinte a calce con polimeri*

Roma, Ninfeo della villa di Giulio III. Anno intervento 1989. Raccordo cromatico mediante velature di pigmenti minerali (terre) con medium di calce e legante acrilico Primal AC 33.

Ferrara, palazzo Naselli Crispi. Le integrazioni di colore sono state eseguite unendo 5 kg di grassello di calce, 5 l d'acqua, 1,5 l di Primal AC 33 e pigmenti in base al colore desiderato.

Castiglione Olona, palazzo Branda. Anno intervento 1990. Le lacune di colore negli intonaci sono state risarcite con calce fissata con polimeri e pigmentata con terre.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Appendino P., Bardelli P. G., Borasi V., Negro A., Scarzella P. 1984; Baroni G. 1985; Brino G. 1986;  
Costanzi Cobau A. 1985; Forti G. 1984; Giuliani M. 1984; Menicali U. 1990; Mora P., Mora L. 1984;  
Palestra G. W. 1995; Scarzella P., Trivella L., Broggi D., Gasparoli P., Melzi M. 1990.



Figura 1 • Provini di verifica del tono di colore. Se il tono finale deve accordarsi con i colori esistenti, i provini vanno eseguiti direttamente sull'intonaco interessato dalle integrazioni cromatiche. Questa operazione permette un raffronto diretto più efficace tra le nuove coloriture e quelle esistenti.



Figura 2 • Prove per definire il tono finale.



Figura 3 • Esecuzione del disegno della decorazione da riprodurre con la tecnica dello spolvero.



Figura 4 • Stesura delle tinte secondo il tracciato ottenuto dallo spolvero.



**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

La *selezione* e l'*astrazione cromatica* sono tecniche di integrazione di lacune pittoriche messe a punto negli anni settanta del XX secolo da Umberto Baldini e Ornella Casazza con una ricerca maturata nell'ambito dei laboratori di Restauro dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze.

Entrambe le tecniche si ispirano ai meccanismi di percezione cromatica propri del divisionismo e si basano sulla scomposizione dei colori fondamentali applicati mediante stesure alternate e leggermente sovrapposte tra loro di tratteggi minuti.

In particolare, la *selezione cromatica* viene utilizzata per la chiusura di lacune circoscritte o comunque che non presentino elementi figurativi di incerta interpretazione. L'integrazione pittorica con questo metodo consiste nell'inserire nel tessuto figurativo interrotto dalla lacuna un collegamento cromatico e formale perfettamente riconoscibile da una distanza ravvicinata, realizzato con stesure successive di colori puri eseguite a tratteggio (intendendo per colori puri non i colori primari ma quelli originali, non alterati, dell'opera). I colori da utilizzare vanno scelti in modo che il risultato finale dell'integrazione si accordi con le tonalità esistenti intorno alla lacuna stessa.

A differenza del *rigatino*, la tecnica elaborata alla fine degli anni quaranta del XX secolo dall'Istituto Centrale del Restauro, e che consiste in una ricostruzione a tratteggio rigorosamente verticale della policromia all'interno delle lacune, nella *selezione cromatica* le stesure dei trattini seguono il verso delle pennellate originali. (fig.1, fig. 2).

L'*astrazione cromatica* nasce dall'elaborazione del concetto di *neutro* per l'integrazione di lacune pittoriche impossibili da ricostruire, ed è stata utilizzata per la prima volta nell'integrazione delle vaste parti mancanti del crocifisso di Cimabue nella chiesa di Santa Croce a Firenze, gravemente danneggiato dall'alluvione del 1966.

La tecnica consiste nel realizzare un tessuto pittorico neutro di collegamento mediante stesure successive di colori puri eseguite a tratteggio incrociato. A differenza dei tradizionali interventi di reintegrazione neutra, il tessuto pittorico che si ottiene con questa metodologia è caratterizzato da una "vibrazione" cromatica che riesce a riavvicinare i frammenti pittorici ancora esistenti. Le tonalità utilizzate, in questo caso, non si devono accordare solo alle tonalità dell'intorno della lacuna, come nel caso della *selezione*, ma devono derivare dalla lettura cromatica dell'opera vista nel suo insieme.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La *selezione cromatica* è utilizzata nelle lacune dove il raccordo cromatico e formale può essere eseguito senza che ci siano dubbi sulla veridicità della reintegrazione. Nella pratica ciò è possibile in lacune non troppo grandi o articolate, oppure in quelle localizzate in campiture cromatiche uniformi (sfondi, cieli, vesti, ecc.). La tecnica può essere eseguita su tutte le superfici dipinte (pitture murali *in situ* o staccate, dipinti su tavola ecc.). Nel caso di superfici sagomate o intagliate (cornici e sculture di legno, terracotta ecc.) l'orientamento delle pennellate deve scaturire dalla plasticità stessa dell'oggetto su cui si opera.

L'*astrazione cromatica* può essere utilizzata nelle superfici dipinte con grandi lacune per le quali non è possibile formulare con esattezza un'ipotesi di ricostruzione del motivo figurativo. L'integrazione pittorica, in questo caso, si propone solo di alleggerire l'invasione ottica della lacuna, senza stabilire una continuità formale con la pittura superstite circostante.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Per una corretta applicazione di entrambe le tecniche di integrazione in oggetto, è importante preparare la stuccatura della lacuna su cui sarà eseguito l'intervento pittorico, facendo in modo che questa si "accordi" con lo strato che circonda la lacuna stessa. Ciò si realizza riproponendo le caratteristiche dominanti della superficie originale (rugosità, grana, ecc.). I materiali utilizzati per la realizzazione della stuccatura saranno diversi a seconda del manufatto su cui si opera (ad esempio, per un dipinto su tavola si utilizza un'imprimatura a gesso, mentre per una pittura murale *in situ*, lo strato di preparazione è realizzato con calce e sabbia). Dopo aver preparato la stuccatura si può procedere all'intervento pittorico vero e proprio.

### *Selezione cromatica*

Nella integrazione di una lacuna con il metodo della *selezione cromatica*, dopo aver individuato i colori puri (ossia quelli originali non alterati), del contesto in cui è ubicata la lacuna, con stesure successive di tratteggio si va a ricostituire il collegamento del tessuto cromatico interrotto. Il numero di stesure dipende dall'intensità e dai valori cromatici dell'area che si va a collegare. Si comincia partendo dal colore più chiaro verso il più scuro, dal più caldo al più freddo, possibilmente alternandoli. L'andamento delle pennellate dovrà sempre tener conto dei valori plastici e grafici suggeriti dall'opera, assecondando l'orientamento e il chiaroscuro delle pennellate originali.

Buoni risultati possono dare i colori ad acquerello. Le pennellate di colore devono essere nette, eseguite con pennelli sottili (n. 1 o n. 2), e stese leggermente incrociate tra loro, in modo che una parte di esse risulti sempre visibile. Seguendo questo procedimento si otterrà un collegamento pluricromatico perfettamente riconoscibile in quanto da una distanza ravvicinata si distingueranno le diverse stesure di colore, mentre da più lontano si percepirà un colore pressoché uniforme (fig. 3, fig. 4).

L'intervento d'integrazione a *selezione cromatica* è utilizzato anche per le opere con superfici dorate a foglia, nelle zone in cui si sia verificata la perdita totale sia dell'oro sia della sua preparazione, mentre non si utilizza dove si riscontrano solo abrasioni o consumazioni della foglia metallica.

Questo tipo d'intervento, pur non effettuando una nuova realizzazione materica dell'oro, che fra l'altro avrebbe una luminosità diversa da quella antica, mira a ottenere con il solo atto pittorico lo stesso l'effetto dell'oro. L'effetto si realizza con la stesura in piccole pennellate dei tre colori puri che lo compongono, accostate in modo tale da lasciare sempre visibile lo strato precedente. In successione si eseguirà pertanto una prima stesura molto fitta di giallo, cui seguiranno una di rosso e una di verde, con una trama stabilita in base alla vibrazione che l'oro circostante suggerirà. Eventualmente, secondo la tonalità, si potrà aggiungere una stesura di bruno trasparente.

### *Astrazione cromatica*

I colori che si usano nell'integrazione ad *astrazione cromatica* sono quelli della quadricromia: giallo, rosso, verde (o blu) e nero. Tali colori devono essere stesi in questa successione ed essere disposti in modo da realizzare un intreccio nel quale siano identificabili. La loro miscelazione, così come per la *selezione cromatica*, avviene nell'occhio dello spettatore, realizzando un collegamento policromatico ai colori esistenti.

Nella prima stesura di colore, il tratteggio deve essere molto fitto e sarà realizzato in giallo; il secondo tratteggio sarà realizzato in rosso (rosso/arancio secondo l'intonazione media cromatica ricavata dall'insieme dell'originale) e, affinché s'intrecci con il primo, dovrà essere steso leggermente obliquo rispetto al precedente, rimanendone però diviso e miscelandosi con esso, per sovrapposizione, solo nei punti di unione delle pennellate.

La terza stesura sarà tracciata anch'essa leggermente obliqua rispetto alla seconda, e sarà realizzata con il verde o con il blu a seconda delle tonalità suggerite dall'opera. In particolare, il blu si utilizzerà laddove sono presenti tonalità fredde, tendenti al grigio e all'azzurro, e quindi in dipinti dove vi sia abbondanza di rossi e di azzurri, mentre il verde dovrà essere preferito laddove sia presente una vibrazione cromatica più calda e più tendente verso il marrone.

Infine, la quarta e ultima stesura di tratteggio (anch'essa tracciata inclinata rispetto alla precedente) sarà realizzata con il nero.

I tratteggi non devono essere ottenuti con segmenti rigidi ma, al contrario, devono essere quanto più possibile morbidi e naturali, pur rimanendo sempre netti e ben leggibili. Per tale motivo andranno sempre realizzati a punta di pennello (con pennelli della migliore qualità tipo Winsor & Newton n.1-2).

L'orientamento dell'intreccio nel suo insieme dovrà essere valutato di volta in volta ma il risultato cromatico finale dovrà essere uguale in tutte le lacune presenti nell'opera.

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Entrambe le tecniche di integrazione a *selezione* e *astrazione cromatica*, in quanto ritocco pittorico, vanno sempre eseguite dopo le operazioni di pulitura dell'opera e di stuccatura delle lacune .

Nel caso si eseguano in una stessa opera interventi di integrazione a *selezione* e *astrazione*, questi ultimi vanno sempre eseguiti dopo aver effettuato l'integrazione delle lacune circoscritte, in quanto il tratteggio ad *astrazione* deve tener conto dei valori cromatici del dipinto nel suo insieme.

Attualmente l'integrazione ad *astrazione cromatica*, per la sua complessità e laboriosità esecutiva, non viene utilizzata molto frequentemente, soprattutto nel contesto delle pitture murali, dove spesso le lacune interessano aree molto vaste e sono inoltre per lo più ubicate a notevoli altezze. Nel campo delle pitture murali, pertanto, all'integrazione ad *astrazione* effettuata mediante tratteggi minuti viene preferito un tipo di integrazione a neutro realizzato mediante velature dei medesimi colori puri che verrebbero utilizzati nell'*astrazione*, ma stese in successione con grossi pennelli o con spugnature in modo da ottenere una sufficiente vibrazione cromatica.

Sia nell'*astrazione* che nella *selezione*, un aspetto importante da considerare nell'esecuzione dei tratteggi è costituito dal punto di vista da cui verrà vista l'opera una volta completato il restauro, per cui se la distanza dell'osservatore sarà molto ravvicinata, come ad esempio nel caso dei dipinti su tavola o su tela, le pennellate saranno generalmente più fitte rispetto ad un intervento di integrazione *in situ*, ubicato ad esempio su una volta.

Bisogna infine tener presente che qualsiasi tipo di integrazione pittorica è sempre affidato alla sensibilità e alla capacità dell'operatore, per cui, anche adottando uno stesso metodo, si possono avere enormi differenze nella realizzazione pratica dell'intervento. Per questo motivo è necessario, se non altro, che la reintegrazione sia eseguita esclusivamente da personale altamente specializzato, in grado non solo di effettuare il più correttamente possibile la valutazione cromatica e figurale dell'opera, ma anche di eseguire le pennellate con mano sicura, in modo che il tratto non risulti mai impastato e impreciso.

## ESPERIENZE

### *Selezione cromatica*

Firenze, Chiesa di Ognissanti, sagrestia, Taddeo Gaddi, *Crocifissione*, affresco.

Firenze, Museo di San Marco, Beato Angelico, *Madonna in trono e Santi*, affresco, selezione oro.

Firenze, Chiesa del Carmine, Cappella Brancacci, Masaccio, *Il Battesimo dei Neofiti*, affresco. Anno intervento 1989 e seguenti.

Arezzo, Chiesa di San Francesco, Piero della Francesca, *Leggenda della vera Croce*, affresco. Anno intervento 1992 e seguenti.

Monte San Savino (Arezzo), Santuario di Santa Maria delle Vertighe, Ridolfo del Ghirlandaio, *San Savino*, dipinto su tavola. Anno intervento 1998.

Fontanellato (Parma), Rocca San Vitale, Parmigianino, *Storie di Diana e Atteone*, dipinto murale. Anno intervento 1999.

Firenze, Palazzo Pitti, Loggetta dell'Allori, A. Allori, dipinto murale, Anno intervento 2002.

Firenze, Basilica di Santa Croce, Donatello, *Crocifisso*, scultura lignea. Anno intervento 2005.

Prato, Duomo, cappella Maggiore, Filippo Lippi, *Storie di Santo Stefano e San Giovanni Battista*, affresco. Anno intervento 2007.

Castel Fiorentino (Firenze), Biblioteca, Raccolta Comunale d'Arte, Benozzo Gozzoli, *Tabernacolo della Visitazione*, affresco staccato, Anno intervento 2008.

San Gimignano (Siena), Pinacoteca Musei Civici, Rinaldo da Siena, croce dipinta su tavola. Anno intervento 2008.

Firenze, Santa Maria Novella, Brunelleschi, *Crocifisso*, scultura lignea. Anno intervento 2008.  
 Verona, Basilica di San Zeno, Mantegna, *Trittico di San Zeno*, dipinto su tavola, piccola integrazione nel pannello centrale. Anno intervento 2009.  
 Firenze, Basilica di Santa Croce, cappella Maggiore, Agnolo Gaddi, *Leggenda della Vera Croce*, affresco. Anno intervento 2005- tuttora in corso.

#### *Astrazione cromatica*

Firenze, Museo dell'Opera di Santa Croce, Cimabue, *Crocifisso*, dipinto su tavola. Anno intervento 1968.  
 Firenze, Chiesa di Santa Croce, cappella Velluti, affresco. Anno intervento 1979.  
 Firenze, Santa Maria Novella, Botticelli, *Natività*, affresco staccato. Anno intervento 1981-82.  
 Firenze, Chiesa di Santa Croce, navata sinistra, ignoto del secolo XIV, *Madonna della Cintola*, Anno intervento 1982.  
 Firenze, Chiesa della SS. Annunziata, B. Franceschini detto il Volterrano, cappella Melz-Colloredo, Anno intervento 1982.  
 Firenze, Chiesa di Santa Croce, cappella Peruzzi, Giotto, *Storie di San Giovanni* (lunette), Anno intervento 1983.  
 Firenze, Chiesa di Santa Maria Novella, transetto, Buffalmacco (attr.), *Incoronazione della Vergine*, Anno intervento 1984.  
 Pompei, Giardino dipinto nella casa del bracciale d'oro, affresco. Anno intervento 1990.  
 Prato, Duomo, A. Gaddi, *Storie della Vergine*, affresco. Anno intervento 1999.  
 Firenze, Museo di Casa Martelli, Cosmè Tura, *San Luca Evangelista*, dipinto. Anno intervento 2000.  
 Andria (Bari), Santuario di Santa Maria dei Miracoli, interno della Grotta, affresco, Anno intervento 2001.  
 Bitonto (Bari), Museo diocesano, Collezione Marena, *San Francesco*, dipinto su tavola (sec. XII). Astrazione e selezione cromatica. Anno intervento 2010.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

A.A. V.V., *Lacuna. Riflessioni sulle esperienze dell'Opificio delle Pietre Dure*, 2004; Baldini U. 1993; Baldini U., Casazza O. (a cura di) 1983; Casazza O. 1992; Conti A. 1996.

A.A. V.V., *Lacuna. Riflessioni sulle esperienze dell'Opificio delle Pietre Dure*, Atti dei Convegni, Ferrara 7 aprile 2002 e 5 aprile 2003, Edifir, Firenze, 2004

Kunzelmann D., *Pictorial restoration: technique of integration of paint losses and their evolution of present day*, in *Colour Coded*, Edited by Carina Parraman, Bristol, 2010

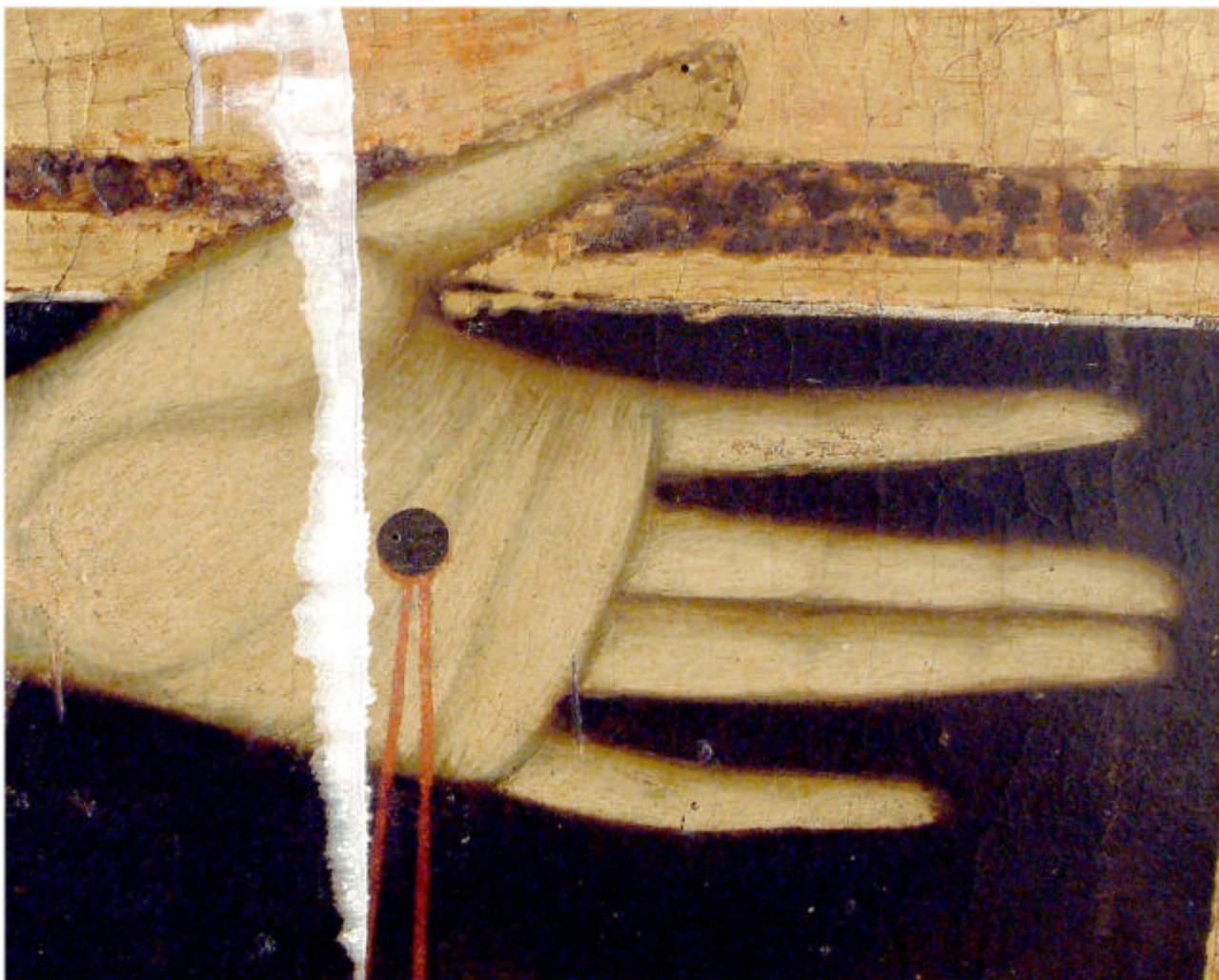


Fig. 1 - Rinaldo da Siena, croce dipinta su tavola. Particolare della mano prima dell'intervento di integrazione. (PRESENTI)



Fig. 2a - Rinaldo da Siena, croce dipinta su tavola. Particolare della mano dopo l'intervento di integrazione a selezione cromatica. (PRESENTI)



Fig. 2b - Particolare ingrandito della mano dove si individua perfettamente il tratteggio della selezione.  
(PRESENTI)

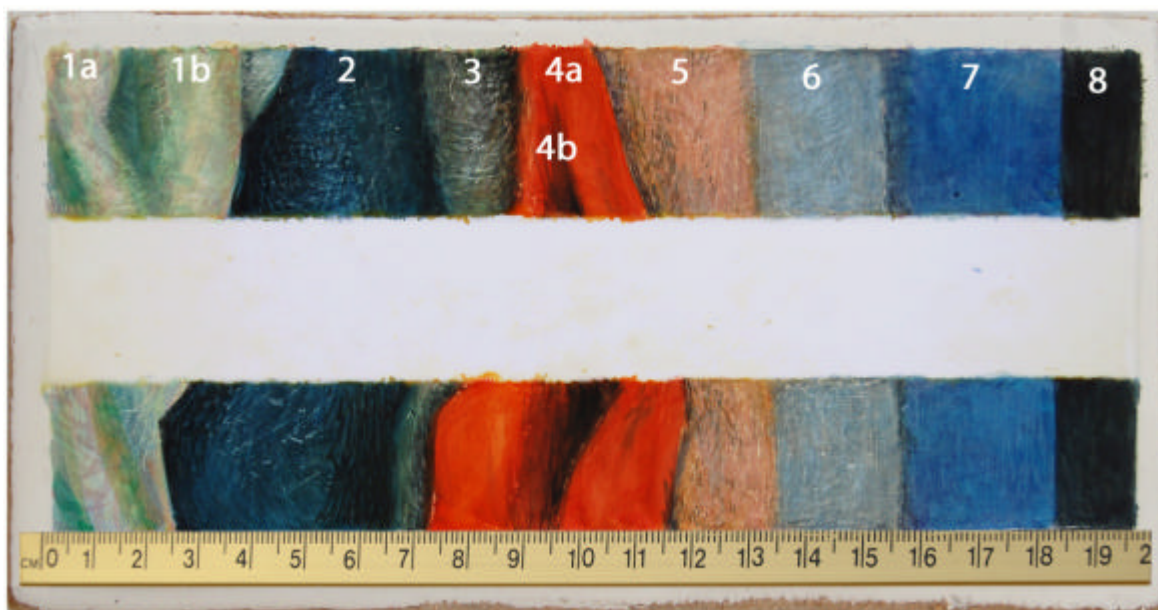


Fig. 3 - Campione su malta con varie realtà cromatiche e una fascia centrale priva di colore pronta per l'integrazione ad acquerello. (F. PELLEGRINO)

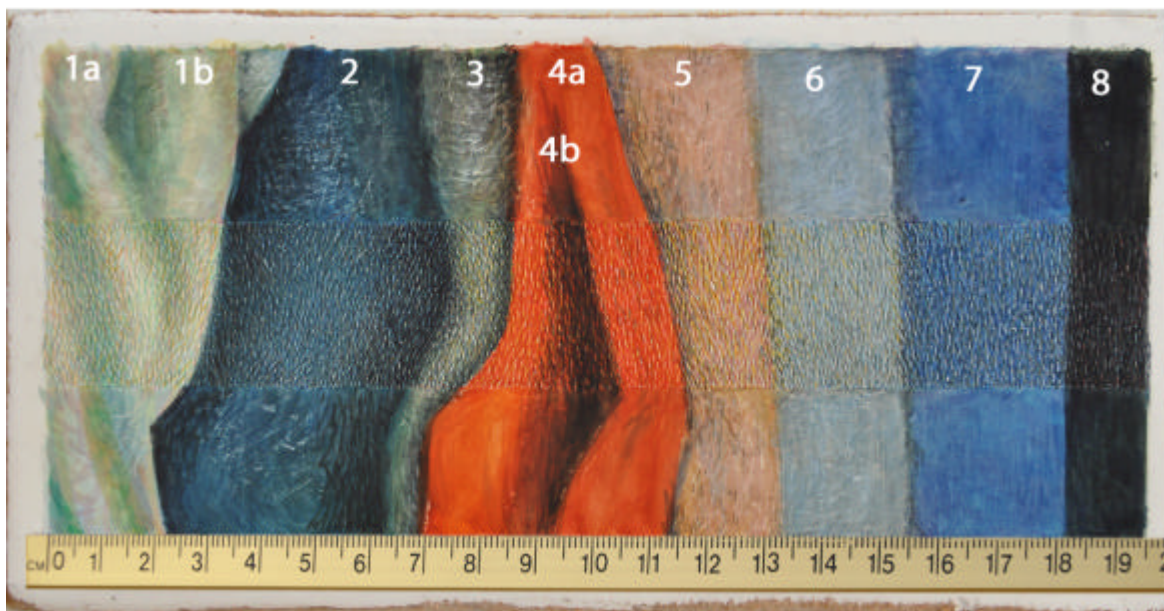


Fig. 4 - Integrazione a *selezione cromatica* della fascia centrale della tavoletta precedente. L'integrazione segue l'andamento e il chiaroscuro delle realtà cromatiche presenti, ed è ottenuta con la stesura in successione dei tratteggi indicati di seguito:

1a) giallo, verde, azzurro; 1b) giallo, verde, rosa, a texture diradata; 2) giallo, blu, azzurro, nero; 3) giallo, azzurro, verde; 4a) giallo, arancio, rosso; 4b) arancio, rosso, blu, nero; 5) giallo, rosa, azzurro, nero; 6) giallo, azzurro, nero; 7) giallo, azzurro, blu; 8) giallo, blu, rosso, nero.

Le stesure nei colori più scuri sono ripetute alternate fino a raggiungere le tonalità desiderate. (F. PELLEGRINO)



Fig. 5 - Santuario di Santa Maria dei Miracoli (Andria). Particolare della integrazione ad *astrazione cromatica* delle grandi lacune non ricostruibili presenti nell'affresco. (F. PELLEGRINO)





Fig. 6 - Sequenza dei tratteggi realizzati per ottenere l'integrazione ad *astrazione cromatica* raffigurata nella figura precedente. L'intreccio finale è ottenuto mediante le stesure leggermente incrociate tra loro dei seguenti colori: giallo, rosso/arancio, verde, nero. In questo caso è stato utilizzato il verde (e non il blu), in quanto l'affresco è caratterizzato da tonalità calde tendenti al marrone. (F. PELLEGRINO)

### Crediti fotografici

F. PELLEGRINO: Francesca Pellegrino-Restauro Opere d'Arte (Restauratrice diplomata OPD)

PRESENTI: Nadia Presenti- Conservazione e Restauro Opere d'Arte (Restauratrice diplomata OPD)

## INT 20 | INTEGRAZIONE PITTORICA A TRATTEGGIO

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica dell'integrazione "a tratteggio" è stata elaborata negli anni quaranta del secolo scorso per risolvere il problema delle lacune, sulla base delle teorie formulate da Cesare Brandi, fondatore e direttore dal 1936 al 1959 dell'Istituto centrale del restauro, nella necessità di salvare il principio scientifico del restauro, che vieta qualsiasi aggiunta che si possa confondere con l'originale.

Questa tecnica è stata utilizzata per la prima volta nel tentativo di restituire una continuità ai frammenti recuperati degli affreschi della cappella Ovetari nella chiesa degli Eremitani di Padova, andati distrutti da un violento bombardamento nel marzo del 1944.

Essa consiste nel reintegrare le porzioni di pellicola pittorica mancante con un tratteggio sottile ma ben visibile, fatto ad acquarello, con il quale si può arrivare a rendere anche il modellato, con un effetto che, da vicino, ricorda la tecnica dell'arazzo.

Questo sottile disegno, per cui il tratto della pennellata rimane sempre verticale e diviso, permette di raggiungere, a una certa distanza, qualsiasi tonalità, sia profonda che leggerissima, salvandone tutte le sfumature meglio che qualsiasi altro colore dato a impasto o a corpo.

Questa tecnica permette inoltre di non turbare il cromatismo del dipinto con l'aggiunta delle cosiddette "zone neutre" che, generalmente, finiscono sempre per interferire con le tonalità originarie. Dove però le lacune della pittura siano così grandi da costringere il restauratore a inventare un nuovo cromatismo, allora – in possesso di documenti fotografici cui attenersi – in alcuni casi è possibile riprodurre egualmente a tratteggio, sulla base di un tono fondamentalmente unico, la plastica del dipinto, ricostruendo i passaggi fondamentali del modellato.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica è stata applicata, e lo è tuttora, su ogni genere di superficie dipinta, come tele, tavole, muri o altri supporti, e su pellicole pittoriche come oli, tempere, affreschi.

Tuttavia, nonostante alcuni restauratori esprimano dubbi, spesso fondati, sull'applicabilità generalizzata di tale metodica, essa conserva una sua validità anche in architettura, quando le lacune riguardano porzioni di superfici murarie decorate con motivi geometrici ripetitivi o con elementi ornamentali semplici. In questi casi, la necessità d'integrare le lacune d'intonaco per fini protettivi può comportare anche quella di dover scegliere il genere di finitura cromatica; e perciò l'integrazione pittorica mediante la tecnica a tratteggio può porsi come una delle scelte praticabili. In ogni caso, l'adozione di questo metodo comporta approfondite considerazioni preliminari sulla sua opportunità, visto che all'integrazione pittorica esistono alternative tecniche, meno invasive, che permettono opzioni diverse nel trattamento delle lacune. A tale proposito, lo stesso Brandi, considera teoricamente e praticamente accettabili altre vie, almeno in talune circostanze, come quella di lasciare completamente visibile la lacuna, oppure di conferirle un colore omogeneo che sia contrapposto alla pittura (v. anche INT19 - Integrazione di lacune pittoriche mediante selezione e astrazione cromatica). Il medesimo problema è presente, con le varianti delle soluzioni possibili, nel trattamento delle lacune nelle superfici musive (v. INT16 - Integrazione lacune con tessere, INT17 - Integrazione lacune con impasti).

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

In generale, la tecnica dell'integrazione a tratteggio, che comunemente è conosciuta come "rigatino", è applicata su tutti i supporti di superfici dipinte come legno, ceramica, murature ecc.

Per l'integrazione della pellicola pittorica di affreschi, tempere e tinte a calce si utilizzano prevalentemente pigmenti colorati disciolti in acqua, perché la loro applicazione è semplice, sono trasparenti, facilmente eliminabili e stabili nel tempo.

La realizzazione di un'integrazione a tratteggio prevede, anzitutto, la preparazione del fondo della lacuna, che può interessare la ricostruzione dello strato d'intonaco, qualora sia andato perduto, o il suo consolidamento, nel caso presenti fenomeni di disgregazione e/o di distacco, oppure, infine, l'esecuzione di una velatura uniforme che faccia da base cromatica all'integrazione pittorica.

I pigmenti impiegati devono essere rigorosamente scelti in funzione della composizione chimica, della resistenza all'invecchiamento, alla luce e agli agenti atmosferici.

I pigmenti minerali utilizzati sono divisi in:

- colori brillanti: rosso di cadmio, verde smeraldo, blu oltremare, nero avorio;
- terre: rosso inglese, rosso indiano, terra verde, ocra gialla, terra di Siena naturale e terra di Siena bruciata, terra d'ombra naturale e terra d'ombra bruciata.

Con questi colori base vengono composti tutti i toni necessari. Trattandosi di colori ad acquarello, il bianco non fa parte generalmente della tavolozza, perché l'intensità delle tinte si genera per successive velature e per trasparenze: i toni luminosi, dunque, non sono ottenuti con il bianco ma con opportune diluizioni, oppure lasciando trasparire completamente il fondo chiaro di preparazione. Talvolta, infatti, per ottenere particolari effetti di brillantezza e trasparenza si può stendere prima dell'integrazione a tratteggio una mano di bianco di calce molto diluito.

È essenziale utilizzare solo colori e pennelli di prima qualità.

Secondo i criteri generalmente seguiti anche negli interventi su elementi figurativi, l'integrazione "a tratteggio" è realizzata tracciando una serie di piccoli tratti che integrano i piani e le forme della decorazione dipinta mancante, e saranno:

- a) verticali se si deve ricostruire una campitura che rappresenta una superficie piana;
- b) obliqui se nell'elemento prevale l'obliquità, come la piega di un manto;
- c) orizzontali se si deve integrare una parte in cui prevale l'orizzontalità: ad esempio, una cornice o un elemento architettonico.

Per ottenere dei tratti netti senza discontinuità e senza formazione di gocce si dovranno osservare i seguenti accorgimenti:

- 1) il pennello deve essere usato di punta come se fosse una penna;
- 2) il pennello dovrà raccogliere una quantità di colore sufficiente per tracciare un tratto pieno ma senza colature di colore. A questo scopo, una volta attinto il colore, si passerà il pennello su di un materiale assorbente, come ad esempio dell'ovatta leggermente inumidita, fissato alla tavolozza o nelle sue vicinanze. Quest'operazione va ripetuta ogni volta che si prende il colore, serve per dosare il carico del pennello e per eliminare l'eventuale eccedenza, oltre che per ridare alle setole, con un movimento a spirale, la punta perduta durante il prelievo del colore dalla tavolozza;
- 3) per compiere il movimento corretto della mano è spesso consigliato l'uso di un poggiamano da pittore che mantiene il quarto superiore dell'avambraccio immobile, e permette di far tracciare alla punta del pennello una linea di colore uniforme, più spessa nella parte iniziale e "appuntita" in quella finale (fig. 1).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nell'integrazione delle pitture murali sono stati utilizzati recentemente colori in polvere stemperati in acqua e legati con caseinato d'ammonio in soluzione al 4% con acqua distillata.

I vantaggi del tratteggio diminuiscono con l'aumentare delle superfici da reintegrare. Più le superfici sono estese e caratterizzate da forme poco articolate, maggiore è l'imprecisione dell'integrazione a tratteggio.

“È essenziale, d'altra parte, che la ricostruzione a tratteggio si limiti alle lacune dai contorni nettamente definiti, e che non debordi mai sulle parti consumate dell'originale, che dovranno essere trattate a velature. Il tratteggio in effetti, deve essere considerato come un sostituto della

pellicola pittorica mancante, mentre le velature sono un correttivo della pellicola pittorica usurata” (L. Mora, P. Mora, P. Philippot, *La conservation des peintures murales*, 1977).

### ESPERIENZE

Villa di Papa Giulio III a Roma, reintegrazione a tratteggio, eseguita con pigmenti stabili ad acquerello Windsor and Newton, delle lacune stuccate dei dipinti murali del ninfeo. Anno intervento 1989.

Villa Carpegna a Roma, integrazione a tratteggio con colori ad acquerello della decorazione ad affresco del “saloncino dipinto alla pompeiana”. Anno intervento 1988-89.

Palazzo Antonini a Udine, risarcitura a tratteggio delle superfici degli intonaci, molto diverse per colore e tessitura e tali da creare delle figure di disturbo, per ridurne l’impatto percettivo. Anno intervento 2004

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Casazza O. 1981; Mora L., Mora P., Philippot P. 1999, Botticielli G., Botticielli S., 2008.



Figura 1 • Integrazione di una lacuna in un dipinto murale, con la tecnica del tratteggio. A sinistra, veduta d’insieme del dipinto integrato; a destra, dettaglio dell’intervento. v. **Tavv.**

# INT 21 CONNESSIONE DI PARTI SEPARATE MEDIANTE CHIODATURA

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La chiodatura è un sistema di assemblaggio permanente di due o più pezzi o elementi, basato su connessioni realizzate mediante l'inserimento a forza di chiodi al loro interno.

Le chiodature appartengono alla classe delle unioni con elementi meccanici di tipo puntuale che consentono il trasferimento dell'azione sollecitante da un pezzo all'altro. In questo caso, la resistenza del collegamento è legata alla resistenza al rifollamento (fenomeni di plasticizzazione del materiale) delle pareti del foro a seguito dell'azione meccanica degli elementi metallici sul materiale e allo snervamento del gambo del connettore. La resistenza al rifollamento dipende dalle proprietà meccaniche del legno nonché dalla dimensione del foro, dall'eventuale pre-foratura, dall'angolo tra direzione della forza e dalla direzione della fibratura del legno.

Le unioni con chiodi presentano diversi vantaggi rispetto ad altri sistemi di connessione (bulloni, perni, spinotti, piastre) in quanto risultano meno costosi, possono essere realizzati con materiale migliore, causano un minore indebolimento degli elementi da collegare e possono essere messi in opera con relativa facilità, grazie alle macchine chiodatrici. Tuttavia in caso di elevate sollecitazioni, il collegamento può richiedere un elevato numero di chiodi e condizionare il dimensionamento del giunto e le dimensioni dei pezzi da connettere.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

La chiodatura è utilizzata in molti settori dell'attività umana, dalle costruzioni edili e di apparecchiature, alla falegnameria, alla tappezzeria, all'ebanisteria. Essa ha trovato largo impiego sia nella costruzione di nuovi manufatti sia nella riparazione di manufatti interessati da fenomeni di rottura, distacco di parti e frammenti ecc.

Nel campo delle costruzioni edilizie tuttavia, essa è stata progressivamente affiancata e, in molti casi, sostituita da altri sistemi di giunzione che, nel tempo, si sono dimostrati più affidabili. Nelle costruzioni metalliche, ad esempio, l'utilizzo della chiodatura si è pressoché estinto a vantaggio della saldatura che offre oggi maggiori garanzie di durata e mantiene un ruolo residuale nelle riparazioni.

Anche nella carpenteria lignea la chiodatura è stata quasi completamente abbandonata a favore dell'incollaggio, dell'impernatura, o della bullonatura, sebbene trovi ancora largo impiego nel collegamento di elementi abitualmente non soggetti a sollecitazioni elevate. Ad esempio, nelle coperture e nei solai a struttura lignea, i chiodi sono utilizzati per fissare l'orditura media e minuta e i materiali isolanti; nei pavimenti lignei non incollati per collegare i listelli tra loro; nelle finestre, sono impiegati per il fissaggio dei listelli fermavetri o dei vetri stessi. Elementi lignei a gambo cilindrico (spinotti) sono tuttora impiegati nella riparazione e nel restauro di arredi fissi o mobili, o di manufatti edilizi di pregio, quali serramenti, boiserie, etc.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Sebbene il principio funzionale sia il medesimo, le chiodature sono realizzate seguendo modalità differenti in relazione ai materiali da unire.

I collegamenti chiodati richiedono, per avere capacità portante, un numero minimo di chiodi, maggiore o uguale a due. Inoltre, per svolgere efficacemente la loro funzione, le chiodature devono assicurare una distribuzione degli sforzi bilanciata, che dipende dalle proprietà di rigidità

e duttilità dei connettori, dalla deformabilità degli elementi da collegare, dalla posizione dei collegamenti rispetto alle sollecitazioni.

Per i manufatti lignei, oggi sono disponibili chiodatrici elettriche o pneumatiche per inserire i chiodi negli elementi da connettere, riducendo in tal modo la necessità di pre-foratura. Essa viene praticata per aumentare l'efficacia del giunto chiodato, aumentare la resistenza al rifollamento, diminuire l'interasse tra i chiodi e lo scorrimento iniziale della connessione. La pre-foratura è tuttavia necessaria qualora si debba realizzare una connessione chiodata con connettori di diametro elevato (maggiore o uguale a 6 mm), con un numero cospicuo di chiodi o quando questi debbano essere infissi in elementi da legnami con massa volumica elevata (ad es. legno di latifoglie). Nel caso di elementi di spessore limitato, la pre-foratura evita il rischio di fessurazione del legno durante la chiodatura. I fori di pre-foratura hanno in genere un diametro pari all'80% del diametro dei chiodi che saranno utilizzati.

I chiodi da legno si distinguono per la sezione del gambo (tonda o quadrata) e per la sagoma del gambo (liscia o corrugata). La testa del chiodo è in genere circolare con diametro doppio rispetto a quello del gambo. I chiodi lisci a sezione circolare sono i più diffusi anche se oggi si vanno diffondendo i chiodi ad aderenza migliorata (con scanalatura anulare o elicoidale) che migliora il comportamento al taglio e alle sollecitazioni di estrazione.

Le chiodature della carpenteria metallica possono essere suddivise in chiodature di forza e di tenuta. Le prime sono impiegate per unire tra loro elementi strutturali che devono resistere agli sforzi agenti nel piano delle lamiere congiunte. Le seconde devono garantire soprattutto la tenuta dei recipienti sottoposti ad alta o bassa pressione, quali caldaie, serbatoi di gas liquefatti, contenitori di liquidi, camini. Molto spesso, tuttavia, le chiodature sono contemporaneamente di tenuta e di forza.

Nel settore delle costruzioni metalliche, la chiodatura può essere realizzata: a) a caldo o, b) a freddo.

a) Nella chiodatura a caldo, dopo aver praticato i fori negli elementi da unire, in genere ricorrendo all'uso del trapano, si portano i chiodi al calor rosso, s'inseriscono nei fori e, quindi, si ribatte la punta sporgente del gambo, ottenendone una seconda testa, per deformazione plastica del metallo che blocca il chiodo e l'unione. Durante la ribaditura (o ribattitura), la testa del chiodo è appoggiata a uno stampo e la nuova testa è formata mediante l'impiego di attrezzature che variano in base al luogo ove si opera e al tipo di lavoro da eseguire: in cantiere, si fa attualmente uso di martelli pneumatici, che hanno sostituito i martelli manuali, mentre in officina si ricorre sovente alle presse idrauliche. La ribaditura deve essere completata prima che la temperatura del chiodo scenda sotto i 600 °C. In fase di raffreddamento, il chiodo si ritira e nel gambo si genera una tensione che induce negli elementi collegati una compressione, trasmessa dalle teste del chiodo. Quest'ultimo si trova quindi sottoposto a una sollecitazione di trazione mentre gli elementi collegati sono soggetti a compressione, e ciò rende più salda e serrata la giunzione.

b) Nel caso di chiodature con ribaditura a freddo, il metallo del chiodo non subisce invece alcun ritiro e l'azione di compressione sulle lamiere è piuttosto limitata, cosicché in questo tipo d'unione la trasmissione degli sforzi avviene solo dalle pareti del foro al gambo del chiodo, il quale è sollecitato prevalentemente da sforzi di taglio, con conseguenti rischi di rottura e una minore saldezza della giunzione.

I chiodi possono essere inseriti negli elementi da unire secondo varie direzioni e la scelta del tipo di disposizione varia in relazione allo scopo della chiodatura e al tipo d'unione da realizzare tra gli elementi interessati, oltre che, talvolta, in relazione alle condizioni operative che possono limitare l'accessibilità alle parti da unire e la manovrabilità degli strumenti impiegati. Le giunzioni possono essere: a semplice sovrapposizione e a coprigiunto semplice o doppio, mentre le disposizioni di chiodi più frequenti sono a fila semplice, doppia o tripla, a file allineate (chiodatura a catena) o a file sfalsate (chiodatura a quince). Inoltre il chiodo può essere infisso in senso normale alle superfici esterne degli elementi da unire o secondo varie inclinazioni (il tipico caso di chiodatura inclinata è quella tradizionale, definita chiodatura "a tradimento").

Dal punto di vista merceologico, i chiodi si distinguono in chiodi da falegname, da carpentiere, da tappezziere, per metallo. In base alla funzione, la forma del gambo e della testa può variare, tuttavia attualmente sono maggiormente diffusi i chiodi a gambo cilindrico e sezione circolare, sebbene siano in uso anche chiodi a sezione quadrata. Il gambo può essere liscio o corrugato. In quest'ultimo caso si parla di chiodi ad aderenza migliorata, i cui gambi sono provvisti di una scanalatura anulare o elicoidale. Anticamente, i chiodi erano ottenuti per forgiatura a mano di ferro dolce e avevano pertanto corpo prismatico e sezione trasversale poligonale.

Per le chiodature metalliche, in genere i chiodi sono d'acciaio, ottone, rame e alluminio, in relazione ai materiali di cui sono costituiti i pezzi da unire: ad esempio, i chiodi per l'unione a caldo di elementi metallici sono realizzati in acciaio extradolce a elevato allungamento, mentre per le chiodature a freddo si utilizzano rivetti o ribattini in alluminio, ottone o rame.

Per le chiodature tra elementi metallici, le norme UNI distinguono i *chiodi a testa tonda larga* (UNI 134), per quelle a tenuta di pressione; i *chiodi a testa tonda larga con bordo* (UNI 135), per recipienti a tenuta di pressione; i *chiodi a testa tonda stretta* (UNI 136), adatti alle opere di carpenteria metallica; i *chiodi a testa tronco-conica* (UNI 137), per la carpenteria navale (da inserirsi in fori predisposti all'uopo mediante trapanatura); i *chiodi a testa tronco-conica e colletto* (UNI 138), sempre per opere di carpenteria navale (ma inseriti in fori ottenuti per punzonatura); i *chiodi a testa svasata piana* (UNI 139) e *a testa svasata con calotta* (UNI 140), adatti sia alla carpenteria edilizia sia alle costruzioni navali.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'uso della chiodatura per la riparazione di giunzioni chiodate può richiedere alcune attenzioni in quanto, oltre al chiodo, possono essere danneggiati anche i lembi del foro, per cui, prima dell'inserimento del nuovo chiodo può essere necessario intervenire intorno ai fori, per rinsaldarli e per renderli nuovamente efficienti. In altri casi, la chiodatura è utilizzata per congiungere parti accidentalmente spezzate e distaccate, anche là ove non esistevano preventive chiodature. In questi casi, la realizzabilità della chiodatura deve esser valutata in relazione al tipo di manufatti, ai loro materiali e alle condizioni di conservazione in cui versano, poiché solo se salde e sane le parti distaccate possono sopportare il trauma della chiodatura e le conseguenti tensioni che i chiodi generano. In particolare, occorre tener conto che le unioni chiodate indeboliscono la sezione degli elementi connessi e possono ingenerare meccanismi di rottura fragili (a fenditura, estrazione di tasselli in corrispondenza dei connettori, strappo di porzione di elemento in corrispondenza di un gruppo di connettori, rottura per trazione) per evitare i quali occorre rispettare spaziature e distanze minime tra i connettori e di questi dai bordi dell'elemento da connettere, oltre a modalità specifiche di posizionamento dei chiodi (normativa EN1995). Inoltre, la chiodatura può danneggiare o interferire con finiture e lavorazioni superficiali, danneggiandole o interrompendole. Si può allora ricorrere ad altri tipi di giunzione, assicurate ad esempio da adesivi di varia natura.

#### **ESPERIENZE**

La chiodatura è utilizzata in diversi campi di attività, sia per la produzione di nuovi manufatti sia per la riparazione di oggetti esistenti e variamente danneggiati, a iniziare dalla carpenteria edile metallica e lignea per giungere al restauro dei mobili, alla liuteria ma anche al restauro di manufatti in avorio, osso o realizzati con metalli e leghe di varia natura.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AMATI F., *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Di Baio Editore, Milano, 1993.

AA.VV., *Rinnovare i mobili*, CDE Mondadori, Milano, 1986.

PIAZZA M., TOMASI R., MODENA R., *Strutture in Legno. Materiale, calcolo e progetto secondo le nuove normative europee*, Hoepli, Milano, 2005.

RODD J., *Restauro e manutenzione dei mobili antichi*, Fratelli Melita Editori, 1993.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Un manufatto ligneo può presentare mancanze e discontinuità, limitate o cospicue, localizzate o diffuse, che ne alterano le forme o riducono, del tutto o in parte, la sua resistenza.

Esso può inoltre presentare parti in cui il materiale è così degradato da impedirgli di assolvere alle funzioni cui era destinato. In quest'ultimo caso, se non è possibile o conveniente, in relazione al tipo di manufatto, agli sforzi cui sarà sottoposta la parte da consolidare, o al livello di degrado raggiunto, consolidare le parti ammalorate mediante impregnazioni con sostanze consolidanti (v. CSD03 - Consolidamento con iniezioni, CSD04 - Consolidamento mediante impregnazione con resine, CSD05 - Consolidamento mediante impregnazione sottovuoto, CSD28 - Consolidamento mediante fleboclisi), tali parti possono essere sostituite utilizzando uno o più tasselli di materiale sano (fig. 1, fig. 2).

Questa tecnica consente dunque di "riparare" gli oggetti di legno integrandone le mancanze, prodotte dal degrado o dalla perdita di parti con elementi lignei, generalmente di forma prismatica (detti "tasselli"), resi solidali con il manufatto mediante incollaggio oppure mediante l'inserimento di uno o più perni di collegamento tra la porzione aggiunta e la parte sana dell'oggetto (v. CSD29 - Unione di parti lignee con spinotti).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica è utilizzata per la riparazione di manufatti lignei di forme e dimensioni diverse, dai pezzi d'arredo, fissi o mobili, o dei loro rivestimenti, quali le lastronature, le impiallacciate o le tarsie, alle tavole dipinte o alle sculture, ma anche per l'integrazione di elementi strutturali, quali travi o capriate.

Con alcune varianti (vedi infra) la tecnica può essere applicata anche alle risarcitura delle fenditure da ritiro o deformazione dei dipinti su tavola o di altri manufatti lignei costituiti da tavolame, o all'integrazione di mancanze estese, purché non troppo profonde o irregolari.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Nel caso in cui sia possibile mantenere alcune porzioni del materiale degradato, consolidandole per impregnazione, è opportuno eseguire tale intervento prima di procedere all'integrazione con tasselli, così da rinforzare la parte degradata ed evitare di danneggiarla durante l'intervento di integrazione. Eventuali elementi decorativi non perfettamente ancorati all'oggetto da integrare dovranno essere fissati e protetti, specie nel caso di rivestimenti continui quali le impiallacciate o le tarsie. Eventuali elementi aggiunti o decorazioni puntuali più facilmente separabili dall'oggetto da trattare senza traumi per entrambi, come maniglie, borchie, festoni, ecc., se meno rischioso per la loro conservazione, potranno essere rimossi e riposizionati ad integrazione completata.

Qualora si debba procedere all'integrazione di rivestimenti lacunosi o danneggiati e anche il corpo del manufatto richieda interventi di consolidamento o integrazione, è consigliabile procedere prima all'esecuzione degli eventuali interventi strutturali, prevedendo opere provvisorie, quali fissaggi e velature delle porzioni di rivestimento in fase di distacco o danneggiate, e solo successivamente



operare sul rivestimento. Ove le porzioni di rivestimento confinanti con le parti da trattare presentino fenomeni di sollevamento o distacchi, è opportuno provvedere alla loro riadesione prima di procedere all'integrazione.

Schematicamente, l'esecuzione dell'intervento prevede le seguenti operazioni fondamentali:

1. per manufatti complessi, costituiti da molte parti tra loro diversamente assemblate, può essere necessario provvedere al loro smontaggio (v. SMG02 - Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei) parziale o completo, prima di procedere all'intervento. Nel caso si debba operare su manufatti dipinti composti da più assi riunite insieme, con interventi che comportano anche lo smontaggio delle traverse, è opportuno eseguire anzitutto il risanamento delle fenditure e delle giunture tra le assi per evitare che, una volta libere, si dissestino, causando cadute di colore.

2. Occorre quindi individuare la parte danneggiata da rimuovere o il margine di discontinuità da regolarizzare e tracciare sulla superficie dell'elemento da riparare il disegno del taglio che si intende praticare, cercando di minimizzare la rimozione di materiale sano. Tale disegno è riprodotto su un foglio di carta o di acetato che fornisce così il modello per la preparazione del tassello.

3. Si procede all'asportazione della parte ammalorata, se ancora in posto, e alla pulitura dell'incavo esistente o praticato con la rimozione della porzione degradata..

4. Da un pezzo di legno avente caratteristiche fisiche e meccaniche simili a quelle del legno dell'oggetto da integrare, si ricava il tassello, utilizzando il "modello" realizzato in precedenza, avendo cura che le fibre del tassello siano disposte parallelamente a quelle dell'elemento da integrare (fig. 3, fig. 4). I tasselli devono essere ricavati da legno stagionato e proveniente dalla sezione radiale di un tronco per ridurre al minimo le deformazioni.

5. Il tassello deve essere posto in corrispondenza dello scasso o della mancanza da colmare, per verificare la corrispondenza tra le superfici di contatto; se l'aderenza non è completa è necessario modificare le facce del tassello, affinché combacino perfettamente (fig. 5).

6. si pulisce accuratamente l'incavo praticato dalle impurità e dai residui legnosi, per favorire l'adesione del collante.

6. È ora possibile incollare il tassello all'oggetto, cospargendo con l'adesivo i suoi lembi e quelli della lacuna da integrare, provvedendo a rimuovere eventuali residui di adesivo che fossero fuoriusciti dai giunti della tassellatura e mantenendo in posizione il tassello con molle o morsetti. È buona norma interporre tra la superficie del legno e quella della morsa un pezzo di legno o di altro materiale, ad esempio sughero o compensato, per evitare di danneggiare l'elemento.

7. Ad asciugatura del collante avvenuta, si regolarizza la superficie esterna del tassello, portandolo allo stesso livello della superficie integra del manufatto, per mezzo di pialletti, scalpelli, raspe, lame raschianti e carte abrasive.

8. Si può poi procedere agli altri interventi eventualmente necessari, quali la disinfestazione, la pulitura e la protezione finale del manufatto riparato (fig. 6, fig. 7).

Nel caso si intervenga su impiallacciate o tarsie, i tasselli saranno ricavati da un piallaccio del medesimo legno del rivestimento da integrare, avendo cura di selezionarlo con uno spessore pari a quello già in opera. Se questo non fosse possibile, considerato che i piallacci antichi avevano in genere spessori maggiori di quelli attuali, sarà necessario aver cura di minimizzare la discontinuità tra la parte aggiunta e il rivestimento esistente (fig. 8, fig. 9, fig. 10, fig. 11).

In genere, per l'incollaggio, sono preferite le colle sintetiche, poiché quelle di origine animale possono favorire le infestazioni da microrganismi. Nel caso di consolidamenti di manufatti che svolgono funzioni strutturali o che sono sottoposti a considerevoli sforzi, si ricorre ad adesivi epossidici.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per gli elementi di legno destinati a portare il peso proprio o un modesto carico esterno, l'incollaggio è sufficiente, in quanto gli adesivi possiedono un'adeguata resistenza a trazione; ma per le parti sottoposte a trazione o flessione cospicue, può essere consigliabile o necessario l'inserimento di perni di collegamento (v. RCP01 - Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi) o la realizzazione di piastre, bandelle, o staffe metalliche (v. CSD45 - Rinforzo con protesi in betoncino epossidico armato, CSD47 - Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche, CSD48 - Miglioramento di una trave mediante mensole, appoggi supplementari, CSD49 - Ripristino delle giunzioni ai nodi di strutture lignee). Se il manufatto da integrare è rivestito da un'impiallacciatura, occorre che il tassello abbia uno spessore inferiore (di una quantità pari allo spessore della sfoglia esterna) così da consentire il mantenimento del rivestimento o la integrazione successiva. Se il rivestimento non è degradato e si deve integrare o sostituire una porzione della struttura, può essere preferibile non rimuovere completamente la parte danneggiata ma mantenerne una porzione limitata, alla quale aderisce il rivestimento, per evitare che questo, privato di sostegno, resti indebolito e, nel corso della riparazione, si danneggi.

Se è necessario integrare spigoli di elementi, anziché mancanze all'interno di piani o superfici regolari, occorre migliorare l'aggancio tra l'elemento da riparare e i tasselli aggiunti; ciò si ottiene generalmente con la modellazione a cuneo delle parti terminali dei tasselli e con la sagomatura a V della parte in cui vanno alloggiati i tasselli, in modo da avere una superficie su cui l'adesivo faccia buona presa. Inoltre, adottando la forma a cuneo, si aumenta la superficie a disposizione per l'incollaggio.

Quando si tratta di sostituire o rifare parti danneggiate, occorre prima asportare la porzione degradata, ottenendo una cavità che va successivamente suturata con i tasselli di legno, seguendo le procedure operative già descritte. Come collante strutturale, per rendere gli elementi lignei di nuovo inserimento solidali tra loro e con il substrato, sono usualmente utilizzate resine epossidiche.

Se la lacuna è estesa, è preferibile ricorrere all'inserimento di più tasselli di piccole dimensioni affiancati l'uno all'altro. In questo modo è possibile ridurre le dimensioni dei tasselli, facilitando la realizzazione di elementi privi di difetti e riducendo al minimo il pericolo di torsioni o di movimenti dovuti alla disomogeneità delle diverse parti. Infatti, è relativamente facile disporre di pezzi di legno di piccole dimensioni e privi di difetti. Impiegando molti piccoli ritagli, anziché un elemento unico più grande, le tensioni e i movimenti dovuti a eventuali deformazioni del materiale integrativo sono significativamente ridotti. In liuteria, ad esempio, le dimensioni dei tasselli non superano quelle dello spessore di un anello d'accrescimento, affinché gli elementi aggiunti non interferiscano con le caratteristiche acustiche del legno. Questa variante della tecnica è nota nel settore del restauro ligneo come "integrazione a parquet". In questi casi, la mancanza viene integrata inserendo i tasselli, in genere di forma parallelepipedica, collocandoli a giunti sfalsati, fino a riempire completamente l'incavo, preventivamente regolarizzato. I tasselli destinati a risarcire le zone vicine ai bordi della lacuna sono sagomati affinché si adattino allo spazio residuo da occupare (fig. 12).

Anche in questo caso è consigliabile inserire i tasselli in modo che la loro venatura sia orientata nella stessa direzione di quella della porzione limitrofa di manufatto da integrare, per evitare che insorgano tensioni dannose tra quest'ultima parte e la nuova inserzione.

In genere, i tasselli impiegati per colmare la lacuna sono disposti in un unico strato, ma è anche possibile eseguire integrazioni realizzando più strati sovrapposti, se la profondità della lacuna lo richiede. In questo caso, i tasselli dei diversi strati devono essere sfalsati tra loro in ogni direzione e su ogni piano, mantenendo però la loro venatura orientata sempre nello stesso senso di quella del pezzo da integrare.

Questa tecnica è impiegata anche nell'integrazione di mancanze e nella sostituzione di porzioni ammalorate di elementi lignei di grandi dimensioni, come le travi dei solai o delle coperture. A questo scopo si utilizzano tuttavia tasselli lignei di dimensioni maggiori rispetto a quelle degli elementi impiegati per integrare piccole lacune in oggetti di piccole o medie dimensioni (v. CSD52 - Sostituzione di legno con sostruzione di mattoncini di legno).

Nel caso dell'integrazione con tasselli affiancati, talvolta, per aumentare la superficie di incollaggio, le facce laterali degli elementi sono sagomate in modo che la sezione trasversale di ogni tassello

assuma una forma simile a una Z inclinata, che consente anche di incastrare parzialmente tra loro i tasselli al momento dell'impiego.

Modificando la sezione del tassello da rettangolare a triangolare, è possibile applicare questa tecnica alla risarcitura di fenditure da ritiro o deformazione e delle giunture tra le tavole di manufatti realizzati con tavolame. Questo sistema di risarcitura delle fessure consente di limitare la perdita di materia originale, poiché la sezione dei tasselli si avvicina alla loro forma naturale; inoltre, l'uso di elementi di tale forma non dovrebbe indurre tensioni ulteriori nel manufatto, salvo il caso in cui questa tecnica sia impiegata per il raddrizzamento di tavole imbarcate.

In questo caso, si praticano al loro interno alcune incisioni di ampiezza leggermente inferiore alla sezione dei cunei impiegati per la loro chiusura, in modo che questi ultimi, all'atto dell'inserimento, si facciano spazio allargando la sezione della discontinuità esistente e riducendo in tal modo la curvatura dell'asse (fig. 13).

L'applicazione della tecnica per tale scopo si è tuttavia spesso rivelata dannosa per gli strati di colore e di preparazione eventualmente presenti sulla faccia superiore delle assi, in quanto le pellicole pittoriche, al momento della riduzione in piano della tavola, a causa della loro minore elasticità, si fessurano più facilmente e possono anche staccarsi dal supporto.

## ESPERIENZE

Numerosi manufatti lignei sono stati sottoposti a integrazioni con tasselli. Tra questi si segnalano:

Montalcino (SI), museo civico e diocesano d'arte sacra. Polittico.

Roma, Palazzo del Quirinale. Seggioloni del "Finimento Pisani".

Montici (FI), chiesa di S. Margherita. Ancona raffigurante la "Vergine con il Bambino in trono con due Sante".

Monza (MI), Duomo. Coro ligneo. La travatura di sostegno è stata consolidata inserendo spessori di legno ben stagionato e in alcuni casi anche dei cunei per rettificare le tensioni tra i travi.

Rubiera (RE), Palazzo civico. Integrazione di alcune tavole di un soffitto ligneo del XVI secolo.

Venezia, basilica di San Marco, sacrestia. Integrazione e incollaggio con Araldite e resine acriliche delle tessere delle tarsie degli arredi fissi.

Firenze, palazzo Medici Riccardi, porte interne. Integrazione con tasselli lignei delle formelle e delle tarsie incollati con colle animali e Araldite SV427.

Cesena (MO), Chiesa di S. Domenico. Scipione Sacco, *Il martirio di San Pietro martire*, dipinto su tavola.

Napoli, Museo di Capodimonte. Met de Bles, *Cristo e San Pietro sulle acque*.

Firenze, Fortezza da Basso, Sala di scherma. Restauro di una catena lignea di una capriata.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

CANUTI V., DOLCINI L., *Il restauro delle poltrone del Finimento Pisani*, in "OPD Restauro", 1999, n. 11;

CASTELLI C., PARRI M., SANTACESARIA A., *I supporti lignei: problemi di conservazione*, in Ciatti M. (a cura di), *Problemi di restauro. Riflessioni e ricerche. I sessant'anni di attività del laboratorio di restauro dei dipinti 1932- 1992*, Firenze, 1992;

CASTELLI C., CIATTI M., GIOVANNINI C., PARRI M., PETRONE P., SANTACESARIA A., *Il polittico "duccesco" di Montalcino: tecnica di esecuzione, vicende conservative e restauro*, in "OPD Restauro", 1998, n. 10.

CASTELLI C., PARRI M., PETRONE P., SANTACESARIA A., *Nicolò Liberatore detto l'Alunno. Procedimenti pittorici di un artista che coglie gli sviluppi tecnici del periodo*

CNR ISTITUTO PER LA RICERCA SUL LEGNO (a cura di), *Corso di formazione professionale per restauratori di supporti lignei*, dattiloscritto, 1995

ERTAG, *Tecnica e pratica del recupero edilizio*, Firenze 1982;

FRESCHI M., Maria Cristina GIGLI M. C., *Un caso estremo di restauro. Un San Sebastiano in legno policromo dell'ambito di Silvestro dell'Aquila*, in "OPD Restauro" a. 2008, n. 20;

KUNZELMAN D., *Dal restauro, nuove conoscenze per l'ancona con la 'Maestà' di Montici (con una nota storico-artistica di M. Bietti)*, in "OPD Restauro", 1995, n. 11.

PERUSINI G., *Il restauro dei dipinti e delle sculture lignee*, Udine, 1989;

TINUTIN C., *Discussione sul problema del consolidamento delle opere lignee: imbottimento e risanamento*, Tesi di Diploma, dattiloscritto, Firenze 1985;

TRANCHINA P., *Il restauro dei supporti lignei*, in Urbani G. (a cura di), *Il restauro tra metodo e prassi*, Bologna, 1985.

[http://www.webalice.it/inforestauro/antico\\_portale.htm](http://www.webalice.it/inforestauro/antico_portale.htm), visitato il 15.1.2011



Figura 1 • Integrazione di un'anta dell'armadiatura della sacrestia di San Siro a Genova. Integrazione realizzata sulla superficie di un pannello d'anta. (LAP)

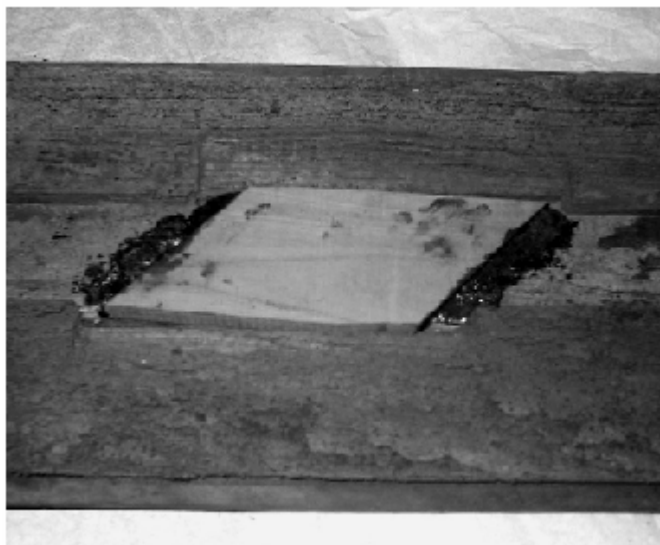


Figura 2 • Integrazione di un'anta dell'armatura della sacrestia di San Siro a Genova. La stessa operazione descritta nella figura 1, vista dalla faccia opposta della stessa anta. (LAP)



Figura 3 • Integrazione di un'anta di armadio. La parte irrecuperabile è stata rimossa per essere sostituita con più tasselli ad incastro. Il primo elemento è incollato nella parte terminale di un montante. (LAP)



Figura 4 • La stessa operazione descritta nella figura 3, vista dalla faccia opposta della stessa anta. (LAP)



Figura 5 • Un secondo elemento, ad integrazione della traversa mancante, è inserito nel suo alloggiamento. (LAP)



Figura 6 • La stessa operazione descritta nella figura 4, vista dal retro della stessa anta. (LAP)

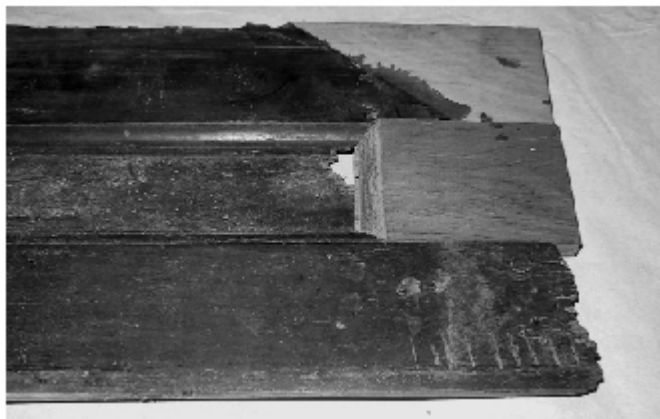


Figura 7 • I due elementi principali sono stati montati. L'operazione si concluderà con la stuccatura, la levigatura e un eventuale trattamento a mordente per attenuare il contrasto cromatico dei nuovi elementi. (LAP)

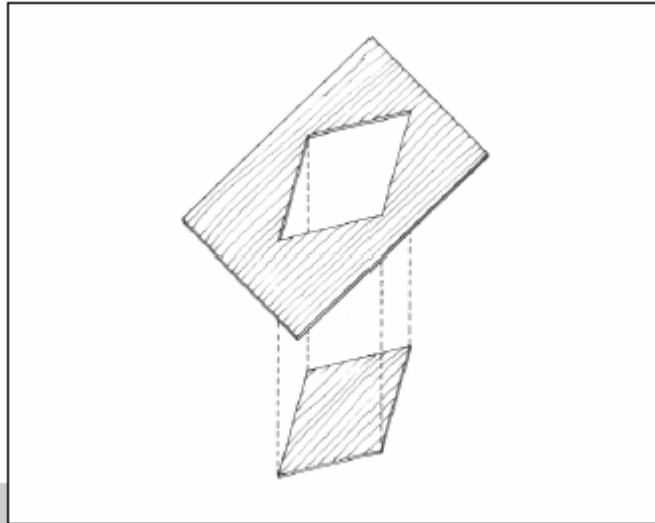


Figura 8 • Ritaglio del tassello dal piallaccio (CAF)

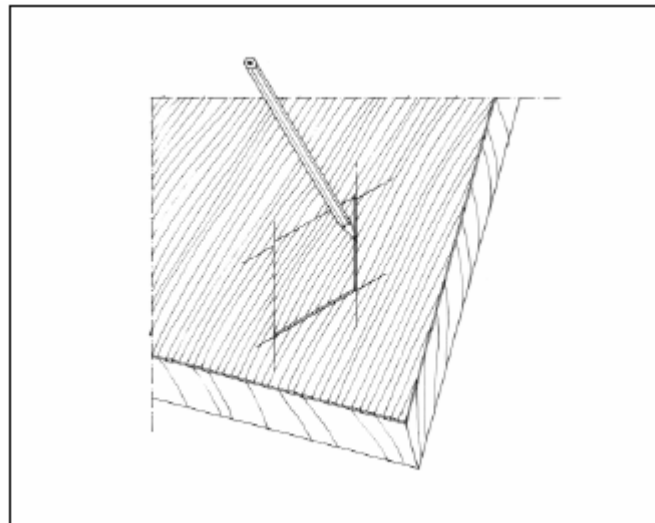


Figura 9 • Riproduzione dei contorni del tassello (CAF)

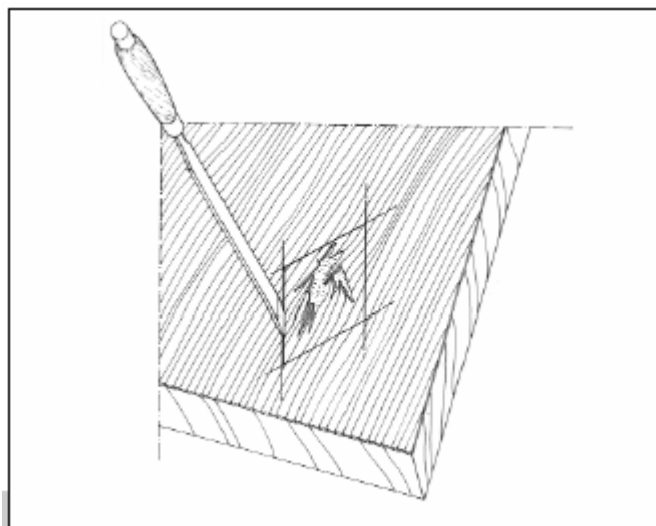


Figura 10 • Preparazione della sede mediante incisione della traccia (CAF)

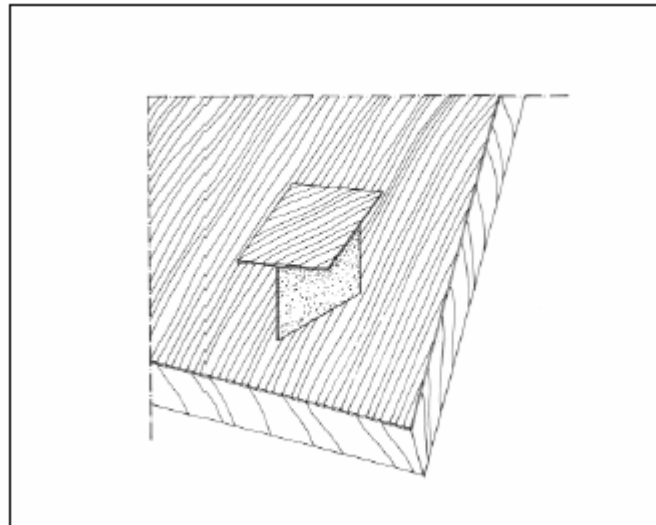


Figura 11 • Incollaggio del tassello (CAF)

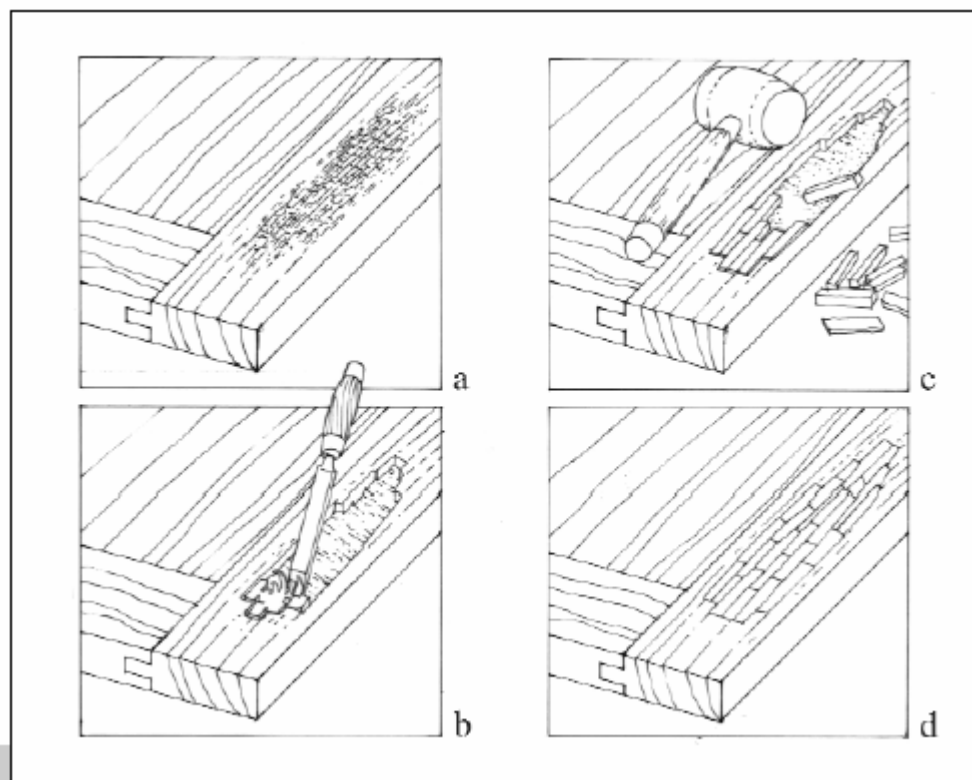


Figura 12 • Schema delle principali fasi operative: a) elemento ligneo con porzione ammalorata da integrare; b) il contorno della lacuna è regolarizzato con un piccolo scalpello, cercando di ridurre al minimo l'asportazione di materiale sano circostante; c) dopo un'accurata pulizia del cavo ottenuto si procede all'incollaggio e all'integrazione vera e propria della lacuna, inserendo al suo interno i tasselli, generalmente a forma di parallelepipedo; d) gli eccessi di colla che dovessero fuoriuscire dai giunti tra un tassello e l'altro, e dai bordi laterali della lacuna integrata, vanno rimossi con l'aiuto di spatole o di stracci, mentre le eventuali asperità o irregolarità della superficie sono eliminate con la levigatura. (CAF)



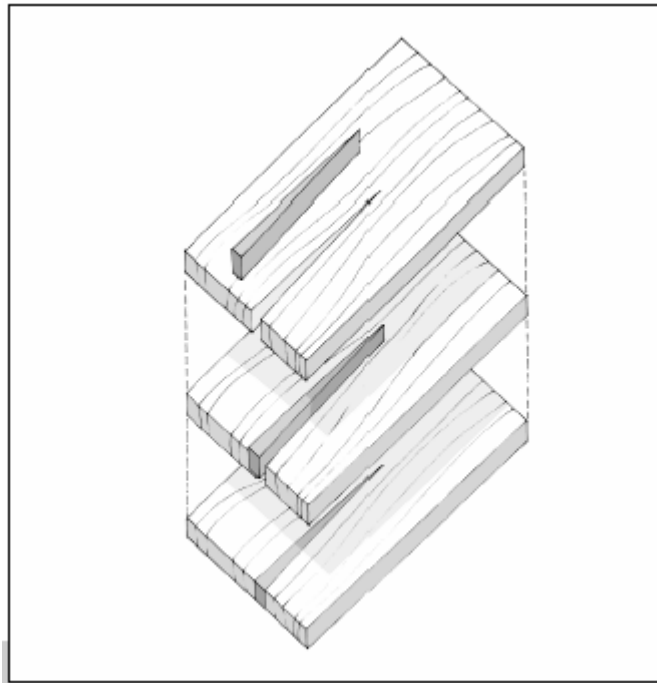


Figura 13 • Piano con deformazione convessa: si realizzano con la sega circolare, sul retro del piano, dei tagli paralleli nel senso della venatura del legno atti a snervarne le fibre. La distanza tra le fenditure non deve essere superiore a 18-25 cm per una profondità pari a due terzi dello spessore della tavola.

Si deve in seguito morsettare il piano ponendo sui due lati della tavola coppie di traverse idonee alla lunghezza della superficie da appiattare. Infine, si inseriscono a forza, nei tagli eseguiti, strisce cuneiformi ricavate da un'essenza lignea affine a quella del piano. (CAF)

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE**

L'operazione di *consolidamento* si basa sulla capacità di un materiale di ristabilire la coesione perduta tra i vari elementi microstrutturali che costituiscono uno stesso composto. Quando invece il manufatto presenta problemi a livello superficiale, come ad esempio il distacco tra i vari strati, si rende necessaria un'operazione di *fissaggio* o *fermata*, possibile grazie alla capacità di un materiale di far riaderire e dunque unire nuovamente le varie parti riportandole alla posizione originaria. Nel primo caso faremo uso di un *consolidante* mentre nel secondo di un *adesivo*, materiali con caratteristiche peculiari e prestazioni molto diverse.

I consolidanti in linea generale vengono applicati allo stato liquido all'interno di un corpo poroso entro cui, passando allo stato solido, ristabiliscono una congrua coesione. Essi devono per tanto avere proprietà bagnanti per potersi diffondere e penetrare meglio, garantendo così una buona capacità d'impregnazione. Gli adesivi sono materiali che grazie alle loro caratteristiche permettono di creare particolari forze tra due superfici. Infatti attraverso la formazione di un film (giunto) vengono generate quelle forze attrattive che ristabiliscono la vera e propria adesione tra le due superfici messe così a contatto. Questa operazione non dovrebbe essere mai invasiva ma interessare sempre e solo l'interfaccia e non la microstruttura. Risulta implicito che le caratteristiche di un adesivo dovranno assicurare una minor penetrazione rispetto ad un consolidante ed è dunque necessario che esso abbia alti valori di tensione superficiale e una media viscosità.

I meccanismi di adesione dipendono, come quelli di consolidamento, dal tipo di materiale utilizzato. Possiamo per tanto osservare, nel nostro caso, meccanismi di presa dovuti principalmente all'evaporazione di un solvente nel caso di soluzione o emulsione (resine acriliche e viniliche, colle animali o vegetali) o a processi di fusione e solidificazione caratteristici nel caso di resine termoplastiche.

**CAMPI DI APPLICAZIONE***Dorature su gesso e stucco*

La caratteristica formulazione dei manufatti in gesso e in stucco, basata su una miscela minerale composta da un legante e una carica inerte a granulometria variabile, può subire a causa di fattori esterni un deterioramento in cui l'impasto stesso perde di coesione, provocando disgregazioni e microfratture o addirittura una sua parziale solubilizzazione. Tale tipo di degrado non può che influenzare direttamente la doratura e la sua preparazione posta immediatamente al di sopra dell'impasto.

Dunque gli interventi necessari riguardano di norma il consolidamento della composizione microstrutturale dell'impasto decoeso e successivamente la fermata localizzata di quelle parti sollevate che interessano solo la superficie del manufatto. Nel primo caso si dovrà fare uso di un materiale consolidante mentre, nel secondo sarà necessario utilizzare un adesivo. Si ribadisce qui l'importanza di individuare e distinguere l'operazione di consolidamento da quella di adesione in modo tale da intervenire consapevolmente secondo la necessità.

*Dorature su pietra*

Le problematiche di una doratura eseguita su un supporto lapideo naturalmente dipendono in parte dal tipo di supporto ma anche e soprattutto dal tipo di tecnica usata (doratura eseguita a guazzo o con vari tipi di missione ma talvolta anche con cera o altre tecniche particolari) e ovviamente dal degrado che i materiali costitutivi hanno subito.

Prima di effettuare il consolidamento della doratura di un manufatto lapideo si dovrà provvedere, dove necessario, a risolvere i problemi di decoesione microstrutturale della pietra (vedi scheda specifica) attraverso una metodologia e con materiali che non interagiscono con la doratura. In presenza di sollevamenti a scaglie delle parti dorate, si dovrà procedere alla riadesione delle stesse tenendo presente le caratteristiche specifiche del manufatto, dal momento che la natura di tali sollevamenti si differenzia anche in base alla tecnica utilizzata per l'esecuzione della doratura e alla presenza o meno di uno strato preparatorio tra la foglia metallica e la pietra.

## **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

### ***La doratura su gesso e stucco***

#### *Il consolidamento*

Considerando il manufatto nella sua globalità bisogna prima di tutto preoccuparsi del degrado strutturale provvedendo, se necessario, al vero e proprio consolidamento della struttura dove e quando vi siano evidenti fenomeni di decoesione. Tale procedimento deve avvenire valutando la sensibilità al mezzo acquoso del manufatto nella sua interezza, in modo tale da poter scegliere di conseguenza un consolidante adatto a tale contesto.

A seconda della gravità della decoesione sarà necessaria una velinatura precauzionale eseguita con carta giapponese onde evitare che frammenti superficiali poco stabili si perdano o si sollevino ulteriormente.

Nel caso di manufatti in gesso, per facilitare una maggiore penetrabilità e diffusione del consolidante proteico (colle animali), è bene far precedere all'intervento di consolidamento vero e proprio, alcune infiltrazioni di un veicolante idroalcolico.

Il calore diffuso dal termocauterico oltre a diminuire la viscosità del consolidante e dunque ad aumentarne la penetrabilità, elimina l'umidità residua indotta sia dal veicolante sia dal consolidante stesso, facilitandone l'evaporazione.

Nel caso in cui il manufatto si sia dimostrato particolarmente sensibile al mezzo acquoso dovremo orientare la nostra scelta verso le resine in soluzione, scegliendo il solvente idoneo al caso specifico.

L'applicazione risulta alquanto simile, anche in questo caso andrà valutata con estrema attenzione la temperatura del termocauterico, da regolarsi in relazione al tipo di resina scelta.

Per quanto riguarda invece il caso di manufatti in stucco, se presente un fenomeno di decoesione grave al di sotto della doratura, si può valutare di effettuare un consolidamento mediante micro iniezioni di idrossido di calcio nanofasico, disperso in soluzione alcolica. Gli studi più recenti hanno mostrato ottimi risultati con l'utilizzo di alcol isopropilico, anche in presenza di sali.

#### *La fermatura*

L'operazione di fermatura si pone un obiettivo molto diverso rispetto a quella del consolidamento. Il materiale utilizzato dovrà ricreare una adesione tra superfici distaccate mediante la formazione di un giunto. Se la precarietà del sollevamento o del frammento lo richiede è consigliabile eseguire sempre una velinatura provvisoria.

Valutata la sensibilità del manufatto al mezzo acquoso sceglieremo l'adesivo idoneo.

Le colle animali o le resine in emulsione andranno preparate con una concentrazione tale da non farle penetrare in modo eccessivo. Potrebbe essere necessario, anche in questo caso la veicolazione di una soluzione idroalcolica prima di iniettare l'adesivo o attraverso le fenditure esistenti oppure aprendo due piccoli fori, uno per l'entrata e l'altro per l'uscita. Successivamente, interponendo un foglio di carta distaccante immetteremo calore sulla zona così trattata attraverso l'uso del termocauterico. In questo modo si solleciterà l'evaporazione dell'umidità indotta dal veicolante e dall'adesivo, favorendo anche la formazione di un giunto sottile in grado di far riaderire

le due superfici distaccate. L'operazione di asciugatura e di riposizionamento delle scaglie deve avvenire in questo caso contemporaneamente.

Nel caso in cui si sia optato per una resina in soluzione, a causa di una eccessiva sensibilità del manufatto al mezzo acquoso, si sfrutteranno senza dubbio anche quelle caratteristiche peculiari di tali materiali come ad esempio il loro carattere termoplastico. Eseguita, se necessaria, una velinatura, si procederà ad una veicolazione con lo stesso solvente con cui è disciolta la resina. Immediatamente dopo si potrà iniettare l'adesivo. A quel punto, considerando le specifiche caratteristiche del solvente se ne attenderà la totale evaporazione. Con il termocauterio regolato ad una temperatura che è specifica per ogni prodotto termoplastico, si andrà a "riattivare" la resina che, a contatto con il calore, ritornerà allo stato fluido permettendoci di lavorare sul giunto in modo da riposizionare i singoli frammenti e riadagiare i sollevamenti.

### **La doratura su pietra**

#### *Il consolidamento e la fermatura*

Nel nostro caso, quando e se esiste un problema di decoesione, di norma interessa principalmente il substrato lapideo che a sua volta è poi in grado di generare altri tipi di degrado correlati però normalmente a problematiche di adesione piuttosto che di coesione. È dunque importante capire e distinguere il tipo di degrado e se necessario eseguire un consolidamento strutturale del materiale lapideo (vedi scheda specifica) tenendo bene in considerazione l'interazione di quel consolidante con la doratura lì presente.

Il caso applicativo più frequente su una doratura eseguita su pietra è senza dubbio la fermatura di scaglie e sollevamenti che interessano solo gli strati componenti la doratura e che richiede l'uso esclusivo di adesivi.

In ogni caso è necessario prima di tutto valutare la sensibilità della doratura al mezzo acquoso. Nel caso di una doratura a guazzo avremo probabilmente la necessità, durante gli interventi, di fornire il minor apporto di acqua, mentre una doratura a missione, in linea generale, manifesterà una sensibilità inferiore proprio per la composizione particolare e specifica della missione stessa.

Se la superficie interessata al sollevamento risulta poco o per nulla sensibile al mezzo acquoso si potrà utilizzare come adesivo un materiale proteico naturale o una resina in emulsione. La dimensione della scaglia o del sollevamento o ancora della bolla presente, determina il tipo di applicazione dell'adesivo scelto. Se il sollevamento è di media grandezza può permettere l'iniezione dell'adesivo mediante siringa, mentre ciò non risulta possibile ogni qual volta i sollevamenti sono troppo diffusi e microscopici. In questo caso, in realtà non così raro, risulta necessario provvedere alla stesura dell'adesivo in modo molto meno selettivo rispetto al caso precedente. In tale casistica infatti l'adesivo viene steso a pennello o vaporizzato, facendo così in modo che esso si depositi sulle superfici attraverso gocce microscopiche. Può essere utile interporre un film plastico protettivo e con funzione distaccante per poter far riadagiare con stecca d'osso le scaglie sollevate. In entrambi i casi sarà comunque consigliabile l'apporto controllato di calore mediante l'uso del termocauterio che, rendendo più fluidi i collanti, permetterà la loro penetrazione attraverso le microfessure superficiali della doratura. È importante, ad asciugatura avvenuta, asportare dalla superficie ogni residuo di adesivo che con il tempo potrebbe dar luogo a tensioni e vistose alterazioni non solo cromatiche.

Nel caso di una eccessiva sensibilità della doratura al mezzo acquoso, dovremo indirizzarci verso un adesivo che non immetta sulla superficie tale elemento facendo uso di resine in soluzione.

Sarà comunque necessario veicolare parzialmente l'adesivo mediante lo stesso solvente che lo discioglie e che non dovrà interagire con il substrato, per poi iniettare il vero e proprio adesivo nel luogo che ne richiede la presenza. Una volta evaporato il solvente, si riattiverà la resina attraverso il calore del termocauterio, interponendo sempre una pellicola distaccante. La temperatura indotta su quel punto dovrà essere calibrata a seconda del tipo di resina termoplastica utilizzata.

## **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

### *Dorature su gesso e stucco*

Oltre a ribadire la necessità di distinguere una operazione di consolidamento da quella di sola adesione, si vuole qui sottolineare l'importanza che si deve sempre porre nella preparazione dei

materiali prescelti. Abbiamo visto che spesso si può usare una resina in emulsione sia per eseguire un consolidamento sia per effettuare una fermatura, pur essendo operazioni molto diverse. La differenza dunque sta solo ed esclusivamente nella preparazione e nella capacità dell'operatore di calibrare e variare le proprietà del materiale. Capacità bagnante e dunque tensione superficiale, viscosità e quindi concentrazione del prodotto, evaporazione del solvente e temperatura indotta saranno quei parametri da tenere in considerazione proprio perché in grado di variare anche completamente le proprietà del prodotto scelto.

Accorgimenti e varianti dipenderanno quindi proprio da queste caratteristiche oltre che dalla sensibilità del manufatto al mezzo acquoso che, come abbiamo visto può influenzare la possibilità di impiego di tali prodotti.

Tra i limiti più significativi dobbiamo indicare la difficoltà di eseguire un consolidamento in modo omogeneo e in profondità oltre alla sua discussa reversibilità. Tali problematiche risultano implicite però per tutti i casi di consolidamento. Più specifici risultano invece i limiti caratteristici di ogni materiale utilizzato sia come consolidante sia come adesivo. Per le colle animali esiste il reale problema dell'attacco biologico mentre per le resine sintetiche quello della loro alterazione cromatica. Per entrambe, tali problematiche si manifestano in particolari condizioni che vanno dunque conosciute e preventivamente affrontate, senza rendere necessaria l'esclusione arbitraria di tali materiali.

### *Dorature su pietra*

Tra gli accorgimenti necessari al fine di una buona riuscita non solo tecnica ma anche estetica vi è sicuramente la considerazione della possibile interazione tra il consolidante usato per il substrato (la pietra) e la doratura sovrastante. Un'altra avvertenza da considerare per un qualsiasi trattamento da eseguirsi su un manufatto lapideo è la sua ubicazione in ambienti esterni. Tale elemento non potrà che influenzare le nostre scelte metodologiche, portandoci a considerare con particolare attenzione la sensibilità dei materiali da noi utilizzati a quello specifico ambiente in modo da cercare di prevenire il degrado degli stessi.

Un ulteriore accorgimento per evitare di peggiorare un degrado che il nostro intervento dovrebbe attenuare o debellare è quello di conoscere e valutare con precisione la forza del giunto adesivo da creare nello specifico caso. Ricordiamo per tanto che la forza richiesta al giunto dipende sempre e soprattutto dal tipo di superficie che esso deve unire. Ad esempio per corpi laminari di materiali leggeri il giunto sarà sempre, già per sé stesso, più spesso rispetto alle masse da unire e quindi sarà sufficiente l'utilizzo di un adesivo piuttosto debole. Bisogna considerare infatti che se eccessivamente forte esso potrebbe o deformare le superfici dei corpi laminari oppure creare delle tensioni tra il giunto stesso e le sue parti più periferiche determinando in fase di asciugatura addirittura altre rotture.

Oltre a tali problematiche come abbiamo espresso nell'esposizione dell'applicazione, a volte non risulta semplice eseguire l'operazione di fermatura in modo localizzato e di conseguenza risulta difficile rendere l'intervento poco invasivo. Questo limite può però essere ovviato cercando di limitare l'eccesso di adesivo tenendo in considerazione, oltre a tutti gli altri parametri già descritti, anche quello della concentrazione cioè la specifica quantità di soluto nel solvente.

## **ESPERIENZE**

### *Dorature su pietra*

Asti parrocchiale di Maria Ausiliatrice, *Incoronazione della Vergine*, scultura in arenaria policroma (primo decennio XV secolo).

Torino, Duomo. Monumenti funebri dei Vescovi di Romagnano (1497 - 1510).

Milano, Museo del Castello Sforzesco. Analisi ed interventi preliminari sul Monumento equestre di Bernabò Visconti (1360 circa).

### *Doratura su gesso e stucchi*

Chiusa Pesio, Cuneo, Certosa. Affreschi e stucchi sec.XVI -XVII del presbiterio, della volta, del catino e della navata.

Torino, Castello del Valentino, Aula magna: affreschi dei Fratelli Bianchi e stucchi dorati. Sala

Verde: affreschi e stucchi dipinti e dorati.

Masserano, Vercelli. Palazzo comunale. Affreschi e stucchi sec. XVII.

Torino, Palazzo Reale. Salotto Cinese. Dipinti ad olio di Francesco Beaumont sulla volta con stucchi dorati.

Vicoforte, Cuneo, Santuario. Affreschi, decorazioni e dorature della cupola e del cupolino, sec XVIII.

Torino, Duomo. Cappella di San Giovanni affreschi del Casella e stucchi seicenteschi ridorati a foglia nel XIX sec.

Torino, Museo del Risorgimento. Sala del Parlamento Subalpino, affreschi, stucchi e dorature della volta e delle pareti, sec XIX.

Torino, Palazzo Carignano. Appartamento dei Principi. Affreschi di Stefano Maria Legnani, stucchi dipinti e dorati e boiserie.

Torino. Castello del Valentino. Sala del Valentino. Affreschi di Isidoro Bianchi e stucchi dorati alla mecca.

Torino. San Francesco da Paola. Stucchi dipinti e dorati del Gautier, 1824.

Torino. Chiesa di San Massimo. Cappella di San Giuda Taddeo e Cappella della Consolata. Decorazioni a finto marmo con stucchi dorati, sec XIX.

Torino, Villa della Regina. Appartamento di Sua Maestà, Camera da letto verso. Pitture murali ad olio di Claude Beaumont e Stucchi dorati.

Torino, Villa della Regina. Appartamento di Sua Maestà, Gabinetto verso mezzanotte e Ponente alla China – Stucchi dorati, dipinti murali, boiserie laccate e dorate, Pietro Massa.

Torino, Palazzo Madama. Sala Guidobono, affreschi della volta firmati e datati 1714 e degli sguinci delle finestre con decorazioni a lamina d'oro.

Torino, Palazzo Madama. Sala Quattro Stagioni, stucchi e dipinti a tempera e ad olio della volta con dorature a foglia, sec XVIII.

Torino, Palazzo Madama. Veranda Sud, affreschi e stucchi della volta con dorature a foglia, sec. XVIII.

Torino, Palazzo Madama. Gabinetto Rotondo. Decorazioni e stucchi ridorati della volta, boiserie, sec. XVII- XVIII.

Torino, Palazzo Madama. Camera della Galleria. Stucchi con dorature del cornicione, boiserie sec XVIII- XIX.

Torino, Teatro Carignano – Plafone, palchi e loggione. Dorature su legno, cartapesta, stucco, sec XIX.

Maretto, Asti. Confraternita di Santa Croce. Altare in stucco policromo e dorato, sec XVII.

Cervasca, Cuneo. Chiesa Madonna degli Alpini. Altare in stucco policromo e dorato, sec XVIII.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

La bibliografia non prevede volutamente testi sulla tecnica artistica ma si limita a proporre degli approfondimenti sui materiali e sulle operazioni di consolidamento e di adesione tradizionalmente utilizzati nelle casistiche più diffuse e dunque, pur non essendo esplicitamente citate, comprendenti anche quelle da noi trattate.

Houwink R., Salomon G., *Adhesion and adhesives*, 2 voll., Elsevier Pub. Co., Amsterdam 1967.

Berger G., *Testing adhesives for the consolidation of paintings*, in "Studies in Conservation", 17, 1972, pp. 173-194.

Feller R.L., *Studies on the photochemical stability of thermoplastic resins*, in ICOM, 4<sup>th</sup> Triennial Meeting, Venezia 1975, 75/22/3.

Skeist I., *Handbook of Adhesives*, 2<sup>nd</sup> ed., Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1977.

AA.VV., *Tecniche di esecuzione e materiali costitutivi, Corso sulla manutenzione di dipinti murali, mosaici, stucchi*. DIMOS parte I, 1978, ICR, Roma.

Mark H. F., *Cohesive and adhesive strenght of polimers*, Part. 1°, in "Adhesives Age", 22, 1979, pp. 35-38.

Feller R. L., *Thermoplastic polymers currently in use as protective coatings and potential directions for further research*, "ICCOM Bulletin", 10, 1984, pp. 5-18.

- Matteini M., *Le problematiche generali per il consolidamento e l'adesione nel restauro di pitture su supporti diversi*, Quaderni di SKILL - ENAIP Lombardia, 1988, pp. 20-31.
- Turco A., *Il gesso: lavorazione, trasformazione impieghi: forme, stampi, impronte, marmo artificiale, conglomerati leggeri, gesso espanso, lastre e pannelli, intonaci per l'edilizia, prefabbricati, pavimentazioni, bassorilievi, stucchi*, Hoepli, Milano, 1990.
- Arcolao L., *Le ricette del restauro: malte, intonaci, stucchi dal XV al XIX secolo*, Marsilio, Venezia 1998.
- Nicola A. R., Pisano N., Parodi V., *Indagini e interventi preliminari per la conoscenza e il restauro dell'arca di Bernabò Visconti*, in AA.VV. "L'arca di Bernabò Visconti al Castello Sforzesco di Milano", Ed. Silvana Editoriale, Novembre 2001.
- Dei L., Salvadori B., Arlango E., Pietropoli F., Scardellato C., *Gli affreschi del XIII e XIV secolo nella cripta di san Zeno a Verona: la sperimentazione della nano calce dispersa in alcol isopropilico durante l'intervento conservativo*, Atti convegno Scienza e beni culturali XXI, 2005.
- Dei L., Macherelli A., Moret E., Salvadori B., *Idrossido di calcio nanofasico per il consolidamento di affreschi e lapidei carbonatici: risultati e prospettive di studio*. IV congresso nazionale IGIC- Lo stato dell'Arte, Siena, 28-30 Settembre 2006.
- Nicola A. R., Parodi V., *Il gabinetto verso Mezzanotte e Ponente alla China - note sul restauro*, in AA.VV. Villa della Regina "Il riflesso dell'oriente nel Piemonte del Settecento" a cura di Lucia Caterina e Cristina Mossetti, Ed. Umberto Allemandi &C, Torino, Dicembre 2005.
- Anna Rosa Nicola e Nicola Pisano *"Rielaborazione di procedimenti per il fissaggio e la pulitura adottati per il restauro della volta della Sala Quattro Stagioni, nel Palazzo Madama di Torino"* in AA.VV. Lo Stato dell'Arte. Atti del IV Congresso nazionale IGIC, Nardini Editore, Siena Settembre 2006.
- Nicola A. R., *Il restauro delle verande*, pp.238-240; *Sala Quattro Stagioni: un restauro complesso*, pp.254-257) *Sala Guidobono: il restauro della volta*, pp.270-273; in AA.VV. "Palazzo Madama a Torino. Dal restauro al nuovo museo, a cura di Enrica Pagella e Carlo Viano", Silvana Editoriale, Cinisello Balsamo, Milano, Ottobre 2010.

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

In un manufatto ligneo, quando si è in presenza di lacune, si può intervenire con integrazioni mirate a restituire una visione d'insieme omogenea. L'integrazione può essere realizzata in vari modi, utilizzando gli stessi materiali costitutivi, oppure altri e diversi dagli originali, creando accordo fra le parti integrate e la lamina metallica.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'intervento d'integrazione delle lacune può essere proposto per qualsiasi oggetto, anche se il tipo di operazione può variare da un manufatto di produzione comune a un'opera d'arte, come un dipinto su tavola con fondo oro.

Necessariamente l'operazione deve essere eseguita su mancanze debitamente stuccate e portate a livello della zona circostante, con appropriata definizione del microrilievo.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La tecnica d'intervento è vincolata al criterio di integrazione prescelto. In base al livello di "riconoscibilità" che si vuole conferire alle parti aggiunte, sono impiegati materiali diversi, vale a dire oro zecchino in foglia, oro vero in polvere (ovvero oro a conchiglia), colori ad acquerello e vernice.

Nel caso di intervento sostanzialmente imitativo, spesso adottato per manufatti seriali, il procedimento di integrazione si basa sulla riproduzione della tecnica di metallizzazione presente sulle parti originali, vale a dire della doratura "a missione", oppure di quella "a guazzo", riscontrabile in tre possibili varianti: velata, cioè opaca, satinata o semiopaca e brunita, ovvero lucida e brillante.

In presenza di una doratura a guazzo, si esegue sulle lacune già preparate la stesura a pennello di diverse mani di bolo (composto in soluzione acquosa formato da argilla colorata in legante organico).

Le stesure saranno variabili per numero e colore (giallo, arancio, rosso, marrone) e conformi alla parte originale, per la quale si sarà individuata la sequenza cromatica e numerica da riproporre, solitamente riconoscibile attraverso le zone di abrasione o in parti marginali non dorate.

Questa fase operativa risulta importante per il raggiungimento di un equilibrio finale delle integrazioni, in considerazione della peculiare "trasparenza" della lamina metallica rispetto al substrato sul quale è applicata ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

Quando il bolo è asciutto, si procede all'applicazione della foglia d'oro, la quale è disponibile in diverse tonalità (verde, giallo, arancio), in base alla purezza della caratura, e confezionata in libretti di circa 24 fogli di piccole dimensioni (dagli otto ai nove centimetri per lato).

Ogni singolo foglio deve essere posto sul cuscino da doratori, ricoperto in pelle di camoscio, e ridotto di grandezza, in relazione all'estensione della lacuna, servendosi di un apposito coltello.

Il taglio della foglia deve sempre avere forma geometrica regolare (quadrato o rettangolo) ([fig. 3](#)).

Successivamente, il bolo va bagnato con acqua pura e fredda, oppure addizionata con poche gocce di alcol e/o colla, servendosi di un apposito pennello di vaio e con manico in penna d'oca.



Si utilizza poi una pennellina piatta in pelo di martora, per spostare dal guancialino alla parte umettata la foglia d'oro, che così è attratta dal bolo inumidito, andando a depositarsi sulla superficie.

Per garantire la completa adesione, la foglia può essere leggermente tamponata con cotone idrofilo completamente asciutto.

Dopo un periodo variabile si procede, per la doratura a guazzo brunita, alla lucidatura della foglia d'oro, utilizzando un apposito strumento: la pietra d'agata, di forme e dimensioni variabili. Nella fase finale, si eliminano le eventuali eccedenze dell'integrazione con un mezzo delicatamente abrasivo.

Qualora l'integrazione sia eccessivamente brillante, se ne può attenuare il tono eseguendo delle velature con colori ad acquerello o tempera; si provvede poi a una protezione di questa colorazione con un leggero film di cera.

In presenza di una doratura originale eseguita "a missione", la procedura richiede sullo stucco di integrazione una stesura cromatica che non deve essere necessariamente a bolo e che dovrà essere successivamente verniciata, utilizzando di preferenza una vernice naturale in solvente alcolico. Su questa pellicola di vernice si applica a pennello, in unica soluzione, la "missione", cioè un preparato oleo-resinoso che, dopo un intervallo compreso fra le 3 e le 12 ore, garantisce l'adesione della foglia d'oro.

Una volta deposta sulla mancanza da colmare, la foglia è toccata con uno speciale pennello (bombasino) in morbido pelo di vaio, con un movimento dall'alto in basso, per farla aderire completamente alla superficie sottostante.

Dopo un'eventuale velatura a colore, si procede alla protezione delle parti integrate con un leggero fissativo.

Nel caso si scelga un'integrazione della lacuna che sia diversa matericamente e che sia individuabile a una visione ravvicinata, si esegue la "selezione cromatica".

Metodica già definita negli anni settanta presso i Laboratori di restauro OPD, prevede la ricostruzione della lacuna di una superficie dorata con la realizzazione di un tratteggio a piccole e sottili linee di colore puro, ad acquerello.

Questa "selezione effetto oro" si ottiene con tre colori base (giallo, verde, rosso) che vanno applicati per stesure successive e sovrapposte, in modo da chiudere la mancanza in maniera omogenea e ricreare, a colpo d'occhio, l'apparenza della superficie metallica. La necessaria protezione finale di questo ritocco pittorico è effettuata con la verniciatura, preferibilmente a base di resine naturali (v. INT 25 - Selezione cromatica).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Sulla pellicola di vernice già asciutta, a conclusione dell'intervento, può essere necessaria l'esecuzione di un ulteriore tratteggio con specifici colori, cosiddetti "a vernice".

La selezione effetto oro può risultare più vibrante e avere un aspetto più simile alla lamina se si aggiunge, ai tre colori fondamentali del ritocco, un tratteggio con oro in conchiglia. È necessario, anche in questo caso, proteggere l'integrazione con una verniciatura finale.

### **ESPERIENZE**

Fra gli innumerevoli interventi di restauro eseguiti su opere lignee dorate, segnaliamo i seguenti lavori con indicazione di dove sono pubblicati:

*Santo Vescovo*, scultura lignea, secolo XIV. Firenze, Museo nazionale del Bargello.

Ciborio di Montemerano, legno dorato e policromo, Manciano (GR).

Lorenzo di Bicci, *Gli Evangelisti Giovanni, Matteo, Marco*, tavole lignee quadrilobate dipinte a fondo oro.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Baldini U. (a cura di) 1983, pp. 54-58; Casazza O. 1981; Maltese C. (a cura di) 1993; Perusini G. 1989, pp. 229-33.



Figura 1 • Cornice con un tratto di modanatura sostituita o ricostruita e priva di doratura. (OPD) v. Tavn.

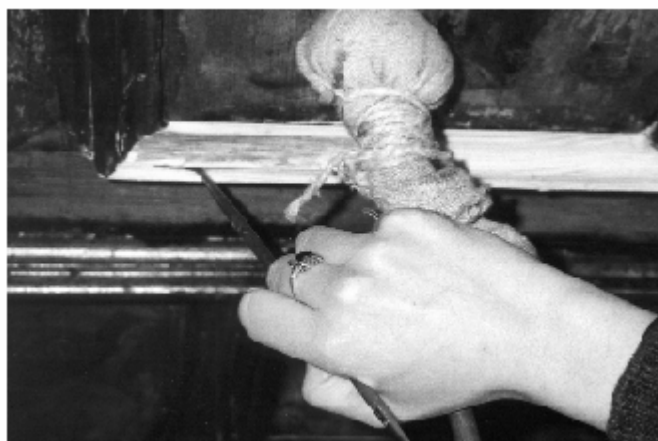


Figura 2 • Integrazione della doratura tramite applicazione a pennello di stesure di colore. (OPD) v. Tavn.



Figura 3 • Integrazione di doratura con foglia d'oro. (OPD)

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Le dorature eseguite nel passato su manufatti metallici presentano ormai quasi tutte difficoltà oggettive di coesione con la superficie ospitante: tali difficoltà coesive si rilevano sulla doratura ad amalgama, sulla doratura a foglia, l'ageminatura e la damaschinatura.

La perdita di coesione nel tempo con la superficie dei bronzi è imputabile, nel caso della doratura ad amalgama, all'alterazione della matrice del supporto che, per sua natura, è composta da metalli tendenzialmente instabili in determinate condizioni.

Il formarsi di ossidazioni interfacciali induce al distacco, talvolta puntiforme, talvolta limitato a piccole aree omogenee, del film aureo caratterizzato da spessori di alcuni micron.

La doratura a foglia, ovvero quella con collante interfacciale (detta anche a missione), subisce, oltre al processo di degrado sopra descritto, la perdita di coesione conseguente all'invecchiamento della pellicola di colla posta tra la foglia d'oro e il bronzo. Tale colla è sempre di natura organica e, pertanto, altamente degradabile a causa di condizioni climatiche sfavorevoli alla conservazione o di agenti aggressivi di varia natura e origine.

Le dorature ad agemina e quelle damaschinate, meno diffuse delle precedenti, caratterizzano prevalentemente pezzi d'arme in ferro o acciaio, e sono quindi molto resistenti al degrado, anche se non sfuggono ai rischi di perdita parziale o totale della sottile lamina aurea. Le principali cause di distacco di tali dorature sono imputabili all'ossidazione del metallo di supporto, poiché, come è noto, il ferro e l'acciaio sono metalli di facile degradabilità.

Infine, l'alterazione delle superfici di supporto, oltre che alle condizioni climatiche, è da imputarsi alla diversa polarità dei due metalli e al conseguente possibile innesco del fenomeno noto come degrado elettrolitico.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica trova ampia e diffusa applicazione in tutti i manufatti mobili e immobili, di bronzo, ferro, acciaio e leghe metalliche caratterizzati da dorature eseguite ad amalgama, in foglia ad ageminatura o damaschinatura, in stato di distacco incipiente o avanzato. Il consolidamento delle dorature trova pertanto applicazione, non soltanto su oggetti mobili o di arredo, ma anche su parti più o meno solidali con l'architettura. Alla prima categoria appartengono classi di oggetti, come statue, orologi, armi, armature, oggetti d'uso domestico o liturgico ecc.

Alla seconda sono riconducibili elementi costruttivi o decorativi dell'architettura, quali portali, cancellate, balaustre, colonne, fregi, ecc. (valga, come esempio, il baldacchino e la cattedra di S. Pietro, nella basilica Vaticana) ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le dorature ad amalgama e a missione richiedono trattamenti di recupero diversi da quelli necessari al consolidamento delle ageminature e delle damaschinature. In particolare, il consolidamento della doratura ad amalgama richiede, come primo passo, una pulitura con prodotti chimici, eseguita immergendo il manufatto in un bagno totale di sali di Rochelle.

Se ciò è difficile o impossibile, la pulitura sarà eseguita mediante impacchi di polpe e paste neutre, quali Aerosil 2000, pasta lignea ecc. A pulitura eseguita, occorre rimuovere il prodotto attivo con efficaci lavaggi con acqua deionizzata, per immersione, o con ripetuti impacchi o tamponature.

La doratura a missione richiede puliture più mirate a causa delle sostanze impiegate per ancorare il film alla superficie sottostante, ed è pertanto da evitare il trattamento per immersione. Possono, inoltre, essere necessari trattamenti a impacco limitati a piccole aree, che consentano un controllo costante dell'effettiva efficacia dell'intervento.

Per le agemine o le damaschine, quando il supporto è di ferro o di acciaio, si eseguono, ove possibile, puliture a bisturi, con specilli a ultrasuoni o con altri metodi analoghi. Occorre, inoltre, controllare se in specifici punti della superficie sia necessario e possibile infiltrare prodotti convertitori degli ossidi. Sono in corso prove di pulitura con laser su dorature ad amalgama, damaschinate e ad ageminatura, con risultati incoraggianti.

#### *Consolidamento e conservazione delle varie tecniche*

Le dorature ad amalgama e a missione sono, per loro natura, più deboli di quelle ad ageminatura e damaschinate e la loro conservazione deve essere assicurata, se possibile, ponendo l'oggetto all'interno di una teca ad atmosfera controllata.

In particolare, la teca dovrà assicurare l'abbattimento totale dell'umidità relativa, mediante giuste quantità di silice gel o altro materiale affine, nonché l'eliminazione totale dell'ossigeno e la sua sostituzione con gas inerte, come l'azoto deumidificato.

Le dorature ad ageminatura e damaschinate, presenti in prevalenza su armi o armature, possono essere protette con un idoneo film trasparente (una particolare vernice) che isoli il metallo dall'umidità e dall'ossigeno dell'atmosfera.

Fondamentali si ritengono, per ogni opera, periodiche e costanti operazioni di controllo e di manutenzione eseguite da operatori specializzati.

#### *Integrazioni di dorature mancanti su manufatti metallici*

Le integrazioni auree su metalli dorati possono essere eseguite, ove si tratti di doratura ad amalgama, con metodo pittorico, mediante applicazione a pennello di oro in conchiglia, previa pulitura delle aree di lacuna con trattamenti di asportazione dello sporco, degli ossidi, dei grassi e di altre impurità o depositi. Le applicazioni saranno eseguite in microstrati fino al raggiungimento dell'esito desiderato.

Per le dorature a missione si può intervenire con la tecnica della doratura a foglia d'oro, facendo aderire al supporto lamine di opportuno spessore con idoneo collante ([fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#), [fig. 6](#)).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Ogni intervento su materiali dorati deve sempre tener conto della tecnica di esecuzione della doratura, del suo stato di conservazione e delle condizioni del supporto, e utilizzare strumenti, metodi e materiali compatibili tra loro e con i materiali del manufatto.

L'ageminatura e la damaschinate richiederebbero, per reintegrare come in origine, interventi meccanici sulla superficie ospitante particolarmente complessi e invasivi.

È in ogni caso possibile integrare lacune di antiche dorature con tecniche pittoriche che imitino cromaticamente le finiture superstiti.

Più che per altri casi di integrazione, nel campo delle dorature dei metalli l'intervento è generalmente sconsigliato, per l'inevitabile impatto visivo dell'oro nuovo e per la lentezza con cui questo s'invecchia amalgamandosi cromaticamente con le superfici superstiti.

### **ESPERIENZE**

Porta del Paradiso, del Ghiberti, battistero di Firenze.

Gruppo equestre di Marc'Aurelio in piazza del Campidoglio a Roma.

Bruxelles, sculture e fregi di metallo dorato su alcuni edifici della Grand Place.

Cancellate monumentali di Buckingham Palace a Londra.

Cancellate monumentali alla Conciergerie di Parigi.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Baldini U. (a cura di) 1983.

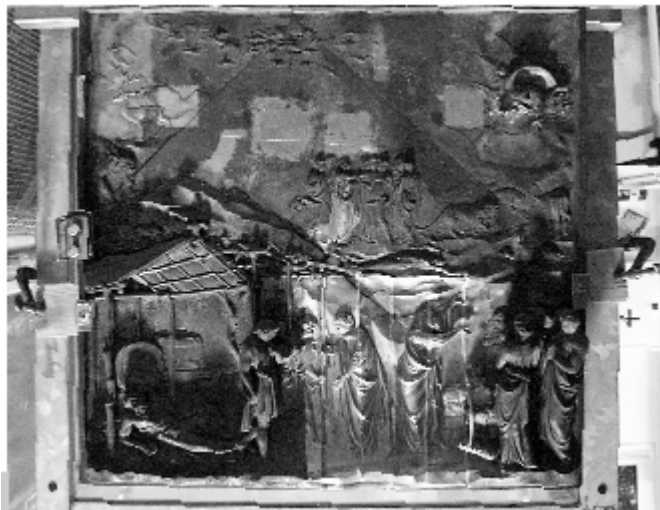


Figura 1 • Pulitura e consolidamento di un pannello in bronzo dorato. L'elemento è stato fissato su un telaio metallico a carrello per mezzo di morsetti e tavolette di interposizione di legno. In basso si possono notare alcuni saggi di pulitura. (OPD)



Figura 2 • Dettaglio della figura precedente. Le strisce di carta adesiva separano le zone trattate con metodiche diverse. (OPD)



Figura 3 • Doratura per galvanostegia applicata su un oggetto di argento.



Figura 4 • Dopo il decapaggio, in una soluzione debolmente corrosiva per eliminare ossidi o scorie superficiali, il pezzo è pulito con la spazzola rotante di una pulimentatrice (v. PLT 23) sotto un getto d'acqua continuo.



Figura 5 • L'oggetto va asciugato e, con una mola, sottoposto ad una prima lucidatura per eliminare ogni traccia di impurità.



Figura 6 • La doratura avviene in un bagno galvanico con cianuro di sodio e oro, in cui l'anodo è costituito dal metallo di ricopertura e il catodo dal pezzo da ricoprire.

## INT 26 | STUCCATURA DEI GIUNTI TRA PIOMBO E VETRO

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La stuccatura tra la gola dei piombi e le tessere vitree delle antiche vetrate sostituisce o integra lo stucco già esistente con un nuovo composto plastico, per consolidare il “tessuto piombo-vetro” e ridurre le sue puntuali rotture e discontinuità.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

La stuccatura delle linee di giunzione tra i profili di piombo e le tessere vitree è un'operazione adottata nella riparazione delle vetrate antiche, siano esse grandi superfici istoriate o semplici pannelli di elementi tenuti insieme da legature di piombo.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Questa tecnica prevede l'applicazione con spatole, nello spazio compreso tra il vetro e il profilo di piombo esistente, di un impasto composto da olio di lino, nero fumo, e cariche inerti, come scagliola, calce o bianco di Spagna. Questo composto, che è l'impasto con cui tradizionalmente si stuccavano le vetrate, deve essere impiegato con particolari accorgimenti.

Deve cioè essere preparato con impasti piuttosto densi, tali da non creare colature, e inserito negli interstizi dei profili di piombo con piccole spatole d'acciaio. La stuccatura va eseguita su entrambi i lati della vetrata. È preferibile però stuccare prima il lato dipinto delle tessere, in modo tale che, stuccando quello senza decorazione, lo stucco non coli sulla grisaglia.

Per procedere alla stuccatura dei giunti tra piombo e vetro occorre:

- a) rimuovere lo stucco deteriorato;
- b) proteggere i vetri con del cartoncino;
- c) riempire gli interstizi vetro-piombo applicando lo stucco con una spatola rivestita di nastro adesivo in carta, per evitare di graffiare i vetri;
- d) rimuovere lo stucco in eccesso utilizzando bastoncini di legno.

L'impiego dello stucco tradizionale e di stucchi e mastici alternativi è stato ed è tutt'ora oggetto di esami e sperimentazioni. Oltre agli stucchi tradizionali per la stuccatura dei giunti tra piombo e vetro sono stati utilizzati: stucchi a base di elastomeri, sigillanti a base di gomme butiliche e resine siliconiche.

La stuccatura con resine siliconiche è generalmente consigliata solo in caso di sostituzione dei piombi della vetrata, poiché difficilmente questa resina aderisce bene a uno strato polverulento e degradato.

### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

L'impiego dello stucco tradizionale è però sconsigliato da molti ricercatori e studiosi, perché presenta notevoli inconvenienti, indurisce troppo e irrigidisce in modo eccessivo la tessitura dei piombi che non reagiscono elasticamente alle sollecitazioni, tra le quali, anzitutto, quelle provocate dal vento.

Gli agenti atmosferici, inoltre, possono trasformare i componenti dello stucco tradizionale in solfati, compromettendo l'aderenza tra vetro e listelli di piombo e favorendo le infiltrazioni d'acqua e, come possibile effetto estremo, la caduta delle tessere vitree. Infine, i componenti dello stucco tradizionale favoriscono, in presenza di umidità, la proliferazione di muschi e licheni nello spazio compreso tra il profilo di piombo e il vetro.

Gli operatori che si occupano del restauro delle vetrate antiche ritengono anche che si debba assolutamente evitare l'applicazione dello stucco tradizionale "a guazzo". Tale operazione presuppone lo spargimento dello stucco liquido su tutta la superficie esterna della vetrata, in attesa che il prodotto penetri nelle intercapedini tra vetro e piombo, e con la rimozione dell'eccesso di materiale solo alla fine. La stuccatura a guazzo produce tuttavia notevoli stress al manufatto, causando pressioni che potrebbero rompere le tessere vitree, lascia sulla superficie esterna del vetro uno strato oleoso la cui rimozione provoca l'abrasione della patina naturale dei vetri antichi e, in presenza di corrosione, s'insinua nei microcrateri e raggiunge la superficie dipinta.

## **ESPERIENZE**

Biblioteca Medicea Laurenziana di Firenze, anno intervento 2004-2006. Nelle vetrate policrome del Salone di Michelangelo per la stuccatura dei giunti tra piombo e vetro è stato utilizzato uno stucco a base di calce (Lafarge) mischiata a olio di lino crudo e colorato con l'aggiunta di pigmento nero.

Chiesa di San Giovanni in Monte a Bologna, anno intervento 1983-1986. Nel rosone di San Giovanni in Patmos la stuccatura tra piombi e vetro è stata eseguita con una resina siliconica, inserita nell'intercapedine tra i due con l'aiuto di piccole spatole e siringhe.

Duomo di Milano, anno intervento 1965-1980. Le stucature sono state eseguite con un impasto di resina vinilica caricato di scagliola e pigmentato con nero fumo, applicato mediante una spazzola di radice.

Vetrata di Giovanni Bonino. Galleria Nazionale dell'Umbria, anno intervento 1986. Lo stucco è stato inserito negli interstizi dei canaletti di piombo con piccole spatole d'acciaio, dopo aver protetto i vetri con del cartoncino.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Beccattini A. 1989, pp. 32-37; Brivio E. 1981, pp. 109-117; Corallini A., Bertuzzi V. 1994; Marchini G. (a cura di) 1977, pp. 190-94; Moradei R., Angellotto D., Verità M. 2006; Pirina C. (a cura di) 1986.

(ARC)



<b>INT 27</b>	<b>INTEGRAZIONE DI MANUFATTI CERAMICI CON IMPASTI MODELLABILI</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica dell'integrazione dei manufatti in materiali ceramici mediante l'utilizzo di materiali in pasta modellabili sfrutta la capacità di questi ultimi, una volta inseriti nelle lacune e nelle discontinuità presenti, di ricostituire la continuità degli oggetti trattati.

Per eseguire tale operazione si possono utilizzare sia miscele già pronte e reperibili in commercio, come sono i vari tipi di composti a base di leganti organici, sia miscele a base di gesso preparate direttamente in cantiere o in laboratorio (fig. 1).

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Spesso, i materiali ceramici, costituenti oggetti isolati o parti di un rivestimento protettivo e/o decorativo di manufatti edilizi, presentano fratture più o meno estese e profonde associate a perdite di frammenti di materiale che ne alterano il disegno, il modellato plastico e la resistenza agli agenti aggressivi e di usura.

L'integrazione di tali lacune può quindi essere necessaria non soltanto per ricomporre l'unità ornamentale dei manufatti, ma anche per consolidarli e proteggerli. La mancanza di materia, infatti, ancorché puntuale e limitata, è talvolta origine di fenomeni disgregativi più estesi, costituisce sede privilegiata per il deposito di polveri o di altre sostanze dannose, potenziale luogo d'insediamento di colonie batteriche e microvegetali e, in ogni caso, possibile punto di innesco di ulteriori fenomeni di degrado e alterazione dei manufatti.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Nel risarcimento di lacune di piccole dimensioni, si procede anzitutto rilevando l'impronta delle parti danneggiate, applicando al loro interno plastilina o argilla da vasai oppure cera da dentisti. In quest'ultimo caso, dopo aver scaldato la tavoletta di cera con il calore delle mani, ed aver spolverato una piccola quantità di talco con funzione anti-adesiva sulla superficie, occorrerà prendere l'impronta della parte da ricostruire. Una volta raffreddata la cera, si trasferisce l'impronta realizzata nel punto da stuccare. Si utilizza la carta adesiva per fissare bene questo stampo al punto preciso, quindi si procede alla stuccatura. L'impronta così ottenuta serve come base per la ricostruzione delle parti mancanti del manufatto (v. INT06 - Integrazioni mediante formatura di impasti a banco o in opera).

Prima di procedere alla reintegrazione occorre in ogni caso pulire accuratamente e inumidire bene le fratture alle quali dovranno aderire le parti aggiunte, per evitare che il contatto con superfici secche e porose provochi un eccessivo assorbimento d'acqua sottratta alla miscela utilizzata per realizzare le integrazioni, col conseguente distacco della parte aggiunta.

Gli impasti più utilizzati, come accennato, sono quelli ottenuti mescolando gesso in polvere con l'acqua. Le qualità di gesso più utilizzate e diffuse per le ceramiche porose sono il gesso alabastrino e il gesso scagliola fine.

Tali impasti possono essere realizzati in un piccolo recipiente contenente acqua in quantità proporzionale alla lacuna da stuccare. Il gesso andrà aggiunto poco alla volta, in modo da evitare grumi, fino ad assorbire completamente l'acqua. A questo punto sarà necessario mescolare la mistura con un bastoncino, in modo che abbia una consistenza morbida, ma non fluida. Dopo averla lasciata riposare per qualche attimo lo stucco sarà pronto per l'uso. Il suo utilizzo dovrà avvenire entro pochi minuti in quanto si indurisce rapidamente e a quel punto non può più essere usato. Per questo motivo è consigliabile preparare piccole quantità di impasto per volta.

Dopo che il composto si sarà leggermente rappreso, il che richiede circa due minuti, l'impasto va applicato con una spatola nelle zone da ricostruire.

Dopo che l'integrazione si è consolidata, si procede alla levigatura della sua superficie superiore, utilizzando raspe da gesso e carta vetrata, a grana progressivamente sempre più fine.

Infine, si utilizza carta abrasiva a grana molto fine, tenendo presente, naturalmente, che con queste operazioni non si devono neppure sfiorare le parti sane del manufatto per non danneggiarle irreparabilmente (fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5).

Gli impasti utilizzati contengono in genere gesso da forma, eventualmente addizionato con pigmenti, che possono conferire alla malta il colore degli impasti originali, la colorazione degli impasti deve avvenire a secco mescolando la polvere di gesso con i pigmenti a secco. Si tratta di terre o argille polverizzate (terra oca, chiara e scura, terra di Siena bruciata o naturale, terra ombra di Cipro bruciata, cocchiopesto più o meno rosso, terra nera). Le terre (da preferirsi per la facilità di ottenimento dei colori giusti) possono essere sostituite dagli ossidi metallici che, a differenza delle terre, assorbono molta meno acqua e quindi non indeboliscono la consistenza del gesso, ma rendono più difficile ottenere il colore desiderato. Per ovviare all'indebolimento dell'impasto possono essere aggiunte sostanze che ne migliorano la lavorabilità, ritardando i tempi di presa. Si possono utilizzare, a tale scopo, i ritardanti a base di gomma utilizzati in edilizia, che prolungano il tempo di presa degli impasti fino a un massimo di 40 minuti dall'applicazione, se aggiunti nella percentuale del 4%. Tale tempo varia tuttavia in funzione della quantità di ritardante utilizzato. Buoni risultati sono stati ottenuti anche utilizzando miscele di gesso in polvere, il Gypson molto fine usato anche dagli odontotecnici, e il Das, nelle proporzioni di 10 parti a 6. Il Das, in particolare, attenua gli inconvenienti propri dei composti a base di gesso, perché l'impasto ottenuto si lavora bene anche a distanza di qualche giorno e, a indurimento avvenuto, le parti aggiunte mostrano una buona resistenza. Sulle parti così ricostruite si possono eventualmente applicare ulteriori prodotti consolidanti. Il Das in polvere non è tuttavia più reperibile in commercio, ed è stato ormai sostituito da prodotti simili, quale, ad esempio, il Darwi della Bodson e Nelis (Belgio).

Per l'integrazione della porcellana o delle ceramiche non porose in genere è preferibile utilizzare come legante la resina epossidica (Uhu Plus) addizionata con biossido di titanio che ne impedisca l'ingiallimento e la polvere di talco o altri pigmenti bianchi come la polvere di porcellana, di caolino, il bianco argento, il bianco di zinco, la polvere finissima di marmo. La consistenza giusta dello stucco così ottenuto è quella della mollica di pane. La stuccatura va eseguita utilizzando spatole o stecche di legno da modellismo. Per impedire che lo stucco rimanga attaccato alle spatole è necessario inumidirle continuamente con alcol etilico a 94 °C, che serve da antiadesivo (va bene anche lacca o qualsiasi altro liquido). I tempi di essiccazione dello stucco epossidico sono leggermente inferiori a quelli della colla epossidica.

Tra i materiali in pasta utilizzati per l'integrazione dei manufatti ceramici lacunosi va inoltre ricordata la *polyfilla*, un composto plastico a base di cellulosa e di resine viniliche. La *polyfilla* richiede tempi di lavorazione piuttosto lunghi, ma si tratta di un prodotto sperimentato in laboratorio sui reperti archeologici, che, se correttamente impiegato, possiede caratteristiche migliori rispetto a quelle dei materiali tradizionalmente utilizzati nelle integrazioni.

In particolare, essa è resistente all'umidità, all'acqua e agli sbalzi termici, e permette di realizzare integrazioni di grande leggerezza.

L'applicazione della *polyfilla* avviene per colatura del composto tra due fogli sottili di cera dentistica, opportunamente modellati a seguire la forma dell'elemento da ricostruire.

La *polyfilla* si trova in commercio sotto forma di polvere e, per preparare un composto adatto a essere colato, deve essere versata nell'acqua fino a ottenere un impasto piuttosto denso. Le dosi ottimali per la miscela sono: 100 g di *polyfilla* con 40 ml d'acqua. Nel caso sia necessario ottenere una superficie ruvida e granulosa, all'impasto può essere aggiunta una piccola quantità di sabbia molto fine. La miscela a base di *polyfilla* può essere inoltre colorata, sia nella fase dell'impasto utilizzando appositi pigmenti in polvere, sia una volta applicata e consolidata, ricorrendo a colori acrilici.

Lo stucco ottenuto con la *polyfilla* deve essere applicato in strati successivi, che possono essere facilmente levigati con un batuffolo di cotone imbevuto d'acqua, quando è quasi indurito.

Recentemente, è stato posto in commercio un prodotto chiamato *fine surface polyfilla*, una sostanza a base vinilica già pronta per l'uso, che può essere applicata a spatola sopra la *polyfilla* normale (*interior polyfilla*) e che permette di ottenere superfici di finitura molto regolari.

La *fine surface polyfilla* impiega molte ore per seccare completamente e, a differenza della *interior polyfilla*, non può essere lisciata e rifinita quando è ancora fresca. Richiede quindi tempi d'applicazione e di finitura piuttosto lunghi; inoltre, deve essere applicata in strati spessi non più di 1-2 mm, in quanto spessori maggiori creano, in fase di asciugatura, delle cretture difficili da eliminare anche lisciando la superficie con carta abrasiva.

Tenuto conto di queste caratteristiche la *fine surface polyfilla* è ottima come rifinitura, perché dà luogo a una superficie liscia e compatta, particolarmente adatta a ricevere il colore, che non è assorbito e scolorito come talvolta avviene su certi tipi di gesso e sulla *interior polyfilla* (fig. 6, fig. 7).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il Conservation Department dell'Institute of Technology di Londra ha messo a punto una sostanza denominata A. J. K. Dough che si compone di acetato polivinilico, cascame di juta e caolino. Il composto si ottiene unendo 100 parti di acetato o di butirrato polivinilico a 120 parti di acetone, più 50 parti di alcol denaturato e 40 di acetato di amile, il tutto lasciato agire in un contenitore per 24 ore per consentire alla resina di sciogliersi. La soluzione è resa stabile con l'aggiunta di xilene (100 parti in 60 parti d'acqua). Il cascame di juta e il caolino servono da addensanti. La soluzione deve essere conservata in contenitori con tappi ermetici per evitare che il solvente evapori.

Per l'integrazione delle ceramiche vengono utilizzati anche impasti a base di cere caricate con pigmenti per ottenere il colore del corpo ceramico. Gli impasti a base di cere vanno applicati a caldo, quasi allo stato liquido. Le integrazioni realizzate con tale composto possono essere ritoccate senza limiti di tempo, perché basta lavorarle con la spatola calda, o comunque con qualunque attrezzo di ferro riscaldato. La cera, però, risulta molto più fragile di qualunque ceramica, pertanto questo tipo di materiale risulta indicato per l'integrazione di manufatti destinati all'esposizione museale.

### **ESPERIENZE**

Statua della fede sulla sommità della facciata della chiesa di Santa Verdiana a Castelfiorentino, anno intervento 1987. Integrazione con impasti a base di gesso.

Duomo di Ancona, statua di San Marcellino, anno intervento 1994. Con l'impiego di gesso Gypson, applicato sull'armatura precedentemente approntata, sono state stuccate sia le lacune passanti da parte a parte, sia le fratture lungo le giunture dei pezzi riassemblati.

Il gesso è stato poi modellato in modo da seguire l'anatomia del personaggio e l'andamento delle vesti.

Pinacoteca Civica di Savona, pannello figurativo in "Iaggioni", anno intervento 2008. L'integrazione delle lacune è avvenuta con stucco a base di cellulosa, colorato con terre naturali.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Berti G., Galluzzi R., Tongiorgi L. 1977, pp. 27-37; Bonetti S. 1995; Fabbri B., Ravanelli Guidotti C. 2004; Plenderleith H. J., Werner A. E. 1986, p. 217; Vlad Borrelli L. 1972.



Figura 1 • Vaso ceramico con integrazioni realizzate utilizzando una miscela a base di gesso. (OPD)



Figura 2 • Piatto con integrazioni di gesso dipinto e coloriture eseguite con metodo analogo alla selezione cromatica. (OPD)

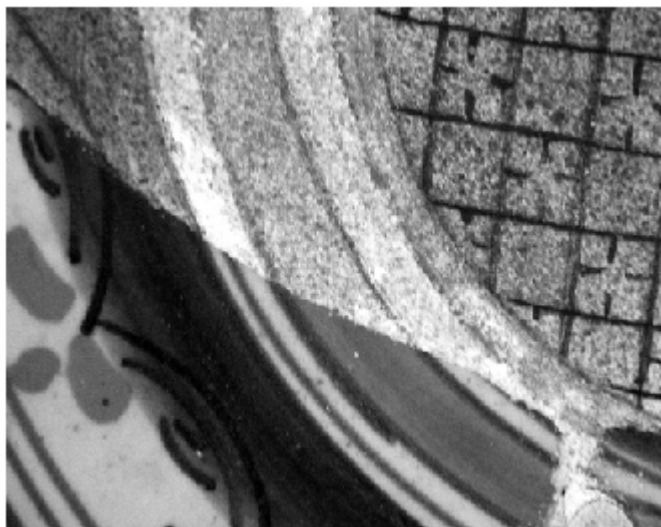


Figura 3 • Dettaglio della tecnica di coloritura. (OPD)



Figura 4 • Altro dettaglio della tecnica di coloritura. (OPD)

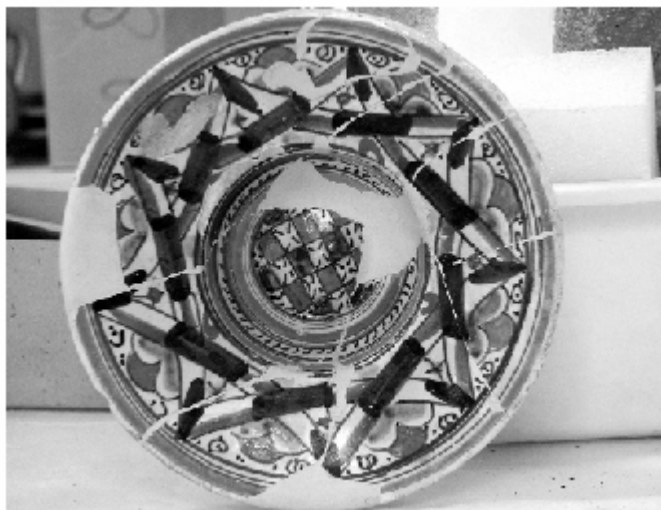


Figura 5 • Integrazioni in gesso dipinto con trattamento cromatico sottotono. (OPD)



Figura 6 • Integrazioni realizzate utilizzando una miscela a base di gesso, senza coloritura. (OPD)



Figura 7 • Integrazioni con una miscela a base di gesso e trattamento della superficie mediante tecnica analoga all'astrazione cromatica. (OPD) v. **Tavv.**

## LE TECNICHE DI PROTEZIONE DEI MANUFATTI

Con il termine protezione si fa riferimento, nel restauro architettonico, alla difesa dell'edificio dall'aggressione degli agenti naturali o di origine antropica, con materiali e procedure approntati per tale scopo. I metodi di cui disponiamo si possono ricondurre essenzialmente a due differenti modi di intervento. Il primo, di tipo attivo, mette in campo tecniche atte a impedire l'insorgere di un processo di degrado agendo sulle cause dello stesso. A questo gruppo appartengono i presidi che si avvalgono della costruzione di schermi, strutture o barriere – come nel caso delle vetrate poste a isolamento delle parti lapidee scolpite sulla facciata del duomo di Orvieto, o la copertura in plexiglas della gradinata del Teatro di Eraclea Minoa<sup>1</sup>, tettoie o veri e propri nuovi tetti aggiunti alle rovine delle Domus pompeiane. La seconda modalità di intervento, di tipo passivo, comprende tecniche che mirano ad applicare, sui materiali da proteggere, altri materiali – solitamente di sintesi ma compatibili con i primi – che possiedono caratteristiche speciali e in grado di costituire un vero e proprio strato di sacrificio che si deteriora in luogo della materia protetta. L'applicazione investe comunemente le superfici esterne dei manufatti lapidei (nel senso ampio del termine *lapideo* inteso dalle Raccomandazioni Normal, che comprende, oltre alle pietre, anche i materiali fittili, gli intonaci, i calcestruzzi). Il principio è quello di difendere tali superfici dagli attacchi fisico-chimici degli agenti atmosferici e delle sostanze aggressive che essi veicolano, dalle azioni di organismi animali e vegetali, nonché dagli effetti indotti dall'uso. La funzione precipua di un prodotto protettivo è quindi soprattutto quella di impedire il passaggio dell'acqua all'interno del materiale, rendendolo impermeabile, e di costituire uno schermo contro gli inquinanti atmosferici. Ma vi sono forme di protezione che riguardano altri agenti di degrado, come i dissuasori antivolatili, gli strati contro l'usura, le impregnazioni contro gli ambienti ad atmosfera acida o secca, la creazione di ambienti ostili alla proliferazione di piante e animali parassiti ecc.

Le tecniche descritte in questa sezione si limitano ai procedimenti che riguardano l'intervento su singoli materiali, già definiti come metodi passivi, tralasciando quelli di tipo attivo, soprattutto perché comportano una partecipazione creativa del progettista (attraverso l'ideazione di ripari, tettoie, schermi protettivi e, a volte, vere e proprie strutture) che esula dalle finalità di questo lavoro. Fanno eccezione le barriere contro i volatili e alcuni dispositivi protettivi delle vetrate che, a rigore, farebbero parte dei sistemi attivi, ma che comportano la semplice adozione di tecniche già sperimentate e considerate come soluzioni standard. Inoltre, alcune tecniche descritte in altre sezioni (come, ad es., le disinfestazioni, le stuccature delle fessure, alcuni consolidamenti delle superfici e altro ancora) possono rientrare, almeno in parte, nella categoria delle protezioni, giacché tale funzione vi è compresa almeno come effetto collaterale, se non come obiettivo dichiarato.

È noto che, una volta terminato l'intervento di restauro, ricomincia immediatamente il ciclo di degradazione della materia a opera degli agenti aggressivi. Un ciclo che tende a riproporre i problemi appena risolti o circoscritti: depositi, croste, erosioni, infiltrazioni umide, formazioni di lacune, di distacchi ecc. Per questo motivo, la vecchia consuetudine di applicare uno strato che allontani il più possibile la necessità di un nuovo restauro (sempre traumatico, per quanto delicato e prudente) è una delle operazioni che tradizionalmente si è adottata come forma di manutenzione ordinaria, già da prima che il restauro fosse identificato come autonoma e organica pratica operativa che include i consolidamenti, le puliture e le eventuali integrazioni.

Questa pratica era seguita nel passato impiegando soprattutto grassi e cere, le cui tracce sono riconoscibili ancora oggi, sulle vecchie superfici di molti edifici. Ma i limiti di questi prodotti sono molti e in parte vanno imputati alla loro bassa temperatura di fusione che, soprattutto in luoghi esposti all'insolazione diretta, li rende appiccicosi e favorisce la formazione di depositi polverosi, destinati a trasformarsi in vere e proprie croste che finiscono col modificare l'aspetto del materiale

da proteggere, se non addirittura le sue caratteristiche di resistenza. Oggi, l'uso di cere microcristalline ha in parte risolto questo problema, ma tali sostanze sono usate soprattutto per manufatti custoditi al coperto e realizzati con materiali poco porosi. Con lo sviluppo delle conoscenze che in campo chimico ha condotto alla scoperta dei polimeri di sintesi si è aperta una nuova stagione nella storia delle protezioni (e dei consolidamenti), con sostanze che coniugano buone prestazioni nel campo dell'idrorepellenza con una stabilità chimica che evita i sottoprodotti nocivi o le alterazioni pericolose per il materiale sul quale sono applicati.

I protettivi possiedono oggi proprietà chimico-fisiche simili a quelle dei consolidanti, ma con alcune particolarità che sono così riassumibili: *idrorepellenza*, *permeabilità al vapore*, *reversibilità*, *compatibilità*<sup>2</sup>

L'*idrorepellenza* è la qualità principale che si chiede a un prodotto perché possa essere definito un protettivo. È necessaria per ridurre la penetrazione dell'acqua nel materiale: "non tanto, e non solo, in quanto il protettivo può riempire spazi altrimenti accessibili all'acqua stessa, ma soprattutto in quanto riduce l'idrofilia delle pareti dei capillari e della superficie esterna del materiale lapideo"<sup>3</sup>. Tale cambiamento comporta la drastica riduzione dei rischi di degrado dovuti alla presenza dell'acqua, quali il processo ciclico di gelo-disgelo, il ciclo di solubilizzazione e ricristallizzazione dei Sali presenti nell'acqua infiltrata all'interno della muratura, le interazioni con gli inquinanti atmosferici (vedi saggio introduttivo della sezione Deumidificazioni).

Con *permeabilità al vapore* o traspirabilità, s'intende "la quantità di vapore acqueo che fluisce – nell'unità di tempo, per unità di superficie e in condizioni stazionarie – attraverso un corpo di spessore determinato, tra due superfici parallele e normalmente ad esse, sotto l'effetto di una differenza di pressione parziale di vapore acqueo tra due superfici"<sup>4</sup>. Essa è quindi la proprietà, altrettanto importante rispetto alla precedente, che permette al vapore acqueo, già presente nei muri o che si forma all'interno dell'edificio, di attraversare le murature e portarsi all'esterno, garantendo l'equilibrio igrometrico delle strutture e degli spazi abitati.

È importante valutare questa caratteristica del prodotto<sup>5</sup>, poiché, se la scarsa idrorepellenza non fa altro che mantenere il livello di vulnerabilità 'naturale' del materiale, la mancata permeabilità al vapore accelera notevolmente il degrado, come sarà chiarito più avanti a proposito di un caso di cattiva protezione.

La *reversibilità* di un prodotto protettivo implica questioni la cui portata, nel dibattito sul restauro, va ben oltre l'ambito tecnico e non si limita al "significato abbastanza riduttivo [...] 'di solubilità a lungo termine' di materiali consolidanti e protettivi"<sup>6</sup>. Essa rimanda ad una visione del restauro che accetta e rende possibile il ripensamento, il ritorno a situazioni e a interventi pregressi, sollevando i dubbi che alimentano la discussione fra gli esperti<sup>7</sup>. D'altro canto l'inversione della freccia temporale per tornare a un "ideale momento" precedente il restauro è meta perseguita illusoriamente, e impossibile da ottenere, persino sul piano teorico. Si pensi ai consolidamenti, in cui si richiede al prodotto la massima penetrazione all'interno del materiale e il legame stretto con la sua struttura cristallina<sup>8</sup>, o a reintegrazioni eseguite con vere e proprie aggiunte di parti murarie immorsate all'edificio esistente al punto da collaborare staticamente con esso, oppure alle impregnazioni consolidanti di materiali come il legno. In questi casi, e allora più sensato ricercare la *compatibilità chimico-fisica* tra i materiali da restaurare e quelli usati per l'intervento ricerca che genera unioni e compenetrazioni talmente profonde da interdire qualsiasi forma di reversibilità ma assicura la riuscita, senza controindicazioni, dell'intervento. Nel caso delle tecniche di protezione, sembrerebbe profilarsi una situazione diversa, poiché, attraverso la ricerca della stabilità chimico-fisica dei materiali e della loro solubilità, si vorrebbero raggiungere due scopi: la reversibilità e la compatibilità.

Trattandosi, infatti, di un trattamento superficiale, che agisce direttamente sulla faccia visibile del materiale, il prodotto protettivo dovrebbe essere totalmente eliminabile, nel caso che si producano alterazioni non previste. I protettivi possono "virare" o produrre il cosiddetto "effetto bagnato", provocando una modificazione dell'immagine non programmata direttamente dal progettista e, perciò, inaccettabile. E non è solo un problema di alterazione cromatica, bensì di modificazione dell'immagine complessiva dell'edificio ottenuta in modo casuale.

Lo sviluppo scientifico dello studio dei prodotti e la definizione di metodiche sempre più raffinate che puntano a risolvere anche il problema della reversibilità, è influenzato da un'altra condizione irrinunciabile: la totale *trasparenza* dei prodotti. L'attenzione per il monumento, dall'inizio



dell'Ottocento a oggi, si è man mano spostata dalla cura per la sua immagine, alla tutela della materia "formata" dall'ingegno e dal lavoro umano. Parallelamente si è sviluppato, non soltanto in Italia, un gusto mosso inizialmente dall'istanza di ridare completezza e uniformità all'opera, ma che si è poi orientato, almeno in parte, verso l'accettazione delle forme "vissute" e segnate dall'invecchiamento, fino ad accogliere l'aspetto lacunoso delle preesistenze come una componente essenziale dell'esteticità dell'opera. Questo percorso teorico, a prima vista di interesse esclusivamente metodologico, ha influito inevitabilmente sugli aspetti tecnico-esecutivi del restauro (rimanendone, a sua volta, influenzato), investendo le metodiche della pulitura, del consolidamento, delle integrazioni e, naturalmente, quelle della protezione. E non sono mancate le ripercussioni anche nello sviluppo della ricerca verso prodotti di sintesi; i quali sono sempre più concepiti in modo da svolgere la loro funzione idrorepellente e, al tempo stesso, da rispettare i criteri della stabilità cromatica e della trasparenza, imposti dal contenuto estetico dell'opera. In questo modo, la protezione ha completamente perso l'accezione di strato, anche decorativo, e di presentazione finale, che indubbiamente aveva nel passato (scialbature, velature ecc.), per mantenere unicamente quella di operazione tecnica il più possibile neutra. Fermo restando che anche la scelta di mantenere l'aspetto del materiale, *hic et nunc*, comporti, di fatto, una precisa determinazione estetica.

Scrivono a tal proposito Lazzarini e Laurenzi Tabasso: "Una indubbia azione protettrice viene ottenuta anche applicando al materiale lapideo un rivestimento non trasparente come, ad esempio, un intonaco o una scialbatura. In questo caso l'effetto protettivo è dovuto alla presenza di uno strato di materiale che, se meno poroso e permeabile della pietra sottostante, può ridurre la penetrazione dell'acqua liquida e inoltre può divenire la sede preferenziale dei processi di scambio e di reazione chimica con gli agenti esterni, sostituendosi al materiale lapideo che, dunque, ne risulta protetto"<sup>9</sup>. È ciò che accade in alcuni paesi europei, dove è utilizzato spesso il metodo della pulitura-consolidamento-protezione con latte di calce, che innegabilmente aggiunge uno strato di protezione al materiale lapideo ma ne modifica, anche notevolmente, il colore. Questa scelta è legata a una concezione del restauro che, ferme restando le istanze di conservazione della materia, non pone tra le esigenze primarie quella di mantenere visibile la complessità stratigrafica – e quindi storica – della materia, ma puntano a ricostituire un'immagine unitaria, anche se talvolta arbitraria, dell'edificio. In questo caso, non si ha sottrazione di materia, ma una più difficile, se non impossibile, lettura delle informazioni veicolate dalle superfici.

Rispetto a tali questioni è possibile domandarsi allora: "si conserva l'immagine della materia o la materia per se stessa? In altre parole, i trattamenti di superficie devono sempre avere come caratteristica necessaria la trasparenza?"<sup>10</sup>, oppure, pur nascondendo le superfici sotto spessori protettivi opachi, la conservazione della materia è in ogni modo perseguita? "Dobbiamo chiederci se lo scopo di conservare (*cum-serbare*, tenere con sé) è contemplare il deperimento degli edifici, [...], oppure progettare la permanenza dei medesimi edifici nel futuro, guidandone la inevitabile trasformazione per evitare che essa comporti un depauperamento"<sup>11</sup>.

Ma non è certo solo una questione d'immagine. Il problema della compatibilità e della reversibilità presenta aspetti puramente tecnici, com'è evidente nel caso di trattamenti protettivi con prodotti idrorepellenti che non assicurano la permeabilità al vapore e che, applicati diffusamente sulla superficie dei monumenti, alterano l'equilibrio igrometrico dell'edificio. Ne è un esempio emblematico l'intervento effettuato negli anni '90 alla Zisa a Palermo<sup>12</sup>, che sembrava imporsi a causa delle gravi manifestazioni di degrado da umidità di risalita. Analisi approfondite hanno poi messo in luce che quei fenomeni erano da imputare alla scelta e all'errata applicazione di un protettivo applicato nel restauro precedente in cui tutte le superfici, interne ed esterne, erano state impregnate di sostanze resinose con la conseguente formazione di un film impermeabile che impediva la traspirazione delle murature. L'unica eccezione era costituito da una sala che, non investita dai lavori di restauro, costituiva l'unico punto di sfogo per l'evaporazione dell'acqua e presentava imponenti fenomeni di efflorescenze e sub efflorescenze che raggiungevano un'altezza che superava i tre metri dal pavimento, facendo pensare, appunto, a un fenomeno di umidità di risalita. In questo caso, la soluzione stava nella possibilità di eliminare la pellicola impermeabile, il che fu possibile grazie alla quasi totale solubilità delle vecchie resine.

Questo caso è esemplare, tra l'altro, perché testimonia dei facili entusiasmi con cui sono accolti talvolta dei prodotti di cui si decantano caratteristiche positive e che portano numerosi operatori a

utilizzarli come totalmente risolutivi dei loro problemi, sino a quando subentra la delusione dovuta a indesiderati effetti secondari o alla scarsa stabilità nel tempo<sup>13</sup>. È il caso, tra gli altri, del Paraloid B72, un copolimero acrilico consolidante e protettivo, considerato a lungo un ottimo idrorepellente, ma che ha mostrato la tendenza a perdere in breve tempo proprio questa caratteristica rendendo nulla la funzione protettiva, specialmente se impiegato su superfici esposte all'ambiente esterno.

Si evidenzia, così, un altro elemento problematico delle sostanze e dei trattamenti protettivi: la loro *durata* nel tempo. Normalmente, un prodotto è ritenuto efficace per un periodo che va dai 5 ai 10 anni, dopo di che esso perde la propria efficacia idrorepellente rendendo necessario un nuovo ciclo di protezione. Questo è possibile, in molti casi, solo dopo aver proceduto all'eliminazione del materiale applicato in precedenza. Da qui deriva, tra l'altro, la necessità di un altro accorgimento, che nella prassi odierna è puntualmente disatteso, il tener nota, cioè, dei prodotti che sono utilizzati nei restauri, in modo da consentire a chi si trovi a intervenire dopo qualche anno di scegliere il giusto procedimento, a cominciare dalla scelta del solvente adatto ad eliminare i residui di prodotti ormai inefficaci (v. DOC03 - Resoconti, annotazioni, diario dei lavori, DOC04 - Prelievi, analisi e monitoraggi nel corso dei lavori, DOC05 - Collaudi, prove e controlli in corso d'opera).

Riepilogando e assumendo le indicazioni di L. Lazzarini e M. Laurenzi Tabasso<sup>14</sup>, i requisiti dei prodotti protettivi sono i seguenti.

- a - *Influenza minima sulle proprietà ottiche del materiale lapideo.*
- b - *Stabilità agli inquinanti chimici, in particolare agli inquinanti acidi dell'atmosfera.*
- c - *Stabilità alle radiazioni U.V.*
- d - *Impermeabilità all'acqua liquida.*
- e - *Permeabilità all'acqua in fase vapore.*
- f - *Reversibilità, o quanto meno, facile rimovibilità quando il protettivo abbia perduto la sua efficacia.*
- g - *Assenza di sottoprodotti dannosi.*
- h - *Facile applicabilità.*

Le procedure tecniche descritte in questa sezione vanno, dunque, accolte in modo critico, tenendo conto dei requisiti ora enunciati e delle avvertenze contenute nell'esposizione di ogni tecnica, soprattutto nel paragrafo *Accorgimenti, varianti, limiti*. Le sostanze e le procedure previste di volta in volta sono da considerare un insieme di indicazioni esecutive che si collocano a valle delle decisioni e delle scelte progettuali. Vale a dire che la soluzione tecnica di un intervento discende dalle analisi e dalle valutazioni complessive che tengono conto delle numerose componenti tematiche e problematiche che caratterizzano un programma di restauro. Nessuna soluzione può essere adottata indipendentemente dalla chiara formulazione del problema che la reclama. E, in ogni caso, una volta definita la strategia dell'intervento in tutti i suoi aspetti, le opzioni tecnico-esecutive sono generalmente più d'una, mentre quelle disponibili vanno attentamente valutate per ciò che offrono di positivo e per gli eventuali rischi che comportano.

Le metodiche proposte nella sezione, in sostanza, cercano di fare il punto della situazione, ad oggi, di ciò che offre la scienza del restauro, tenendo conto, beninteso, che l'intera materia trattata è in costante mutamento e va aggiornata attraverso i contributi dei convegni, delle riviste specializzate e di una incessante sperimentazione.

## Note:

<sup>1</sup> Questo intervento, realizzato negli anni Sessanta, causò danni rilevanti alla struttura in quanto creò sotto la copertura dei gradini in pietra un microclima favorevole alla crescita di vegetazione infestante per cui nel 1996 si dovette procedere alla sua rimozione.

<sup>2</sup> Cfr gli atti di due recenti convegni: *La Reversibilità nel restauro. Riflessioni, esperienze, percorsi di ricerca*, atti del Convegno Scienza e Beni culturali, Bressanone 1-4 luglio 2003, Marghera-Venezia, Arcadia Ricerche, 2003 e *Dalla reversibilità alla compatibilità*, atti del convegno Arkos Conegliano 13-14 giugno 2003, Firenze, Nardini, 2003.

<sup>3</sup> Lorenzo Lazzarini, Marisa Laurenzi Tabasso, *Il restauro della pietra*, Padova, Cedam, 1986, p. 232.

<sup>4</sup> Documento Normal 21/85. *Permeabilità al vapor d'acqua*, CNR Centro studi di Milano e Roma sulle cause di deperimento e sui metodi di conservazione delle opere d'arte, Roma, ICR Istituto centrale del restauro.

<sup>5</sup> È possibile trovare le indicazioni per il calcolo della permeabilità al vapore nel Documento Normal 21/85.

<sup>6</sup> Giovanni G. Amoroso, Mara Camaiti, *Scienza dei materiali e restauro. La pietra: dalle mani degli artisti e degli scalpellini a quelle dei chimici macromolecolari*, Firenze, Alinea, 1997.

<sup>7</sup> Sull'argomento v. anche B. Paolo Torsello, *La materia del restauro, tecniche e teorie analitiche*, Marsilio, Venezia 1988, il cap. *Limiti e aperture del "reversibile"*.

<sup>8</sup> "Le difficoltà sono inoltre ingrandite dalle trasformazioni strutturali subite dal polimero per effetto dell'invecchiamento, dalla non facile penetrazione del solvente attraverso la ridotta porosità della pietra, dal pericolo di effetti secondari che l'operazione di estrazione del consolidante comporta". Giovanni G. Amoroso, M. Camaiti, *Scienza dei materiali...*, p. 136.

<sup>9</sup> Lorenzo Lazzarini, Marisa Laurenzi Tabasso, *Il restauro...*, p. 233.

<sup>10</sup> Stefano Della Torre, *Colore o spessore*, in Donatella Fiorani (a cura di), *Il colore nell'edilizia storica*, Roma, Gangemi, s.d. (2000), p. 47.

<sup>11</sup> Ibid.

<sup>12</sup> Franco Tomaselli, *La Zisa di Palermo: un problema di umidità conseguente all'uso di prodotti acrilici*, in Biscontin G., Driussi G., *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, atti del Convegno di studi di Bressanone, Marghera-Venezia, Arcadia Ricerche, 2000, pp. 181-87.

<sup>13</sup> Cfr gli atti del convegno Scienza e Beni culturali, *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Marghera-Venezia, Arcadia ricerche, 2000.

<sup>14</sup> Lorenzo Lazzarini, Marisa Laurenzi Tabasso, *Il restauro...*, p. 234.

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La protezione chimico-fisica consiste nell'applicazione sulla pietra di un *film di sacrificio* che separi il materiale dall'ambiente, al fine di opporre un'apprezzabile resistenza alla penetrazione dell'acqua, principale agente di degrado insieme ai composti inquinanti presenti nell'atmosfera e all'adesione di materiale particellato. Ciò avviene non tanto perché il protettivo può riempire spazi accessibili all'acqua ma soprattutto in quanto riduce l'idrofilia dei capillari e della superficie esterna del materiale lapideo, riducendo la possibilità di fenomeni alterativi legati all'acqua, come il trasporto e la cristallizzazione dei sali, i fenomeni di gelo-disgelo e le interazioni con gli inquinanti atmosferici.

Sull'azione dei protettivi un ruolo importante è svolto dal diluente o dal solvente col quale sono diluiti. È utile, perciò, chiarire il principio su cui si basa la loro azione.

*Acqua* (come solvente o diluente). Molti metilmetacrilati, alcuni metilsiliconati, siliconi, fluorocarbonati e silicati alcalini sono solubili o diluibili in acqua. La profondità di penetrazione nella pietra dipende dall'assorbimento dell'acqua da parte dei minerali argillosi eventualmente presenti o dalla reazione di questi con l'acqua. Assorbendo il liquido e rigonfiandosi, essi ostacolano l'ingresso di ulteriore acqua all'interno dei capillari, bloccandone l'apertura. La soluzione rimane allora sulla superficie formando una dura crosta, spesso lucida e scura che, se sottoposta alle tensioni interne dovute all'evaporazione dell'acqua, può portare a un'esfoliazione della superficie trattata. La facilità di applicazione, la sicurezza e la disponibilità del solvente costituiscono ovvi vantaggi.

*Kerosene e ragie minerali*. Molti oli e cere sono solubili e diluibili in questi solventi. Miscele d'olio di semi di lino e kerosene sono stati usati come protettivi di materiali lapidei per molti anni.

Il kerosene, avendo una bassa viscosità e non essendo assorbito dai minerali, ha il potere di penetrare in profondità in molti tipi di pietre, anche se poco porose. Inoltre esso rende idrorepellente il compatto caolino e diminuisce l'erosione delle rocce incoerenti. Anche la lenta evaporazione di questi solventi, che rimane minima in quasi tutte le condizioni di temperatura e umidità dell'ambiente, favorisce una profonda penetrazione e permette un buon contatto e una buona interazione con i granuli minerali. Tutte queste caratteristiche, unite alla limitata infiammabilità e alla non tossicità, rendono il kerosene e le ragie minerali migliori degli altri solventi.

*Toluene, xilene, acetone ecc.* Alcuni polimeri acrilici e siliconici in commercio sono solubili in questa classe di solventi. I modi e la profondità di penetrazione sono simili a quelle del kerosene e degli alcoli minerali. Un buon protettivo deve possedere i seguenti requisiti:

- inerzia chimica verso il substrato lapideo;
- buona stabilità chimica in particolare rispetto agli inquinanti e all'ossigeno;
- assenza di sottoprodotti dannosi per il substrato anche a distanza di tempo;
- buona stabilità alle radiazioni U.V.;
- bassa permeabilità all'acqua liquida (idrorepellenza);

- buona permeabilità all'aria e al vapore acqueo;
- influenza minima sulle proprietà ottico-cromatiche della superficie lapidea;
- insolubilità in acqua (affinché non si abbia dilavamento del protettivo in seguito alla pioggia e sia garantita la permanenza del protettivo nel caso di lavaggi delle superfici marmoree);
- buona solubilità in alcuni solventi organici anche dopo invecchiamento (tale da consentire l'eventuale rimozione e/o ripristino del trattamento);
- bassa volatilità (per evitare diminuzione dell'effetto protettivo per evaporazione);
- capacità di penetrazione all'interno della rete capillare (oltre che agire in superficie);
- facile applicabilità.

È difficile che uno stesso prodotto soddisfi in pieno tutti i requisiti richiesti. Difatti, a una buona idrorepellenza si accompagna solitamente una permeabilità al vapor d'acqua non molto alta, oppure un'inevitabile variazione del colore e della brillantezza della pietra. L'importante è che la scelta del tipo di protettivo sia fatta caso per caso tenendo conto delle caratteristiche proprie del materiale e del manufatto da proteggere.

I protettivi a base di silicio, in particolare, sono poco sensibili alle variazioni di temperatura e questo li rende particolarmente resistenti agli stress termici; hanno inoltre una buona elasticità e soprattutto un'ottima idrorepellenza pur mantenendo una buona permeabilità al vapore. Anche la durabilità è soddisfacente (da 5 a 10 anni), mentre esistono pareri discordanti circa la resistenza agli inquinanti acidi e in particolare all'anidride solforica (SO<sub>2</sub>).

Attualmente, i protettivi più usati, soprattutto per le superfici architettoniche esposte all'aperto, sono gli *alchilalcossisilani*, monomeri o oligomeri a diverso grado di polimerizzazione, e i *polisilossani* che costituiscono le resine siliconiche propriamente dette.

Pur essendo diverse le reazioni al momento dell'applicazione, il prodotto finale è dello stesso tipo ed esplica la sua azione attraverso meccanismi simili, in quanto in entrambi i casi esiste, per così dire, una parte polare che si lega alle pareti del materiale, e una non polare che invece si orienta verso il centro del capillare o, più in generale, verso l'esterno, creando una barriera non polare e quindi non idrofila, che conferisce idrorepellenza al materiale trattato.

Gli alchilalcossisilani sono una famiglia di molecole monomeriche in cui il legame Si –O–C è facilmente idrolizzato e il prodotto dell'idrolisi può polimerizzare all'interno del materiale lapideo per dare catene lineari o ramificate e con un numero di unità base che varia a seconda della quantità di monomero, del numero dei legami alcossilici idrolizzabili e delle condizioni di idrolisi e di polimerizzazione. La presenza del legame Si –C non idrolizzabile fa sì che nel prodotto finale restino dei gruppi alchilici, non polari, che gli conferiscono l'idrorepellenza.

Il basso peso molecolare del monomero e degli oligomeri e le ridotte dimensioni delle molecole, aggiunto alla bassa viscosità delle soluzioni, permettono una buona penetrazione in profondità anche nei materiali poco porosi. Un problema però è rappresentato dall'influenza dell'umidità dell'ambiente sui processi di idrolisi e di polimerizzazione. In presenza di umidità eccessiva le reazioni di idrolisi predominano su quelle di polimerizzazione, dando luogo ad una scarsa idrorepellenza solitamente soggetta a sbiancamenti, mentre nel caso di ambienti molto asciutti l'idrolisi avviene troppo lentamente, con il predominio della reazione di evaporazione del monomero, e quindi dell'effetto protettivo atteso.

I prodotti in commercio sono addizionati con un opportuno catalizzatore che riduce questa dipendenza dalle condizioni ambientali (un esempio di alchilalcossisilano è il *metiltrimetossisilano*). Oltre agli alchilalcossisilani monomeri, possono essere impiegati prodotti oligomeri, ovvero già parzialmente polimerizzati, i cosiddetti polialchilalcossisilani, che, disponendo di una certa percentuale di legami Si –O–C, possono subire un'ulteriore idrolisi e polimerizzazione una volta penetrati nel materiale, il che conferisce una maggior resistenza e quindi durabilità al prodotto finale (un esempio è dato dal *metiletossipolisilossano*).

I polisilossani, meglio conosciuti come resine siliconiche, sono invece dei polimeri, costituiti cioè dall'unione di un numero elevato di monomeri sottoforma di catene lineari o reticoli tridimensionali. Una volta evaporato il solvente con cui sono veicolati (ad es. *toluene*, *xilene*), essi formano un film più o meno spesso e regolare che si deposita sulle pareti del capillare senza "agganciarsi" a esse, proprio in virtù del fatto che, trattandosi di sostanze già polimerizzate, non sono più in grado di

formare ulteriori legami chimici all'interno della pietra; il che, se da un lato significa meno adesione, dall'altro rende il prodotto maggiormente reversibile (un esempio è dato dal *metilfenilpolisilossano*).

#### CAMPI DI APPLICAZIONE

L'operazione è consigliata ogni qualvolta si sia accertato che i fattori più importanti di alterazione e di degrado agiscono prevalentemente sulla superficie esterna del materiale e, in particolare, quando l'intervento diretto sull'ambiente non sia possibile o sia ritenuto insufficiente.

L'applicazione di protettivi chimici va invece evitata nei casi in cui esiste la possibilità di penetrazione dell'acqua per risalita capillare dal terreno o per infiltrazione da zone non raggiungibili dal protettivo, in quanto verrebbe ridotta la possibilità di evaporazione e ciò potrebbe provocare tensioni, talvolta di notevole entità, all'interno della struttura porosa.

È importante rilevare che solo i *prodotti organici* svolgono una funzione protettiva idrorepellente, ed è per questo che vengono solitamente usati in seguito a un consolidamento del materiale lapideo eseguito con prodotti inorganici o con il silicato d'etile. Ciò non toglie che anche nel caso contrario (in cui siano stati usati consolidanti organici) l'intervento non possa essere effettuato.

#### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

I prodotti siliconici vanno applicati in concentrazioni che variano dal 10 al 15% secondo la porosità del substrato e le indicazioni fornite, insieme al prodotto, dalle case produttrici.

Sono indicazioni che tra l'altro riguardano anche la scelta del solvente. Il più utilizzato è il *white spirit* che, essendo altobollente, evapora piuttosto lentamente permettendo una maggior penetrazione del protettivo. Sono sconsigliati i solventi volatili come l'acetone, la cui rapida evaporazione può determinare l'accumulo del prodotto sulla superficie, con conseguenti variazioni cromatiche e forte riduzione della permeabilità al vapore.

Il ricorso all'acqua come solvente (e quindi alle emulsioni siliconiche acquose) si tradurrebbe in un prodotto più economico, non tossico e di impatto ambientale minimo. Ma le emulsioni non sono cineticamente stabili, e possono non disporsi uniformemente sulla pietra, se questa è stata sottoposta in passato a trattamenti che hanno creato all'interno dei pori zone di idrorepellenza, con conseguente irregolarità dell'azione protettiva.

Se la superficie da trattare è di dimensioni limitate è consigliabile l'applicazione *a pennello* procedendo per piccole aree o riquadri e controllando che la soluzione abbia coperto la pietra senza lasciare spazi non trattati. La protezione di superfici molto ampie si ottiene, invece, applicando il prodotto *a spruzzo* con pistole a bassa pressione.

Dopo aver verificato che i valori di temperatura, ambientale e di superficie ( $T_a$ ,  $T_s$ ), nonché di umidità relativa (U.R.), siano nella norma ( $T_a$  e  $T_s$  comprese tra 5 °C e 35 °C; U.R. non superiore al 70%), si procede nel modo seguente per l'applicazione *a pennello*:

- a) distribuire uniformemente e in abbondanza il prodotto facendolo percolare per gravità e avendo cura di non lasciare sormonti e sovrapposizioni;
- b) procedere dall'alto verso il basso per aree omogenee;
- c) non lasciare asciugare il prodotto tra una ripresa e l'altra;
- d) interrompere l'applicazione solo quando il supporto è saturo;
- e) utilizzare sempre pennelli puliti (lavarli spesso) e prodotto non inquinato da residui rimasti sul pennello da lavorazioni sulle superfici limitrofe;
- f) le eventuali eccedenze di prodotto rimaste dopo completamento dell'operazione devono essere asportate o fatte penetrare con l'applicazione del solo solvente di diluizione.

Per l'applicazione *a spruzzo*, dopo aver messo in funzione l'impianto di spruzzatura, controllare che l'ugello erogatore produca un getto molto nebulizzato, quindi procedere tenendo conto delle indicazioni fornite per l'applicazione a pennello.

L'operazione finale, in entrambi i casi, è quella di proteggere opportunamente dalla pioggia e dall'umidità le zone trattate fino alla completa stabilizzazione del prodotto applicato.

#### ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

Per ridurre effetti non graditi, come ad esempio la lucentezza superficiale, che talvolta tali protettivi comportano, può essere utile l'aggiunta di sostanze opacizzanti come la silice micronizzata o una blanda spazzolatura prima che la superficie sia completamente asciutta; oppure può essere efficace soffiare polvere di pietra sulla superficie ancora bagnata. Tali accorgimenti sono particolarmente utili nel caso di pietre poco porose.

Sempre nel caso di materiali a bassa porosità, come il marmo o calcari del tipo della pietra d'Istria o del rosso di Verona, esposti all'aperto, è soddisfacente l'impiego di miscele acrisiliconiche nelle quali le buone caratteristiche di adesione della resina acrilica, che non è però molto stabile all'azione congiunta di acqua e raggi U.V. (v. PTZ 02 - Protezione e impregnazione della pietra con prodotti impermeabilizzanti e/o consolidamenti), vengono per così dire protette dall'elevata idrorepellenza del polimero siliconico. Nel caso di applicazioni in climi caldi e secchi è necessario valutare con attenzione la velocità di evaporazione dei solventi, nonché la loro infiammabilità e tossicità. Oltre al rischio di formazione di una crosta superficiale, un altro inconveniente nell'utilizzo di solventi a rapida evaporazione è l'ostruzione delle bocchette degli spruzzatori da parte del protettivo reso viscoso dall'evaporazione del solvente.

### ESPERIENZE

Venezia, rilievi della Loggetta del Sansovino (marmo), 1972-75 (alchilalcolossilano).

Venezia, statue del fastigio centrale della basilica di S. Marco (polisilossano).

Bologna, parte superiore del palazzo dei Podestà (polisilossano diluito al 15% in toluene).

Roma, Foro romano, foro di Nerva (marmo), 1981-88 (alchilalcolossilano diluito in *white spirit* e applicato in due mani a spruzzo).

Lecce, basilica di Santa Croce (pietra leccese), 1983-88 (alchilalcolossilano).

Roma, colonna di Marco Aurelio (marmo lunense), 1984-88 (alchilalcolossilano).

Roma, arco di Costantino (marmo lunense, marmo pentelico, pavonazzetto, cipollino, giallo antico), 1985-88 (alchilalcolossilano diluito in *white spirit* e applicato a pennello).

Venezia, chiesa di San Salvador, facciata (pietra d'Istria e pietra di Vicenza), 1989 (sulla pietra di Vicenza: alchilalcolossilano; sulla pietra d'Istria: 15 parti di Paraloid B72 al 30% in diluente nitro 3 parti di polialchilalcolossilano al 70% 40 parti di 1.1.1 tricloretano 40 parti di acetone. La miscela è stata diluita al 20% in *white spirit*).

Roma, fontana di Trevi (travertino, marmo di Carrara), 1989-91 (alchilalcolossilano applicato a spruzzo in due o tre mani sul marmo e in una sul travertino).

Bologna, rilievi marmorei della facciata della chiesa di San Petronio (Paraloid B72 Polialchilalcolossilano).

### alchilalcolossilano oligomero in *white spirit* D40

Roma, Passetto di Castel S. Angelo, Scalinata dell'Aracoeli, Palazzo Venezia, Chiesa di San Pietro in Vincoli, 1999-2000

Piacenza, Mura Farnesiane, 2001

Madrid, Chiostro della Chiesa dei Los Geronimos, 2005

Città del Vaticano, Basilica di San Pietro, 2008

Cordoba, Porta dei Granados all'Alhambra, 2008

Firenze, Campanile della Chiesa di Santo Spirito, 2010

Barcellona, Sagrada Familia, 2011

Milano, Castello Sforzesco, 2011

Firenze, Basilica di Santa Croce, 2011

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Alessandrini G. 1986, pp. 69-76; Barberini P. 1985; Biscontin G. 1983, pp. 111-21; De Monte M. G. 1992; Laurenzi Tabasso M. 1984, pp. 71-82; Torraca G. 1986, *Momenti...*, pp. 32-45; Zendri E., Biscontin G., Longega G., Battagliarin M. 2000.

**PTZ02****PROTEZIONE E IMPREGNAZIONE DELLA PIETRA  
CON PRODOTTI IMPERMEABILIZZANTI E/O  
CONSOLIDANTI****Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

I protettivi sono sostanze polimeriche filmogene trasparenti. Il loro compito è quello di proteggere, costituendo una barriera superficiale che impedisca l'attacco da parte di fattori potenzialmente degradanti quali acqua ed agenti inquinanti. Garantendo una temperatura di transizione vetrosa lievemente più alta della temperatura ambientale a cui è soggetto l'elemento lapideo, lo strato protettivo si comporta come un solido rigido e resistente la cui funzione diviene anche quella di proteggere da urti leggeri, usura ed abrasioni. Se viene a mancare tale condizione, ovvero se la temperatura transitoria vetrosa è troppo elevata rispetto a quella ambientale, il protettivo forma una pellicola soggetta a rottura fragile mentre, nell'ipotesi opposta, il polimero tende a formare una pellicola gommosa e appiccicosa rapidamente degradata dai depositi superficiali quali polvere e particolato atmosferico. Un'ulteriore funzione associata ai protettivi è quella di proteggere l'elemento trattato dalla radiazioni UV; per garantire questo, i polimeri protettivi devono essere in grado di assorbire la radiazione solare, in modo tale che non arrivi alla superficie del materiale lapideo. Devono quindi essere stabili alla luce e devono mantenere costante questa caratteristica nel tempo. Devono essere trasparenti per non modificare le proprietà ottiche del substrato sul quale vengono stesi. I protettivi devono quindi rispondere ai seguenti requisiti fondamentali: l'inerzia chimica rispetto al substrato e verso le condizioni al contorno, la reversibilità, la stabilità alla radiazione solare, la bassa permeabilità all'acqua e, di contro, l'elevata permeabilità al vapore.

**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE****Protezione con microemulsione siliconica**

I polimeri siliconici sono prodotti derivati dal silicio. Si collocano tra le sostanze inorganiche (silicati) e sostanze organiche (silossani) e sono costituiti da una miscela di silossani e silicati. Sono polimeri termoindurenti che vengono utilizzati sia ai fini di consolidamento che di protezione. Si presentano sciolti in solvente al fine di penetrare con facilità nei pori del materiale lapideo. Sono buoni adesivi e buoni idrorepellenti: non consentono il passaggio dell'acqua per capillarità, evitando le conseguenti efflorescenze saline, ma consentono la naturale traspirazione dei gas (vapore acqueo). Hanno una buona inerzia chimica ed una buona stabilità termica ed elasticità. Sono resistenti all'invecchiamento. I polimeri siliconici sono utilizzati anche sotto forma di emulsioni. Anziché in soluzione con solventi organici, vengono posti in emulsione con l'acqua.

I prodotti acril-siliconici presentano una buona combinazione di proprietà meccaniche e idrorepellenti data dalla combinazione dalle resine acriliche da cui la funzione consolidante-riaggente, e dalle resine siliconiche, che garantiscono la proprietà protettiva idrorepellente. Sono polimeri termoplastici, che, disciolti in solventi organici, penetrano in tutta la superficie danneggiata: consolidano la superficie degradata, in seguito ai legami di tipo minerale che sono in grado di creare con i composti naturali lapidei (senza compromettere la naturale permeabilità al vapore acqueo); permettono la resistenza agli agenti atmosferici e raggi ultravioletti.

**Protezione con metilfenil silossano**

Le resine siliconiche sono caratterizzate da legami chimici tra silicio e ossigeno. In particolare, il legame silossanico conferisce loro caratteristiche speciali, quali la resistenza al calore, rendendole delle vere e proprie barriere superficiali, atte a difendere gli strati esterni cui sono applicate.



### **Protezione con fluoro elastomeri**

I fluoro elastomeri appartengono alle resine fluorurate. Gli atomi di idrogeno sono sostituiti con quelli di fluoro, i quali, legandosi con gli atomi di carbonio, formano i polimeri fluorurati. La sostituzione permette di ottenere un legame più forte e duraturo. La differenza di rapporto tra carbonio e fluoro e l'aggiunta di altri elementi come idrogeno (H), ossigeno (O) o cloro (Cl), o ancora la polimerizzazione tra monomeri diversi, garantiscono la formazione di diverse categorie di composti: perfluoropolietteri, polifluorouretani, fluoroelastomeri, resine acriliche fluorurate.

A prescindere dalle peculiarità specifiche di ognuno di essi, in generale, presentano caratteristiche tali da assicurare un loro utilizzo per fini consolidanti e protettivi. Sono resistenti ai raggi ultravioletti e all'ossidazione. Disciolti in solventi organici, sono idrorepellenti, senza occludere la porosità della pietra, e reversibili. Hanno un buon potere elastico, presentando, così, il vantaggio di formare una struttura "non rigida", in grado di consolidare le parti del materiale lapideo non coese e di compensare le tensioni dovute alle variazioni termiche. Di contro, il loro alto peso molecolare non permette un'adeguata penetrazione all'interno della pietra.

I fluoroelastomeri sono polimeri ad alto peso molecolare dotati di proprietà elastiche e, come tutti i prodotti fluorurati, sono anche dotati di elevata stabilità chimica, grazie alla stabilità del legame fluoro-carbonio e alla schermatura offerta dagli atomi di fluoro che impedisce l'attacco chimico.

Un'altra proprietà utile al loro impiego con protettivi è la loro bassissima energia superficiale, che ha come conseguenza la non bagnabilità sia da parte dell'acqua che da parte degli idrocarburi e olii minerali (effetto idro-oleorepellente).

Ne esistono diverse varianti che si differenziano per il tipo di monomero impiegato, per il peso molecolare e per il contenuto di fluoro. Per la conservazione dei materiali lapidei, quelli che hanno mostrato qualità migliori sono un copolimero fra esafluoropropene e fluoruro di vinilidene ed un terpolimero fra esafluoropropene, tetrafluoroetilene e fluoruro di vinilidene.

Il primo ha un peso molecolare medio di 360.000 e un contenuto in fluoro del 65%, mentre il secondo ha lo stesso peso molecolare ma un contenuto in fluoro maggiore, pari al 67%.

Contrariamente ai perfluoropolietteri, gli atomi di fluoro nella molecola non sostituiscono completamente gli atomi d'idrogeno; la permanenza dell'idrogeno rende questi polimeri solubili in solventi organici tradizionali come acetone, chetoni superiori ed esteri, senza peraltro mostrare di influenzare in modo rilevante la loro stabilità chimica.

Prove sul controllo della reversibilità di questi prodotti hanno rilevato la possibilità di recupero del protettivo in condizioni chimiche inalterate e in quantità maggiore o uguale al 95%.

### **Protezione con copolimeri fluorurati**

È un trattamento idro-lipo-repellente a base di resine fluorurate per materiali lapidei. Ha funzione consolidante in fase idroalcolica.

Il copolimero fluorato è un composto fluorato e più precisamente un fluoroelastomero. È stata condotta una sperimentazione relativa alla categoria dei prodotti denominata perfluoropolietteri e a quella dei fluoroelastomeri da impiegare come protettivi per le opere d'arte in pietra.

In virtù della particolare reticolazione che creano tra i pori della pietra da proteggere, essi manifestano un'azione protettiva e, dove necessario, anche aggregante, senza interferire sulle caratteristiche intrinseche del materiale, in quanto il legame carbonio-fluoro, che è alla loro base, è molto stabile e li rende particolarmente insensibili all'ossidazione e a tutti i tipi di attacco chimico.

I fluoroelastomeri sembrano soddisfare tutte le caratteristiche richieste a un protettivo: sono trasparenti, incolori, molto stabili chimicamente, idrorepellenti, permeabili al vapor d'acqua e all'aria; possiedono, inoltre, una grande stabilità chimica e fotochimica.

### **Protezione con polifluorouretani**

Dal punto di vista chimico, i polifluorouretani sono dei copolimeri fra un diolo perfluoropolietereo e un isocianato (O - C- N—R—N- C- O). La presenza della catena perfluoropolieterea conferisce al prodotto stabilità termica e resistenza chimica.

Variando le condizioni di copolimerizzazione si ottengono tre diverse classi di prodotti:

a) prodotti *reattivi*, nei quali la reattività è data dal gruppo isocianato (—N- C- O) che può reagire con se stesso o con la pietra;

b) prodotti *non reattivi*, nei quali i gruppi isocianato hanno già reagito con i gruppi —OH del segmento perfluoropolietereo e l'adesione alla pietra è garantita da legami a idrogeno e da forze di Van der Waals;

c) prodotti *reattivi*, ottenuti per aggiunta di un agente capace di reagire (indurente), prima dell'applicazione sulla pietra.

### **Protezione e impregnazione con resine acriliche**

La protezione mediante impregnazione con resine acriliche rientra nell'ambito delle metodiche di natura chimico fisica, le quali si avvalgono, per svolgere la loro azione, di sostanze che formano sulla superficie della pietra un film trasparente che la protegge dagli agenti atmosferici e dagli inquinanti.

Le resine acriliche e metacriliche sono polimeri e copolimeri derivati dagli esteri degli acidi acrilico e metacrilico con differenti alcoli. Le qualità specifiche delle resine risultanti sono condizionate dalla natura dell'alcol e del gruppo laterale dell'acido, e variano entro limiti abbastanza ampi. Il metilacrilato (acido acrilico  $\alpha$ lcole metilico), ad esempio, dà origine a una resina semidura ed elastica; il metilmetacrilato (acido metacrilico  $\alpha$ lcole metilico, come il Plexiglas, Perpex ecc.) dà una resina resistente all'ossidazione e all'invecchiamento, ma dura e fragile; il butilacrilato (acido acrilico  $\alpha$ lcole butilico) dà un prodotto flessibile, mentre il butilmetacrilato (acido metacrilico  $\alpha$ lcole metilico) una resina semidura ed elastica. Tuttavia, alcune caratteristiche sono comuni a tutte le resine; tra queste si distinguono la solubilità in solventi organici, una discreta resistenza all'invecchiamento, agli agenti chimici e alla luce e uno scarso potere di penetrazione.

La resina acrilica maggiormente usata (con notevole successo fino a non moltissimi anni fa) è il Paraloid B72. È una delle resine termoplastiche più stabili, reversibili, con buona trasparenza, elevata resistenza meccanica e durezza, non rigida né fragile, con una certa stabilità anche ai raggi U.V. Tuttavia l'entusiasmo per il prodotto, che sulle prime pareva avesse esclusivamente pregi, si è andato man mano spegnendo, in quanto, con il passar del tempo, la resina ha rivelato limiti notevoli; tra gli altri spiccano: la perdita di idrorepellenza in tempi relativamente brevi, l'elevata predisposizione alla ritenzione di particolato atmosferico e dello sporco in genere, la difficoltà e la lentezza (come tutte le resine acriliche) nel rilasciare i solventi e, per finire, la sua non totale reversibilità.

## **CAMPI DI APPLICAZIONE**

### **Protezione con metilfenilsilossano**

Questa metodica è impiegata per rendere idrorepellenti i materiali lapidei, fornendo loro anche una certa resistenza alla corrosione a temperature elevate.

### **Protezione con fluoro elastomeri**

A partire dalla fine degli anni Ottanta i fluoroelastomeri sono stati utilizzati più frequentemente come aggreganti, in soluzione con l'acetone. In particolare trovano applicazione nel risarcimento di microfessure in pietre a vista, dove svolgono anche una funzione protettiva della fessura stessa.

Come protettivi sono usati soprattutto per le pietre porose, a causa delle loro scarse capacità di penetrazione.

Oltre a essere stabili e reversibili, hanno la particolare caratteristica di elasticità che ne consente l'adattamento alle piccole sollecitazioni.

### **Protezione con copolimeri fluorurati**

Il suo campo di efficacia rende valida questa tecnica soprattutto nella protezione dei materiali lapidei (mattoni, pietra, terrecotte, cemento e gessi) con azione anche parzialmente consolidante e con interessanti prospettive per il trattamento dell'ardesia. Su quest'ultimo materiale la tecnica è stata sperimentata in laboratorio fornendo interessanti risultati. Sono state eseguite tutte le prove raccomandate dalla Commissione NorMaL e i valori ottenuti, confrontati con quelli di altre rocce prima studiate, hanno permesso di stabilire la quantità di prodotto da impiegare ( $5 \text{ g/m}^2$ ), che si è poi dimostrata sufficiente a ottenere buoni livelli di protezione.

### **Protezione con polifluoruretani**

Premesso che si tratta di una tecnica sperimentale, i polifluoruretani costituiscono una classe di prodotti per il consolidamento e la protezione del materiale lapideo.

### **Protezione e impregnazione con resine acriliche**

In linea generale, l'impiego delle resine acriliche dovrebbe riguardare tutti quei casi di protezione delle superfici lapidee, ivi comprese quelle in mattoni o ricoperte da intonaco, per le quali, una volta che siano terminati gli interventi di restauro, siano necessari dei presidi contro le azioni aggressive dell'ambiente, anche se da alcuni anni si preferisce limitarne l'impiego a manufatti non esposti direttamente agli agenti atmosferici.

## **APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

### **Polimeri siliconici**

Presentano limiti di applicazione su pietre calcaree a causa della reazione tra carbonato di calcio e prodotti acidi dell'idrolisi degli organosiliconi. Se la superficie da trattare è interessata dalla presenza di sali solubili l'efficacia del consolidante risulta inficiata.

### **Metilfenilsilossano**

Prima del trattamento è necessaria un'accurata pulitura del supporto, che deve presentarsi privo di polveri, di sostanze untuose, depositi e patine vegetali, fattori che interferiscono con una buona penetrazione e adesione del prodotto. Quindi, si stende la resina a pennello o per capillarità in immersione; si attende un tempo medio di 24 ore affinché il polimero possa penetrare e reticolare con la pietra; si stende eventualmente una seconda mano di protettivo per essere certi che il principio attivo abbia effettivamente reagito col substrato.

### **Fluoro elastomeri**

Per le caratteristiche tipiche di questo materiale, la tecnica di applicazione varia secondo il supporto e le funzioni stesse del trattamento. Se, infatti, il prodotto è utilizzato come protettivo di superfici porose, l'applicazione a pennello è la più comunemente usata, previa, beninteso, un'accurata preparazione del supporto con un'adeguata pulitura che liberi la superficie dall'intasamento dei pori che ostacolerebbe un assorbimento già reso difficile dalla viscosità della resina. Se invece il prodotto è impiegato per saturare microfessure, oltre che a pennello può essere applicato a spatola, specie se la resina è usata come aggregante di una miscela che contiene cariche inerti, una sorta di stucco per risarcire le piccole lesioni della superficie.

Per garantire una facile applicabilità e l'efficacia del trattamento su materiale lapideo è necessario impiegare notevoli quantità di solvente. Le caratteristiche di infiammabilità e di facilità di evaporazione di molti solventi organici comportano, pertanto, problemi di stoccaggio e talvolta di sicurezza. Per risolvere questo problema si è tenuto conto del fatto che i fluoroelastomeri, specie il TN, dopo la reazione di polimerizzazione ma prima dell'indurimento, possono essere dispersi in acqua sotto forma di lattice a una concentrazione del 50%. Questa miscela è stabile per molto tempo e può essere utilizzata, al posto della soluzione del polimero, dopo ulteriore diluizione con acqua arricchita con piccole quantità di acetato di butile (ca. 5%). Trattamenti con soluzioni di TN in acetone e con lattice più acetato di butile hanno rilevato la presenza di uno strato filamentoso in grado di garantire l'impermeabilità all'acqua e la permeabilità al vapore.

### **Copolimeri fluorurati**

La superficie da trattare deve possedere buona consistenza ed essere in perfetto stato di conservazione.

Inoltre, è sempre bene proteggere vetri, alluminio e, in ogni caso, le parti escluse dal trattamento, poiché il prodotto è alcalino e quindi leggermente corrosivo.

Il composto è applicato generalmente a pennello e, per le grandi superfici, a spruzzo, dopo accurata pulitura del supporto, che deve presentarsi privo di polveri, di sostanze untuose, di depositi e di patine vegetali, tutti fattori che interferiscono con una buona penetrazione e adesione del prodotto. Per oggetti piccoli è possibile l'impregnazione per immersione, ma l'applicazione a

pennello è preferibile, soprattutto per le superfici corrugate, perché è più semplice controllare la quantità di composto assorbito e l'omogeneità dell'impregnazione.

La quantità di prodotto impiegata dipende dalla porosità della superficie, ma a grandi linee si può affermare che un litro di polimero è sufficiente per 6-10 m<sup>2</sup> di trattamento.

### **Polifluoretani**

Allo stato attuale è ipotizzabile che l'applicazione del prodotto sulle superfici da proteggere debba seguire le procedure tipiche in uso per le resine (pennello, spruzzo, tampone ecc.), anche se mancano riferimenti precisi a esperienze che consentano di descrivere nel dettaglio le singole fasi esecutive della tecnica ed eventualmente gli accorgimenti e le precauzioni necessarie. Anche la quantità di prodotto da applicare per metro quadrato di superficie da proteggere deve essere stabilito con prove preliminari e in funzione della porosità del substrato.

### **Protezione e impregnazione con resine acriliche**

Le resine acriliche sono applicate a concentrazioni del 10-15% circa, ma in generale tali concentrazioni possono variare secondo la porosità del substrato e le indicazioni delle case produttrici.

La tecnica può essere adottata tanto come procedimento conclusivo di un intervento di restauro, quanto come operazione autonoma di prevenzione e protezione. Nel primo caso, le superfici da trattare dovrebbero essere già predisposte all'impregnazione, in quanto pulite e consolidate dal restauro. Nel secondo caso, sono richieste alcune operazioni preliminari che spesso possono essere onerose. Le superfici da impregnare, infatti, devono presentarsi esenti da polveri, patine vegetali, depositi incoerenti o compatti e tassi di umidità elevati. Ciascuna di queste circostanze, infatti, rischia di compromettere l'operazione di impregnazione, vuoi impedendo alle resine di penetrare o aderire al substrato, vuoi creando un'interfaccia di separazione tra la pellicola resinosa e la pietra, vanificando sul nascere l'effetto protettivo. Alcune superfici non ben conservate possono richiedere, inoltre, dei trattamenti preliminari di consolidamento localizzato, perché le aree soggette a fenomeni di sfarinamento, di decoesione o di distacco rappresentano un pregiudizio sostanziale sull'efficacia dello strato protettivo.

Dopo aver preparato adeguatamente la superficie dell'intervento, si procede con l'impregnazione che, nella maggior parte dei casi, sarà eseguita a pennello in modo da stendere omogeneamente la resina in tutte le pieghe e i piccoli anfratti della superficie, soprattutto quando questa sia caratterizzata da rugosità accentuate.

Inoltre, a causa delle elevate difficoltà di penetrazione è consigliabile l'applicazione ripetuta dei prodotti a concentrazioni basse (molto diluite).

I prodotti vanno stesi in maniera omogenea e preferibilmente dopo la stagione calda, per assicurarsi che le superfici siano il più possibile asciutte. Le applicazioni vanno ripetute a intervalli necessari a permettere l'asciugatura del prodotto steso nella fase precedente.

È importante, infine, proteggere dall'acqua le superfici trattate, fino alla conclusione della fase di polimerizzazione dei prodotti.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

#### **Metilfenilsilossano**

In alcuni casi la resina reticolata può perdere in brillantezza se esposta oltre i 350 °C per tempi lunghi. L'aggiunta di leganti organici porta a un miglioramento dell'elasticità del film.

La pellicola formata si appare penetrare nelle sottili fessure avvolgendo le lamine distaccate, senza nascondere la struttura del materiale. Il risultato sembrerebbe promettente, poiché quanto si richiede è appunto la penetrazione in profondità ovunque possibile, senza creare spesse pellicole superficiali, sgradevoli alla vista, non necessarie o addirittura pericolose ai fini della conservazione.

#### **Fluoro elastomeri**

L'elevato peso molecolare rende il prodotto poco penetrabile all'interno del materiale lapideo. Infatti, le molecole sono spesso di dimensioni maggiori di quelle dei pori della pietra e quindi tendono a disporsi in superficie sotto forma di film, specialmente se il trattamento è fatto con

soluzioni molto concentrate. Su questo strato si deposita facilmente la polvere provocando non solo un disturbo estetico (specie sulle pietre chiare) ma anche una riduzione della permeabilità al vapor acqueo. Pertanto è preferibile limitarne l'uso alle stuccature, proteggendo poi queste con un altro prodotto. Possono essere deformati da uno sforzo meccanico ma riacquistano la forma originaria quando lo sforzo viene interrotto. Sforzi meccanici, inferiori al carico di rottura del polimero, ma applicati per un tempo sufficientemente lungo, possono indurre un fenomeno di "scorrimento viscoso" delle molecole o creep in un polimero termoplastico, che ne risulta deformato. Il creep non si verifica nei polimeri termoindurenti a causa dei più forti legami tra le molecole. L'utilizzo di additivi comporta miglioramento prestazionale dei polimeri (plastificanti, fillers, stabilizzanti, fungicidi, lubrificanti ecc.). In termini generali, ai vantaggi derivanti dall'utilizzo di questi polimeri prettamente legati al potere consolidante, anche per fessure relativamente ampie (tra 50/100 nm) e ad una buona elasticità ed idrorepellenza si associano gli svantaggi quali la precocità di invecchiamento, la sensibilità alle variazioni termiche, l'irreversibilità (per i polimeri a struttura reticolare).

Nel caso di esafluoropropene-fluoruro di vinilidene nel tempo possono pervenire variazioni di colore dovute all'assorbimento di particolato.

### **Copolimeri fluorurati**

Il tempo di polimerizzazione dipende anche dalla natura del supporto, dallo scambio superficiale e dalla temperatura e umidità ambientale.

Applicato sull'ardesia, il prodotto offre una buona efficacia protettiva (100%), calcolata dal rapporto percentuale fra la quantità di acqua assorbita dagli stessi provini prima e dopo il trattamento. A una buona protezione corrispondono delle prestazioni soddisfacenti per la persistenza dell'effetto bagnato, che scompare immediatamente. In sostanza l'NH in questa prova si è dimostrato il migliore tra i protettivi della classe dei composti fluorurati, sia per l'efficacia protettiva raggiunta, sia per l'aspetto della superficie trattata e per le basse quantità di prodotto applicate.

Per la valutazione dell'*assorbimento d'acqua* ai fini dell'idrorepellenza è stato applicato il metodo della pipetta. Si è misurato l'assorbimento d'acqua, espresso in  $\text{ml/cm}^2$ , su provini d'ardesia prima del trattamento, per fare una scelta tra quelli con assorbimento più omogeneo.

L'assorbimento delle ardesie prima del trattamento è stato assai basso.

Per la valutazione della capacità del protettivo di lasciarsi *attraversare dal vapore acqueo* si è usato il metodo del bicchierino. Una serie di provini di 5 x 5 x 1 cm sono stati sottoposti alla prova, prima e dopo il trattamento, con quantità dei prodotti sperimentati tali da assicurare l'efficacia protettiva massima. Il trattamento non riduce drasticamente la permeabilità, ma non disturba il sistema tessiturale del materiale lapideo e di conseguenza l'interscambio dei fluidi con l'ambiente esterno.

Per quanto concerne la *resistenza all'invecchiamento*, si sono utilizzate camere climatiche con cicli termoigrometrici e di esposizione ai raggi U.V.

Le lastre di ardesia trattate con le quantità prescelte di protettivo e le altre non trattate sono state esposte in esterno per circa un anno. Dopo tale periodo si è potuto notare che le lastre trattate con NH hanno mantenuto il loro colore originario proprio dell'ardesia appena tagliata, mentre quelle di controllo sono schiarite notevolmente. L'NH, essendo un solido sciolto in solvente, dopo evaporazione di quest'ultimo, rimane sulla superficie lapidea a formare una sorta di rete molto fitta e idrorepellente che, oltre a proteggere dagli attacchi delle soluzioni acquose acide, impedisce reazioni fotochimiche nel materiale organico presente nell'ardesia, senza peraltro subire esso stesso danno da parte delle radiazioni ultraviolette.

L'NH anche in questa prova si è dimostrato il migliore tra i protettivi della classe dei composti fluorurati della Montefluos, sia per l'efficacia protettiva raggiunta, sia per l'aspetto della superficie trattata, sia per le basse quantità di prodotto applicate; infatti i provini trattati con il fluoroelastomero hanno conservato inalterate le caratteristiche iniziali.

Resta qualche perplessità relativa alla "praticità" dell'impiego di protettivi fluoro-elastomerici *in situ*, data la solubilizzazione lenta e difficile, soprattutto se condotta in ambiente non controllato, sebbene non esistano esperienze preesistenti con le quali confrontarsi.

Va infine rilevato che i prodotti forniti dall'industria non si adattano ancora del tutto alle esigenze del settore dei Beni culturali: alcuni sono insolubili in solventi, altri inadatti al consolidamento in quanto elastomeri, altri ancora sono veri e propri oli usati come lubrificanti.

## Polifluororetani

La presenza all'interno delle molecole di segmenti perfluoropolietteri garantisce stabilità e durabilità all'azione diretta dei raggi U.V., alle variazioni termo-igrometriche, all'esposizione ad agenti inquinanti in forma gassosa (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>). Con alcune prove di invecchiamento il prodotto si è spesso dimostrato non reversibile.

## Protezione e impregnazione con resine acriliche

L'impiego delle resine acriliche come protettivi superficiali della pietra presenta limiti elevati poiché, sebbene presentino qualità notevoli, quali ottime proprietà filmogene (formano film continui e flessibili) e discreta stabilità alla luce (sperimentata stabilità agli U.V.), queste resine tendono a perdere in breve tempo (pochi anni) le loro caratteristiche di durabilità.

Sperimentazioni condotte su numerosi polimeri acrilici hanno dimostrato che queste resine sono facilmente soggette ad alterazioni di tipo fisico-chimico; le prime (rilevate attraverso analisi al microscopio a scansione) si mostrano come fratture e disomogeneità, le seconde (rilevate tramite spettrofotometria in IR) provocano la formazione di nuovi prodotti, responsabili dell'ingiallimento delle superfici. È appunto l'ingiallimento delle superfici una conseguenza frequente del trattamento con questo tipo di resine. Inoltre, si registra la consueta formazione di fessurazioni e di discontinuità del film polimerico come conseguenza dell'applicazione delle resine in soluzioni molto diluite (come di solito si consiglia di fare), ma, d'altro canto, soluzioni più concentrate sono sconsigliabili perché, pur riducendo questo tipo di fenomeno, hanno maggiori controindicazioni. È noto, infatti, che tra i limiti più evidenti delle resine acriliche vi è il loro scarso potere di penetrazione nel supporto, e perciò applicando soluzioni molto concentrate si provoca, oltre a un'evidente variazione del colore (sbiancamento), la formazione di una pellicola (film) spessa e lucida in superficie che tende a distaccarsi dal supporto.

A volte, per ovviare ad alcuni inconvenienti, sono addizionate sostanze con funzioni differenziate, come le antivegetative, per evitare la formazione di microflora in superficie, e gli opacizzanti, costituiti da cere polipropileniche microcristalline o da silice micronizzata, che hanno la specifica funzione di rendere il film opaco ed evitare quindi l'effetto eventuale di lucido delle resine. Questi opacizzanti, chimicamente inerti, aumentano la capacità di resistenza del film, sia meccanica sia ai raggi U.V.

Un altro grosso limite delle resine acriliche è la loro provata tendenza a ridurre il proprio potere idrorepellente (meno elevato rispetto a quello dei prodotti siliconici) in situazioni di contatto frequente con l'acqua. È per questo motivo che si consiglia il trattamento protettivo superficiale con prodotti acrilici solo su oggetti custoditi negli interni o, in ogni caso, non a diretto contatto con gli agenti atmosferici.

Per sopperire ai limiti delle resine acriliche sono state sintetizzate le cosiddette *resine acrilico-fluorurate*, ossia polimeri derivati dalla polimerizzazione degli esteri fluorurati dell'acido acrilico o metacrilico. Questi prodotti associano alla buona idrorepellenza, alla elasticità, alla filmabilità, a un buon potere adesivo, al basso costo e alla facile applicabilità (qualità proprie delle resine acriliche), un'alta stabilità chimica, termica e ai raggi U.V.

Al momento, tuttavia, non esistono esempi di trattamento su manufatti, ma soltanto sperimentazioni in laboratorio.

In termini generali si può affermare che le resine acriliche presentano buona capacità adesiva, ma non per adesioni strutturali a causa del creep, buona stabilità alla luce, modesta idrorepellenza, facilità di attirare la polvere, specialmente all'aperto. Nel tempo la struttura del copolimero acrilico è soggetta a degradazione fotochimica da parte della radiazione U.V. solare, in alcuni casi con seri danni per la pietra a cui è applicato il protettivo.

Essendo polimeri termoplastici, non possono essere utilizzati per un consolidamento strutturale.

## ESPERIENZE

### Protezione con metilfenilsilossano

Test di laboratorio per valutare l'efficacia di alcuni prodotti protettivi e trattamenti conservativi per l'ardesia.

Loggia del Cornaro; consolidamento della pietra arenaria, 1983-2000.

### **Protezione con fluoro elastomeri**

Loggia dei Lanzi a Firenze, 1988.

Facciata della chiesa di S. Trinità a Firenze, 1990.

Facciata di palazzo Strozzi a Firenze, 1989-93.

Restauro obelisco di Piazza dell'Unità Italiana a Firenze, 2004.

Camposanto monumentale di Pisa, 1997-98; materiale: marmo. Prodotto usato per la stuccatura delle microfessure.

Palazzo Antinori. Prodotto utilizzato come protettivo solo per le prime tre file di bugne a partire dal basso.

### **Protezione con copolimeri fluorurati**

Il *cavallo di Vigevano* è stato trattato con questa tecnica protettiva e tenuto sotto controllo per oltre dieci anni, senza che si siano rilevati danni o effetti negativi.

### **Protezione con polifluororetani**

Il prodotto è stato sperimentato unicamente in laboratorio. Per fornire maggiori risultati è necessario provarne l'invecchiamento naturale mediante l'applicazione su un monumento.

### **Protezione e impregnazione con resine acriliche**

Duomo di Milano (resina acrilica).

Fortificazioni di Caposoprano a Gela (resina acrilica non ionizzata). Il materiale è il tufo calcareo, trattato a spruzzo con una miscela composta da una parte di resina acrilica concentrata e quattro parti di acqua.

Certosa di Milano, 1983 (metilbutilmetacrilato). Il marmo della facciata è stato trattato con una soluzione al 10-25% secondo le zone e, a volte, con aggiunta di agente opacizzante.

Facciata della Scuola Grande di S. Marco a Venezia (Paraloid B72), 1972-73. Ove la resina è stata applicata troppo concentrata si nota il distacco di pellicole fragili e imbiancate.

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

### **metilfenilsilossano**

Amoroso G. G., Camaiti M. 1997; Barberini P. 1985; Baronio G., Binda L., Cantoni F., Rocca P. 1991; Bauce L. 1998; Camaiti M. 2000; Cherido M., Fassina V., Fresa F. M. 2000.

(CAS)

Marchesini L., Cavaletti R., *La pietra di Nanto nella Loggia del Cornaro*, in Puppi L. (a cura di), *Alvise Cornaro e il suo tempo*, ed. Antoniana, Padova 1980.

### **fluoro elastomeri**

Amoroso Giovanni G., Camaiti M., 1997; Camaiti M., Ingoglia R., Moggi G., Pasetti A., Scala A. 1991, pp. 267-76; Franchi R., Frediani P., Galli G., Manganelli Del Fa C., Matteoli U., Tiano P. 1979, pp. 327-31.

(CAR)

Borgioli L., *Polimeri di sintesi per la conservazione della pietra*, Collana "I Talenti", Il Prato, Padova, 2002.

Camaiti M., Fratini F., Passarello V., Toniatti U., *Consolidamento di materiali lapidei con prodotti organici: recupero della coesione ed inconvenienti*, Incontro Tecnico, Fiera del Restauro di Ferrara, 27 Marzo 2004.

Passarello V., Camaiti M., Canova R., Fratini F., *The decay of marly-limestones: individuation of the products for their conservation*, dagli atti del convegno "Art & Chimie. Les polymers", Parigi, 15-16 ottobre 2002.

### **copolimeri fluorurati**

Amoroso G. G., Camaiti M. 1997; Camaiti M., Ingoglia R., Moggi G., Pasetti A., Scala A., 1991; Ciardelli F., Aglietto M., Castelvetro V. 1997; Ingoglia R., Scala A., Netti S., Bolognesi P., Pasetti A., Moggi G. 1992; Pasetti A., Ingoglia R., Netti S., Moggi G. 1993.

(CAS)

AA. VV. (Commissione Normal, Sottogruppo Sperimentazione Protettivi), *Metodologia per la valutazione di prodotti impiegati come protettivi per materiale lapideo - Parte I* "Tests e trattamenti dei campioni", "L'Edilizia", anno VII, n. 11, novembre 1993, pp. 57-71.

AA. VV. (Commissione Normal, Sottogruppo Sperimentazione Protettivi), *Methodology for the evaluation of protective products for stone materials*. Part II: Experimental tests on treated samples, International Colloquium "Methods of evaluating products for the conservation of porous building materials in monuments", Preprints, Roma, 19-21 giugno 1995, pp. 301-316.

Bettini C., Brogli De Lucia M., Chiavarini M., Guidetti V., Pasetti A., *Il Santuario Di Monti Li Santi a Narce. Studio del degrado e proposte di intervento di protezione sulle strutture*, Atti del XII Convegno "Scienza e Beni Culturali. Dal sito Archeologico alla archeologia del costruito", Bressanone, 3-6 luglio 1996, pp. 439-449.

Cozzi E., Pasetti A., Massa V., *Influenza delle metodologie di applicazione sulla efficacia dei protettivi per materiali lapidei*, Atti del Convegno "Scienza e Beni Culturali n° 10: Bilancio e prospettive", Bressanone, 5-8 luglio 1994, pp. 13-19.

Falcone E., Pasetti A., Chiavarini M., *La chimica dei polimeri fluorurati nella conservazione dei Beni Culturali: sintesi ed applicazioni*, Atti del Convegno "Scienza e Beni Culturali n° 10: Bilancio e prospettive", Bressanone, 5-8 luglio 1994, pp. 1-11.

Maggi R., Chiavarini M., Guidetti V., Pasetti A., *Caverna delle "Arene Candide" (Finale Ligure) - Conservazione dei lembi residui dei sedimenti rimasti dopo gli scavi*, Atti del XII Convegno "Scienza e Beni Culturali. Dal sito Archeologico all'archeologia del costruito", Bressanone, 3-6 luglio 1996, pp. 429-438.

Moropoulou T., Theoulakis P., Dogas Th., *The behaviour of fluoropolymers and silicon resins as water repellents under salt decay conditions, in combination with consolidation treatments on highly porous stone*, Science and Technology for Cultural Heritage, 3, 1994, pp. 113-122.

Pasetti A., *I recenti sviluppi sul problema del consolidamento superficiale e della protezione del marmo, "Paria Lithos"*, First International Conference on the Archaeology of Paros and the Cyclades, Paros, Grecia, 2-5 ottobre 1997 (materiali lapidei di bassa porosità).

Pasetti A., *Innovazione e indagini prestazionali nel campo dei sistemi di intervento per materiali lapidei*, dagli Atti del Seminario "Consolidamento con metodi innovativi per pietre arenarie e terrecotte", Torino, Accademia Albertina delle Belle Arti, 4 Dicembre 1999.

Piacenti F., Camaiti M., Brocchi T., Scala A., *New Developments in Perfluorinated Protective Agents for Stone*, Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress "Conservation of Stone and Other Materials", Parigi, 29 giugno-1 luglio 1993, p. 733.

Piacenti F., Camaiti M., Manganelli Del Fa' C., Scala A., *Fluorinated aggregating materials for stone*, Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress "Conservation of Stone and Other Materials", Parigi, 29 giugno-1 luglio 1993, p. 740.

Scano G., Vargiu M.M., Russo S., Conti L., Moggi G., *On the applicability of polymer fluids and emulsions for the protection and consolidation of ancient waterlogged woods*, Science and Technology for Cultural Heritage, 3, 1994, pp. 15-21.



Tiano P., Filareto C., Granato A., Piacenti F., *Methods and Materials used for the Conservation of Monumental Works in Italy*, 8<sup>th</sup> International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Berlino, 30 settembre-4 ottobre 1996, pp. 885-893.

### **polifluoretani**

Amoroso G. G., Camaiti M. 1993; Ciardelli F., Aglietto M., Castelvetro V. 1997, pp. 88-93.  
(CAR)

### **resine acriliche**

Amoroso G.G., *Restauro della pietra nell'architettura monumentale: posa in opera, degrado, pulitura*, Flaccovio, Palermo, 1995., p. 220.

Baronio G., Binda L. e i collaboratori del dipartimento Structural Engineering del Politecnico di Milano, *Studies of the durability of brick and stone masonry and their components: selected papers 1979-1996*.

Biscontin G., Zendri E., Schionato A. 1991; Camaiti M., Ingoglia R., Moggi G., Pasetti A., Scala A., 1991, pp. 267-76; Navone A., Sganzerla S., Folli L. 2000.  
(PAN)

Borgioli L., *Polimeri di sintesi per la conservazione della pietra*, ed. Il Prato, Padova, 2002.

De Witte E., *Synthetic polymers*, SCC Notes, 2001.

Horn, Milton B., *Resine acriliche*, Martello A., Milano, 1963.

Lazzarini L., Tabasso M.L., *Il restauro della pietra*, UTET Libreria, Torino, 2010.

Pesenti S. (a cura di), *Il progetto di conservazione: linee metodologiche per le analisi preliminari, l'intervento, il controllo di efficacia: rapporti di ricerca*, Alinea, Firenze.

Selwitz C., *Epoxy Resins in Stone Conservation*, GCI, Research in Conservation n. 7, Marina del Rey, 1992.

Snethlage R., Wendler E., *Chemical compounds for conservation of Natural Stone*, Bavarian State Dep. of Historical Monuments, Monaco, 2002.

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Le cere si dividono principalmente in naturali e sintetiche. Le cere naturali possono avere origine animale, vegetale o minerale e tutte, generalmente, presentano lo svantaggio di avere un basso punto di rammollimento, e quindi la tendenza a trattenere lo sporco, oltre a una tendenza all'ingiallimento.

Inoltre l'iniziale idrorepellenza delle superfici incerate diminuisce rapidamente.

Tra le cere animali più conosciute c'è la *cera d'api*, utilizzata disciolta in trementina. Tra le cere vegetali, la *cera carnauba* è ricavata dalle foglie essiccate della palma carnauba ed esiste in una qualità di colore giallino se estratta dalle giovani foglie o in una più scura se estratta da foglie adulte. Prove di laboratorio sembrano indicare una certa resistenza alle radiazioni U.V. e un conferimento d'idrorepellenza alle superfici trattate.

Fra le cere di origine minerale, quelle derivate dal petrolio includono il gruppo delle paraffine, i petrolati e il gruppo delle ceresine cui appartengono anche le cere microcristalline. La *paraffina* è costituita da molecole di idrocarburi di media lunghezza ed è caratterizzata da catene ramificate e struttura semicristallina. I legami sono resistenti all'ossidazione. Ha, rispetto alla cera d'api, il vantaggio di una maggiore costanza di composizione e di caratteristiche; inoltre, ha generalmente un punto di fusione più elevato rispetto alle cere animali, arrivando, per alcuni prodotti, a 80-90 °C. A queste caratteristiche si uniscono una buona stabilità chimica e alla luce solare, una buona idrorepellenza. Oltre all'effetto protettivo ha anche un blando effetto consolidante.

Le *cere microcristalline* sono prodotte da oli minerali ad alta viscosità. La struttura che si ottiene è costituita da cristalli molto piccoli ma meno morbidi di quelli della paraffina.

I risultati migliori come protettivi sono forniti proprio dalle cere microcristalline, grazie alle loro proprietà di flessibilità alle basse temperature, di trasparenza, di reversibilità anche dopo molto tempo, di repellenza verso l'umidità e i depositi di polvere, di buona adesione.

Inoltre, sono reperibili con una vasta gamma di punti di fusione, durezza e colore.

Le cere possono essere combinate tra loro. Un miscuglio usato è quello formato da due parti di cera d'api e due parti di paraffina.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

In generale il potere di penetrazione delle cere è piuttosto basso, per cui è preferibile il loro utilizzo nella protezione dei marmi compatti e dei calcari di buona qualità. È noto, infatti, che un trattamento superficiale può avere un'efficacia protettiva solo su pietre compatte e poco permeabili, mentre una pietra porosa deve essere trattata con un'impregnazione in profondità.

La *cera d'api* è stata usata per il trattamento di superfici levigate come le sculture in marmo conservate nei musei. Un suo impiego per superfici esterne non è assolutamente indicato a causa dello scarso potere adesivo, della tendenza a diventare appiccicosa e a trattenere impurità.

Tuttavia prove su ardesia, sottoposta a piogge acide, hanno dato risultati positivi.

La *cera carnauba* è usata soprattutto in Brasile per la protezione di pietre e metalli.

La *cera paraffina* è talvolta impiegata per la protezione di materiali compatti, soprattutto marmi, conservati in ambienti chiusi.

La *cera microcristallina*, opportunamente colorata con pigmenti minerali, è impiegata, oltre che come protettivo, anche come correttivo del colore delle superfici lapidee (specie in ambito scultoreo) dopo un restauro. Alcune velature date sulle stuccature e sulle integrazioni, prima della protezione definitiva, consentono di ridurre gli stacchi cromatici.

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le superfici da trattare devono essere preliminarmente pulite, asciugate e le eventuali fessure stuccate.

Le cere sono generalmente applicate in soluzione, mediante tamponi, o disperse in solventi (quali trementina, toluene, cicloesano, eteri di petrolio) o a caldo, allo stato fuso.

Per migliorare l'adesione delle cere alle superfici e favorirne la penetrazione nelle porosità, si impiegano spesso solventi con temperatura di ebollizione elevata (>120°C), applicando la soluzione all'oggetto riscaldato mediante lampada a raggi infrarossi o stufe elettriche. Questo metodo, tuttavia, può causare una certa alterazione visiva alle superfici marmoree, che appaiono lucide e umide. Questo effetto e quello di un possibile scurimento, possono essere ridotti applicando sulla superficie trattata della polvere di pietra.

L'applicazione è ripetuta un paio di volte e l'eccesso della cera va eliminato. Dopo il raffreddamento la superficie lapidea è sottoposta a un "polish" con un panno soffice.

Le cere migliori, vale a dire quelle a più alto punto di fusione, sono meno appiccicose a temperatura ambiente ma si sciolgono con più difficoltà.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Limitatamente ad alcuni litotipi, le cere possono essere considerate adatte come protettivi superficiali, anche se presentano degli inconvenienti, come la tendenza ad ammorbidirsi se sottoposte ad irraggiamento diretto e a intrappolare polveri e sporco. Per questo, non sono molto consigliabili per opere all'aperto, in quanto la cera, attirando la polvere, specie se applicata a caldo, può sigillare completamente i pori della pietra rendendola impermeabile anche al vapor d'acqua (mentre è noto che un buon protettivo debba possedere una bassa permeabilità all'acqua condensata e una buona permeabilità all'aria e al vapore acqueo, in modo da favorire l'evaporazione dell'acqua eventualmente già penetrata o proveniente dall'interno).

Altro inconveniente può essere un effetto ottico indesiderato; in particolare sulle arenarie se ne sconsiglia assolutamente l'impiego poiché si verifica la modificazione irreversibile del colore, che scurisce in maniera molto evidente. In altri casi, invece, tale inconveniente può essere attenuato con opportuni adattamenti della tecnica di applicazione (giusto grado di diluizione ecc.). Un altro rischio è che in presenza di umidità le cere formino dei saponi che tendono a imbiancare il colore della pietra.

Alcune complicazioni operative, come il riscaldamento dell'oggetto, ne hanno spesso limitato l'impiego a piccoli oggetti mantenuti in ambiente confinato. Tuttavia negli anni settanta si è avuto qualche esempio di applicazione a sculture all'aperto, più frequentemente in miscela con resine acriliche e siliconiche.

### **ESPERIENZE**

L'efficacia nel tempo di trattamenti polimerici è stata verificata da un gruppo di studiosi dell'Università di Venezia su interventi effettuati a Venezia, tra la fine degli anni settanta e l'inizio degli anni ottanta, su campioni di diversi litotipi e con differenti tecniche di intervento: i risultati sono riportati nella tabella n. 1, rielaborata da C. Arcolao e tratta da E. Zendri, G. Biscontin, G. Loniga, M. Battagliarin, *Valutazione del comportamento nel tempo di trattamenti protettivi a base di polimeri acrilici*, in atti del Convegno *Scienza e Beni Culturali: la prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Venezia, Arcadia Ricerche, 2000, pp. 172-80 (tab. 1).

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Amoroso G. G., Camaiti M. 1993; Barberini P. 1985; Vassallo E., Cecchi R., Di Biase C., Sette M. P. (a cura di) 1989; Lazzarini L., Tabasso M. L. 1986; Rossi-Manaresi R., Torraca G. (a cura di) 1971.

(CAR)

SUPPORTO LAPIDEO	MANUFATTO	ANNO INTERVENTO	TRATTAMENTO SUBITO	RISULTATI VERIFICA
Pietra d'Istria VP1	Vera da pozzo Campo SS. Giovanni e Paolo	1978	Cera acrilica	Il protettivo in alcuni punti non è più presente. Presenza di gesso nelle parti non più protette.
Marmo di Carrara VP2	Basamento del monumento equestre del Colleoni	1978	Cera acrilica + Paraloid	Il campione si presenta molto alterato e non si individuano tracce di trattamenti.
Marmo Bardiglio VP3	Cornice di una lapide commemorativa	1978-1980	Cera acrilica	Segni di alterazione della superficie. Presenza di gesso nelle parti non più protette.
Marmo Bardiglio VP4	Cornice di una lapide commemorativa	1978-1980	Cera acrilica	Sul campione si individua uno strato di deposito scuro abbastanza omogeneo, costituito da deposito atmosferico poco dilavato. Presenza di zolfo nelle aree non più protette.
Pietra d'Istria VP5	Vera da pozzo Campo S. Fantin (Fenice)	1978	Cera acrilica	Lo strato protettivo ricopre il campione in modo omogeneo, nelle aree in cui il trattamento è assente la pietra risulta più chiara.
Pietra d'Istria VP6	Vera da pozzo Campo S. Fantin (Ateneo)	1978	Cera acrilica	Lo strato protettivo ricopre il campione in modo omogeneo, nelle aree in cui il trattamento è assente la pietra risulta più chiara.
Pietra d'Istria VP7	Vera da pozzo Campo S. Fantin (Fenice)	1978	Cera acrilica	Lo strato protettivo ricopre il campione in modo omogeneo, nelle aree in cui il trattamento è assente la pietra risulta più chiara.
Marmo di Verona VP8	Vera da pozzo Corte Nova	1981	Cera acrilica	Lo strato protettivo ricopre il campione in modo omogeneo, nelle aree in cui il trattamento è assente la pietra risulta più chiara.
Marmo di Verona VP9	Vera da pozzo Corte Nova	1981	Cera acrilica	Lo strato protettivo ricopre il campione in modo omogeneo, nelle aree in cui il trattamento è assente la pietra risulta più chiara.
Marmo di Verona VP10	Vera da pozzo Corte Nova	1981	Cera acrilica	Lo strato protettivo ricopre il campione in modo omogeneo, nelle aree in cui il trattamento è assente la pietra risulta più chiara.

Tabella 1 • Valutazione del comportamento nel tempo di trattamenti protettivi a base di polimeri acrilici

<b>PTZ04</b>	<b>RIVESTIMENTO E IMPREGNAZIONE SUPERFICIALE CON PRODOTTI POLIMERICI: SILANI, RESINE POLIACRILICHE, RESINE VINILICHE, RESINE ALCHIDICHE</b>
--------------	---

**Sommario**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPÌ FUNZIONALI DI BASE****Prodotti polimerici****Silani**

La tecnica si basa sul principio chimico dell'idrolisi. Si tratta di una reazione che provoca la scissione di un composto, ottenuta con l'azione dell'acqua attraverso l'intervento di catalizzatori enzimatici. I silani, o più precisamente alchilalcolossilani, sono prodotti liquidi costituiti da elementi alchilici quali il metile o l'etile uniti a elementi alcolossilici.

L'umidità normalmente presente nella pietra, e in altri materiali come la malta o i mattoni, e perfino i calcestruzzi, consente una reazione di idrolisi che coinvolge sia la superficie esterna esposta direttamente all'aria, sia i pori interni per una profondità di alcuni millimetri. Per garantire un buon assorbimento del prodotto, è quindi necessario verificare che la superficie da impregnare non sia satura d'acqua e ne impedisca la penetrazione capillare.

Al termine del trattamento, sia la superficie esterna del manufatto sia i pori sottostanti risulteranno ricoperti da un film molto sottile di polimero silanico, perfettamente idrorepellente.

**Resine Poliaccriliche**

Al pari delle resine viniliche, i prodotti poliaccrilici utilizzati nel restauro del calcestruzzo sono prodotti ottenuti industrialmente tramite poliaddizione, ossia con l'aggregazione indotta di più molecole organiche di un monomero in macromolecole.

I polimeri ottenuti da questo processo non posseggono un elevato grado di coesione e si presentano alquanto gommosi e vischiosi al tatto. Posti in sospensione con acqua o solventi organici generano i lattici. Alcuni di questi polimeri, muniti di un più basso peso molecolare, se miscelati con acqua o solventi organici, producono soluzioni polimeriche trasparenti.

In entrambi i casi, i prodotti, una volta applicati sulla superficie da sanare, a seguito dell'evaporazione del solvente dal lattice (o dalla soluzione), permangono come film superficiali dotati di un buon grado di impermeabilità e di resistenza chimica.

Normalmente, i lattici e le soluzioni polimeriche sono combinati con altri elementi (pigmenti, cariche, opacizzanti, addensanti, plastificanti ecc.) secondo il tipo di rivestimento che si desidera realizzare.

**Resine viniliche**

La funzione protettiva di questi prodotti è affidata alla loro capacità di formare sottili pellicole impermeabili ed elastiche che ricoprono le superfici trattate. Le resine viniliche sono ottenute industrialmente per poliaddizione, ossia con l'aggregazione indotta di singole molecole di un monomero in macromolecole.

### **Resine alchidiche**

L'intervento è basato sull'applicazione di uno strato flessibile e impermeabile con resine alchidiche, sotto forma di liquidi monocomponenti. A differenza delle resine epossidiche e poliuretatiche, quelle alchidiche sono costituite da un polimero già formato.

### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

#### **Silani**

L'applicazione del silano consente di proteggere il materiale dalla penetrazione dell'acqua e dagli agenti aggressivi in essa contenuti. In quest'ottica il silano è un prodotto indicato per la prevenzione del degrado dei manufatti di mattoni, di pietra o anche di calcestruzzo, ma non può considerarsi un materiale per il restauro in senso stretto, in quanto non è in grado di consolidare le strutture sulle quali è applicato.

La caratteristica peculiare del silano, e il suo maggior pregio, è la capacità di impedire la penetrazione di acqua liquida (pioggia ecc.) dall'esterno verso l'interno di una struttura, e di consentire nello stesso tempo la fuoriuscita dell'umidità verso l'ambiente, grazie al passaggio delle molecole di vapore acqueo attraverso i pori, sostanzialmente vuoti.

D'altra parte, questa capacità di bloccare l'acqua liquida ma non le molecole di gas rende i pori trattati con silano vulnerabili al passaggio di gas, quali l'anidride carbonica, l'ossigeno o lo stesso vapore acqueo. Pertanto, nel caso di utilizzo di un silano per la protezione di una struttura armata dalla corrosione dei ferri causata dalla carbonatazione, sarà indispensabile procedere a un successivo intervento protettivo mediante l'applicazione di un rivestimento (ad es. poliacrilato) capace di bloccare in superficie la penetrazione dei gas e in particolare dell'anidride carbonica.

#### **Resine Poliacriliche**

L'intervento è destinato alla protezione delle superfici di calcestruzzo o di altro materiale compatto mediante pellicole flessibili e impermeabili.

I polimeri acrilici disciolti in acqua o solventi generano liquidi poco densi, i "lattici", e sono particolarmente indicati per le superfici ruvide.

La loro versatilità d'impiego consente un utilizzo molto conveniente sia per la realizzazione di strati protettivi contro l'umidità, sia come mani di fondo (*primer*) atte a favorire l'applicazione e l'adesione di successivi strati di malte. Uniti direttamente ai componenti delle malte, ne migliorano le qualità dell'impasto, incrementandone la duttilità e l'aderenza al supporto murario.

#### **Resine viniliche**

Le resine viniliche sono normalmente indicate per il trattamento delle superfici in calcestruzzo al fine di elevarne l'impermeabilità e la resistenza ad agenti chimici, ma possono essere impiegate anche per proteggere superfici metalliche o strati pittorici.

#### **Resine alchidiche**

L'impiego delle resine alchidiche è utile nel trattamento di murature umide di calcestruzzo o di materiali compatti, situate in ambienti chimicamente non aggressivi, e sono utilizzate come impermeabilizzanti o protezioni, sotto forma di rivestimenti micrometrici.

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

#### **Silani**

I silani, o più precisamente gli alchilalcossisilani, sono prodotti liquidi costituiti da elementi alchilici quali il metile o l'etile uniti a elementi alcossilici. Il prodotto silanico, così come fornito dalle aziende produttrici nella forma di monomero, deve essere applicato sulla superficie del manufatto da trattare, in modo che esso sia assorbito per reazione capillare dai pori presenti nel calcestruzzo collegati con la superficie esterna.

Per un impiego corretto dei prodotti silanici, sarà necessario che la superficie d'intervento non sia né troppo asciutta né satura d'acqua. Nel primo caso, infatti, la mancanza di umidità ostacolerà il processo idrolitico e, di conseguenza, l'efficacia del trattamento; nel secondo, i pori resteranno ostruiti, non consentendo la penetrazione capillare del liquido silano e l'espulsione dell'acqua.

Per tali ragioni, l'intervento è sconsigliabile in periodi immediatamente successivi a piogge o di prolungata siccità. In quest'ultimo caso si potrà però risolvere il problema spruzzando acqua sopra la superficie da trattare e attendendo la sua evaporazione. L'umidità residua favorirà l'applicazione del silano consentendo la reazione di idrolisi.

In sostituzione del prodotto silano in forma monomeric (che reagisce *in situ*) è possibile utilizzare prodotti già polimerizzati, che sono fabbricati industrialmente e ottenuti mediante la miscelazione di solventi organici che fungono da veicolo per l'assorbimento capillare del prodotto nei pori di materiale lapideo. Una volta applicato il prodotto, infatti, l'evaporazione del solvente consente il deposito del polimero silanico non volatile sulla superficie esterna e interna della muratura.

Quest'ultima tecnica d'impregnazione dei pori con polimero silanico, anziché con monomero, presenta però il rilevante svantaggio che i pori di diametro inferiore potrebbero non essere raggiunti a causa della viscosità della soluzione.

In generale, la corretta applicazione di silani (sia pure diluiti con solventi organici facilmente evaporabili), necessita di un'accurata stesura del prodotto mediante rullo o pennello, fino alla completa saturazione della superficie, in modo che la stessa risulti umida per alcuni secondi prima dell'essiccazione.

L'efficacia del trattamento potrà essere osservata già dopo poche ore: nel caso di superfici verticali, si dovrà spruzzare dell'acqua e verificarne lo scorrimento senza riscontrare chiazze di ristagno; per le superfici orizzontali, si potrà invece verificarne l'impermeabilizzazione irrorando acqua ed evidenziando la quasi sfericità delle gocce sul materiale.

### **Resine Poliacriliche**

Al pari di altre tecniche di protezione superficiale, prima di procedere all'applicazione dei poliacrilati sulla superficie da trattare, sarà necessario provvedere a un'accurata pulitura della stessa, onde rimuovere polvere, sostanze untuose e impurità ed eliminare eventuali eccessi di umidità.

Al termine delle operazioni di pulitura la superficie da trattare dovrà perciò essere esente da incrostazioni, ruggine, efflorescenze saline, oli o grassi.

A questo punto, si potrà procedere all'applicazione del prodotto mediante rullo o pennello, oppure, rendendo la soluzione molto fluida, con un normale nebulizzatore (pistola a spruzzo), fino a ottenere una totale saturazione e impregnazione della superficie. La graduale evaporazione del solvente contenuto nella soluzione formerà una pellicola resinosa ben resistente all'umidità. I pori del calcestruzzo impregnati dal liquido risulteranno completamente saturati dal polimero, con una modificazione più o meno profonda delle proprietà chimiche, fisiche e meccaniche delle superfici interessate.

### **Resine viniliche**

Le superfici da proteggere dovranno preventivamente essere pulite, sgrassate e private degli eccessi di umidità, oltre che stuccate. Infine, dovranno essere eliminate le parti non più recuperabili e saranno consolidate le zone interessate da incipienti distacchi.

Il prodotto potrà essere applicato a rullo o a pennello, fino a totale impregnazione del supporto. Con opportuna diluizione, la resina potrà anche essere applicata a spruzzo. L'evaporazione del solvente produrrà un film resinoso, dotato di buona resistenza all'umidità, mentre i pori del calcestruzzo, completamente saturati dal polimero, risulteranno profondamente modificati delle proprietà chimiche, fisiche e meccaniche.

### **Resine alchidiche**

Il liquido monocomponente è normalmente combinato con pigmenti opacizzanti. La miscela, una volta applicata, subisce una rapida evaporazione del solvente riducendosi a una sottile pellicola resinosa, discretamente resistente all'umidità.

Prima di applicare la resina è necessario rimuovere o consolidare le parti degradate, pulire la superficie da grassi, polveri ed eventuali patine biologiche, trattare e proteggere i ferri.

La soluzione di resina alchidica è applicata a rullo o a pennello, fino a totale impregnazione. Utilizzando un maggior quantitativo di solvente, la soluzione può essere applicata anche a spruzzo.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

#### **Silani**

L'efficacia del trattamento con silano è in genere limitata ai materiali come le malte di calce, i calcestruzzi o i mattoni che presentano una basicità sufficiente a catalizzare la reazione di idrolisi. Per materiali "neutri" come le pietre, il gesso o il legno, è necessario che il silano sia catalizzato, prima dell'uso, con sostanze basiche in grado di innescare la reazione di idrolisi.

### **Resine Poliaccriliche**

In termini di prestazioni (impermeabilità, resistenza chimica) i rivestimenti poliaccrilici sono meno efficaci delle resine epossidiche e poliuretatiche, rispetto alle quali, tuttavia, presentano il vantaggio di una più agevole applicazione, come tutti i prodotti monocomponenti.

Inoltre, com'è per la maggior parte dei trattamenti con film impermeabili, la tecnica determina un radicale abbassamento delle capacità di traspirazione dei materiali trattati, impedendo l'evaporazione di eventuali residui di umidità.

Per assicurare una migliore aderenza al supporto, si possono aggiungere al prodotto altri componenti che migliorano la capacità aggrappante, oppure sottoporre le superfici a trattamenti o verniciature preventive, appositamente destinate ad aumentare la coesione della resina finale al materiale impregnato.

### **Resine viniliche**

Per incrementarne le proprietà di aderenza su determinati supporti, possono contenere acido maleico per l'applicazione sui metalli o alcol vinilico per l'applicazione su pitture.

Il trattamento non è consigliabile quando si tratti di superfici molto umide o se ne vogliono preservare le caratteristiche di traspirabilità.

### **Resine alchidiche**

La buona riuscita del trattamento dipende, oltre che dalle caratteristiche del materiale, dalla sua adesione alla superficie trattata. È necessario, perciò, curarne la pulitura per assicurare un aggrappaggio continuo ed efficace. A tale scopo, si possono usare componenti o pretrattamenti del supporto per migliorare l'aderenza della pellicola protettiva.

### **ESPERIENZE**

Per le caratteristiche peculiari dei prodotti impiegati, questa tecnica trova applicazione soprattutto su grandi superfici di calcestruzzo, come i piloni dei ponti o le facciate realizzate a getto continuo di edifici monumentali, chiese e palazzi pubblici, per via della rapidità e convenienza economica dell'impiego.

### **Silani**



Facciata di San Petronio, Bologna, 1978-1979.  
 Cattedrale di Ferrara, Ferrara, 1981.  
 Palazzo Gaudenzi, Bologna, 1984-1985.  
 Cariplo, via Manzoni, Milano, 1996.  
 Torre Turati, Milano, 2002.  
 Basilica Santuario Madonna della Guardia a Tortona, Alessandria, 2002.  
 Grattacielo Pirelli, Milano, 2002-2004.  
 Il complesso delle Scuole d'Arte a L'Avana, Cuba, 2002-2008.  
 Battistero di San Vittore, Varese, 2004.  
 Chiesa Parrocchiale di S. Bernardo a Bollate, Milano, 2005.  
 Stazione Centrale di Milano, Restauro di parte del cemento decorativo nella Galleria delle Carrozze e di parte dell'intradosso e decorazione protettiva delle superfici, 2005-2008.  
 Museo Guggenheim, New York, 2007-2008.  
 Teatro Petruzzelli, Bari, 2007-2009.

### **Resine poliacriliche - Resine viniliche**

Torre per le telecomunicazioni a Kuwait City, Emirati Arabi, 1995.  
 Cariplo, Via Manzoni, Milano, 1996.  
 Velodromo Vigorelli a Milano, 1997.  
 Ex Mattatoio a Latina, 2001.  
 Torre Turati, Milano, 2002.  
 Torre Pensile delle Marazzi Ceramiche a Sassuolo, Modena, 2002-2003.  
 Ponte dell'isola di KrK, Croazia, 2004-2005.  
 Stazione Centrale di Milano, 2005-2008.  
 Viadotto Rio Verde, Strada Autocamionale della Cisa A15 a Pontremoli, Massa Carrara, 2005-2007.  
 Hotel Neptun, Warnemunde, Germania, 2007.  
 Torre Donegani e/o Torre della miniera, La corte della Miniera, loc. Miniera a Urbino, Pesaro Urbino, 2007.  
 Museo Guggenheim, New York, 2007-2008.

### **Resine alchidiche**

Stazione Eurostar di Bruxelles Midi a Bruxelles in Belgio, 1992-1996.  
 Protezione del ponte Storebaelt, Halsskov in Danimarca, 1993.  
 Museo Guggenheim, New York, 2007-2008.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Arkles B., *Tailoring Surfaces with Silanes*, Chemtech, vol. 7, 1977, pp. 766-778.

Avramidou N. 1990; Avramidou N. 1991; Avramidou N. 1992; Collepari M., Coppola L. 1991, pp. 537-48; Collepari M., Coppola L., Pistolesi C. 1993, pp. 211-20; Kadolph S., Langford A., 1998; Lizzi F. 1981, pp. 16-17; Scala F. 1990; Schmidt M., 2000; Scicolone G.C., 1993; Tinè S. 1985, pp. 67-71.

Bofeldt M., Nyman B., *Penetration Depth of Hydrophobic Impregnating Agents for Concrete*, Proceedings, Hydrophobe 3<sup>d</sup> International Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials, Hannover, 25- 26 settembre 2001, Aedificatio Publishers, pp. 133-141.

Brisi C., *Chimica applicata*, vol. 3, Levrotto & Bella, Torino, 1997, pp. 452-454.

De Clercq H., *Function of silane type on its reactivity for surface and in-depth applications to different substrates*, Proceedings, Hydrophobe, 5<sup>th</sup> International Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials, Bruxelles, 15-16 aprile 2008, Aedificatio Publishers, pp. 261-271.

De Clercq H., De Witte E., *Reactivity of silicon based water repellent agents at different application conditions*, Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege, vol. 7, Heft 1, 2001, pp. 63-78.

De Clercq H., E. De Witte, *Effectiveness of silicon based water repellent agents at different application conditions*, Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege, vol. 7, Heft 6, 2001, pp. 641-654.

Gerdes A., *Preventive Surface Protection of Concrete Structures*, Proceedings, International Workshop on Service Life of Concrete Structures, Sapporo, Giappone, febbraio 2005, pp. 31-40.

Gerdes A., Oehmichen D., Preindl B., Nüesch R., *Chemical Reactivity of Silanes in Cement-Based Materials*, Proceedings, Hydrophobe 4<sup>th</sup> International Conference on Water Repellent Treatment of Building Materials, Stoccolma, 12-13 aprile 2005, Aedificatio Publishers, pp 47-58.

Johansson A., *Impregnate Concrete with a System Open to Diffusion (Impregnera betong med diffusionsöppet system)*, in "The Journal Husbyggen", n. 4, settembre 2005, pp. 18-20.

Johansson A., Janz M., Silfwerbrand J., Trägårdh J., *Protection of concrete with water repellent agents-what is required to achieve a sufficient penetration depth*, Proceedings, ICCRRR 2008, Taylor & Francis Group, Capetown, South Africa, 2008, pp. 287-288.

Koblischek P.J., *Protection of surfaces of natural stone and concrete through polymers. proceedings, surface treatment of building materials with water repellent agents*, Delft University of Technology, Delft, Netherlands, 1995.

Köpnick H., Schmidt M., *Polyesters*, 2000.

Plueddemann E.P., *Silane Coupling Agents*, 2<sup>nd</sup> edition, Plenum Press, New York, 1991.

SS-EN 1504-2, *Products and Systems for the Protection and Repair of Concrete Structures. Definitions, Requirements, Quality Control and Evaluation of Conformity, Part 2, Surface Protection Systems for Concrete*, Swedish Standard Institute, Stoccolma, 2004.  
(BAI)

Tepfers R., *Some issues concerning concrete impregnation with silanes*, in *Studies and Researches*, vol. 29, Starrylink, Brescia, 2009.

Zhan H., Wittmann F.H., Zhao T., *Relation between the silicon resin profiles in water repellent treated concrete and the effectiveness as a chloride barrier*, in "International Journal on Restoration of Buildings and Monuments", vol. 11, n.1, 2005, pp 35-46.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il problema della protezione dei manufatti antichi, e in particolare di quelli esposti all'aperto, dall'aggressione degli agenti ambientali, per lo più veicolati in forma di soluzioni acquose, è stato tradizionalmente affrontato schermando la superficie del manufatto con idonei agenti idrofobi o idrorepellenti applicati in forma di film sottili o fatti penetrare di poco all'interno.

Tutt'oggi questa è la soluzione che nella maggioranza dei casi è adottata per statue di marmo e pietra, paramenti lapidei, facciate intonacate, decorate ecc.

Questo approccio, che certamente si fonda su più che giustificate considerazioni, nel caso di manufatti costituiti da materiali lapidei porosi o che siano divenuti tali a seguito del degrado, si scontra con alcuni fenomeni chimico-fisici soprattutto correlati alla probabile presenza di sali solubili all'interno delle porosità.

Di fatto, l'idrofobizzazione di un certo spessore, ancorché limitato, della superficie del manufatto favorisce, in materiali porosi e in presenza di sali, la loro graduale cristallizzazione in livelli più interni, nella forma di quelle che vengono definite *subflorescenze*. Ciò può innescare, a lungo termine, un processo assai pericoloso di disgregazione meccanica della superficie e di distacco di parti e frammenti di essa.

I trattamenti idrofobi, che indubbiamente proteggono il manufatto dagli agenti esterni, ostacolano in questi casi la libera fuoriuscita delle soluzioni saline affluenti dall'interno e non sono quindi da considerare la soluzione conservativa più conveniente al problema della protezione.

Individuare alternative valide e percorribili, come si può intuire, è tutt'altro che facile. In tal senso, tuttavia, il metodo di protezione oggi noto col nome di *ossalato di ammonio* offre nel solo caso di *manufatti di natura calcarea* una soluzione interessante che in molte situazioni può dimostrarsi preferibile.

Piuttosto che ricorrere alla sovrapposizione di una “schermatura idrofoba” alla superficie, tenuto conto che gli agenti ambientali più aggressivi per i manufatti calcarei sono quelli di natura acida, veicolati in forma di piogge, smog e condense, una soluzione adeguata al problema della protezione è semplicemente quella di rendere la superficie stessa intrinsecamente resistente all'attacco acido senza alterarne il carattere minerale e idrofilo e quindi senza indurre la cristallizzazione dei sali al di sotto della superficie.

Il metodo dell'*ossalato di ammonio* si fonda sui principi di durabilità e compatibilità dell'intervento; per contro, sacrifica a priori la condizione di reversibilità. D'altro canto gli operatori esperti sono perfettamente a conoscenza dell'impossibilità pratica di rimuovere in modo efficace un protettivo idrofobo applicato in precedenti restauri sulla superficie di un materiale poroso, oltre al fatto che molti tra i più validi di questi prodotti sono essi stessi irreversibili.

Per questo tipo di trattamenti la reversibilità non ha dunque un riscontro reale. A garanzia della conservazione, tanto vale puntare quindi su altri criteri alternativi quali durabilità e compatibilità.

Attraverso un impacco di ossalato di ammonio (AmOx) in soluzione acquosa al 5-6% disperso in polvere di cellulosa, applicato sulla superficie del manufatto per un tempo non inferiore alle 5 ore, si induce la trasformazione moderata e controllata del calcare presente sulla superficie in ossalato di calcio. Quest'ultima sostanza è totalmente insolubile in acqua e soprattutto anche in acidi assai forti. Ciò assicura un efficacissimo effetto passivante della superficie nei confronti dell'ambiente esterno e in particolare delle atmosfere acide tipiche dei centri urbani. La figura che segue illustra

l'andamento delle solubilità in acqua dell'ossalato di calcio e per confronto, del carbonato, in funzione del pH (fig. 1).

Si noti non solo la solubilità decisamente inferiore (di quasi due ordini di grandezza) dell'ossalato rispetto al carbonato a pH 7, ossia alla neutralità, ma soprattutto l'andamento sempre più divergente delle due curve in direzione dei pH più bassi ossia degli ambienti acidi.

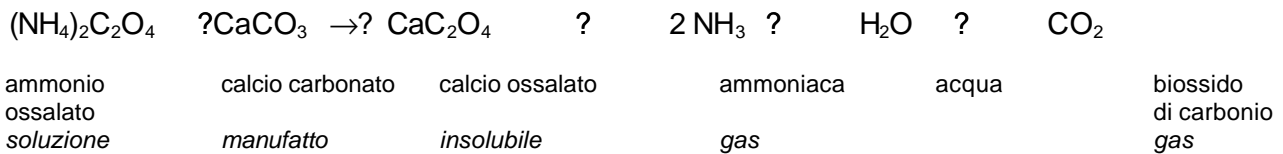
Il carbonato, già a pH 4,5 è sostanza decomponibile mentre l'ossalato rimane inalterato fino oltre pH 2.

Questo è, infatti, il motivo principale della grande stabilità delle patine naturali di ossalato di calcio così frequenti sulla superficie di tante tipologie di manufatti antichi.

Queste stesse patine naturali, resistenti da secoli e addirittura millenni, costituiscono la migliore testimonianza di quella compatibilità e durabilità del trattamento che è stata messa in evidenza sopra.

Le patine naturali sono quasi sempre colorate a causa di una quantità di polveri microscopiche (principalmente particellato atmosferico di tipo silicatico e talvolta carbonioso) che rimangono inclusi nella patina al momento della sua lenta formazione. Questo non è però il caso del trattamento artificiale, poiché l'ossalato di calcio puro è sostanza del tutto incolore.

La reazione di passivazione utilizzata è la seguente:



### CAMPI DI APPLICAZIONE

L'*ossalato di calcio artificiale* si fonda su principi totalmente innovativi rispetto agli altri metodi di protezione dei manufatti lapidei. Esso prende in considerazione esclusivamente i manufatti di natura calcarea, che però, essendo carbonatici, sono in assoluto da considerare quelli a maggior rischio di degrado se esposti all'aperto e soprattutto all'azione delle piogge acide. Tra essi possiamo includere: statue e paramenti in marmo, in travertino, in calcareniti ecc., facciate in intonaco, anche con decorazioni o graffiti, affreschi. Per questi ultimi occorre ben conoscere la natura dei pigmenti verdi e azzurri poiché il metodo non è compatibile coi pigmenti di rame (azzurrite, malachite, verderame ecc.).

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

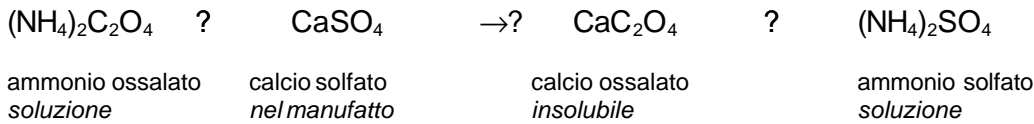
Sui manufatti lapidei il tempo di contatto può superare anche di molto le 5 ore. Se l'impacco si asciugasse, per rimuoverlo è possibile senza problemi bagnarli, spruzzandovi dell'acqua distillata. Dopo la rimozione dell'impacco, quando la superficie è asciutta conviene applicare anche più volte un foglio di carta giapponese umido d'acqua deionizzata, lasciandolo poi asciugare prima di toglierlo. Ciò facilita l'assorbimento dei modesti residui del reattivo in eccesso e di eventuali impurità mosse dall'impacco.

Quest'ultimo, peraltro, è perfettamente neutro, poiché la soluzione acquosa ha pH 7. Non ha perciò alcun carattere corrosivo nei confronti di pelle e mucose dell'operatore, né l'ossalato è tossico. Poiché tuttavia esso opera la trasformazione dei sali di calcio (sebbene dopo tempi di almeno cinque ore) è prudente che l'operatore indossi dall'inizio fino a termine dell'applicazione, guanti di plastica a protezione delle unghie e, limitatamente al momento della preparazione dell'impasto e al momento della rimozione finale, anche una mascherina per evitare l'inalazione delle polveri.

Il trattamento a *ossalato di ammonio* richiede l'accurata pulitura della superficie da trattare. Il reattivo deve infatti entrare in diretto contatto con il calcare del manufatto.

Fissativi e consolidanti polimerici applicati in precedenti restauri devono, di conseguenza, essere rimossi per quanto possibile. Sembra tuttavia dimostrato che piccole percentuali residue di essi

non ostacolano la reazione. Ancor più importante è liberare molto accuratamente la superficie da depositi di gesso. Il gesso eventualmente presente all'interno della porosità non disturba, anzi, esso stesso viene passivato secondo la seguente reazione.



Ciò va a tutto vantaggio del risanamento dell'opera. Tuttavia, se del gesso fosse presente a qualsiasi titolo al di sopra della superficie, qualche imbianchimento potrebbe manifestarsi, essendo l'ossalato meno trasparente del gesso.

La distribuzione dell'ossalato di calcio neofornato, come dimostrato dalle analisi, interessa solo la superficie esterna dei microgranuli di carbonato di calcio che in tal modo vengono passivati. Il metodo non è quindi invasivo poiché l'interno dei granuli, ossia la maggior parte della materia originale, non viene modificata. Dopo il trattamento si registra una diminuzione della porosità che rimane tuttavia aperta. Il sistema rimane idrofilo e dunque permeabile all'acqua ivi compreso alle eventuali soluzioni saline affluenti dall'interno scongiurando così il problema delle subfiorescenze. Il colore del manufatto nella grande maggioranza dei casi non subisce variazioni apprezzabili (fig. 2, fig. 3).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La pulitura preventiva dell'oggetto può essere effettuata con qualsiasi metodo, ivi compreso il laser, con l'accortezza di effettuare come ultimo passaggio un'applicazione di resine a scambio anionico, che sono appunto in grado di rimuovere gesso residuo sopra la superficie. Per gli stessi motivi sopra detti, trattamenti consolidanti con materiali polimerici non devono essere fatti prima del trattamento. Essi inibirebbero la trasformazione in ossalato.

D'altra parte, il trattamento a *ossalato di ammonio* stesso può esercitare in molte situazioni un *ottimo effetto consolidante*. Ciò è stato inequivocabilmente verificato per marmi di consistenza zuccherina e in travertini. In tali situazioni con lo stesso trattamento si conseguono due importantissimi risultati ai fini conservativi.

Abbiamo già detto dell'incompatibilità, in facciate decorate e affreschi, con pigmenti di rame. Queste aree non devono essere trattate. Il trattamento è invece perfettamente compatibile con gli altri pigmenti della pittura murale, non solo eseguita a fresco ma anche a tempera, essendo il pH del reattivo del tutto neutro.

Talvolta, nell'applicazione di tale tecnica, si registra una leggera saturazione cromatica, come d'altra parte accade per tutti i trattamenti con protettivi. Sono stati segnalati tuttavia rari casi di lieve viraggio del litotipo trattato al giallo-bruno. Ciò è accaduto ad esempio per calcari inglesi di tipo Portland. Per questo è necessario effettuare comunque, prima di decidere l'applicazione, prove preliminari *in situ* su piccole aree di minore importanza.

Questo metodo richiede la piena conoscenza dei meccanismi su cui si fonda, competenza e manualità nell'applicazione, analisi della superficie e verifiche tecniche *in situ* prima del trattamento definitivo. Diciamo senz'altro, quindi, che esso non ha quelle caratteristiche di immediatezza e di facilità di applicazione che presentano i trattamenti idrofobizzanti, eseguibili normalmente con stesure a pennello senza particolari difficoltà. Tuttavia, conoscendone i principi, familiarizzandosi con la tecnica e rispettandone le condizioni, esso può fornire risultati notevoli, sia sotto l'aspetto estetico ma, soprattutto, sotto quello conservativo per la sua permanenza e affidabilità nel tempo.

#### **ESPERIENZE**

Dalle prime proposte pubblicate nel 1993 da Mauro Matteini che ne è l'inventore, insieme a Sabino Giovannoni e Arcangelo Moles che fin dall'inizio hanno collaborato a mettere a punto il metodo presso l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze, numerose applicazioni parziali o su intere opere del metodo sono state effettuate. Degne di menzione sono in particolare le seguenti:

facciata dipinta del palazzo Mellini-Fossi in Firenze via de' Benci - prove (1997);

campanile, in vari litotipi calcarei, del duomo di Pistoia - prove (1998);

facciata graffita attribuita a Michelozzo del palazzo Barbolani da Montauto in via de' Ginori a Firenze - intera facciata (2000);

grande statua in marmo di Carrara *L'Eterno Padre* di Baccio Bandinelli, chiostro della chiesa di Santa Croce a Firenze - intera statua (2000);  
 tre statue in marmo di Carrara *Uomini Illustri* di autori vari, fine Ottocento, nel loggiato Vasariano degli Uffizi a Firenze - intere statue (2000);  
 San Domenico del Laurana, chiostro di San Marco a Firenze - intera statua (2001);  
 paramento in marmo di Candoglia del portico di ingresso della chiesa di Santa Maria delle Grazie a Milano - (2005)  
 una delle quattro facciate dipinte in monocromo di Palazzo Besta, Teglio, Sondrio (2003).

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bacci M., Linari R., Orlando A., Radicati B. 1993, pp. 21-25; Doganis Y., Galands A. 1991, pp. 559-65; Matteini M. 1999, *Consolidanti...*, pp. 30-38; Matteini M. 1999, *Gli ossalati...*, pp. 87; Matteini M., Moles A., Giovannoni S. 1994, *Calcium oxalate...*, 1994, pp. 155-61; Matteini M., Moles A., Giovannoni S. 1994, *Un sistema...*, pp. 7-15; Matteini M., Moles A., Lanterna G., Nepoti M. R. 1996, pp. 423-40; Matteini M., Rizzi M., Mairani A. 2000, pp. 146-50; Watchman A. L. 1991, pp. 24-32.

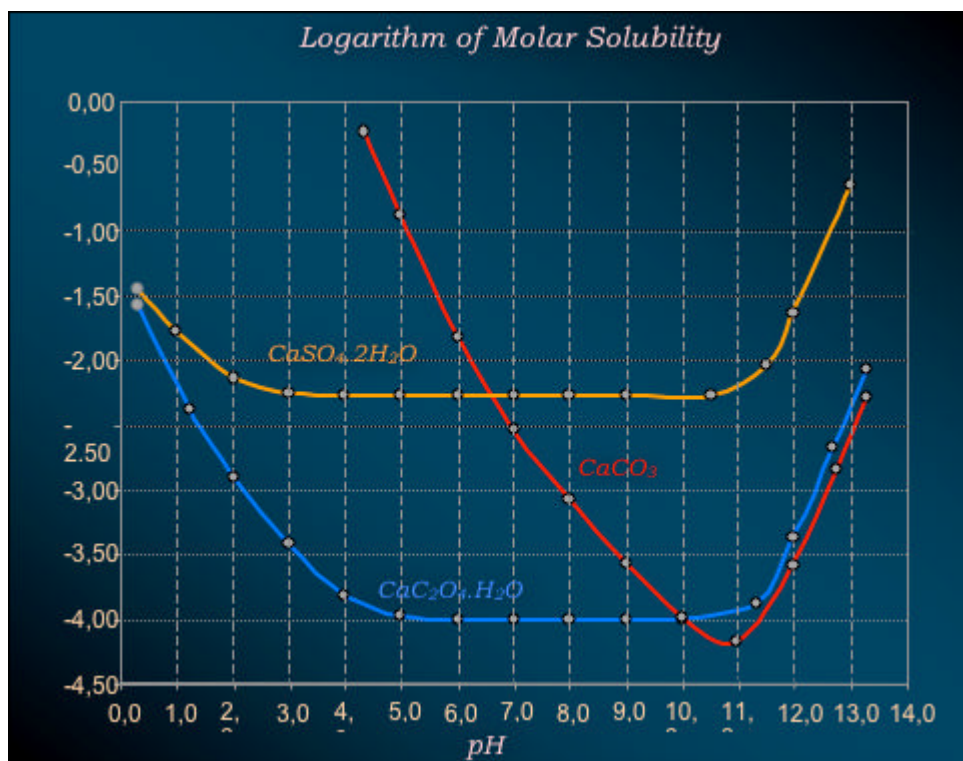


Figura 1 • Confronto, in scala logaritmica, tra la solubilità in acqua del carbonato di calcio e quella dell'ossalato di calcio. Nel grafico è riportata anche la solubilità del gesso.



Figura 2 • Facciata graffita quattrocentesca del palazzo Barbolani da Montauto, attribuita a Michelozzo nella via de' Ginori a Firenze (particolare) dopo il trattamento passivante-protettivo dell'ossalato di ammonio eseguito sull'intera superficie dopo pulitura con carbonato di ammonio.



Figura 3 • L'*Eterno Padre*, grande statua in marmo di Carrara di Baccio Bandinelli esposta nel chiostro della chiesa di Santa Croce a Firenze, trattata nel 2000, dopo pulitura con carbonato di ammonio, con il metodo dell'ossalato di ammonio.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEVANTAGGI E LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Questi prodotti sono il risultato di una ricerca condotta dal “Centro per lo studio delle cause di degrado e metodi di protezione delle opere d’arte” del CNR di Firenze, per individuare una sostanza in grado di unire un’azione impermeabilizzante del substrato lapideo a un aumento della resistenza chimica agli agenti atmosferici e agli inquinanti. È noto, infatti, che i polimeri organici e particolarmente quelli di tipo acrilico, sono sensibili alla luce e aggredibili dall’ossigeno atmosferico, dando luogo a colorazione e a sottoprodotti acidi, non più protettivi ma aggressivi.

I perfluoropolieteri, come tutte le sostanze perfluorurate, sono composti nei quali l’idrogeno di una normale sostanza organica è stato sostituito da atomi di fluoro. Si tratta dunque di oligomeri costituiti in sostanza da atomi di carbonio, ossigeno e fluoro senza presenza d’idrogeno, l’elemento di debolezza di tutte le strutture chimiche. L’alta energia di legame C–F rispetto al legame C–H e l’elevata stabilità ossidativa derivante dall’elettronegatività del fluoro, determina una notevole stabilizzazione del materiale polimerico verso le sollecitazioni termiche, meccaniche e chimico-ossidative. Questa caratteristica risolve uno dei maggiori problemi delle resine sintetiche, quello cioè della loro sensibilità all’azione ossidativa della luce e degli agenti atmosferici, che determina spesso alterazioni notevoli delle caratteristiche organolettiche e di altri caratteri chimico-fisici del film polimerico.

Si tratta quindi di polimeri a basso peso molecolare, liquidi a temperatura ambiente.

L’azione idrorepellente è esercitata da un film liquido che offre il vantaggio di evitare tensioni interne nel caso che una cristallizzazione dovesse aver luogo dietro la pellicola protettiva. I perfluoropolieteri sono degli oli incolori e trasparenti con viscosità che varia con il peso molecolare, il tipo di monomero e la presenza o meno di gruppi funzionali polari.

Altro aspetto caratterizzante dei perfluoropolieteri è la facile reversibilità dovuta alla solubilità in composti con peso molecolare più basso. A queste qualità si uniscono la permeabilità ai gas, la trasparenza alle radiazioni luminose nell’intera gamma della luce solare, la perfetta incompatibilità con l’acqua e un’insolubilità praticamente completa nei comuni solventi organici (v. PTZ01 - Impregnazione con prodotti a base di silicio).

Tra i prodotti derivati dalle ricerche del CNR di Firenze, si ricorda la famiglia dei *Fomblin*, dotati di ottima idrorepellenza, ma con instabilità dell’efficacia protettiva dovuta a due fattori: assenza di gruppi funzionali polari che ne favorissero l’adesione al substrato, e bassa viscosità derivante dal loro basso peso molecolare, che determinava la migrazione verso le zone più interne del substrato.

Il primo prodotto apparso sul mercato fu il *Fomblin Y Met*, una formulazione del *Fomblin* nata per permetterne una facile applicazione a spruzzo. Si trattava di una miscela di perfluoropolieteri fluida a temperatura ambiente ma con tensione di vapore molto bassa, elevata stabilità chimica e fisica e buona idrorepellenza.

Il prodotto rimaneva liquido anche dopo l’applicazione e non reagiva con i componenti dei vari materiali lapidei. Il fluido, penetrando all’interno della struttura capillare, ne rivestiva le pareti impedendo la penetrazione dell’acqua e delle soluzioni aggressive.

Diversi controlli hanno dato risultati differenti: in alcuni casi veniva indicato un buon effetto idrorepellente senza alcuna importante riduzione della permeabilità al vapore; in altri si notava che le buone caratteristiche originali dei campioni trattati venivano perse piuttosto rapidamente anche per semplice contatto con l’acqua. Ciò sembra attribuibile non a una alterazione del prodotto, ma piuttosto a una assenza di adesione con il materiale lapideo. Il liquido fluorurato probabilmente



viene dislocato dall'interno dei capillari per azione meccanica dall'acqua, causando una durata modesta del trattamento nel caso di manufatti esposti alla pioggia.

La tessitura e la struttura porosa della pietra sembrano avere una notevole importanza in questo fenomeno di migrazione del fluido fluorurato: mentre per diversi tipi di marmo si registra una riduzione dell'assorbimento dell'acqua subito dopo il trattamento, nel caso di un calcare poroso come quello di Lecce l'effetto idrorepellente è molto modesto fin dall'inizio.

Si cercò di superare questo limite, mantenendo però i vantaggi di stabilità chimico-fisica, inserendo nelle catene perfluoropolieteree dei terminali reattivi ammidici, che permettessero la formazione di legami con gli ossidrili della pietra: fu quindi proposto un prodotto denominato *Akeogard BA*, che fu applicato con buoni risultati anche su arenarie, come il paramento lapideo di Palazzo Strozzi a Firenze. Il prodotto funzionalizzato impediva quindi la migrazione verso la porosità interna, permettendo di mantenere più a lungo l'effetto idrorepellente.

Attualmente i perfluoropolieterei sono presenti sul mercato con un prodotto dell'ultima generazione di perfluoropolieterei funzionalizzati, denominato *Fluoline PE*, contenente gruppi terminali fosfato, che oltre a permettere l'aggancio alla pietra consentono anche la dispersione in acqua. Il prodotto è stato oggetto di recenti studi da parte del CNR-ICVBC di Firenze, che ne hanno confermato la stabilità all'irraggiamento.

Viene così superato anche il problema del solvente fluorurato, che dopo la messa al bando dei CFC aveva portato all'uscita di scena dell'*Akeogard BA*.

Occasionalmente altri prodotti parzialmente fluorurati sono stati utilizzati nell'ambito dei beni culturali, come nel caso del *Lumiflon* nella protezione dei mosaici di San Vito a Praga. In quel caso il prodotto fu fatto reticolare *in situ*, perdendo così la reversibilità

## CAMPI DI APPLICAZIONE

I perfluoropolieterei possono essere utilizzati su svariati tipi di materiale lapideo, preferenzialmente per quelli compatti, ma con possibilità di applicazione anche su lapidei a media porosità. In questo caso, essendo necessaria una maggior quantità di prodotto, è necessario verificare l'eventuale insorgenza di effetti cromatici quali tonalizzazione ed effetto bagnato.

È necessario, nel caso di materiali molto degradati, la necessità di una applicazione preventiva di consolidanti quali il silicato d'etile, in quanto i perfluoropolieterei esplicano esclusivamente azione idro-oleorepellente, e non presentano alcuna capacità consolidante.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La quantità giusta di prodotto da applicare su ogni metro quadrato di superficie va stabilito con prove preliminari e varia con la porosità del substrato. Per esempio, una pietra compatta come il marmo di Carrara può richiedere anche solo 20 g/m<sup>2</sup> di prodotto mentre per un'arenaria di media porosità possono essere necessari fino a 100 g/m<sup>2</sup>. Molto dipende, inoltre, dalla capacità del restauratore di apprezzare le differenze di assorbimento dei diversi conci di una stessa superficie muraria.

Sono facili da applicare, tanto a spruzzo, se opportunamente diluiti, quanto a pennello. In entrambi i casi è importante assicurare l'omogeneità del trattamento. Per garantire un buon risultato è opportuno seguire alcune istruzioni fondamentali.

### *Tecnica a pennello:*

- 1) distribuire il prodotto in modo uniforme evitando le sovrapposizioni tra le riprese;
- 2) procedere dall'alto verso il basso;
- 3) interrompere l'impregnazione quando il supporto è saturo;
- 4) controllare sempre che i pennelli siano ben puliti.

### *Tecnica a spruzzo:*

- 1) controllare che l'ugello erogatore produca un getto molto nebulizzato;
- 2) seguire le procedure indicate ai precedenti punti 2) e 3) della tecnica a pennello.

Indipendentemente dalla tecnica utilizzata è sempre necessario attenersi alle istruzioni fornite dalle ditte produttrici, specialmente sull'uso del solvente. La scelta di quest'ultimo è in ogni modo subordinata alle condizioni termiche e igrometriche, oltre che ai tempi di applicazione, per i quali gioca un ruolo fondamentale la volatilità del solvente. In ogni caso è sconsigliata l'applicazione in pieno sole.

A lavoro terminato, la pietra è impregnata da un film non rigido o impermeabile, e il prodotto mantiene nel tempo la tipica connotazione oleosa.

Al termine dell'applicazione è necessario proteggere le superfici per alcuni giorni, per permettere al prodotto di reagire con gli ossidrili della pietra: una pioggia improvvisa in questo periodo potrebbe portare al dilavamento del prodotto con conseguente perdita dell'effetto idrorepellente e variazioni cromatiche in alcune zone.

Con una applicazione ottimale del prodotto la variazione cromatica è minima, e nel tempo si riduce progressivamente.

#### **VANTAGGI E LIMITI**

La complessità del processo di sintesi dei perfluoropolietteri determina un costo elevato già del prodotto base. L'ulteriore laboriosità della sintesi dei prodotti funzionalizzati rende ancora più elevato il costo e poco conveniente la loro produzione. Il problema del costo viene però compensato dalla minor quantità di prodotto necessaria per ottenere l'idrorepellenza rispetto ai classici silossani. Inoltre i perfluoropolietteri presentano un effetto oleorepellente che i silossani non hanno.

La natura di liquidi a bassa tensione superficiale dei perfluoropolietteri comporta una notevole capacità di penetrazione in rocce a porosità fine e orientata. Questa caratteristica assicura protezione anche negli strati profondi e impedisce la formazione di uno strato superficiale con caratteristiche chimico-fisiche diverse da quelle dello strato sottostante.

#### **ESPERIENZE**

##### **Fomblin Y Met**

Sottoportico del duomo di S. Martino a Lucca	1982
Chiostrò di San Zeno, Verona	1982-83
Facciata del cortile interno di palazzo Pitti a Firenze	1982-85
Facciata e cortile interno di palazzo Antinori a Firenze	1984-85
Paramenti esterni del duomo di Prato	1987

##### **Akeogard BA**

Paramenti in marmo a S. Paolo a Ripa d'Arno, a Pisa	1990-91
Facciata di Palazzo Agostini	1991
Paramenti esterni in arenaria di palazzo Strozzi a Firenze	1997

##### **Fluoline PE**

Statua in bronzo a patina bianca di George Segal	2008
Facciata della chiesa di Fove del Grappa	2010
Pavimentazione in arenaria dell'atrio dei Nuovi Uffizi a Firenze	2010

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Amoroso Giovanni G., Camaiti Mara, 1997; Barberini Paola, 1985; Camaiti M., Ingoglia R., Moggi G., Pasetti A., Scala A. 1991, pp. 267-76; Camaiti M., Botticelli S., Scala A., Piacenti F., Biscontin G., Mietto D. 1991, pp. 313-21; Ciardelli F., Aglietto M., Castelvetro V. 1997, pp. 88-93; Franchi R., Frediani P., Galli G., Manganelli Del Fa C., Matteoli U., Tiano P. 1979, pp. 327-31; Gasparoli P. 1997.

(CAR)

Piquè F., Stulik D., *Conservation of the Last Judgement Mosaic*, Getty Conservation Institute, 2004.

Borgioli L., Camaiti M., Rosi L., *Comportamento all'irraggiamento UV di nuovi formulati polimerici per il restauro*, Atti del Congresso "Lo stato dell'arte 6", Spoleto, 2-4 ottobre 2008.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Le tecniche di allontanamento dei volatili fanno parte di una complessa strategia per il controllo delle popolazioni urbane di varie specie, in particolare del colombo (o piccione), che rappresenta oggi la specie più inurbata. Schematizzando, il sistema di controllo può essere suddiviso in metodi di tipo *preventivo*, nel senso che agiscono sulle risorse ambientali, e metodi *diretti*, in quanto intervengono sulle popolazioni già esistenti.

L'ultima categoria non rientra nell'ambito del presente lavoro, in quanto non ha connessioni con l'edificato e consiste in catture, sterilizzazioni, incremento dei predatori naturali e così via, mentre i metodi indiretti contemplano una serie di interventi sulle strutture edificate, o nelle loro vicinanze. L'avifauna della città, infatti, è favorita da una serie di fattori ambientali (clima più caldo, maggiore illuminazione, scarsità di predatori, cibo a disposizione), ma anche dalla disponibilità di luoghi ove sostare e costruire i nidi.

Una soluzione è ridurre le opportunità di sosta e di nidificazione, con dissuasori che possono essere di tipo meccanico (punte metalliche, fili ecc.), chimico (sostanze naturali o artificiali repellenti), elettrici (sistemi elettrostatici), in grado di scoraggiare l'atterraggio dei volatili ([fig. 1](#)).

Esistono anche metodi che utilizzano gli ultrasuoni o la radiofrequenza per emettere segnali non sopportati dai volatili, o che li fanno sentire in pericolo ("grido d'angoscia"), in modo da provocarne l'allontanamento. Inoltre si possono realizzare barriere che impediscano fisicamente l'accesso dei volatili (reti di protezione, fili ecc.).

Tutti i metodi, anche se basati su principi operativi diversi, devono perseguire la finalità di respingere le specie non desiderate, senza provocare escoriazioni o danni agli animali.

Questi devono pertanto essere approvati da enti protezionistici quali la Lipu (Lega Italiana Protezione Uccelli) o l'Enpa (Ente Nazionale Protezione Animali).

L'allontanamento dei volatili in genere, e dei piccioni in particolare, è necessario per intervenire a tutela del patrimonio architettonico, in quanto il guano degli uccelli contiene composti chimici di varia natura quali acido urico, fosforico e nitrico, che provocano un'azione distruttrice del materiale su cui viene depositato.

Oltre a questo attacco chimico diretto, il guano costituisce anche un ottimo sottostrato nutritivo per la microflora eterotrofica. Infatti, si rilevano rilevanti incrementi di popolazioni nitrofile proprio in fabbricati dove è diffuso lo stazionamento di volatili.

Sulle murature in precario stato di conservazione, inoltre, la deambulazione e l'atterraggio dei volatili provoca danni di tipo meccanico con caduta e perdita di frammenti.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Nelle aree urbane in cui si registra la massiccia presenza di avifauna i sistemi di allontanamento vengono impiegati per proteggere cornicioni, riseghe, modanature, davanzali, cavi e tubature esterne, grondaie, pluviali, travi e tiranti ([fig. 2](#), [fig. 3](#)).

Anche i tetti, in presenze particolarmente numerose di animali (stormi), o di dimensioni notevoli, quali i gabbiani, vanno salvaguardati, in quanto la loro presenza può determinare il sollevamento di tegole, coppi ecc., con infiltrazione di acque meteoriche. Inoltre, vanno protette nicchie, feritoie, e bucatore in genere, in quanto luoghi adottati per la nidificazione.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Pur essendo i sistemi utilizzati per l'allontanamento dei piccioni di diverso tipo, alcune fasi preliminari vanno seguite per tutti i metodi, soprattutto per quelli che prevedono la posa diretta di apparecchiature sulle superfici.

Innanzitutto, bisogna analizzare attentamente le caratteristiche del manufatto che si intende proteggere, e individuare, mediante sistematiche osservazioni, il tipo di volatili e il loro comportamento (punti di atterraggio, di sosta e di nidificazione preferenziali, di deambulazione ecc.). Inoltre, sarà necessario provvedere alla pulitura accurata delle superfici, resa più difficoltosa dal fatto che generalmente, essendo luogo di stazionamento abituale dei volatili, sono interessate da depositi piuttosto consistenti di guano frammisto a polvere, particellato ecc. È utile indicare che il guano può essere usato come concime, con un recupero almeno parziale delle spese di asporto (Ballarini et al., 1989).

Pertanto è necessario effettuare l'asportazione meccanica di queste incrostazioni e la spazzolatura con spazzole non graffianti, per poi procedere con altri metodi più accurati secondo il tipo di supporto.

Per ognuno dei metodi di allontanamento, soprattutto per quelli più frequentemente utilizzati, si riportano di seguito le procedure applicative.

#### *a - Dissuasori meccanici ad aghi*

Il sistema di allontanamento è composto essenzialmente da elementi metallici filiformi inseriti in appositi alloggiamenti o incastri posti su fasce in polibicarbonato (Bisfenolo A).

Alcune case produttrici producono anche punte in materiale plastico.

In entrambi i casi gli elementi sono estremamente flessibili, tanto che se il volatile prova ad appoggiarsi, fungono da ostacolo senza ferirlo, ritornando nella loro posizione originaria.

Le punte metalliche devono essere in materiale inossidabile, ed essere smontabili per lavori di pulizia o per la loro sostituzione, qualora si rivelino necessari elementi di dimensioni diverse (ad es. nel caso sopraggiungano nuove colonizzazioni). Generalmente gli sproni sono in acciaio inox opacizzato in modo da essere pressoché invisibili.

Anche le fasce devono resistere agli agenti chimici (soluzioni di sali alcalini, saturi ecc.) e agli agenti atmosferici, mantenendo la trasparenza inalterata nel tempo. Sono, infatti, assolutamente da evitare i fenomeni di ingiallimento delle fasce stesse (fig. 4).

Il polibicarbonato si rivela particolarmente idoneo per questa destinazione, per le sue proprietà meccaniche (resistenza alla flessione, allungamento e rottura) e la resistenza al calore assorbito dal supporto, che nella stagione estiva può raggiungere valori anche molto elevati (i fenomeni di rammollimento si registrano tra i 145 e i 150 °C) (fig. 5).

Alcune case produttrici utilizzano altri tipi di materiale come base per gli elementi metallici, generalmente più economici, quali il polistirolo, opportunamente trattato con raggi U.V.

In questo caso è richiesta l'impermeabilizzazione preventiva delle superfici di appoggio.

Per il fissaggio dei supporti degli elementi metallici si usano generalmente collanti al silicone che garantiscono l'aderenza alle superfici di appoggio e la facilità di rimozione in caso di necessità (il silicone non lascia macchie e non ha potere corrosivo). Inoltre, questo materiale aderisce alla maggior parte dei supporti, sia di tipo lapideo (mattoni, marmo, pietra ecc.) sia metallico (bronzo, rame, ferro galvanizzato).

La posa in opera delle fasce con il silicone presuppone una preparazione delle superfici piuttosto accurata, che può prevedere anche l'impiego di solventi (superfici metalliche).

In genere, prima della stesura del collante è necessario applicare una preparazione costituita da resine e solventi compatibili con il silicone neutro. Questa miscela forma una leggera pellicola, reversibile e non macchiante, che riempie le porosità e cavità del supporto assicurando una maggiore aderenza del silicone neutro al supporto, e nello stesso tempo, facilita la sua eventuale rimozione.

Le fasce, oltre agli appositi incastri o alloggiamenti per l'inserimento degli elementi metallici, sono dotate, in genere, anche di fori, in modo da poter essere fissate mediante viti filettate o chiodi.

Questa procedura è però sconsigliabile in quanto eccessivamente invasiva per il manufatto. Alcune ditte prevedono, inoltre, linee di rottura preferenziali in modo da accorciare sensibilmente le fasce senza dover ricorrere a particolari attrezzature.

Gli elementi metallici (o sproni) hanno il diametro di circa 1 mm e sono realizzati con lunghezze che variano dai 10 a 15 cm (gli sproni più alti sono indicati per gabbiani o altri uccelli di grossa

mole). Inoltre, possono essere montati sulle bande di supporto in modi diversi: più o meno fitti, verticali, orizzontali, incrociati, con varie inclinazioni, singolarmente o su entrambi i lati.

Secondo le diverse esigenze applicative, si sceglie la giusta combinazione tra fasce ed elementi metallici. Le possibilità di combinazione sono molteplici, ma in pratica è la profondità dell'oggetto e le dimensioni degli uccelli che determinano la scelta finale (fig. 6, fig. 7).

Questo metodo, in generale, si rivela più adatto agli elementi di tipo lineare (cornicioni, finestre, grondaie ecc.), mentre è difficilmente applicabile su superfici ad andamento curvilineo quali statue, elementi decorativi ecc.

È generalmente più economico e di più facile applicazione rispetto ad altri metodi, quali, ad esempio, quello basato sugli impulsi elettrostatici, ma occorre prevedere una pulizia periodica delle punte perché con il tempo queste si possono intasare con materiali vari, divenendo inefficaci e antiestetiche. È un metodo piuttosto diffuso, soprattutto nell'edilizia civile (fig. 8).

#### *b - Dissuasori meccanici a "filo"*

Una variante dei dissuasori meccanici è rappresentata dal sistema "a filo", (chiamato *bird-wire*), utilizzato per evitare la posa di volatili quali piccioni, tortore, storni. Il sistema è composto da un filo di acciaio inox, eventualmente rivestito in nailon, tenuto in tensione da molle e sostenuto da piccoli sproni di acciaio inox, da fissare alla struttura muraria mediante tassellature o incollaggio con silicani.

Anche in questo caso tutti i componenti devono essere in acciaio inox 316 anticorrosione.

I supporti sono disponibili in varie dimensioni e forme e si adattano anche a forme complesse.

Utilizzando dei morsetti come supporti degli sproni, il sistema può essere anche applicato alle grondaie.

Questo metodo ha il vantaggio di essere poco visibile ma presenta l'inconveniente di richiedere l'esecuzione di fori per il fissaggio degli sproni con viti o tasselli, in quanto spesso, l'incollaggio con il silicone non è sufficiente. In generale, inoltre, rivela una certa fragilità d'insieme.

Una variante di questo sistema è rappresentata dal cosiddetto *filo ballerino*, che consiste in un filo in acciaio inox, disponibile anche nel tipo avvolto a molla, posto ad una distanza di qualche centimetro dalla superficie da proteggere. L'elasticità dei fili impedisce l'atterraggio ai volatili, i quali trovano una superficie instabile.

È un sistema che si presta soprattutto per proteggere i davanzali, sui quali va installata una serie di fili a distanza di qualche centimetro l'uno dall'altro. I fili vanno fissati da una parte all'altra del muro, per cui il sistema, anche se poco invasivo dal punto di vista visivo, comporta l'inconveniente di dover effettuare una serie piuttosto consistente di fori.

#### *c - Reti di protezione*

Le reti di protezione possono essere utilizzate per impedire l'accesso a bucatore piuttosto ampie o alte (bocche di lupo, feritoie, torri campanarie ecc.), oppure nei casi in cui le superfici di appoggio non siano adeguate per la posa di altri sistemi (aggetti sono troppo ridotti, articolati ecc.). Possono essere adottate anche per la copertura di spazi piuttosto ampi (terrazze, cavedii, cortili ecc.). Di volta in volta, bisognerà analizzare la maniera ottimale per il loro fissaggio alla struttura.

Le protezioni vanno realizzate con reti metalliche zincate, con maglie di ampiezza diversa, e comunque non troppo grandi, in modo da ostacolare anche il passaggio di volatili di piccole dimensioni, quali passerai, fringuelli, storni, tortore (fig. 9, fig. 10).

Questo sistema nella quasi totalità dei casi comporta l'inconveniente di dover essere agganciato alle superfici con metodi che prevedono fori, non essendo possibili incollaggi di alcun tipo. Inoltre, rispetto ad altri metodi (dissuasori meccanici o di tipo elettrostatico), ha un maggiore impatto visivo (fig. 11).

#### *d - Sistemi elettrostatici*

I sistemi di allontanamento basati sugli impulsi elettrostatici sono impiegabili in maniera limitata e mirata su singole strutture di pregio, in quanto sono i sistemi più costosi e complessi da installare.

Essi si attivano quando qualunque oggetto si appoggia alla rete di conduttori stesa sulle superfici da proteggere.

Tali sistemi possono essere sostanzialmente di due tipi, di concezione similare.

1 - Basati su impulsi elettrici ad alta tensione ma bassa corrente continua, prodotti da un generatore fotovoltaico, funzionante cioè a energia solare. Per ottenere l'alta tensione si adotta un circuito oscillatore che tramite un trasformatore elevatore provvede alla ricarica di un condensatore. Questo, a intervalli di pochi secondi, viene collegato agli elettrodi di uscita in modo che se un volatile entra in contatto con gli elettrodi, riceve un impulso elettrico di brevissima durata. Gli elettrodi conduttori sono composti da una banda di acciaio inox (base) con assemblati dei supporti isolatori in plexiglas che reggono le sbarre di acciaio inox nelle quali passa la corrente. A un'estremità delle bande sono fissati specifici morsetti a vite di acciaio inox che consentono di collegare tra loro le bande.

Il sistema ha la possibilità, inoltre, di essere sviluppato attraverso l'utilizzo di speciali nastri conduttori in fibra di vetro epossidico, di ridottissimo spessore (circa 0,5 mm), che permettono la libera agibilità di ogni superficie trattata.

2 - Basati su rapidi impulsi di pura tensione elettrostatica con corrente e tensione nulla prodotti da un apposito generatore per impulsi elettrostatici.

In questo caso non c'è consumo di energia; l'impianto è realizzato con elementi isolanti miniaturizzati e con conduttori di acciaio inossidabile previsti per la distribuzione capillare degli impulsi di tensione.

Entrambi questi sistemi sono assolutamente innocui per i volatili e per le persone. Inoltre, sono realizzati con materiali che resistono alle aggressioni esterne e quindi, di fatto, non hanno bisogno di manutenzione.

Rispetto ai dissuasori di tipo meccanico, i sistemi elettrostatici hanno un impatto visivo minore in quanto praticamente invisibili dal basso. Inoltre, il particolare sistema con i conduttori li rendono adatti, oltre che alla protezione di elementi lineari, anche a quella di superfici articolate e curvilinee, complessi scultorei, statue e così via.

Possibili problemi possono provenire dalle deiezioni degli uccelli che hanno preso la scossa, provocando cortocircuiti che fanno guastare il sistema (fig. 12, fig. 13).

#### *e - Sistemi repellenti*

I sistemi ornitorepellenti consistono nell'applicare nelle aree di sosta preferenziali alcuni prodotti di origine chimica, liquidi o dalla consistenza gelatinosa, che risultano sgradevoli ai volatili.

I gel repulsivi sono repellenti chimici derivati dal naftalene, tintura di capsico, cloruro di calcio, materie grasse come olio di castoreo o saponi industriali. Tali sostanze risultano deterrenti al tatto e piuttosto appiccicose, per cui, dopo un primo contatto, scoraggiano l'atterraggio sulle zone trattate. Sono di facile applicazione in quanto si stendono a pennello o con appositi applicatori, ma hanno scarsa durata e vanno continuamente rinnovati. Inoltre tendono ad annerirsi, e per la loro origine chimica devono essere usati con cautela sulle opere di interesse storico-artistico.

Tra l'altro non sono ammessi dalle associazioni protezionistiche in quanto spesso le componenti appiccicose danneggiano il piumaggio impedendo ai volatili di riprendere il volo.

In commercio esistono anche alcuni spray a base di essenze repellenti da applicare mediante nebulizzazione sulle superfici. Queste sostanze si rivelano nella quasi totalità dei casi inefficaci.

#### *f - Emissione di ultrasuoni*

Gli ultrasuoni sono delle onde elastiche di frequenza superiore al limite di udibilità umana che risultano fastidiosi agli uccelli in quanto fanno vibrare le ossa della cassa cranica. Sono emessi da particolari dispositivi (oscillatori al quarzo, speciali diapason ecc.) che devono essere installati nelle vicinanze dei punti di stazionamento e nidificazione.

Per l'allontanamento dei piccioni l'efficacia di questo sistema è relativa in quanto limitata a brevi distanze e ad aree ristrette e poiché i volatili tendono ad abituarsi. Si sono dimostrati invece efficaci nell'allontanamento dei pipistrelli.

I dispositivi a ultrasuoni, inoltre, sono piuttosto costosi e possono risultare pericolosi per la salute umana.

#### *g - Diffusione di versi d'allarme*

Sono stati sperimentati sistemi di altoparlanti, installati nei pressi degli edifici interessati, che diffondono a determinati intervalli la registrazione del verso di uccelli predatori, e "distress call"

(gridi di angoscia) emessi dagli uccelli catturati e il cui significato è di avvisare i compagni della presenza di uccelli predatori.

Tale metodo è risultato uno dei più efficaci per allontanare gli storni, mentre con i piccioni sono stati ottenuti scarsi risultati.

#### *h - Sagome*

Attualmente sono allo studio alcuni sistemi sperimentali per l'allontanamento di alcune razze, il cui comportamento nocivo sta richiedendo la messa a punto di rimedi specifici.

In particolare, sono stati segnalati danni provocati da picchi che, alla ricerca di larve, distruggono gli scuri delle finestre e i cappotti di isolamento degli edifici moderni.

Questi sistemi prevedono l'utilizzo di sagome di uccelli predatori che vengono percepite come un pericolo da tali animali, costringendoli ad allontanarsi.

#### *i - Nastro olografico repellente*

Si tratta di un sistema molto semplice che consiste nell'utilizzare dei nastri la cui superficie olografata scompone e riflette la luce con particolari bagliori. I nastri producono anche un suono leggero, il quale, unito ai bagliori, determina l'allontanamento dei volatili, insospettiti da effetti non consueti in natura.

Questo sistema, pur essendo poco invasivo in quanto è sufficiente legare con un semplice nodo i nastri a qualche appiglio (ringhiere, infissi, ecc.), nei pressi delle zone di sosta dei volatili, è caratterizzato da un forte impatto visivo, per cui non è utilizzabile su edifici di particolare pregio storico artistico.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nessuno dei sistemi di allontanamento può essere ritenuto risolutivo nei confronti della presenza di piccioni e altri volatili in aree urbane. Infatti tali animali, dopo la messa in opera del sistema adottato, e, anzi, quanto più questo si rivela efficace, si dislocano sugli edifici vicini e nelle zone limitrofe (ad es. le piazze). Il problema, in tal modo, viene solo "spostato", ma non risolto.

Pertanto sarebbe necessario effettuare, il più diffusamente possibile, una serie di interventi preventivi sulle strutture al fine di ridurre le opportunità di nidificazione e di sosta. Solo agendo in maniera coordinata e integrata per tutta l'area urbanizzata, infatti, si possono ottenere diminuzioni apprezzabili nella popolazione dei volatili.

A tal fine, in alcuni comuni vengono anche emesse delle ordinanze che impongono ai proprietari di immobili di verificare la presenza di nidi, accumuli di guano o luoghi di sosta nei sottotetti, cornicioni, cavità ecc. In caso positivo, i proprietari devono provvedere alla rimozione del materiale, alla disinfezione e alla opportuna chiusura degli accessi o all'installazione di dissuasori.

Per affrontare il problema della sosta e nidificazione dei volatili, bisogna tener presente che è spesso necessario utilizzare in maniera combinata diversi sistemi su uno stesso edificio.

Attualmente reperire informazioni e specifiche tecniche sui vari sistemi è comunque molto semplificato dalla diffusa presenza sul web dei siti delle varie ditte produttrici. E' in ogni caso sempre necessario effettuare dei sopralluoghi *in situ* al fine di valutare le tecniche più idonee ed efficaci da utilizzare per ogni caso specifico, nel maggior rispetto possibile del manufatto.

#### **ESPERIENZE**

Le esperienze relative ai sistemi di allontanamento dei volatili sono estremamente numerose, per cui di seguito si riportano solo alcuni casi significativi, rimandando alla consultazione sul web il reperimento di ulteriori casi applicativi per ogni specifico sistema.

Venezia: chiesa dei Frari, sistema ad aghi.

Bologna: basilica di San Petronio, sistema ad aghi.

Bologna: palazzo Toro Assicurazioni, sistema "a filo".

Bologna: capitelli del cortile di palazzo d'Accursio, protezione con reti e sistema ad aghi.

Milano: chiesa di San Sulpiciano: torre campanaria, protezione con reti.

Rimini: duomo, sistema elettrostatico con generatore fotovoltaico.

Firenze: palazzo Demidoff, sistema elettrostatico con generatore fotovoltaico.

Milano: duomo, sistema elettrostatico con generatore di impulsi elettrostatici.



Ferrara: palazzo dei Diamanti, sistema elettrostatico con generatore di impulsi elettrostatici.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Dinetti M., Gallo Orsi U. 1998; Zuffi S., Ferrari Da Passano C., s.d., pp. 44-45.  
(DEP)

AA. VV., Società di studi Nomisma, *Il patrimonio artistico e i colombi: una convivenza difficile*, in *Valutazione dei costi economici e sociali dei colombi in ambiente urbano*, Rapporto di ricerca Nomisma 2003, [www.nomisma.it](http://www.nomisma.it).



Figura 1 • Sistema elettrostatico per l'allontanamento di volatili: protezione di un marcadavanzale.



Figura 2 • Protezione della base di una parasta con sistema elettrostatico.



Figura 3 • Protezione, con sistema elettrostatico, dell'estradosso di una voluta.



Figura 4 • Protezione di un capitello mediante il posizionamento di dissuasori ad aghi.

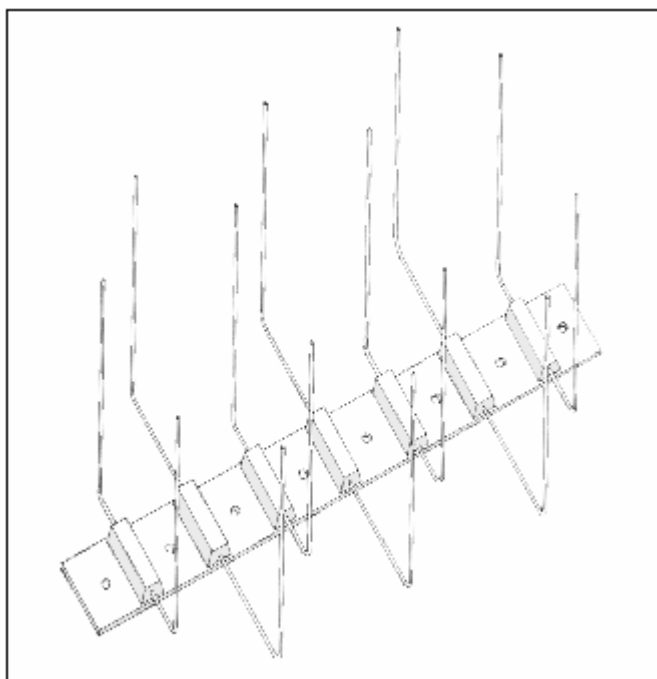


Figura 5 • Dissuasore ad aghi su bande di policarbonato. (CAF)

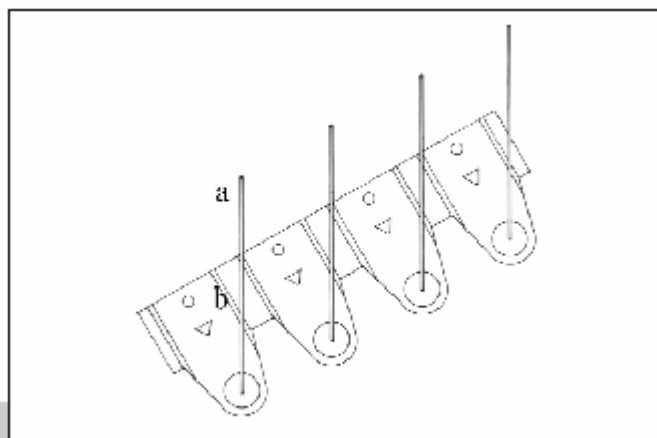


Figura 6 • Dissuasori ad aghi su bande di polistirolo. Disposizione delle punte in linea: a) punte inox 0,13 mm inserite nella suola; b) scanalatura di predisposizione al taglio. (CAF)

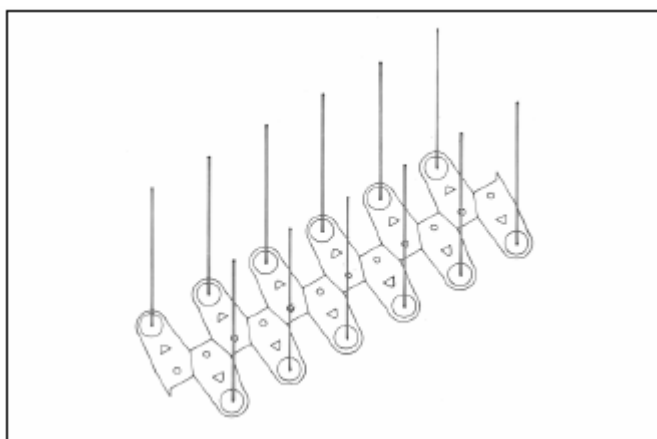


Figura 7 • Dissuasori preconfezionati con aghi su bande di polistirolo. Disposizione delle punte a triangolo. (CAF)



Figura 8 • Allontanamento di volatili con sistemi misti: mentre sulle volute sono stati applicati dei dissuasori ad aghi, sull'abaco del capitello si può vedere la linea del sistema elettrostatico. (CAF)

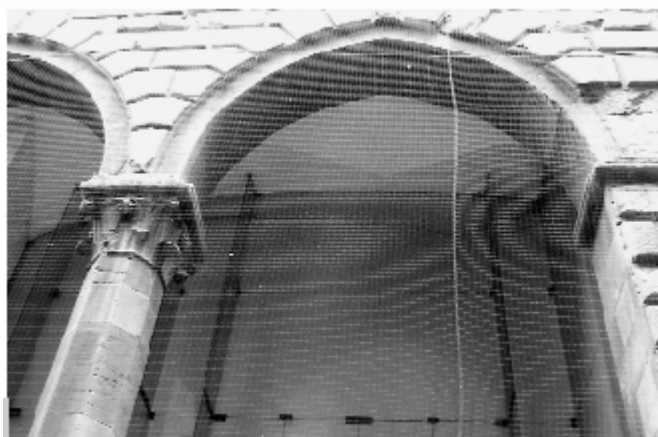


Figura 9 • Reti antivolatili alla loggia degli Abati di palazzo Ducale a Genova.

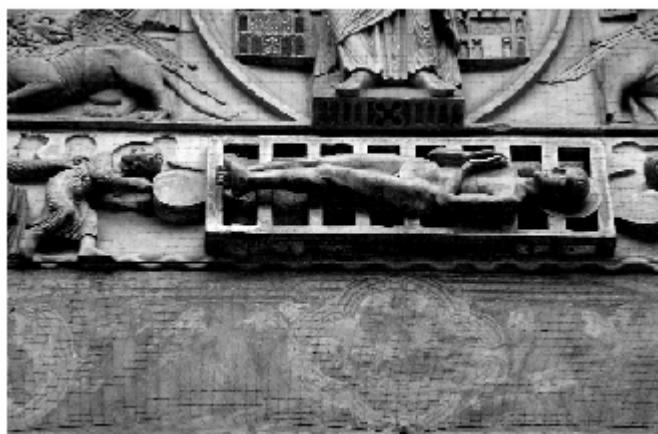


Figura 10 • Rete di protezione, pressoché invisibile, al portale della cattedrale di S. Lorenzo a Genova.

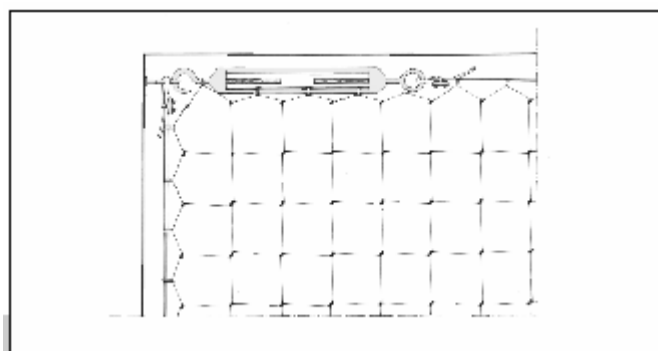


Figura 11 • Dispositivo di ancoraggio per fissare la rete di protezione. (CAF)



Figura 12 • I conduttori del sistema elettrostatico collocati in una zona non visibile, a protezione di un elemento scultoreo.



Figura 13 • Protezione di un elemento cuspidale in marmo con sistema elettrostatico.

## PTZ 08 TRATTAMENTO ALL'ACQUA DI CALCE

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica della scialbatura sfrutta la precipitazione del carbonato di calcio solido dalle soluzioni acquose di idrossido di calcio. L'idrossido di calcio non agisce direttamente come consolidante e protettivo, ma reagendo con l'anidride carbonica dell'aria, forma carbonato di calcio insolubile che può avere un effetto di fissativo sulle superfici disgregate e un effetto isolante contro i composti aggressivi presenti nell'atmosfera. In altre parole, il carbonato precipitato dovrebbe entrare nei pori del materiale e aderire alle superfici dei minerali che lo compongono, svolgendo un'azione legante e soprattutto protettiva, come una specie di "superficie di sacrificio".

### CAMPI DI APPLICAZIONE

I trattamenti a base di calce possono essere utilizzati con funzione protettiva e consolidante su manufatti realizzati con materiali lapidei naturali (pietra), o artificiali (intonaci e laterizi) che presentino fenomeni diffusi di disgregazione incipiente, superficiale e leggera, tale da non richiedere un intervento di consolidamento in profondità – che, se necessario, deve essere realizzato con tecniche appropriate – quanto, piuttosto, una reintegrazione del carbonato di calcio perso dalle pietre di natura carbonatica e dagli intonaci superficialmente disgregati.

Il trattamento con acqua di calce è fra le tecniche di protezione e consolidamento più compatibili dal punto di vista fisico e chimico con i materiali utilizzati tradizionalmente nell'architettura del passato. Infatti nel trattamento con acqua di calce il consolidamento avviene attraverso lo stesso meccanismo di indurimento della malta, ossia attraverso il processo di carbonatazione. Attraverso tale processo si formano cristalli di carbonato di dimensioni simili a quelli originari, per questo motivo non dà luogo a prodotti secondari che a loro volta potrebbero creare fenomeni di alterazione del materiale. La scelta di questo trattamento, inoltre, non ostacola trattamenti consolidanti.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'applicazione della soluzione acquosa di idrossido di calcio, ossia del latte di calce, deve avvenire sul manufatto perfettamente pulito e, se necessario, consolidato nelle zone a rischio.

La protezione mediante acqua di calce prevede la seguente successione di operazioni:

- consolidamento del supporto, se necessario;
- eliminazione accurata di tutti i materiali di alterazione, coerenti o incoerenti presenti sul manufatto da trattare. Tale operazione è essenziale per garantire una buona adesione dell'acqua di calce;
- integrazione di tutte le lacune eventualmente presenti (v. INT11 - Macrostrucature o rappezzi eseguiti con malta);
- stuccatura delle fessure e delle lacune di piccola dimensione;
- inumidimento della superficie da trattare con un pennello morbido intriso d'acqua;
- applicazione di almeno due mani di acqua di calce.

La tecnica corretta di stesura prevede l'uso di pennelli di setola animale, rulli e nebulizzatori. Se la tinta è data a pennello, questo deve essere passato, per ogni mano, sempre con lo stesso movimento, da sinistra a destra o dall'alto in basso.

In generale, nell'applicazione si deve procedere a strati successivi incrociati, uno orizzontale e il successivo in verticale (o viceversa), per evitare di lasciare zone scoperte.

Il numero e l'intervallo tra un'applicazione e l'altra dipende molto dalle condizioni climatiche al contorno e dallo stato di conservazione del supporto sul quale viene eseguita l'operazione. Un'indicazione di massima è di eseguire 30-50 applicazioni nell'arco di alcuni giorni.

Sulle superfici colorate il consolidamento, per non asportare pigmenti, dovrà avvenire con nebulizzazioni ripetute sino a saturazione e, solo successivamente, con pennelli morbidi.

L'efficacia del trattamento può essere accertata empiricamente, durante l'intervento, mediante lo strofinamento con tamponi di cotone inumidito per verificarne la permeabilità, l'adesione e la resistenza all'abrasione delle superfici trattate.

In alcuni casi può essere opportuno aggiungere alla soluzione a base di calce un fissativo, oppure stendere, dopo la mano finale, un'ulteriore passata di acqua addizionata sempre con un fissativo, oppure direttamente un protettivo.

I principali fissativi impiegati sono il caseinato di calcio e il latte vaccino con aggiunta di un antifermenativo (generalmente ammoniaca) che ne permetta la conservazione.

Si possono anche aggiungere pigmenti colorati, ma in questo caso l'effetto che si ottiene è analogo a quello dell'integrazione del colore mediante velatura (v. PTZ10 - Applicazione di strato pittorico a velatura).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Questo trattamento richiede personale specializzato in ragione delle accortezze necessarie sia nella fase di preparazione del materiale da applicare, sia nella sua successiva applicazione.

Nella preparazione dell'acqua di calce, in particolare, occorre adottare i seguenti accorgimenti:

- l'acqua deve essere aggiunta al grassello o alla calce idrata in polvere in quantità tale da ottenere una soluzione soprasatura che andrà lasciata decantare per circa 24 ore. Trascorso tale intervallo di tempo occorrerà separare la soluzione limpida dal sedimento;
- la soluzione deve risultare perfettamente limpida priva di particelle di idrossido o di carbonato di calcio in sospensione. Il controllo può essere effettuato osservando la soluzione in controluce;
- il composto, una volta preparato, deve essere conservato in un recipiente chiuso con un coperchio ermetico e mantenuto a una temperatura piuttosto bassa. La solubilità dell'idrossido di calcio in acqua aumenta con l'abbassarsi della temperatura;
- la soluzione andrà agitata frequentemente per garantire una saturazione costante del composto;
- il materiale di base così preparato deve essere utilizzato subito perché deperisce rapidamente.

Anche per quanto riguarda l'applicazione sarà necessario seguire alcuni accorgimenti:

- l'acqua di calce deve essere stesa o nebulizzata sul manufatto da consolidare fino a rifiuto, avendo cura di rimuovere immediatamente il materiale in eccesso con una spugna umida;
- la superficie da trattare deve essere alla stessa temperatura dell'acqua di calce al momento dell'applicazione. Tale accorgimento favorisce la penetrazione della soluzione nel materiale, permettendole di carbonatare al suo interno e non in superficie dove ridurrebbe la penetrazione di altra acqua di calce;
- per lo stesso motivo è consigliabile applicare il composto consolidante nei giorni freddi e umidi.

A causa dell'alcalinità dell'idrossido di calcio, questa tecnica non può essere utilizzata sui materiali sensibili alle variazioni di pH, come ad esempio nelle pitture che impiegano pigmenti a base di rame, lacche organiche e campiture dipinte a secco con medium organico.

In generale i risultati di un tale trattamento sono ritenuti dagli esperti abbastanza dubbi, essenzialmente per due motivi. Dalla verifica di alcuni interventi sul calcare di Doulling è emerso che si ha un'effettiva carbonatazione solo dell'idrossido rimasto in superficie, che quindi impedisce la successiva penetrazione dell'anidride carbonica verso l'interno della pietra o della superficie da proteggere. I risultati mostrano che i depositi di calce si trovano in misura apprezzabile solo nei primi 2 mm di spessore del concio lapideo. Da alcune esperienze, inoltre, è emerso che il carbonato di calcio crea all'interno del materiale, soprattutto nel caso della pietra, delle tensioni molto forti, che possono portare a vere e proprie microlesioni interne.

A questo si aggiunga che l'efficacia dell'intervento è principalmente legata all'elevato numero di strati applicati, richiede pertanto tempi piuttosto lunghi di esecuzione e un notevole apporto di

acqua sul manufatto da trattare. Inoltre, per mantenerne l'azione nel tempo, è necessario ripetere l'operazione indicativamente ogni 10 anni.

Anche alla luce di tali limiti e per estenderne l'utilizzo sulle superfici pittoriche da circa dieci anni sono in corso studi e applicazioni di una versione modificata di tale trattamento che prevede l'utilizzo di *dispersioni in alcool isopropilico di nano particelle di idrossido di calcio* come trattamento pre-consolidante e consolidamento vero e proprio della pellicola pittorica.

#### **ESPERIENZE**

Cattedrale di Wells, anno intervento anteriore al 1995. I conci in calcare di Doultling della cattedrale sono stati consolidati e protetti con ripetute applicazioni di latte di calce.

Torre di Londra, anni intervento 1980-90. I conci della pietra di Raigate sono stati protetti con il metodo della calce. Tale trattamento viene ripetuto ogni 10-12 anni.

Palazzo Andrea Doria a Genova, anno intervento 2003. Il consolidamento dell'intonachino è avvenuto tramite imbibizione su intonaco bagnato con acqua di calce stagionata (20% di calce e 80% di acqua). L'operazione è stata eseguita mediante tre cicli di applicazioni intervallati dall'asciugatura completa del supporto. Anche il consolidamento dei bordi delle lacune e delle fessure superficiali è stato realizzato con latte di calce, propedeuticamente alla stuccatura nei casi in cui fosse presente disgregazione della malta.

Palazzo Pinelli a Genova, anno intervento 2003. Il consolidamento degli intonaci è avvenuto tramite l'applicazione di acqua di calce.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Ashurst J. 1984, pp. 233-52; Amoroso G. G., Camaiti M. 1997, pp. 165-66.  
(ARC)



**Sommario**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Con il termine “graffiti” si intende una forma d’imbrattamento della superficie dei materiali che rivestono gli edifici, il più delle volte riconducibili ad atti vandalici. L’imbrattamento può essere eseguito con vernici spray (solitamente a base di resine acriliche o alchidiche), con pennarelli o con marker e costituisce un grave danno estetico. ma spesso anche un problema conservativo in quanto alterano le proprietà di assorbimento e permeabilità del materiale. I prodotti vernicianti sono solitamente indelebili e dunque non facilmente eliminabili se non usando solventi molto aggressivi. I metodi utilizzati sono stati, quindi, la sabbiatura a secco o idrosabbiatura per le superfici lapidee e, nel caso di imbrattamento di intonaci, la semplice tinteggiatura, che però è un’azione di ripiego che non elimina e non risolve il problema.

Negli ultimi anni si è posta la questione in modo differente, puntando sulla prevenzione e studiando dei sistemi di protezione delle superfici a rischio con prodotti cosiddetti “antigrffiti” (cfr le recenti *Linee guida per la pulizia di superfici interessate da vandalismo grafico*, a cura della Direzione Regionale per i beni culturali e paesaggistici dell’Emilia Romagna).

Si tratta di formulazioni che, una volta applicate, impediscono alla vernice di macchiare il materiale permettendo la rimozione delle scritte con tecniche semplici, adottabili più volte (nel caso di protettivi permanenti) e prive di controindicazioni per la conservazione del materiale.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Superfici lapidee o metalliche che possono essere interessate dal “rischio graffiti”. Si tratta soprattutto di basamenti, piani terra di monumenti o di edifici particolarmente soggetti al fenomeno: stazioni ferroviarie, fermate di metropolitane ecc. È possibile applicare il prodotto anche su intonaci finiti con pitture pellicolanti, sempre che essi abbiano mantenuto una certa capacità assorbente.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Non si può parlare di protezione antigrffiti considerando unicamente l’intervento protettivo.

In effetti siamo di fronte a un procedimento che si svolge in tre distinte fasi: una prima azione di pulizia dagli eventuali imbrattamenti già presenti sul materiale lapideo, una seconda che consiste nell’applicazione di un prodotto che protegga da ulteriori aggressioni e una terza, nuovamente di pulizia, nel caso in cui questa aggressione si verifichi.

*1ª fase: pulizia graffiti esistenti*

Di fronte all’imbrattamento di una superficie con vernici o pennarelli, è possibile agire in due modi: utilizzando mezzi meccanici o prodotti chimici.

L’intervento meccanico agisce tramite l’abrasione degli strati di sostanze estranee, sovrapposti al materiale, fino a rimuoverli del tutto (v. le diverse tecniche di pulizia meccanica). L’operazione è stata spesso effettuata, anche su superfici delicate e di pregio, con metodi di pulizia di tipo industriale utilizzando sabbiatrici, idropulitrici, frese, e provocando danni ingenti. La loro azione infatti è molto invasiva e arriva ad asportare insieme ai graffiti spessori consistenti di materiale. Attualmente per interventi su edifici monumentali è ammesso l’utilizzo della tecnologia laser (v. PLT26 - Pulitura di materiali lapidei mediante irraggiamento laser). Nel caso di graffiti eseguiti con matite, gessi colorati è possibile utilizzare gomme da cancellare. Le tecniche che si basano su un’azione di tipo chimico puntano, invece, a solubilizzare le vernici, agendo in modo che esse non

penetrino più profondamente nel materiale e che non si estendano creando aloni e macchie ulteriori. In questi casi è di fondamentale importanza risalire al solvente specifico per la vernice del graffito da trattare, anche se questo accorgimento non è di per sé sufficiente a garantire buoni risultati.

I prodotti usati per la pulitura chimica sono solventi di varia natura, adatti alle vernici da solubilizzare, miscelati o meno a tensioattivi.

Sostanzialmente essi sono di due diversi tipi: 1) rimotori antigraffiti che si presentano sotto forma di gel, 2) solventi addensanti da utilizzare ad impacco.

I rimotori antigraffiti sono soluzioni neutre di tensioattivi e terpeni, vengono applicati a pennello e lasciati agire per un tempo adeguato al tipo di vernice da rimuovere (solitamente 15 minuti e comunque fino al rigonfiamento delle vernici). Si procede dunque alla rimozione tramite spazzole a setole morbide e al lavaggio della superficie trattata con acqua demineralizzata o acetone.

I solventi addensanti variano a seconda del prodotto da rimuovere richiedono dunque delle analisi preliminari per identificarne il tipo. Vengono applicati tramite compresse o impacchi.

È necessario sottolineare come gran parte dei solventi siano tossici per l'operatore e inquinanti per l'ambiente e che tra il 2011 e il 2012 i prodotti che presenteranno più dello 0,1% di diclorometano saranno vietati.

Spesso l'utilizzo di un solo metodo non è sufficiente per ottenere un risultato soddisfacente; è buona regola allora partire da quelli meno invasivi e utilizzare via via metodi più aggressivi.

### *2ª fase: applicazione di protettivo "antigraffiti"*

Sempre più di frequente all'eliminazione dei graffiti esistenti, si accompagna la "prevenzione" realizzata tramite l'applicazione di prodotti che impediscano l'assorbimento delle vernici da parte dei supporti cui sono applicate. Questi prodotti si distinguono in due categorie: quelli *permanenti* e quelli *reversibili* o *sacrificali*. I primi, una volta posti in opera, possono subire diversi interventi di rimozione delle scritte senza perdere la loro efficacia protettiva; i secondi, al contrario, sono asportati dopo un solo intervento di pulitura. Vanno dunque riapplicati ogni qualvolta si proceda alla rimozione dei graffiti. Questa seconda soluzione è da preferirsi, nel caso di edifici storici, per garantire la reversibilità dell'intervento ed evitare i problemi a cui vanno incontro i prodotti protettivi con il trascorrere del tempo (v. introduzione della sezione "Protezioni").

I principi attivi contenuti nei prodotti antigraffiti sono sostanzialmente polimeri fluorurati, resine poliuretaniche, e acriliche e, nel caso dei prodotti reversibili o sacrificali, cere, composti a base di silicio, fluorurati. Entrambe le classi di prodotti devono comunque possedere determinate caratteristiche qui di seguito elencate:

- essere trasparenti, cioè non devono alterare l'aspetto delle superfici da proteggere. È dunque indispensabile che siano invisibili e non subiscano alterazioni cromatiche nel tempo;
- essere impermeabilizzanti: i prodotti agiscono impregnando o rivestendo con un film il materiale, in modo che, come i semplici protettivi si comportano con l'acqua meteorica, la vernice non possa penetrarvi;
- essere oleofobici: esercitare cioè un'azione oleorepellente che favorisce la rimozione dalle superfici trattate delle sostanze grasse;
- essere traspiranti: il film non deve impedire la naturale traspirazione del materiale sul quale viene applicato; deve dunque, pur essendo impermeabilizzato, mantenere la caratteristica di essere attraversata dal vapore;
- rendere facile e non dannosa l'eliminazione delle scritte: per risultare vantaggiosi, anche dal punto di vista economico, i prodotti protettivi devono garantire che la pulitura risulti molto semplificata, senza che sia necessario ricorrere ad apparecchiature complesse e a maestranze specializzate.

Quasi tutti i prodotti in commercio uniscono alle caratteristiche di protezione dai graffiti anche un effetto *antiaffissione* che impedisce la presa della colla usata per attaccare manifesti.

Un'altra proprietà di questi prodotti risiede nel contrasto all'adesione della gomma da masticare.

Il prodotto deve essere sempre impiegato su superfici ben pulite e asciutte, procedendo con applicazioni a pennello, a rullo o a spruzzo. Può essere diluito, tenendo conto della porosità del

materiale su cui è applicato, per facilitarne la penetrazione. La diluizione, inoltre, rende più opaco il liquido e questo riduce fortemente l'effetto bagnato proprio di alcune resine.

Al contrario, nel caso di materiali molto porosi che richiederebbero quantità molto alte di protettivo, è possibile applicare, prima del prodotto antigraffiti, un fondo idrorepellente che riduca preventivamente la porosità del materiale.

L'intervento deve essere eseguito con temperature comprese tra i 5 e i 35 °C evitando di operare quando la superficie è direttamente scaldata dal sole, in caso di pioggia, di forte vento o di nebbia persistente. I tempi di asciugatura sono abbastanza rapidi e variano, secondo i prodotti, tra le 3 e le 24 ore, mentre l'efficacia completa del prodotto viene raggiunta entro le 24-48 ore ma per alcuni, dopo 1 settimana-10 giorni. È pertanto necessario proteggere la superficie dalla pioggia fino alla completa asciugatura e polimerizzazione.

I prodotti a base di cere microcristalline disperse in acqua sono classificabili nella categoria degli antigraffiti sacrificali ma hanno il grande vantaggio di non contenere solventi e non doverne utilizzare nella fase di rimozione dopo l'atto vandalico. Si applicano a pennello e possono essere rimossi semplicemente con acqua o vapore (cfr. sperimentazioni condotte sulle colonne del Museo Correr, Piazza San Marco a Venezia, 2009), ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#)).

### *3ª fase: pulitura graffiti su materiale protetto*

Lo strato formato dal materiale protettivo non reagisce con i solventi contenuti nelle sostanze imbrattanti ma ingloba i pigmenti colorati veicolati dal solvente stesso contenuto nella bomboletta spray, nei pennarelli e nei marker. Una volta evaporato il solvente, i pigmenti si fissano sulla barriera protettiva ma non la penetrano, e questo impedisce il contatto del materiale lapideo con la superficie. In tal modo, ogni intervento per rimuovere le scritte risulta rapido e soprattutto non traumatico per la superficie. La tecnica da adottare dipende dal tipo di protettivo applicato ma, solitamente, si agisce usando appositi solventi detergenti da associare all'uso di spazzole e spugne, con idropulitura a bassa pressione, con vapore.

Se il tipo di protettivo usato è reversibile, ad ogni intervento di pulitura, soprattutto se effettuata con solventi, dovrà seguire un'ulteriore applicazione di strato protettivo, mentre, come già detto, i prodotti permanenti o semi permanenti sopportano diversi cicli di pulitura senza dover ripristinare la protezione.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Considerata la diffusione dei prodotti antigraffiti che negli ultimi anni sono stati applicati sia sui monumenti sia su particolari beni pubblici sottoposti ciclicamente ad atti di vandalismo (si pensi ai vagoni ferroviari o di metropolitana, agli autobus, ai tram e alle stesse stazioni ferroviarie e metropolitane) si è cominciato a sentire la necessità di una sperimentazione seria per testare la reale efficacia dei diversi prodotti presenti sul mercato, soprattutto in relazione alla effettiva facilità e radicalità della rimozione della scritta dalle superfici lapidee. In particolare il *Laboratorio di prove sui materiali* dell'Istituto centrale del Restauro ha pubblicato sul proprio sito internet i risultati di una sperimentazione che si è concentrata su 15 prodotti in commercio applicati su provini di travertino e marmo per valutare:

- la variazione cromatica indotta dall'applicazione del prodotto;
- il grado di protezione da vernici spray e da pennarelli ad alcol, del materiale sul quale il prodotto è applicato;
- gli effetti dell'invecchiamento dovuto alle radiazioni U.V. sulla stabilità cromatica e sulla continuità dell'azione protettiva antigraffiti;
- l'eshaustività delle informazioni contenute in schede tecniche, relative alla sicurezza, alle modalità di stoccaggio, all'applicazione del prodotto e alla rimozione dei graffiti.

Per ciò che riguarda il controllo dell'alterazione cromatica, si è verificato che esiste una variazione che dipende dal materiale sul quale il prodotto è applicato. In alcuni casi a una iniziale alterazione segue un'attenuazione del fenomeno, a seguito di un primo ciclo di invecchiamento artificiale, ma per la maggioranza dei prodotti l'alterazione cromatica aumenta con l'invecchiamento.

Il grado di protezione offerto dai prodotti oggi sul mercato è stato invece controllato attraverso la misurazione delle tracce di colore non rimosso sui provini sottoposti a pulitura con i solventi specifici indicati per ciascun prodotto.

Le conclusioni raggiunte dal laboratorio dell'ICR sono le seguenti:

- 1) nessun prodotto risulta completamente "invisibile", ma alcuni possono fornire prestazioni esteticamente più accettabili di altri, in quanto non modificano sensibilmente le caratteristiche cromatiche delle superfici trattate.
- 2) L'entità dell'interferenza cromatica dipende dalla natura della superficie da proteggere; pertanto i risultati ottenuti su travertino e su marmo non sono trasferibili ad altri litotipi.

È però possibile, attraverso semplici misure colorimetriche, acquisire dei dati oggettivi di valutazione per qualsiasi litotipo tenendo presente che le misure vanno effettuate dopo un congruo lasso di tempo dall'asciugamento del prodotto.

La valutazione delle schede tecniche fornite dalle aziende a corredo del prodotto ha rivelato grosse carenze rispetto alla completezza delle informazioni che sarebbe necessario avere a disposizione al momento dell'applicazione, soprattutto riguardo l'indicazione delle caratteristiche chimiche e di composizione.

### **ESPERIENZE**

Negli ultimi anni si è assistito alla diffusione di questo tipo di protezione che viene ormai diffusamente applicato soprattutto nelle città d'arte a protezione dei monumenti più importanti.

Il comune di Milano, inoltre, sta studiando un sistema di incentivi per spronare i privati a utilizzare tali mezzi a difesa del decoro della città. Si segnalano pertanto solo alcuni dei casi più significativi degli ultimi tempi.

Piazza del Campidoglio, Roma, rimozione e applicazione di strato protettivo, 2000.

Palazzo Pitti, Firenze, rimozione e applicazione di strato protettivo, 2001.

Palazzo Chigi, Roma, rimozione e applicazione di strato protettivo, 2001.

Palazzo di Montecitorio, Roma, rimozione e, applicazione di strato protettivo, 2001.

Piazza del Popolo, Roma, rimozione e applicazione di strato protettivo, 2000.

Cattedrale di San Lorenzo, Genova, rimozione e applicazione di strato protettivo, 2001. Museo dell'Ara Pacis, Roma, applicazione strato protettivo (emulsione acquosa polimeri paraffinici), 2006.

Museo Civico Archeologico via dell'Archiginnasio, Bologna, rimozione e applicazione strato protettivo,

Fontana del Nettuno, Bologna, rimozione e applicazione strato protettivo,

Colonnato di Piazza San Marco, ala napoleonica, Venezia, rimozione e applicazione strato protettivo, 2009.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Galbiati S., Garavelli C. 2001, pp. 56-58; Galbiati S., Garavelli C. 2001, pp. 32-35,

VIGLIANO G., *Graffiti ed antigrafitti(uno studio)*, ICR, Laboratorio prove materiali, 2004, in <http://iscr.beniculturali.it>.

Circolare Ministero per i Beni e le Attività culturali, n. 92/2003.

CARDILLI L., CANCELLIERI C., BERNARDINI C., *Graffiti e Antigrafitti: Sperimentazione su pietre all'aperto in contesto urbano e verifica in Laboratorio*, Il Congresso Nazionale IGIC, Genova, Palazzo Reale, 27- 29 settembre, Genova, 2004, pp. 32-41.

Direzione Regionale per i beni culturali e paesaggistici dell'Emilia Romagna, *Linee guida per la pulitura di superfici interessate da vandalismo grafico*, 2010.

Biscontin G., Driussi G., Mazzari M., Morabito Z., Nicoletti R., Tonon M., *Sistemi antigrafitti per superfici architettoniche*, in AA. VV., *Pensare la prevenzione. Manufatti, Usi, Ambienti*, atti del Convegno di Studi, Bressanone, 13-16 luglio 2010, Marghera-Mestre, Arcadia, 2010, pp. 813-825.



Figura 1 • Piattaforma elevatrice utilizzata per l'applicazione del prodotto protettivo antigraffiti. (SAL)

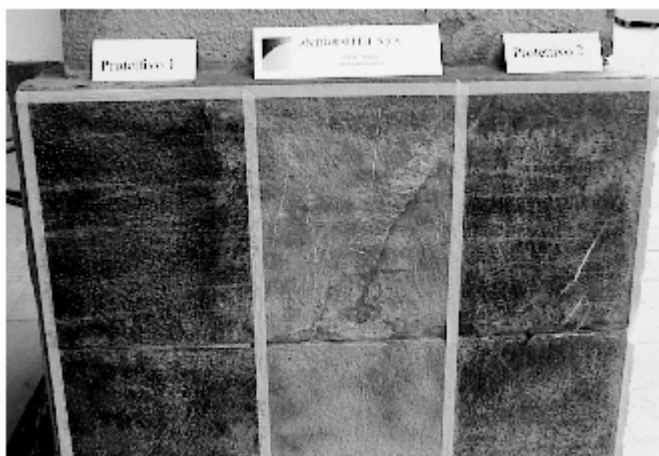


Figura 2 • Provini d'applicazione di due prodotti protettivi su "pietra di promontorio" (calcare marnoso). Sono stati applicati due differenti prodotti nei settori di destra e di sinistra. Al centro la superficie non trattata. (SAL)



Figura 3 • Provini d'applicazione di due prodotti protettivi su "pietra di promontorio" (calcare marnoso). I prodotti protettivi, una volta asciutti, tendono ad assumere un aspetto trasparente oppure opaco. Poiché tale caratteristica può variare in funzione del prodotto e della superficie sulla quale sarà utilizzato, sono opportuni alcuni saggi d'applicazione. (SAL)



Figura 4 • Provini per l'applicazione di due prodotti protettivi su "pietra di Finale" (calcare arenaceo fossilifero). I due differenti prodotti ancora umidi, applicati nei settori di destra e di sinistra, contrastano ancora con la superficie non trattata. (SAL)



Figura 5 • Provini per l'applicazione di due prodotti protettivi su "pietra di Finale". I prodotti protettivi, ora asciutti, mantengono, ognuno con proprie caratteristiche, le qualità cromatiche della superficie lapidea non trattata. (SAL)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica che prevede la stesura di velature di colore nelle lacune degli strati pittorici di finitura è utilizzata per restituire continuità e soprattutto protezione alle superfici dipinte.

Gli strati pittorici di finitura delle superfici architettoniche, infatti, non hanno soltanto una funzione legata alla percezione visiva dei manufatti, ma costituiscono anche una sorta di pelle protettiva che difende i materiali sottostanti dagli agenti aggressivi dell'atmosfera e del clima.

Quando questi strati vengono a mancare o presentano lacune, si possono innescare nei manufatti processi di degrado, e può essere necessario ripristinarne l'azione protettiva mediante integrazioni, vale a dire ricostituendone materialmente e localmente la presenza.

L'integrazione del colore mediante velatura, soprattutto nel caso di una superficie dipinta, non può però prescindere da valutazioni di tipo teorico, perché anche la "ripresa" di semplici motivi decorativi diventa tanto più problematica quanto più è estesa e perciò, quando il "ritocco" prevale sulla parte storicizzata, la possibilità di confondere le parti integrate da quelle originali diviene inevitabile.

Come per ogni altro intervento, i prodotti utilizzati devono essere rigorosamente selezionati in funzione della loro composizione chimica e della loro resistenza all'invecchiamento, agli agenti atmosferici e alla luce.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Nell'ambito specifico del restauro architettonico la velatura si applica:

- su superfici monocrome nelle quali occorra ripristinare uno strato protettivo e colorante;
- su superfici decorate interne o esterne nelle quali non si abbia una vera e propria lacuna della superficie dipinta ma un'abrasione della pellicola pittorica così estesa da impedire una ricostruzione con selezione o astrazione cromatica;
- per raccordare cromaticamente una stuccatura alla superficie circostante del manufatto e attenuarne il contrasto cromatico. In questo caso si definisce anche patinatura. La stuccatura può appartenere a un manufatto realizzato con i materiali più vari, come ad esempio pietra, legno, materiali ceramici, stucchi, intonaci ecc.

Con il termine "velatura" si definisce inoltre una tecnica propria del restauro dei dipinti, che prevede l'applicazione di strati pittorici leggeri e semitrasparenti nelle lacune di grandi dimensioni, dove una reintegrazione delle figure o del colore sarebbe una pura invenzione o comunque una soluzione arbitraria. In tali casi si ricorre all'applicazione, per velature, di una tinta neutra che si accordi al tono generale del dipinto. Tale integrazione è generalmente realizzata con colori ad acquerello o con pigmenti molto diluiti in acqua di calce.

Il termine "velatura" è infine utilizzato per definire la finitura superficiale di una tinteggiatura applicata a una grande superficie monocroma. Quest'ultimo caso rientra però nel campo delle integrazioni mediante tinteggiature.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

In generale, le tecniche utilizzate per l'integrazione del colore mediante velatura variano in ragione dei materiali impiegati, della loro preparazione e del materiale da integrare. Le più comunemente utilizzate sono essenzialmente tre:

- a) pigmenti diluiti in acqua di calce;
- b) tinte ad acquerello (trovano applicazione soprattutto per piccole superfici interne);
- c) pigmenti legati da caseinato di ammonio.

Per l'integrazione di grandi superfici architettoniche si utilizza principalmente la prima delle tecniche sopra elencate, ossia i pigmenti minerali diluiti in acqua di calce.

Gli interventi preliminari alla ripresa del colore mediante velature di calce saranno rivolti essenzialmente alla preparazione del supporto murario e riguarderanno:

- il consolidamento del supporto;
- la pulitura del supporto con le tecniche più idonee al tipo di deposito, coerente o incoerente, da eliminare. Tale operazione è essenziale per garantire una buona adesione del colore;
- il rappezzo o macrostuccatura delle lacune di intonaco;
- la stuccatura delle fessure e delle lacune di piccola dimensione presenti sul supporto.

Per integrare il colore di una superficie interna o esterna di un edificio mediante velatura con pigmenti diluiti in acqua di calce occorrerà:

- a) eseguire opportune prove e campionature, per calibrare le giuste quantità d'acqua, di grassello e di pigmenti, in funzione delle passate e del risultato che s'intende ottenere sulle diverse superfici;
- b) scegliere il campione a completa essiccazione avvenuta e preparare la tinta nella quantità occorrente;
- c) bagnare la superficie da integrare con un pennello morbido intinto nell'acqua;
- d) stendere due o più mani di colore molto diluito.

La tecnica corretta di stesura prevede l'uso di pennelli di setola animale; sono possibili alcuni ritocchi finali con una spugna o con il nebulizzatore, per calibrare eventualmente il tono e la trasparenza del colore nelle diverse parti della superficie da integrare. Se la tinta è data a pennello, deve essere stesa servendosi del movimento del solo polso. In particolare si deve prestare attenzione a non premere sul pennello, per evitare di creare zone di colore più intenso. Il pennello, inoltre, deve essere passato sempre con lo stesso movimento, da sinistra a destra o dall'alto in basso, con movimenti continui.

Nell'applicazione a pennello si deve procedere a strati successivi incrociati, uno orizzontale ed il successivo in verticale (o viceversa).

In alcuni casi può essere opportuno aggiungere alla soluzione a base di calce un fissativo, oppure stendere, dopo la mano finale, un altro strato di acqua addizionata sempre con un fissativo, oppure stendere un protettivo su tutta la superficie (v. sezione *Protezioni*).

#### *Raccordo cromatico di aree integrate mediante stuccatura*

Il raccordo cromatico di stuccature di piccole dimensioni realizzate con materiali in pasta avviene generalmente con terre ventilate e acqua pura, senza aggiunta di legante.

Il fissaggio della velatura sarà poi ottenuto con la protezione finale. Può essere però utile aggiungere alla miscela colorante un piccolo quantitativo di alcol polivinilico, per rendere il colore più fluido e scorrevole, e per facilitare l'adesione del colore alla stuccatura. Per correzioni di lieve entità, la velatura può anche essere eseguita dopo l'applicazione del protettivo superficiale. Questo tipo di correzione però non resiste molto al dilavamento e all'usura del tempo. L'applicazione del colore potrà avvenire con pennelli di fibre naturali o a spruzzo. Lo strumento da utilizzare va scelto in rapporto alla dimensione della superficie su cui si deve intervenire ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#)).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Alcune ditte produttrici, suggeriscono di realizzare effetti di "velatura" e di "semitrasparenza", simili a quelli ottenibili con le tinte a calce, mediante diluizione di prodotti tendenzialmente coprenti. Tali sistemi, a confronto con quelli tradizionali danno luogo a tinteggiature pellicolanti, con spessori molto ridotti e scarsa durata nel tempo.



L'applicazione di una velatura può essere finalizzata anche ad alleggerire e abbassare il tono di una macchia più scura presente su di un manufatto. Tale intervento può essere realizzato con velature di terre ventilate e acqua di calce.

Un aspetto da considerare con attenzione nella velatura delle superfici edilizie, riguarda la valutazione dell'effetto finale che avrà la superficie una volta "ripreso" il colore. Tale valutazione avviene generalmente su un campione di modeste dimensioni che spesso non restituisce l'idea esatta del risultato che si otterrà quando l'intervento sarà allargato a parti più o meno estese della superficie da trattare. L'esperienza mostra che, in questo campo, i risultati sono spesso sorprendenti e deludenti e vanno pertanto adeguatamente valutati, servendosi eventualmente delle tecniche di elaborazione delle immagini (v. DOC06 - Simulazione degli interventi di restauro).

### ESPERIENZE

Villa Panza di Biumo (Va), anno intervento 1999. Sulle superfici intonacate è stata stesa una velatura di tinta a calce pigmentata con terre naturali sulla superficie al fine di ottenere una tonalità uniforme.

Palazzo Natta a Como, anno intervento 2000. La finitura superficiale delle facciate è stata eseguita con tinte a calce, scelte proprio perché, oltre a garantire la necessaria compatibilità chimico-fisica con l'intonaco esistente, creano delle velature che uniformano l'aspetto delle superfici senza cancellare la leggibilità dei segni sottostanti.

Chiesa di SS. Sebastiano e Rocco a San Vito Romano (Roma), anno intervento 2000-2001.

L'equilibrio cromatico della facciata è stato ottenuto con una velatura complessiva del prospetto, ottenuta con l'impiego dei pigmenti di terre naturali diluite in acqua di calce. Tale velatura è stata data a pennello nei fondi e nelle cornici e a spruzzo nelle sporgenze caratterizzate da una superficie più irregolare.

Cappella della Maddalena, Museo nazionale del Bargello (Fi), anno intervento 2004. Le lacune trattate con colore neutro sono state realizzate con l'applicazione di una tinta a base di bianco di calce successivamente velata con colori alla caseina. La revisione delle numerose abrasioni presenti è stata eseguita con pigmenti in polvere legati da caseinato di ammonio al 4%.

Palazzo Datini a Prato, anno intervento 2004. L'integrazione delle lacune pittoriche è stata eseguita con pigmenti minerali in polvere legati con una soluzione di caseinato di ammonio al 2%, applicato a velatura nelle abrasioni.

### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Casazza O. 1981; Conti C., Martines G., Usai C. 1996, *Interventi...*, p. 184; Mora L., Mora P., Philippot P. 1977, pp. 353-59.



Figura 1 • Rappezzi di varia dimensione e nuova stesura di intonaco nella parte basamentale della facciata. (DEP)



Figura 2 • Campionature di pitturazioni e velature di diverso colore e grado di trasparenza, realizzate sul nuovo intonaco. Nella parte centrale della facciata è riportato il campione di velatura scelto per le successive elaborazioni. (DEP)



Figura 3 • Velatura del nuovo intonaco e dei vari rappezzi con uno dei campioni di velatura realizzato nella fase precedente. (DEP)

**Sommario**
PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE
CAMPI DI APPLICAZIONE
APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE
ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI
ESPERIENZE
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica consiste in un intervento indirizzato alla conservazione *in situ* di manufatti architettonici allo stato di rudere e al conseguente restauro delle sommità dei muri e dei nuclei in vista. Il metodo è proposto in un'ottica rispettosa della singolarità delle situazioni presenti, pur assicurando alla struttura una maggior capacità di sopravvivenza, nell'ambito di un settore per il quale sembrano proporsi metodologie e strategie che non di rado si riducono a sistematiche ricostruzioni.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica si applica a murature caratterizzate da un profilo superiore irregolare nelle quali l'apparecchio murario è in vista e il contorno dei filari superstiti si presenta come una linea spezzata, segno di crolli e spesso di uno stato di degradazione e di instabilità che ne minaccia la durata.

**APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Preliminare all'applicazione della tecnica, è la liberazione del manufatto dalle erbe infestanti, tenendo conto che talvolta i loro apparati radicali sono così sviluppati, ramificati e intimamente penetrati tra i massi del manufatto, da svolgere una vera e propria azione di concatenamento e contribuendo a limitarne i dissesti e i crolli. Segue un'accurata pulizia delle superfici con aspiratore e spazzola di saggina, seguita da lavaggio con acqua.

La documentazione dello stato di fatto, sarà fornita da un dettagliato rilievo della pianta a livello della cresta e del terreno, e dall'esecuzione di un adeguato numero di sezioni verticali.

Si procede, quindi, a consolidare la muratura riempiendo le fessure tra i vari elementi con stoppa imbevuta di calce, sigillando e proteggendo le parti degradate e/o dissestate con carta giapponese e adeguato protettivo.

Per la cresta vera e propria, può rendersi necessario, talvolta, lo smontaggio e il rimontaggio di uno o due filari di coronamento. In tal caso, occorrerà eseguire dei calchi che riproducano la forma e la posizione di ogni elemento, pietra o mattone che sia. A questo scopo, si eseguirà una copertina di poliuretano, lungo tutto il profilo della cresta, operando per settori e in modo che i vari pezzi tengano conto delle differenze di quota, per evitare sottosquadri, e della presenza di parti fortemente degradate o dissestate (fig. 1).

Le singole forme di poliuretano, eventualmente armate, vanno rimontate fuori opera, nello stesso ordine ma rovesciate, in modo da presentare le cavità del calco verso l'alto.

Si possono così smontare i singoli elementi del filare più alto, pulire la malta delle facce, e procedere alla ricollocazione rovesciata ordinata nelle impronte corrispondenti nelle sezioni di poliuretano (fig. 2). Questo procedimento, non è necessario per quelle parti in muratura in condizioni tali da poter essere trattate con interventi *in situ*. In alcuni casi, si possono compiere dei distacchi con la stessa procedura impiegata per i mosaici, ricorrendo a teli incollati in superficie e realizzando stacchi o strappi di superfici più ampie. In tal modo, si possono salvare anche le malte di interconnessione tra i singoli elementi.

Si procede al trattamento protettivo e alla "foderatura" della parte posteriore dei mattoni collocati nei contenitori di poliuretano, impiegando un opportuno collante e una rete a maglia fine, in modo da non modificare la giacitura dei singoli elementi. Le scatole di poliuretano saranno poi coperte da

un foglio di plastica che avrà la funzione di coperchio durante le operazioni di rovesciamento e che sarà sfilato a rovesciamento compiuto.

Si prosegue ricollocando ordinatamente i singoli settori sulla superficie preparata del secondo filare, dopo aver predisposto un letto di malta estesa a tutta la superficie. La malta avrà spessori sufficienti per assicurare il mantenimento della posizione assunta dai mattoni nelle scatole, ma si potranno predisporre maggiori spessori se ciò fosse imposto da particolari esigenze o circostanze (fig. 3).

La regolarità geometrica dell'operazione sarà controllata dai rilievi eseguiti in precedenza.

Nei casi in cui fosse difficile mantenere le sagome del primo filare, si potrà ricorrere a sezioni a due dimensioni ritagliate dalle scatole di poliuretano, impiegate come i "pettini" usati nel rilievo di reperti archeologici e costantemente rapportati al rilievo delle sezioni eseguito in precedenza.

Gli interstizi esistenti tra i singoli elementi vanno stuccati con una malta simile a quella preesistente, oppure con cocchiopesto e inerti della stessa classe litologica degli originali o, ancora, riutilizzando i resti della malta eliminata. In ultimo, va eseguito il trattamento protettivo sulle superfici, per pennellatura o per infiltrazioni, da ripetersi a distanza di tempo.

Il protettivo è da scegliere fra i prodotti siliconici. Si applica a spruzzo sulla muratura una volta che è bene asciugata. Finché il film di silicone resta integro e copre uniformemente la muratura, serve a salvaguardarla dal degrado, anche se ha una durata limitata.

Per consolidare gli elementi di bordo, potranno essere necessari alcuni localizzati smontaggi (verificabili nel rimontaggio da calchi in poliuretano, se a tre dimensioni, o da sagome di legno, se a due) per operare trattamenti di consolidamento e sigillatura a maggiore profondità. L'eventuale ripristino localizzato delle condizioni di contrasto tra le parti potrà essere assicurato da infiltrazioni di malta di calce con cunei di plastica o con scaglie di laterizio o pietra.

Mattoni di bordo particolarmente degradati o fortemente abrasati, possono essere asportati e, dopo un localizzato consolidamento, riutilizzati ponendoli in opera rovesciati, murando cioè la parte che in precedenza era all'esterno, e impiegando, eventualmente, delle barrette piatte a S o dei pezzi di rete a maglia fine con collante.

Potrà essere opportuno talvolta, modificare le pendenze delle superfici con riporti di malta o cocchiopesto, per eliminare avvallamenti e assicurare il naturale deflusso delle acque.

Un "tessuto-non-tessuto" o una guaina potrà essere sovrapposta a tutta la superficie orizzontale, oppure limitata a quelle aree nelle quali sono situate le giunture tra gli elementi del primo filare. Ma potrà essere anche utile porre il "tessuto-non-tessuto" al di sotto dei conci di bordo, in maniera da separare gli elementi lapidei riportati o sostituiti da quelli originari sottostanti. In questo caso, il profilo della guaina o del "tessuto-non-tessuto" costituirà un segno stratigrafico che denuncia l'intervento.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nel caso di una muratura a sacco, la superficie superiore non è mai piana: il nucleo di opera cementizia presenta la forma a schiena d'asino al di sopra dei due paramenti che lo contengono, mentre il profilo superiore del paramento si presenta come una linea spezzata. Per effetto dei fenomeni atmosferici si corrompe prima la malta del nucleo che resta in vista, poi le malte si sgretolano liberando i mattoni, mentre gli scapoli di pietra del nucleo, corrosi, favoriscono la penetrazione di umidità. È necessario, perciò, rimuovere la malta fatiscente, gli scapoli di pietra corrosi, i mattoni e gli scapoli allentati (cioè quelli che hanno perso la presa), poiché si deve murare su una superficie solida, non polverosa.

I mattoni allentati possono essere rimurati nella loro posizione, mentre per il nucleo si useranno nuovi scapoli di pietra di dimensioni simili a quelli originali.

Per i nuclei confezionati con scapoli e pezzi di mattone, si aggiungerà nell'integrazione altrettanta spezzatura di laterizi nuovi.

Perché l'ultimo strato di scapoli sul nucleo di integrazione non rimanga esposto alle intemperie, si può aggiungere all'impasto di malta della polvere e della spezzatura di mattone, per rendere la malta stessa moderatamente idraulica e la superficie impermeabile.

Durante la presa, la superficie va continuamente stretta con il "cucchiaretto", per chiudere i cretti di ritiro tra malta e scapoli di pietrame. Il ritiro è maggiore con il pezzame di pietre porose. Gli scapoli che restano in vista possono essere bagnati ripetutamente con acqua di calce per limitare le

porosità. Questa superficie, se lavorata a lungo, può diventare resistente all'acqua e alla vegetazione, come se fosse un rivestimento di cocciopesto.

Il nucleo, originale o d'integrazione, può essere protetto con un trattamento idrorepellente.

#### **ESPERIENZE**

Il metodo è stato sperimentato come tecnica d'intervento per la conservazione delle preesistenze archeologiche di murature in laterizio, sulle mura di Ferrara. Gli scavi archeologici avviati all'interno del progetto "Mura", hanno permesso la scoperta delle cortine murarie laterizie formanti il perimetro del rivellino della Porta degli angeli, alle mura della città. Questa circostanza ha posto il problema della conservazione dei materiali in laterizio, in vista della creazione di un parco archeologico.

Una campagna di indagini, incentrata sulla verifica dell'efficacia temporale delle diverse soluzioni adottabili per la protezione delle creste dei muri, è stata condotta nell'area archeologica di Castrum Sibirium, a Castelseprio (Varese), congiuntamente dal Centro CNR "Gino Bozza" di Milano e dalla Soprintendenza archeologica della Lombardia. I risultati di tali verifiche sono riportati nella tabella n. 1.

Nelle aree archeologiche assume una notevole importanza la protezione delle creste dei muri ridotti allo stato di rudere. La mancanza di un'adeguata protezione favorisce l'infiltrazione dell'acqua e la disgregazione delle malte, fino ad arrivare al distacco di interi conci e, in casi estremi, al disfacimento del muro.

La protezione delle creste dei muri è un'operazione praticata, con tecniche differenti, da circa 50 anni. Le osservazioni riportate nella tabella sono relative ai trattamenti proposti nell'area archeologica di Castelseprio, e permettono di mettere a confronto l'efficacia protettiva e la durata delle tecniche che nel tempo sono state adottate per la protezione delle creste dei muri.

[Rielaborazione di C. Arcolao tratta da: R. Bugini, L. Folli, A. Sansonetti, A. Surace, *La verifica dell'efficacia degli interventi nei siti archeologici. La salvaguardia delle murature a Castelseprio (Va)*, in atti del Convegno *Scienza e Beni Culturali: la prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Venezia, Arcadia Ricerche, 2000, pp. 217-26.]

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Carbonara G. (a cura di) 1996; Marino L. 1992, pp. 737-41; Marino L. 1993, pp. 129-44.

SISTEMA PROTETTIVO ADOTTATO	VERIFICA	RISULTATI ANALITICI
Posizionamento di nuove file di conci (anni cinquanta)	Lo stato di conservazione attuale è precario con evidenti fenomeni di disgregazione delle malte e distacco dei conci dalle malte stesse, il deterioramento interessa la parte aggiunta mentre la muratura originaria presenta fenomeni di degrado di entità molto ridotta.	
Protezione con un tetto a struttura lignea coperto con tegole	Lo stato di conservazione del manufatto è buono, così come quello del muro riparato.	
Sigillature con malta di cemento (anni cinquanta)	Lo stato di conservazione è precario, le malte hanno conservato le loro caratteristiche con buona coesione, ma l'adesione ai conci di pietra è molto scarsa e nella fessura creatasi lungo la linea di contatto sono cresciuti organismi vegetali.	Microscopia ottica: malta compatta. Diffrattometria ai raggi x: nessun composto di neoformazione.
Sigillature con malte contenenti resine epossidiche (anni ottanta)	Lo stato di conservazione è precario con fenomeni di distacco quasi completo di intere porzioni di malta e crescita di organismi vegetali nelle fessure. Le malte sono anche scarsamente coerenti.	Microscopia ottica: malta compatta nelle zone di contatto con i ciottoli e friabile nelle porzioni intermedie. Diffrattometria ai raggi x: nessun composto di neoformazione.
Sigillature con malte contenenti resina acril/siliconica e copertura con ondulato plastico (anni novanta)	Lo stato di conservazione è ancora soddisfacente, la malta mantiene una certa coesione e anche i distacchi lungo i bordi sono contenuti.	Microscopia ottica: malta compatta ai bordi e friabile al centro. Diffrattometria ai raggi x: nessun composto di neoformazione.
Sigillature con malta di calce (fine anni novanta)	Lo stato di conservazione è buono, non si notano distacchi o fessurazioni.	

Tabella 1 • Verifica dell'efficacia di interventi di protezione delle creste dei muri nel sito acheologico di Castelseprio (VA).

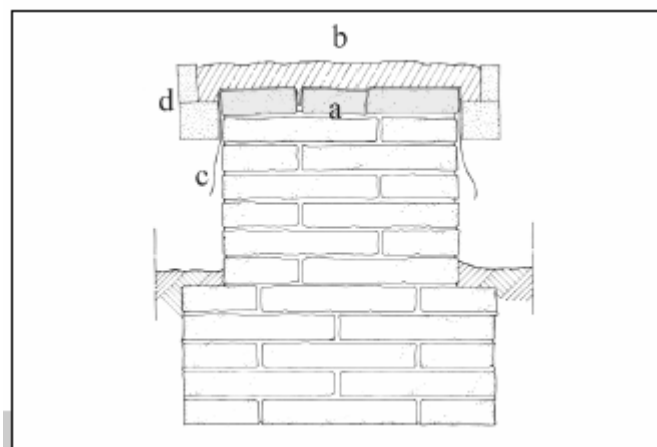


Figura 1 • Esecuzione di calchi della superficie della cresta (a) usando poliuretano espanso (b). I mattoni sono stati protetti con un foglio di polietilene (c) in modo che il poliuretano penetri comunque tra le fratture più grandi e negli interstizi tra i mattoni, mentre per le pareti di contenimento (d) della gettata di poliuretano ci si è serviti di elementi di polistirolo. (CAF)

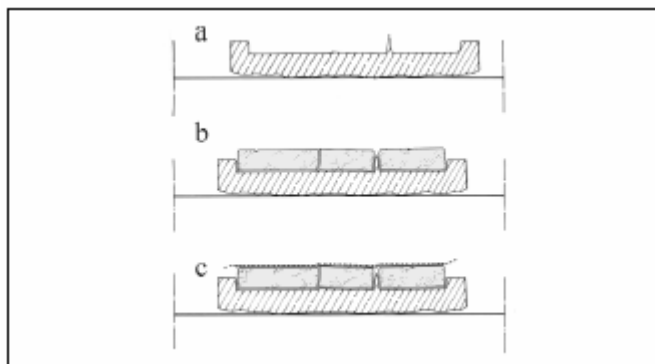


Figura 2 • Quando la gettata di poliuretano ha solidificato, va rimossa e ribaltata (a) per adagiarsi sopra i mattoni, che risultano a questo punto rovesciati rispetto alla loro posizione originale (b). Si procede al trattamento protettivo e alla “foderatura” della parte posteriore dei mattoni collocati nei contenitori di poliuretano, impiegando un opportuno collante e una rete a maglia fine (c), in modo da non modificare la giacitura dei singoli elementi. (CAF)

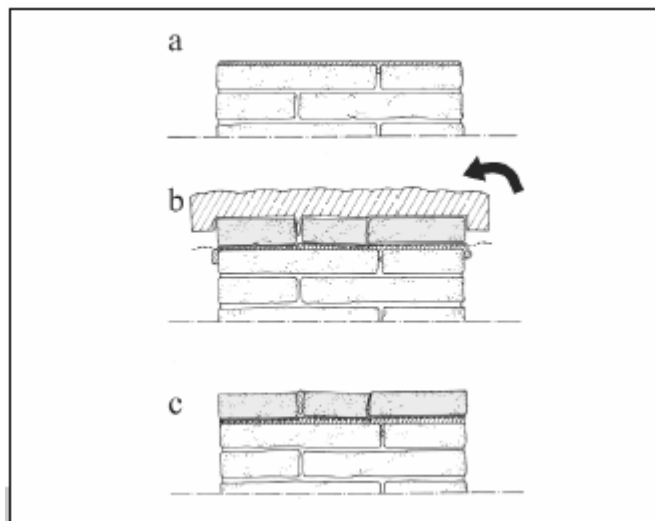


Figura 3 • Dopo aver predisposto un letto di malta (a) estesa a tutta la superficie del secondo filare, si prosegue ricollocando ordinatamente i singoli settori (b) e rimuovendo le forme in poliuretano (c). (CAF)

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica della spalmatura di malta si basa sul principio di creare sopra la cresta muraria una nuova superficie detta di "sacrificio", che si degradi al posto della muratura antica sottostante, realizzata da uno strato di malta di calce idraulica a volte addizionata con prodotti antiritiro per evitare le cretture da ritiro e da gelività che sono la massima causa di infiltrazioni d'acqua all'interno delle murature.

Per evitare una monotona uniformità delle superfici, nella malta sono inseriti dei sassi o dei frammenti di laterizio che rendono la linea delle creste più frastagliata, anche se, talvolta, proprio la presenza di questi inserti può essere causa di dannose infiltrazioni d'acqua, soprattutto se si utilizzano delle arenarie che col tempo possono sfaldarsi o esfoliare.

Per tale ragione, tra le copertine di malta e le creste da proteggere è a volte interposta una guaina (o lamina di piombo o tessuto non tessuto) che, oltre a svolgere una funzione strutturale (antiradice o impermeabilizzante), aiuta a meglio distinguere l'intervento e facilitarne per di più l'eventuale rimozione (cfr. L. Marino, 1993).

### CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica, al pari di altre destinate allo stesso scopo, si applica nei casi in cui esistano muri allo stato di rudere che richiedano la protezione del coronamento superiore, che costituisce spesso la parte più debole ed esposta al degrado (infestazioni, azione meccanica della pioggia, dilavamento ecc.).

Per quanto il problema si ponga soprattutto nelle aree archeologiche, ove la condizione di rudere è perfettamente connaturata al sito, altre e non infrequenti circostanze analoghe si riscontrano in edifici e costruzioni da recuperare per specifiche funzioni.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'intervento, forse il più semplice tra quelli in uso, consta delle seguenti fasi:

- liberazione del manufatto dalle erbe infestanti, tenendo conto che talvolta i loro apparati radicali sono così sviluppati e intimamente penetrati tra i massi delle murature, da svolgere una vera e propria azione di concatenamento e contribuendo a limitarne i dissesti e i crolli.
- Pulitura meccanica delle superfici con aspiratore e spazzola di saggina e successivo lavaggio con acqua deionizzata per asportare depositi di terra, guano, sporco e altro.
- Nel caso siano presenti incrostazioni di licheni, dopo aver accertato che si tratta di specie nocive, si procede con un trattamento biocida (vedi voci relative alle tecniche di disinfestazione) e successivo lavaggio.
- Eventuale consolidamento e/o reintegrazione con muratura in sottosquadro (v. le sezioni *Consolidamenti e Integrazioni*).
- Eventuale stuccatura delle fessure tra i vari elementi, previa rimozione della malta ammalorata, con stoppa imbevuta di calce o semplicemente con malta di calce.
- Stesura, sulla superficie superiore delle creste, di uno strato di malta, alto pochi centimetri, nel quale vengono infissi i sassi (o i frammenti di laterizio), in modo che la malta li inglobi senza però ricoprirli del tutto.



— Trattamento protettivo idrorepellente delle superfici, per pennellatura o per infiltrazioni, da ripetersi a distanza di tempo. (Quest'ultima fase talvolta è omessa) (fig. 1).

#### **ACCORGIMENTI E VARIANTI**

Esiste un tipo d'intervento che, al posto della malta, prevede la stesura, al di sopra di una guaina (o del tessuto-non-tessuto), di uno strato composto da terra stabilizzata con resina (fig. 2).

#### **ESPERIENZE**

Castiglione Della Pescaia, Terme romane.

Istanbul, creste delle mura seicentesche.

Rodi, reperti murari agli scavi di Lindos.

Rodi, scavi di Camiros.

Ankara, tempio di Augusto.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Cilla M., Sabelli R. 1997, pp. 247-56; Gizzi S. 1992, pp. 185-202; Marino L. 1992, pp. 737-41; Marino L. 1993, pp. 129-44; Tufani A. 1989.



Figura 1 • Stesura, sulla superficie superiore delle creste, di uno strato di malta nel quale vengono infissi frammenti di laterizio, in modo che la malta li inglobi senza però ricoprirli del tutto.

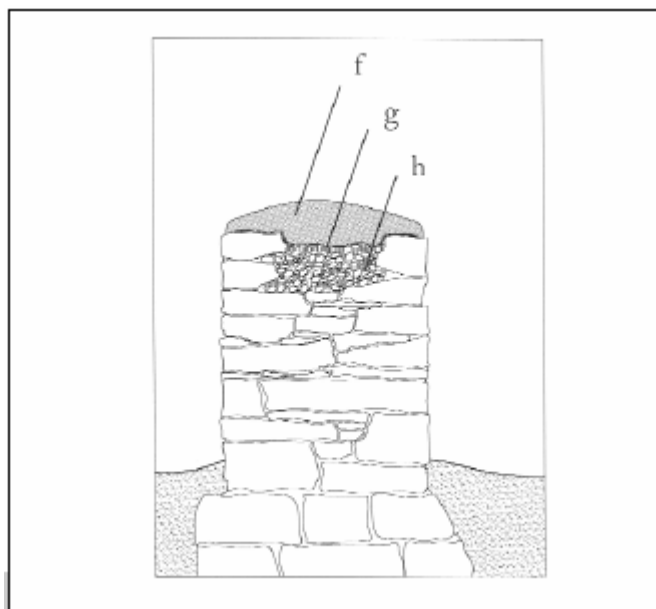


Figura 2 • Per contenere lo spessore dello strato protettivo, è possibile riempire le eventuali cavità presenti sulla superficie della cresta muraria con ghiaia. f) Terra stabilizzata con resina siliconica, g) guaina, h) ghiaia. (CAF)

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica degli strati di sacrificio si basa sul principio di sovrapporre al muro un nuovo spessore, composto da più filari di laterizio o pietra, destinato a essere consumato e attaccato dagli agenti atmosferici al posto del manufatto antico.

Si tratta di recuperare *in situ* dei conci di pietra uguale a quella originale ma di modulo decisamente diverso e di posizionarli in più strati sovrapposti d'altezza costante, seguendo la linea frastagliata del muro, legandoli con malte aventi caratteristiche meccaniche analoghe a quelle della muratura sottostante. Lo strato ottenuto presenterà una resistenza inferiore o al massimo uguale a quella del manufatto da proteggere, assicurando un degrado più rapido di quello dei materiali antichi. La diversità di modulo renderà inequivocabilmente leggibile l'integrazione.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Uno dei problemi non del tutto risolti è quello della protezione delle creste dei muri allo stato di rudere. Per quanto il problema si ponga soprattutto nelle aree archeologiche, ove la condizione di rudere è perfettamente connaturata al sito, altre e non infrequenti circostanze analoghe si pongono in edifici e costruzioni da recuperare per specifiche funzioni.

## APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'intervento deve essere preceduto da una pulitura, da un eventuale consolidamento e dalla stuccatura delle fessure, con lo scopo di preservare l'intera muratura dai fenomeni di degrado. Particolare cura si deve avere nei lavori preparatori del lembo superiore, la cresta, dove generalmente risiedono i fenomeni più vistosi di disgregazione, anche a opera di depositi, di piante infestanti e di lacune che accentuano la fragilità del manufatto.

Schematicamente, le fasi operative di questa particolare tecnica possono così riassumersi:

1<sup>a</sup> fase – Eliminazione di eventuali erbe e piante infestanti, di muschi, licheni e altri organismi vegetali, con trattamenti, se occorre, a base di biocidi e/o con accurato sradicamento delle piante superiori (v. DSZ 01 - Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni, DSZ 03 - Eliminazione di macrovegetali con trattamenti chimici).

2<sup>a</sup> fase – Pulitura meccanica delle superfici con aspiratore e spazzola di saggina per eliminare polveri e depositi incoerenti, e successivo lavaggio con acqua deionizzata per asportare depositi di terra, guano, sporco e altro (v. sezione *Puliture*).

3<sup>a</sup> fase – Eventuale consolidamento della muratura e/o reintegrazione delle lacune con procedure adeguate ai materiali e al sistema costruttivo preesistente (v. sezione *Consolidamenti*).

4<sup>a</sup> fase – Stuccatura, ove sia necessario, delle fessure tra i vari elementi, previa rimozione della malta ammalorata, con stoppa imbevuta di calce o semplicemente con malta di calce (v. le diverse tecniche di risarcimento e di stuccatura, alla sezione *Integrazioni*).

5ª fase – Stesura del primo filare su un letto di malta simile a quella antica, oppure addizionata a cocciopesto e inerti della stessa classe litologica degli originali. Come inerte si potranno impiegare anche i resti della malta precedentemente eliminata. Analogamente, si disporranno i filari successivi in numero da tre a cinque, a seconda che si tratti di muri bassi, al di sotto dell'occhio di chi osserva, oppure alti e di forte spessore.

6ª fase – Trattamento protettivo delle superfici da ripetersi a distanza di tempo (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

In alcuni casi sono stati realizzati dei filari con pietra completamente diversa dall'originale, oppure simile ma con conci parallelepipedi sbazzati e segati a macchina; ma le soluzioni rischiano di creare dei contrasti troppo violenti con la struttura sottostante.

Un'altra variante è data dall'uso di pietra (o mattoni, nel caso di murature in laterizio), recuperata *in situ*, in seguito al crollo di strutture esistenti, e quindi avente analoga pezzatura.

In questo caso, però, è necessario differenziare il nuovo strato agendo sulla colorazione della malta, oppure creando uno "scurello" di demarcazione. Un accorgimento possibile è di frapporre tra muro nuovo e muro vecchio una guaina che svolga una funzione impermeabilizzante e di delimitazione dell'intervento.

#### **ESPERIENZE**

Roma, Palatino: Domus Augustana (laterizio), strati e volumi di sacrificio.

Roma: mercati di Traiano (laterizio), strati e volumi di sacrificio.

Porto, Parco archeologico: magazzini di Traiano e portico di Claudio (laterizio), strati di sacrificio con fascia di demarcazione di malta in sottosquadro.

Saint-Denis (Valle d'Aosta): ruderi del castello di Cly, 1987.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Cancellieri S. 1998, pp. 331-39; Cilla M., Sabelli R. 1997, pp. 247-56; Marino L. 1992, pp. 737-41.



Figura 1 • Protezione della cresta di un muro mediante la posa in opera di un triplice strato di pietrame irregolare legato con abbondante malta. La differenza del taglio e della pezzatura tra i materiali e la differente posa rendono immediato il riconoscimento dell'intervento di protezione dalla struttura originale.



Figura 2 • Protezione della cresta di un muro in mattoni con mattoni simili ma arretrati rispetto al filo parete. In questo caso, il tipo di materiale scelto e il sistema di posa in opera rendono l'intervento di protezione meno evidente.



Figura 3 • Lo strato di sacrificio è ottenuto con malta e frammenti di pietra e mattoni.

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La protezione delle creste dei muri, solitamente realizzata nell'ambito di ritrovamenti archeologici o su edifici ridotti allo stato di rudere, non segue delle metodiche ben precise e questo perché quasi mai essa è demandata alla figura di un restauratore specializzato, come avviene per altri tipi di intervento: il più delle volte, è eseguita dall'impresa incaricata dell'esecuzione dei restauri. Di qui la mancanza di una letteratura esaustiva e di regole codificate.

Eppure si tratta di un intervento di indubbio peso, in quanto serve a interdire fattori di degrado per lo più dovuti agli agenti atmosferici, nel già complesso quadro delle alterazioni, ma deve anche soddisfare l'esigenza di non turbare la leggibilità dei muri, soprattutto nelle zone scoperte e, per così dire, disponibili all'analisi stratigrafica.

La tecnica del bauletto di malta, in particolare, si basa sul principio di creare al di sopra della cresta muraria una nuova superficie di "sacrificio", che si degradi al posto della muratura antica sottostante, realizzando uno strato a "schiena d'asino", alto circa 10-15 cm, costituito da malta di calce mista a cocchiopesto o pozzolana, la cui funzione è quella di rendere omogenea la superficie di scorrimento delle acque piovane.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica, al pari di altre destinate allo stesso scopo, si applica nei casi in cui esistano muri allo stato di rudere (soprattutto, ma non solo, nei siti archeologici) che richiedano la protezione del coronamento superiore, che costituisce spesso la parte più esposta al degrado (infestazioni, azione meccanica della pioggia, dilavamento ecc.).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'intervento deve essere sempre preceduto da una pulitura, un eventuale consolidamento e stuccatura delle fessure. L'applicazione della tecnica prevede, in sostanza, la seguente successione di operazioni:

1. pulitura meccanica delle superfici con aspiratore e spazzola di saggina e successivo lavaggio con acqua deionizzata per asportare depositi incoerenti di terra, guano, sporco e altro. Nella pulitura, si devono evitare asporti di materiale costitutivo proprio della costruzione muraria, tenendo conto che ai depositi di terriccio e granulato trasportati dal vento e dalle acque sono mescolati, a volte, frammenti di malta disgregata appartenenti alla costruzione;
2. nel caso siano presenti incrostazioni di licheni o muschi si procede con un trattamento biocida e successivo lavaggio (v. DSZ 03 - Eliminazione di macrovegetali con trattamenti chimici);
3. eventuale eliminazione di erbe e piante infestanti, ricordando che lo sradicamento delle piante infestanti può provocare danni maggiori di quelli indotti dalla loro presenza (v. DSZ 01 - Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni);
4. eventuale consolidamento e/o integrazione di lacune che minacciano la stabilità del muro (v. le diverse tecniche descritte alle sezioni *Consolidamenti e Integrazioni*);
5. stuccatura delle fessure tra i vari elementi, con malta di calce eventualmente addizionata a cocchiopesto, oppure con stoppa imbevuta di calce, per conferire una sorta di armatura elastica all'impasto;
6. stesura, sul margine superiore del muro (la "cresta"), di uno strato di malta alto circa 10-15 cm modellato a "schiena d'asino";

7. trattamento protettivo idrorepellente delle superfici per pennellatura o per impregnazione, da ripetersi a distanza di tempo. Questo trattamento va adottato solo in casi di effettiva e comprovata necessità, considerata l'efficacia, la durata e i possibili effetti collaterali che esso comporta.

Circa la composizione della malta, l'impasto tipo prevede una proporzione tra legante e inerte di 1:3. Il legante può essere costituito da una combinazione di calce grassa e calce idraulica, in proporzione del 50%, per garantire i requisiti di impermeabilità e di presa in presenza d'acqua, mentre per quanto riguarda gli inerti prevale generalmente quello ricavato dalla triturazione di analoghe pietre da costruzione del manufatto, in modo da garantire un buon accordo fisico meccanico tra la malta e la muratura antica.

Se è necessario, alla malta possono essere aggiunti prodotti antiritiro, per evitare le *craquelures* da ritiro e da gelività che generalmente costituiscono una via preferenziale di infiltrazione dell'acqua all'interno delle murature ([fig. 1](#), [fig. 2](#), [fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#)).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Una variante è la cosiddetta *pelle d'elefante*, che consiste nella miscela di malta cementizia, asfalto e brecciolino, ma che è oramai in disuso per la maggior affidabilità delle malte di calce rispetto a quelle in cemento, e la sempre maggiore predisposizione verso materiali che sono il più possibile simili a quelli costitutivi dell'opera. L'asfalto è stato dunque eliminato e le sigillature sono oggi realizzate esclusivamente con una miscela di malta di calce e brecciolino.

Se la cresta del muro è particolarmente lunga (8-10 m e oltre), sarà prudente interrompere il bauletto con giunti di dilatazione, posti a distanza non superiore agli 8-10 m e sigillati con asfalto o altro materiale a comportamento plastico/elastico.

Particolare attenzione, infine, va posta nelle opere di disinfezione della muratura dalle piante superiori, specie se profondamente e riccamente radicate, in quanto, non di rado, l'apparato radicale infestante svolge anche un'azione di contenimento dai crolli a dai cedimenti strutturali, agendo, di fatto, da presidio statico. La semplice e indiscriminata eliminazione di tali piante potrebbe condurre a indebolire la tessitura muraria.

#### **ESPERIENZE**

Gubbio: Teatro romano (Impasto utilizzato – Leganti: 1/2 parte di grassello di calce + 1/2 parte di calce idraulica. Inerti: 1 parte di pietra calcarea bianca macinata di gran. media + 1 parte di sabbia di gran. fine + 1 parte di pietrischetto di gran. grossa).

Albano: Villa Augustea detta "I Cavallacci".

Vulci, resti archeologici: Edificio absidato (impasto di malta bastarda).

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Calza G. 1930, pp. 291-310; Cilla M., Sabelli R. 1997, pp. 247-56; Gizzi S. 1992, pp. 185-202; Marino L. 1992, pp. 737-41; Marino L. 1993, pp. 129-44; Tufani A. 1989.

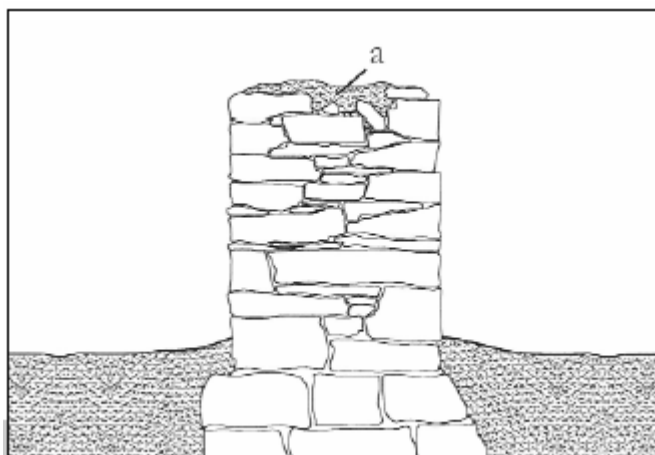


Figura 1 • Pulitura delle superfici con aspiratore e spazzola di saggina e successivo lavaggio con acqua per asportare depositi di terra, guano, sporco e altro. (CAF)  
a) Deposito di terra.

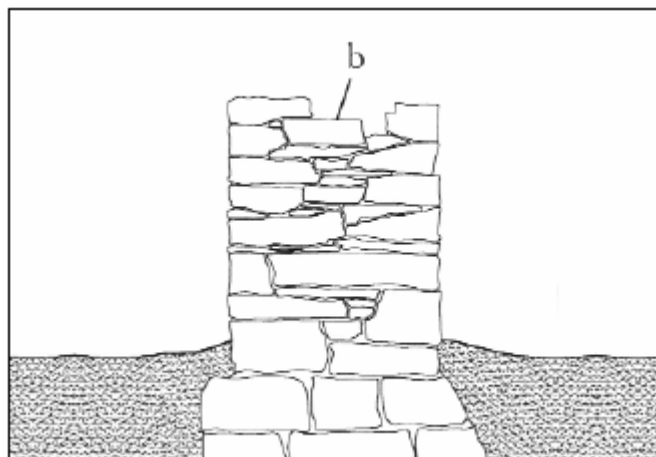


Figura 2 • Stuccatura delle fessure tra i vari elementi, con malta di calce eventualmente addizionata a cocciopesto, oppure con stoppa imbevuta di calce, per conferire una sorta di armatura elastica all'impasto. (CAF)

b) Superficie della cresta muraria dopo la pulitura e l'eventuale stuccatura dei giunti.

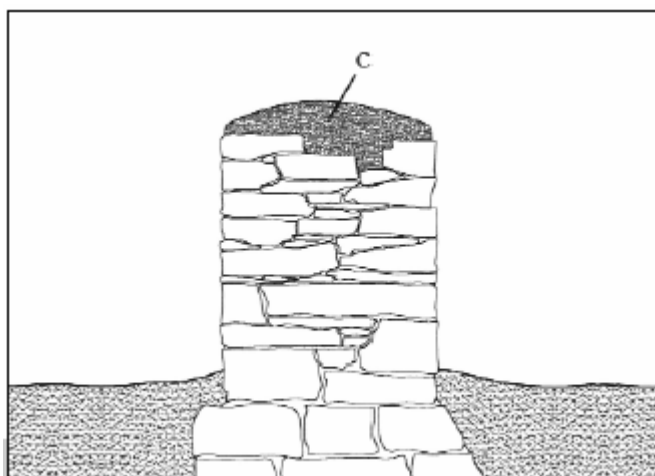


Figura 3 • Stesura sul margine superiore del muro (la cresta) di uno strato di malta alto circa 10-15 cm modellato a "schiena d'asino". (CAF)  
c) Bauletto di malta.



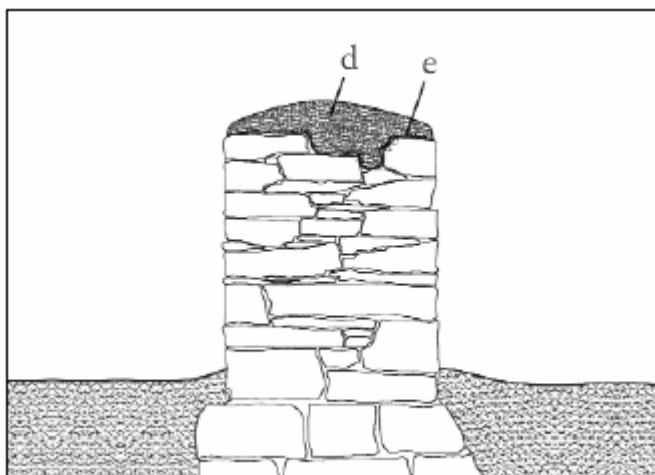


Figura 4 • Può inoltre essere stesa una lamina di piombo tra la superficie della cresta muraria e il bauletto di malta. (CAF)  
d) Bauletto di malta;  
e) lamina di piombo.



Figura 5 • Bauletto di malta con lamina di piombo.

## PTZ 15 | PROTEZIONE DI CORNICI E AGGETTI

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Gli edifici spesso presentano sporti e aggetti, quali marcapiani, marcadavanzali, timpani, cornici, tettoie ecc., che possono avere sia una funzione di tipo protettivo rispetto a elementi sottostanti (finestre, portali, parti scolpite o affrescate) sia di tipo precipuamente decorativo. Essi sono costruiti in muratura e trovandosi all'esterno del filo di facciata non sono completamente protetti, rispetto all'aggressione delle piogge, dal cornicione e dal sistema di copertura.

Le tecniche di protezione di questi veri e propri "punti deboli" degli edifici, dovrebbero appartenere alle consuetudini dell'ordinaria manutenzione, ma spesso sono tralasciate provocando, con il passare del tempo, la totale perdita di funzionalità che porta necessariamente a infiltrazioni delle acque meteoriche con conseguente disgregazione e, nei casi più gravi, alla totale perdita del materiale costitutivo degli aggetti (fig. 1).

### CAMPI DI APPLICAZIONE

La protezione di aggetti e sporti fa parte delle opere finali degli interventi di restauro su facciate o coperture, sia nel caso in cui i sistemi protettivi siano già *in situ* e vadano revisionati o sostituiti, sia nel caso in cui non siano presenti. Si procede, difatti, alla revisione o alla posa in opera di tali presidi solo quando tutte le opere di pulitura, consolidamento, stuccatura ed eventuale integrazione dei sottostanti elementi costruttivi sono state portate a termine.

### APPLICAZIONI DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

I manufatti usati sono di due tipi: *scossaline* di metallo e *copertine* di materiale lapideo.

Sono denominate "scossaline" le lamiera metalliche piegate, imbutite o sagomate, messe in opera a protezione di punti particolari dell'edificio, come le linee di compluvio e di displuvio dei tetti, ma anche nei punti di giunzione tra un muro verticale e una falda o tra un muro verticale e un terrazzo. I materiali più comuni per la fabbricazione di scossaline sono il piombo, lo zinco e il rame (anche se a volte le superfici di pertinenza sono realizzate semplicemente in malta per questioni di economia). Secondo la funzione che svolgono possono assumere differenti forme e denominazioni: avremo allora scossaline a *conversa*, a *bavaglia* o a *grembiule*, a *colletto*, a *gradini*, di *gronda*.

Quelle dette "a conversa" sono applicate sull'elemento ligneo che corre dalle gronde al colmo e sono sagomate, a formare i risvolti, sui listelli inchiodati alla tavola stessa. Le scossaline "a bavaglia", "a grembiule", "a colletto" e "a gradini" sono invece usate per raccordare e proteggere la linea d'intersezione tra una parete verticale e una falda. Il bordo superiore della scossalina è fissato al muro tramite un piccolo scasso nell'intonaco o nel letto di malta che forma i giunti se si tratta di muratura faccia a vista. Lo scasso è eseguito circa 15 cm sopra l'intersezione con la falda e la scossalina è messa in modo da guidare l'acqua verso il manto di copertura, impedendole di infiltrarsi nei punti di giunzione e sotto il manto stesso.

Sono usate per isolare perfettamente le canne fumarie che sporgono sul tetto che vengono in sostanza, foderate con elementi sagomati in modo da isolarne tutti gli angoli. Le scossaline possono essere impiegate, inoltre, per proteggere la parte sommitale di muri isolati e muretti d'attico.

È possibile anche che, con il termine scossalina, siano indicati manufatti diversi dai consueti profili stampati in metallo, come le guaine impermeabilizzanti, quando queste sono risvoltate e sagomate in modo da sporgere dall'elemento che stanno isolando e allontanare così l'acqua.

Le *copertine* sono elementi, di varia forma e dimensione, posti sulla sommità di un muro o di un elemento sporgente al fine di evitare l'infiltrazione delle acque meteoriche. Possono essere realizzate con materiali metallici facilmente lavorabili (ad es. piombo, rame e lamiera zincata), con lastre di materiale lapideo (ardesia o altre pietre non porose simili a quelle utilizzate nei paramenti dell'edificio), con materiali plastici ma anche, semplicemente, con malta.

Nel caso in cui si utilizzino copertine di pietra, si procede con la preparazione del sottofondo che deve essere pulito accuratamente per eliminare detriti e materiale incoerente.

In seguito, si procede conferendo al piano la giusta pendenza per favorire lo scolo delle acque tramite l'apposizione di uno strato di malta. Su questo è posata la lastra, provvista di gocciolatoio, che sporgerà di alcuni centimetri verso l'esterno dell'edificio. Se la copertina di pietra è posta a protezione di un marcapiano o un marcadavanzale, si ancorerà la lastra al muro, predisponendo uno scasso di dimensioni consone all'inserimento della lastra, lungo il bordo interno dell'oggetto. Le fughe di giunzione tra una lastra e l'altra saranno stuccate e poi sigillate con strisce di piombo. Per procedere alla sigillatura delle fughe è anche possibile usare silicone.

Un metodo per evitare l'infiltrazione d'acqua tra una lastra e l'altra consiste nel sovrapporre un'altra lastra a proteggere la fuga ([fig. 2](#), [fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#)).

È possibile che scossaline e copertine siano impiegate insieme; in questo caso la scossalina funge da ulteriore protezione dell'elemento costruttivo permettendo che l'acqua che dal gocciolatoio della copertina tendesse a infiltrarsi nella muratura sia ulteriormente allontanata dalla scossalina posta sotto la copertina.

Particolarmente frequente è l'uso di copertine formate da lastre di piombo, poste a protezione di timpani e di particolari decorativi su facciate di palazzi monumentali o di chiese ([fig. 6](#)).

Si procede in questi casi apponendo sull'elemento da proteggere una lastra di circa 1,5 mm di spessore, sagomata e tagliata su misura in opera. Dopo aver eseguito uno scasso di almeno 2-3 cm di profondità, nel quale sarà murata la lamina, questa è adagiata sull'oggetto da proteggere ([fig. 7](#), [fig. 8](#)). Il lattoniere procede a ripiegare i fogli di piombo seguendo il profilo da ricoprire e utilizzando una tavoletta di legno che è appoggiata sul lembo da ripiegare e delicatamente percossa con un'altra assicella, sempre di legno. A questo punto si procede con l'incisione, sulla superficie del foglio di piombo, della traccia da seguire nel taglio del materiale eccedente. Questa operazione è realizzata utilizzando un ferro piegato a L e dotato sull'estremità di una punta. Si fa scorrere il lato lungo della L sull'estradosso della cornice, guidando così l'incisione della lastra ([fig. 9](#), [fig. 10](#), [fig. 11](#)). Si procede poi al taglio. Se l'elemento da rivestire è di grandi dimensioni, oppure presenta una curvatura o una forma complessa, il lattoniere dovrà procedere praticando dei tagli che permettano di seguire l'andamento dell'elemento, avendo però l'accortezza di mantenere la sovrapposizione delle parti tagliate che, allo scopo, possono essere fissate tra loro tramite graffette che ne impediscano il movimento ([fig. 12](#), [fig. 13](#)). Una volta sagomata e tagliata, si procede con la saldatura delle parti ([v. RCP09 - Riparazione mediante saldatura](#)). Con una spazzola metallica si puliscono accuratamente i lembi da saldare rendendo contemporaneamente scabra la superficie ([fig. 14](#)). In seguito, la stessa superficie è scaldata con un *cannello a gas* e, contemporaneamente, vi si applica la *stearina*, un prodotto disossidante che ha la funzione di preparare la superficie alla saldatura eliminando ogni impurità che impedirebbe la perfetta adesione del metallo di riporto. Si procede, infine, a fondere una barretta composta di una lega di stagno e piombo sul giunto da sigillare ([fig. 15](#), [fig. 16](#)). Lo stagno, avendo un punto di fusione più basso del piombo assicura che questo non fonda durante la saldatura. Il lattoniere procederà infine a "spalmare" lo stagno, ancora malleabile, con un foglio di carta ripiegato ([fig. 17](#)).

Se la copertina è molto grande o è disposta in un punto dell'edificio sottoposto a sollecitazioni ventose, si può procedere ad ancorarla con tasselli chiodati, oltre che al muro, anche all'elemento coperto. In questo caso, la testa dei chiodi sarà a sua volta ricoperta da un rettangolo di piombo saldato alla lastra principale, in modo che non siano possibili punti d'infiltrazione dell'acqua laddove il chiodo fora la lastra ([fig. 18](#), [fig. 19](#)). Come ultima operazione, è necessario risarcire lo scasso effettuato nel muro per l'alloggiamento della copertina, tramite una stuccatura accurata e avendo l'accortezza di rifinirla a sguscio per impedire il ristagno dell'acqua.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Una possibile variante per la protezione di oggetti, in special modo marcapiani e piccole tettoie, è l'utilizzo di coppi o coppi ed embrici, in luogo delle copertine. Questi sono disposti nel medesimo

modo in cui si procede per un vero e proprio manto di copertura (v. MNT 06 - *Manutenzione di tetti e coperture*).

Una variante adottata per la protezione di muretti d'attico è, invece, la posa di un filare di mattoni di taglio, come strato di sacrificio.

Il piombo è un ottimo materiale per impermeabilizzare ed è facilmente lavorabile, inoltre non subisce danni dovuti alla corrosione, ma è possibile che si laceri a causa delle dilatazioni e contrazioni che subisce nel tempo. È dunque opportuno controllare periodicamente lo stato di conservazione di scossaline e copertine realizzate con questo materiale. Se sono presenti strappi o vere e proprie mancanze di parti di lastre, è possibile rimediare usando speciali nastri adesivi oppure riparando direttamente il piombo tramite sostituzioni di piccole parti o con saldature.

È inoltre necessario controllare i punti in cui scossaline e copertine sia di pietra sia di metallo si ancorano al muro e procedere, quando necessario, alla rabboccatura della malta di sigillatura.

Se si presenta la necessità di sostituire una copertina in pietra fratturata si procede rimuovendo con cura la lastra oramai inutilizzabile, evitando di danneggiare quelle vicine e inserendo al suo posto una nuova lastra. È possibile procedere al taglio della lastra direttamente in cantiere adattandola alla forma e alle dimensioni adeguate. Usando una punta tagliente s'inciderà sulla lastra la sagoma che si vuole ottenere e, posando la lastra a sbalzo su un piano, si spaccherà in corrispondenza del segno inciso, usando una cazzuola. In alternativa è possibile usare seghe elettriche.

Anche le copertine di pietra possono subire deterioramenti e, perdendo la loro conformazione originaria, perdere anche la funzione protettiva. In questo caso, invece di procedere alla sostituzione delle lastre, operazione traumatica perché si tratta di agire su elementi murati, è possibile coprirle a loro volta con altre copertine di piombo. In questo modo si ristabilirà la funzione protettiva delle copertine senza alterare i materiali costitutivi dell'edificio (fig. 20, fig. 21).

#### **ESPERIENZE**

L'uso di accorgimenti di questo tipo per proteggere sporti e aggetti è abbastanza comune nei lavori di restauro e dunque diffuso e generalizzato. Particolare importanza tuttavia è stata attribuita a questo tipo di presidi nei lavori di restauro (ultimati nel giugno del 2001) che hanno interessato i palazzi monumentali Bianco, Rosso e Tursi in Via Garibaldi a Genova. Palazzo Carignano, Torino, 2004-06.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Bartolini C. 2001, p. 66; Jackson A., Day D. 2001.



Figura 1 • Cornice marcadavanzale in stucco. La mancata riparazione o sostituzione della copertina di ardesia, posta a protezione della cornice, ha consentito alle acque meteoriche di compromettere l'integrità del rivestimento in stucco e del supporto in mattoni.



Figura 2 • Protezione dei giunti di una copertina in lastre di ardesia con fogli di piombo.



Figura 3 • Protezione di un capitello incompiuto sovrapponendo all'abaco una lastra di ardesia.



Figura 4 • Protezione dei giunti di una copertina in lastre di ardesia con altre lastre del medesimo materiale.



Figura 5 • Rimozione delle copertine in ardesia irrecuperabili e preparazione dello scasso, per accogliere le nuove.



Figura 6 . Torino, Palazzo Carignano, particolare delle copertine di piombo a protezione degli elementi sporgenti della facciata di (NAP).



Figura 7 • Lamina di piombo in rotoli.



Figura 8 • Lattoniere durante la posa in opera di copertine in piombo a protezione dell'estradosso della cornice di un timpano polilineo.





Figura 9 • Ribattitura del foglio di piombo mediante due assicelle di legno.



Figura 10 • Dettaglio dell'operazione di ribattitura del foglio di piombo.



Figura 11 • Incisione della traccia necessaria all'esecuzione del taglio del materiale in eccesso.



Figura 12 • Taglio con cesoie del materiale in eccesso.

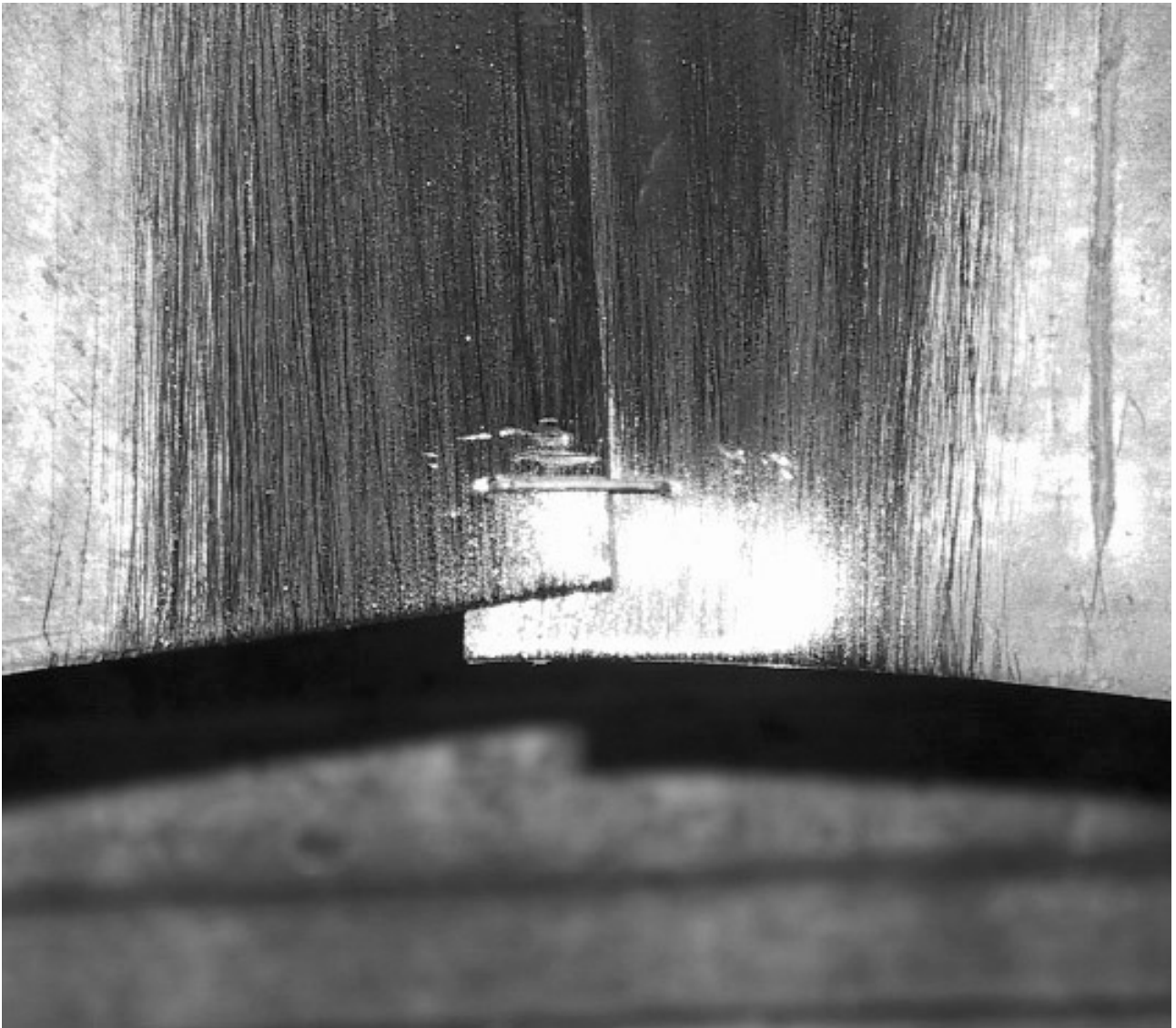


Figura 13 • Graffettatura dei lembi da saldare.



Figura 14 • Pulitura, mediante spazzola metallica, dei giunti da saldare.



Figura 15 • Riscaldamento dei lembi da saldare e preparazione delle superfici con applicazione di stearina.



Figura 16 • Saldatura con cannello di stagno.



Figura 17 • Distribuzione dello stagno fuso con un foglio di carta ripiegato.



Figura 18 • Fissaggio di un foglio di piombo di grandi dimensioni con viti a espansione.





Figura 19 • Rivestimento delle teste delle viti a espansione e relative rondelle, con dischetti in lamina di piombo saldati, per evitare possibili infiltrazioni d'acqua.



Figura 20 • Protezione di un capitello in stucco ottenuta tramite rivestimento dell'abaco con una lamina di piombo.



Figura 21 • Protezione di un elemento figurativo in stucco per mezzo di una copertina di piombo.

**Sommario**
PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE
CAMPI DI APPLICAZIONE
APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE
ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI
NORMATIVA DI RIFERIMENTO
ESPERIENZE
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI
**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

I sistemi di protezione del legno sono prevalentemente basati sull'applicazione, secondo procedure diverse, di uno o più strati di prodotti liquidi che, creando un film superficiale, ne occludono la porosità, riducono la possibilità di assorbimento da parte della superficie del legno di sostanze estranee, contengono l'azione degli agenti atmosferici (luce, calore, umidità ecc.) e degli attacchi biologici (muffe, funghi).

I prodotti e i sistemi utilizzati per la protezione della superficie di un manufatto ligneo variano con il tipo di oggetto, la sua destinazione d'uso e la sua localizzazione (all'esterno o all'interno): ad esempio, nei manufatti di pregio, in genere destinati ad ambienti posti al riparo dagli agenti atmosferici, si impiegano le finiture a gommalacca, a cera o a olio, mentre per gli oggetti d'uso più comune e posti in esterno, come i serramenti, si realizzano protezioni più resistenti, a base di prodotti vernicianti ottenuti con resine, oli siccativi, e solventi, soli o integrati con pigmenti, cariche, additivi. Recentemente, le pitture a base di olio di lino e le finiture a cera, a olio e a gommalacca – quest'ultima è un tipo di vernice detta comunemente "a spirito" – sono state in parte sostituite con altre, più speditive nell'applicazione, che utilizzano prodotti di origine sintetica, richiedono una manutenzione meno assidua e si ritiene siano più resistenti agli agenti aggressivi ambientali e all'usura. Tra i prodotti vernicianti più utilizzati vi sono quelli a base d'acqua che offrono il vantaggio di eliminare le emissioni di solvente in fase di stesura e di essiccazione, evitando i rischi di intossicazione degli operatori e contribuendo a ridurre l'inquinamento dell'ambiente. Attualmente, però, si assiste a un ritorno sul mercato di prodotti a base di leganti non di sintesi, quali le resine e gli oli siccativi di origine naturale, i quali offrono il vantaggio di una ridotta nocività rispetto alle vernici sintetiche, ma presentano alcuni limiti, quali, ad esempio, tempi di essiccazione più lunghi, perdita della brillantezza nel tempo e maggiore propensione alla formazione di muffe o funghi.

In questa sede si descrive il procedimento della protezione mediante stesura a pennello, di prodotti vernicianti come appunto, *vernici, smalti, pitture o impregnanti*.

Ciascuno di tali termini designa sostanze protettive diverse. Infatti, per vernice si intende un prodotto fluido, a base di oli siccativi, di resine naturali o sintetiche e di solventi che, dopo l'essiccazione, dà origine a pellicole continue e trasparenti. Attualmente sono impiegati diversi tipi di vernici, come quelle acriliche, alla nitrocellulosa, al cloro-caucciù, o quelle a base di resine poliesteri e poliuretatiche, particolarmente resistenti e quindi indicate per la protezione dei pavimenti e dei serramenti. Con il termine smalto si definisce invece un prodotto, sempre a base di oli siccativi e di resine (oggi sono particolarmente diffusi gli smalti oleosintetici, quelli a base di resine alchidiche modificate e quelli a base di resine epossidiche), nel quale sono dispersi pigmenti, di natura minerale, ma oggi soprattutto di origine organica (talvolta addizionati con cariche), che rendono opaca alla luce la superficie su cui il prodotto è steso; infine, per impregnante si intende un prodotto che non forma alcuna pellicola sulla superficie su cui è applicato; tra gli impregnanti più utilizzati si trovano gli antifungo/antimuffa, e quelli intumescenti.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La protezione mediante verniciatura o smaltatura può essere realizzata su quasi tutti i manufatti lignei. In genere essa costituisce un'operazione manutentiva che deve essere ripetuta ciclicamente per assicurare la protezione effettiva dei manufatti e, quindi, la loro durata.

Variando il tipo di manufatto, la sua funzione e la sua abituale collocazione, occorre scegliere il tipo più adatto di finitura o di trattamento protettivo.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Prima di procedere all'applicazione dello strato protettivo, si provvede alla rimozione dei residui degli strati di vernice ancora presenti sull'oggetto, con i sistemi più consoni al suo stato di conservazione (mediante carteggiatura, con l'ausilio di una spatola, mediante sverniciatore chimico o con lavaggi con soda solvay, oppure utilizzando una pistola termica o una levigatrice, vedi scheda ...). Mediante spazzolatura si rimuovono i residui ancora parzialmente aderenti e la polvere prodotta con la sverniciatura e si rifinisce la pulitura ad umido, con acqua o con solvente adatto, per eliminare tutte le tracce pulverulente che ostacolerebbero l'adesione dello strato protettivo. Non sempre è necessario rimuovere integralmente gli strati di smalto o vernice, spesso è sufficiente eliminare le parti degradate, sollevate o distaccate e procedere alla carteggiatura superficiale delle parti di pellicola che si intende mantenere, per rimuovere eventuali frazioni non bene aderenti, regolarizzare e rendere scabra la superficie migliorando l'adesione del nuovo strato di vernice o smalto.

Generalmente, le riparazioni, i consolidamenti, le integrazioni di mancanze o le sostituzioni di porzioni ammalorate devono essere eseguite prima di procedere alla protezione della superficie del manufatto. Analogamente, eventuali fessure, cavillature, fori, mancanze o nodi devono essere preliminarmente stuccati, così da eliminare o attenuare le discontinuità superficiali dell'oggetto.

La sequenza esecutiva del trattamento è riassumibile come segue:

- 1) Prima di procedere alla verniciatura, si esegue una spazzolatura e si passa uno straccio inumidito, con acqua o solventi, per eliminare ogni traccia di polvere;
- 2) quindi, ove necessario, si stendono una o più mani di prodotto impregnante antimuffa, valutando le caratteristiche dell'ambiente in cui è inserito il manufatto e il livello di protezione dagli agenti biologici che si vuole ottenere;
- 3) si passa, quindi, alla vera e propria verniciatura, applicando almeno tre strati di prodotto verniciante, con diluizioni di volta in volta minori, fino a che si stende l'ultima mano di vernice pura; nel caso si scelga il sistema a pennello, questo, costituito da setole morbide e compatte, va intinto solo a metà nel prodotto verniciante e va steso seguendo sempre la stessa direzione, evitando incroci;
- 4) prima di passare alla stesura della seconda mano, occorre attendere che la prima sia perfettamente asciugata, quindi se ne carteggia la superficie con carta abrasiva molto fine, si spazzola per rimuovere la polvere prodotta e si stende il secondo strato, proseguendo nello stesso modo per il terzo strato;
- 5) nel caso si realizzi un intervento su un legno rimasto per molto tempo privo di protezione superficiale, può essere necessario realizzare un'impregnazione con olio di lino, prima di procedere alla verniciatura (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per quanto è possibile ed economicamente sostenibile, è sempre preferibile realizzare manualmente le operazioni preliminari di raschiatura delle vecchie vernici, perché si può controllare meglio l'azione degli abrasivi o dei solventi e ridurre le possibilità di danneggiare la superficie del legno.

Le condizioni climatiche nelle quali si esegue un ciclo di protezione mediante applicazione di vernici o smalti hanno una notevole influenza sulla buona riuscita del trattamento ed è opportuno prestarvi attenzione quando ci si accinge alla realizzazione della verniciatura. Le condizioni termoisometriche più favorevoli sono caratterizzate da temperature comprese tra i 5 e i 25 °C e da umidità relativa inferiore al 60-70%, in assenza di ventilazione. Temperature inferiori rendono difficoltosa la stesura della pittura, dando luogo a film discontinui; temperature superiori rendono i prodotti troppo fluidi, e perciò in fase di stesura si possono formare pellicole troppo sottili o di

spessore irregolare, che non garantiscono una protezione sufficiente; inoltre, possono accelerare l'evaporazione dei solventi e ridurre eccessivamente i tempi di essiccazione, provocando microcavillature nella pellicola di vernice.

La ventilazione causa problemi analoghi di essiccazione, mentre l'eccesso di umidità nell'aria aumenta troppo i tempi di asciugatura delle vernici e può causare fenomeni di "appannamento" della superficie trattata.

Per ogni ciclo di verniciatura eseguito sarebbe inoltre opportuno redigere una scheda che contenga i dati di identificazione del prodotto utilizzato, in modo da semplificare le operazioni successive di manutenzione del sistema protettivo, ad esempio rendendo possibile l'adozione di prodotti uguali o compatibili per le riprese della verniciatura.

Le normative vigenti in materia di contenimento dell'inquinamento ambientale hanno, a partire dal 2006 in Italia, fissato limiti al contenuto di composti organici volatili nelle pitture, vernici e smalti; a questo fine si vanno diffondendo viepiù le vernici all'acqua. Sotto sono riportate le principali leggi di riferimento in materia di sostanze pericolose.

### **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Normativa di riferimento riguardante le sostanze e i rifiuti pericolosi e inquinanti:

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose;

D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 Norme in materia ambientale, e s.m.i.

D.Lgs. 27 marzo 2006, n. 161 concernente la limitazione delle emissioni di composti organici volatili conseguenti all'uso di solventi in talune pitture e vernici, nonché in prodotti per la carrozzeria;

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Esistono poi, e sono in costante aggiornamento, numerose norme tecniche internazionali (ISO), europee (EN) e nazionali (UNI) riguardanti le caratteristiche degli smalti e delle vernici, i trattamenti preliminari da eseguire prima della loro applicazione, le modalità e i tipi di prove eseguibili per determinarne la corrispondenza agli standard stabiliti. Per maggiori informazioni al riguardo si suggerisce la consultazione dell'UNI, l'Ente Nazionale Italiano di Unificazione.

### **ESPERIENZE**

Numerosissimi sono gli interventi di manutenzione di manufatti lignei che prevedono la ripresa o il rifacimento della pellicola di protezione superficiale, tra questi si ricordano a titolo di esempio:

palazzo Rosso e palazzo Bianco, Genova, protezione dei serramenti con smalti oleosintetici, applicati a pennello;

battistero di Pistoia, protezione con impregnanti oleoresinosi del portone principale.

### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Anvides (a cura di) s. d.

Bauce L. 2001

Boaga G. (a cura di) 1998;

De Vita M., Gurrieri F., Suppressa A., 2000

Leone R., 2001

Carraro E., *I colori del Settecento. Il restauro di Villa Sanchioli ad Abbiategrasso*, in "Recuperare l'Edilizia", 2001, n. 21, pp. 31-37



Figura 1 • Carteggiatura meccanica.



Figura 2 • Stesura a pennello del fondo.



Figura 3 • Stuccatura.



Figura 4 • Pulitura con raschietto.



Figura 5 • Spolveratura con pennellata dopo la seconda carteggiatura.



Figura 6 • Asciugatura dopo l'applicazione degli strati di coloritura.

<b>PTZ 17</b>	<b>PROTEZIONE MEDIANTE INSERIMENTO DI VETRATE ESTERNE</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La tecnica di protezione delle vetrate storiche mediante l'inserimento di un pannello vetrato sul lato esterno di quella antica, si basa sul principio di creare una barriera protettiva che consenta di controllare i fattori microclimatici nell'immediato intorno della vetrata stessa e la protegga dall'azione diretta degli agenti atmosferici. La vetrata isotermica prende il suo nome dal fatto che il vetro antico, protetto dal nuovo pannello vetrato, resta alla temperatura dell'aria interna dell'edificio.

La protezione mediante controvetrate esterne è una tecnica storicamente molto utilizzata: i primi esempi di tale modo di operare si trovano già nel XVIII secolo in Gran Bretagna.

La prima vetrata isotermica moderna è stata applicata nel 1950 alla cattedrale di Berna.

La realizzazione di una vetrata isotermica, consiste essenzialmente nel sistemare il telaio della vetrata di protezione nella posizione occupata da quella antica, che è quindi spostata di alcuni centimetri verso l'interno dell'edificio su nuovi telai portanti. Questi nuovi telai metallici, non essendo aderenti al muro, permettono che l'aria dell'interno dell'edificio circoli intorno a entrambe le facce della vetrata antica.

Lo spazio esistente tra le due intelaiature forma un'intercapedine, all'interno della quale, attraverso fori predisposti opportunamente, circola un flusso d'aria che rende possibile il controllo del microclima interno dell'intercapedine stessa.

La vetrata di protezione, in base alle proprie caratteristiche isolanti, influisce sulla variazione di temperatura della vetrata antica, sulla velocità del flusso di circolazione dell'aria e sul microclima dell'intercapedine, influenzato a sua volta dal clima esterno e interno dell'edificio nelle zone circostanti l'apertura.

Tale sistema di protezione riduce in alcuni casi il pericolo di danni irreversibili alle vetrate, modificando solo lievemente l'aspetto dell'edificio; cambia, infatti, di poco lo spessore visibile dei muri interni e non cambia la percezione dello spessore dei muri esterni, particolare che, diversamente, potrebbe creare un'impressione di assottigliamento della muratura.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica si applica in tutti i casi in cui si voglia proteggere una vetrata antica dai danni che gli agenti atmosferici possono arrecarle, con grave pregiudizio per la conservazione della sua parte strutturale e delle superfici decorate.

La pressione differenziale esercitata dal vento sulla superficie esterna della vetrata, l'umidità dell'aria e le piogge, le escursioni termiche dovute all'esposizione ai raggi solari, i fenomeni di condensa sulla superficie stessa del vetro antico, gli agenti inquinanti e corrosivi presenti nell'aria e nel pulviscolo atmosferico sono i principali fenomeni di degrado che si vanno a eliminare con l'inserimento delle controvetrate.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'inserimento delle vetrate isotermiche deve essere accuratamente progettato caso per caso, considerando che per il loro corretto funzionamento occorrerà tenere presenti numerosi fattori locali quali clima, latitudine, escursioni termiche giornaliere, orientamento dell'edificio, e fattori generali come i limiti imposti dalle architetture, la stabilità strutturale (la nuova vetrata non dovrà gravare negativamente sulla solidità delle murature, attuando una corretta distribuzione dei carichi) fondamentali per un intervento corretto.



La realizzazione della controvetrata di protezione deve tenere conto di alcune variabili fondamentali, quali la dimensione dell'intercapedine e l'ampiezza dell'apertura. Da tali dimensioni dipenderanno la quantità e la velocità del flusso d'aria che vi cirolerà (in genere ad andamento ascensionale), in ragione anche della temperatura dell'aria e della dimensione dei fori di ingresso e d'uscita dell'aria stessa.

I materiali con i quali realizzare la vetrata isotermica dovranno essere scelti in modo che il sistema sia a tenuta d'aria esterna, resistente alle sollecitazioni meccaniche e il più possibile leggero per non influire negativamente sulla muratura ai margini delle aperture.

In particolare, si impiegherà un "vetro camera" termoisolante o un vetro stratificato antisfondamento, con le superfici rese opache mediante trattamento con acidi. Tali accorgimenti sono volti ad attuare un'adeguata protezione dalle radiazioni solari e ad attenuare l'effetto dannoso delle radiazioni U.V. e I.R. sul vetro antico.

Sono da evitare i vetri lucidi, perché all'esterno creano un effetto "specchio".

La realizzazione di una vetrata isotermica di protezione prevede, tra le operazioni preliminari alla sua messa in opera, alcune azioni molto invasive per il manufatto. Tra queste vi è, infatti, la rimozione dalla sua sede e lo smontaggio del telaio di supporto.

L'operazione, data la delicatezza e la cura con cui va trattato il materiale, deve essere eseguita da personale specializzato ed esperto, e operando con tutta la cautela necessaria: le operazioni di smontaggio creano sempre stress e spesso danni al materiale antico.

Se la vetrata è già provvista di un telaio che costituisce una struttura autonoma rispetto alle tessere vitree e ai piombi che le collegano (insieme formano gli antelli), l'operazione di smontaggio è relativamente semplice. Se, al contrario, gli "antelli" non sono provvisti di un'intelaiatura autonoma, dovranno essere rimossi solo se strettamente necessario, perché occorrerà smontarli uno per uno, asportando con cautela lo stucco che li lega ai profilati di piombo e la malta che trattiene la vetrata nell'apertura. Tale operazione deve avvenire con mezzi meccanici a rotazione, come ad esempio trapani e frese. Sono assolutamente da evitare gli strumenti a percussione, le cui vibrazioni possono causare la rottura delle tessere vitree.

Le difficoltà delle operazioni di smontaggio aumentano ovviamente con l'aumentare delle dimensioni degli antelli.

Dopo essere stati smontati, i pannelli devono essere collocati su una struttura di sostegno realizzata a tale scopo e collocata in cantiere o in laboratorio, oppure, se necessario, direttamente sui ponteggi. I ponteggi, se la vetrata è provvista di barre orizzontali di irrigidimento murate sul suo lato esterno, dovranno essere estesi anche a questo lato, per permettere il taglio dei fili di rame che legano le barre e i piombi dei vetri.

Nel caso in cui gli "antelli" debbano essere trasportati e siano provvisti di telai autonomi, è meglio che gli spostamenti avvengano in posizione verticale, per evitare le sollecitazioni indotte dal trasporto in orizzontale.

Gli "antelli" privi di telaio autonomo dovranno essere provvisti di una nuova intelaiatura, fissata a un telaio generale, che permetterà di eliminare le barre di sostegno orizzontali sostituendole con "bacchette" fissate al telaio stesso o, dove possibile, inglobate nei piombi di raccordo delle tessere. All'interno del foro-finestra libero, vanno quindi installati i nuovi profilati in cui alloggeranno la vetrata antica e quella nuova.

La nuova vetrata, tagliata e intelaiata in modo da seguire le principali linee esterne del disegno dell'antico pannello, sarà collocata con la sua intelaiatura nella sede già esistente.

La vetrata antica, arretrata all'interno di circa 5/10 cm, alloggerà in un "telaio d'appendimento" (Brivio, 1995), progettato caso per caso, che consenta la circolazione dell'aria.

Le vetrate isotermiche dovranno essere esternamente apribili come finestre, per permetterne facilmente la pulitura e l'ispezione.

Le aperture di aerazione presenti in corrispondenza della parte superiore e inferiore del nuovo telaio, provviste di un filtro antipolvere estraibile per la manutenzione, dovranno essere debitamente schermate onde evitare l'effetto "abbaglio" provocato dalla luce che può filtrare. La posizione e la dimensione delle aperture d'aerazione devono essere attentamente valutate in sede di progetto, e dovranno essere almeno due, poste una in alto e una in basso del nuovo telaio della vetrata antica.

La realizzazione di una vetrata isotermica deve portare al soddisfacimento di alcune necessità fondamentali: sull'interno e sull'esterno della vetrata antica non si deve formare condensa e non vi

devono essere variazioni di temperatura, o almeno l'oscillazione dei valori minimi e massimi delle temperature deve essere sempre compresa nell'intervallo più idoneo alla conservazione del manufatto. L'eventuale condensa, principale causa del degrado dei manufatti vitrei, deve formarsi solo sulla superficie della vetrata di protezione (fig. 1).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

In Inghilterra sono stati progettati sistemi strutturalmente simili alla vetrata isotermica, ma con aperture di ventilazione esterne, collocate sulla vetrata di protezione invece che su quella antica. Questa variante è definita EPG (*External Protective Glazing*) ed è stata utilizzata nel 1976 per le vetrate di York Minster (Corallini A., Bertuzzi V., 1994). Sulla base delle verifiche effettuate ad alcuni decenni dalla loro posa in opera, gli specialisti del settore ritengono che il sistema EPG sia particolarmente adatto al clima inglese, mentre il sistema isotermico è più idoneo per il clima dell'Europa centrale (Corallini A., Bertuzzi V., 1994).

Tra le varianti adottate nella realizzazione delle vetrate isotermiche vi è quella di mantenere nella sua sede la vetrata antica, spostando verso l'esterno quella protettiva. Tale sistemazione della controvetrata può però occultare parte delle modanature della finestra, alterando la percezione esterna dell'edificio.

Per diminuire l'effetto "ombra" che lo scheletro della controvetrata esercita sul disegno della vetrata interna è possibile inserire lastre di vetro opaco tra le due vetrate, all'interno dell'intercapedine, come diffusori di luminosità.

Questa tecnica non è indicata nei casi in cui l'esiguo spessore murario non permetta l'alloggiamento di due intelaiature, anche se alcuni accorgimenti possono rendere possibile l'inserimento di un unico telaio, che comprende altre due strutture di supporto. È inoltre sempre da tenere presente la difficoltà di smontaggio degli "antelli" delle vetrate sprovviste di telaio autonomo, che in certi casi potrebbe rivelarsi inopportuno e costituire un grave limite all'applicabilità della tecnica.

È da evitare l'applicazione di controvetrate poste a contatto della vetrata antica o sul suo stesso telaio. Le stuccature perimetrali, spesso degradate, lasciano infatti passare l'umidità nello spazio compreso tra i due vetri, innescano un fenomeno di condensa che danneggia la vetrata antica e crea i presupposti per la formazione, tra i due telai, di macchie, depositi e incrostazioni, con notevole danno per l'opera. A questo si aggiunga che i piombi del vetro di protezione, se posti a contatto della vetrata antica, possono essere causa di una corrosione che segue il disegno delle impiombature del vetro di nuovo inserimento.

#### **ESPERIENZE**

##### *Vetrate di protezione*

Byram Hall, nello Yorkshire, vetraio William Peckit, XVIII secolo.

Audley End a Essex in Gran Bretagna, 1782.

S. Domenico a Perugia, vetrata absidale (Studio Moretti-Caselli), metà dell'Ottocento.

S. Lorenzo a Perugia, vetrata di S. Bernardino (Studio Moretti-Caselli), metà dell'Ottocento.

Duomo di Orvieto (Studio Moretti-Caselli), metà dell'Ottocento.

Duomo di York, vetrata delle Cinque Sorelle, 1860.

York Minster, 1861.

Duomo di Prato, 1872.

Chiesa di Lindena in Germania, 1897.

Chiesa di S. Francesco a Bologna (dopo gli anni venti).

Basilica di S. Francesco ad Assisi (circa anni cinquanta).

##### *Vetrate di protezione isotermiche*

Cattedrale di Canterbury, Gran Bretagna, 1977-89.

S. Giovanni in Monte, Bologna, 1983.

Basilica di S. Francesco, Arezzo, Occhio del Marcillat, 1989.

Chiese inglesi di Fairford e Gloucester, Gran Bretagna, 1990.

Cattedrale di Münster, finestra nord, "Marienfeld", 1993.  
 Cattedrale di Lincoln, Gran Bretagna, finestre del transetto nord, 1994.  
 Cattedrale di Exeter, Gran Bretagna, finestre est, "King Edward", 1994.

*Vetrare di protezione EPG*

York Minster, Gran Bretagna, finestra della Chapter House, 1976-78.  
 Cattedrale di Canterbury, Gran Bretagna, 1977-89.

Perugia, duomo; Orvieto, cattedrale

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1987, *Il restauro...*; AA.VV. 1991, *Vetrare...*; AA.VV. 2000, *Vitrum...*; Brivio E. 1981; Brivio E. 1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994; Pizzi A. 1991.

Funaro G. e Rivelli R., *Il restauro della vetrata di Giovanni di Bonino della Cattedrale di Orvieto*, 1992.

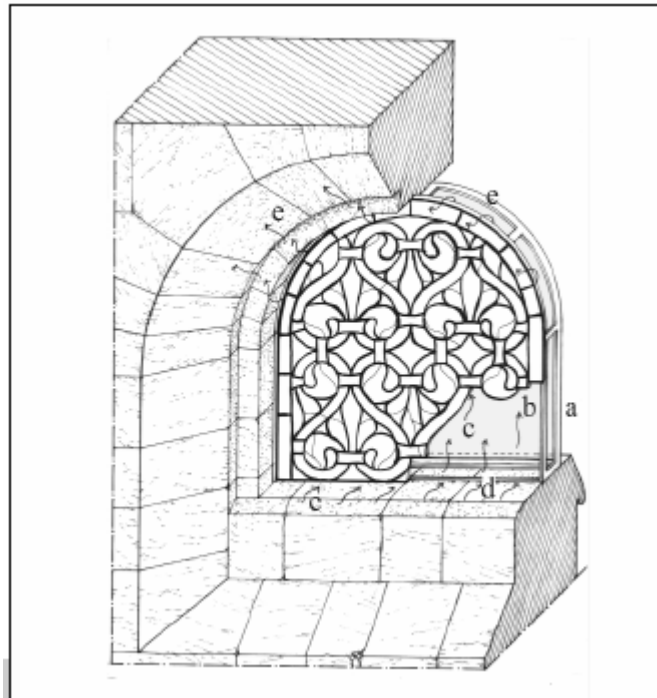


Figura 1 • Protezione di una vetrata storica mediante l'inserimento di un pannello vetrato sul lato esterno di quella antica. Il telaio della vetrata di protezione (a) è posto nella posizione occupata da quella antica, che è spostata di alcuni centimetri verso l'interno dell'edificio su nuovi telai portanti (b).

Lo spazio esistente tra le due intelaiature forma un'intercapedine (c), all'interno della quale, attraverso fori predisposti opportunamente (d), circola un flusso d'aria (e) che rende possibile il controllo del microclima interno dell'intercapedine stessa. Il vetro antico, protetto dal nuovo pannello vetrato, resta alla temperatura dell'aria interna dell'edificio.

(CAF)

# PTZ18 | PROTEZIONE DEI VETRI CON ETROPOLISILOSSANI

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Il principale scopo di questa tecnica è preservare il materiale vetroso dagli attacchi degli agenti atmosferici e dell'inquinamento, applicando un sottile strato di materiale di copertura sulla superficie delle lastre, in grado di ostacolare i processi di degrado (carbonatazione, solfatazione ecc.) dovuti all'attacco delle sostanze corrosive presenti nell'aria, e dell'umidità.

Gli eteropolisilossani, addizionati a prodotti acrilici e solventi, possono essere applicati su vetro agendo da protettivo. Tali sostanze hanno caratteristiche che le rendono particolarmente adatte a svolgere una funzione protettiva, in quanto presentano una buona adesione al supporto, permeabilità all'acqua, una discreta facilità d'applicazione e, in ultimo, si possono considerare reversibili.

Ogni caratteristica è una conseguenza della composizione chimica degli eteropolisilossani, che sono composti da: gruppi silicei in grado di creare legami reattivi con gli omologhi gruppi silicei del vetro; gruppi ionici che agiscono con i gruppi polari presenti nei prodotti di corrosione; gruppi metilici e i fenoli che creano un effetto idrorepellente; silani bi funzionali che li rendono solubili mediante solventi organici e quindi rimovibili; composti acrilici che permettono di variare l'indice di rifrazione e le caratteristiche ottiche finali. A tali ingredienti vanno aggiunti pigmenti inorganici costituiti da "fiocchi" di mica o da piccole scaglie di vetro.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica si inserisce nel filone più generale della protezione delle vetrate artistiche, sia storiche sia moderne, mediante l'applicazione di resine. Nel caso di vetrate antiche, lo strato protettivo si applica sul lato esterno delle tessere vitree, quello sul quale non è applicata la grisaglia e che si trova a diretto contatto con gli agenti atmosferici e le sostanze inquinanti dell'aria.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'applicazione avviene mediante la stesura di tre strati di prodotto.

Il primo strato svolge la funzione di livellare le asperità del vetro corroso e contiene un'elevata percentuale di eteropolisilossani che assicurano una buona adesione al vetro e ai prodotti di alterazione, formando uno strato elastico che riduce le possibilità di stress del vetro dovuto ai differenti coefficienti di dilatazione del supporto rispetto allo strato protettivo.

Il secondo strato agisce come primo strato protettivo. Le particelle inorganiche di pigmento a scaglie piatte, incorporate al fluido, sovrapponendosi l'una all'altra, formano una barriera contro l'acqua e gli agenti inquinanti. "L'indice di rifrazione del composto base è corretto tenendo conto di quello dei pigmenti (di solito miche e scaglie di vetro) tramite l'aggiunta di specifici acrilati" (Fuchs D. R., Schmidt H., 1988).

Il terzo e ultimo strato è composto esclusivamente di acrilati e di sostanze antiossidanti, oltre che resistenti ai raggi U.V., e ne impediscono l'ingiallimento. Quest'ultimo strato per la sua composizione ha una bassa tendenza ad attirare polveri e sporco e incrementa la resistenza del rivestimento all'abrasione.

Esistono due tecniche principali di applicazione del prodotto.

Se il composto contiene pigmenti sotto forma di "fiocchi" di mica, questi vanno mischiati direttamente al fluido che sarà applicato con pistola a spruzzo rotante.

Quando invece i pigmenti sono aggiunti sotto forma di scaglie di vetro, l'applicazione del liquido è eseguita a pennello, mentre il pigmento è distribuito manualmente sulla superficie trattata in precedenza.

In entrambi i casi il primo e l'ultimo strato devono essere applicati facendo uso di una pistola a spruzzo o di un pennello.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Se l'oggetto si presenta in condizioni critiche di conservazione l'applicazione degli strati di eteropolisilossano dovrebbe essere completamente manuale e adattata alle esigenze specifiche dell'oggetto.

La tecnica è ancora allo stato sperimentale, non è consolidata da un sufficiente numero di applicazioni e non ne conosciamo, di conseguenza, i risultati nel lungo periodo.

#### **ESPERIENZE**

Test effettuati su tessere vitree del XII, XIV, XV secolo, provenienti dalla cattedrale di York Minster.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1987, *Il restauro...*; AA.VV. 1991, *Vetrate...*; AA.VV. 2000, *Vitrum...*; Brivio E. 1981; Brivio E.

1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994; Pizzi A. 1991.

(ROM)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il principale scopo di questa tecnica è di preservare il vetro dagli attacchi degli agenti atmosferici e dell'inquinamento, applicandovi un sottile strato di materiale di copertura in grado di ostacolare i processi di degrado dovuti all'attacco dell'umidità e delle sostanze corrosive presenti nell'aria.

Dal momento che il vetro alterato è igroscopico, il trattamento protettivo con resina crea una sorta di barriera tra la sua superficie e l'aria, diminuendo l'assorbimento di umidità.

I trattamenti protettivi con resine delle vetrate soggette a corrosione sono generalmente realizzati a completamento degli interventi di restauro, e sono spesso suggeriti come alternativa all'inserimento di vetrate di protezione esterne, più costose e con maggiore impatto visivo.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La protezione mediante resine si adotta negli interventi di conservazione di tessere vitree e vetrate esposte o interessate da fenomeni di degradazione causati dall'aggressione delle sostanze inquinanti dell'atmosfera e, in particolare, nei vetri interessati da aumento dell'igroscopicità, corrosione superficiale e simili.

Nel caso di vetrate antiche, lo strato protettivo si applica alla faccia esterna, priva di grisaglia, delle tessere vitree, vale a dire sulle superfici che si trovano a diretto contatto con gli agenti atmosferici e le sostanze inquinanti dell'aria.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Le resine vanno applicate sul materiale vitreo in strati molto sottili, dopo aver provveduto a tutte le necessarie opere di pulitura e consolidamento. Si consigliano due mani di resina.

Alcuni autori consigliano di portare il vetro a 60-80 °C prima di procedere all'applicazione della resina.

L'applicazione della resina, sciolta in un solvente in percentuale variabile, secondo la necessità di ottenere una minore o maggiore fluidità del composto da applicare, deve avvenire mediante stesura a pennello di due strati sovrapposti.

I principali prodotti utilizzati sono le resine acriliche e quelle poliuretatiche. Le prime possono essere mescolate con prodotti silicici e diluite (di solito al 5%) in nitro o tricloreto.

Simili trattamenti contribuiscono a "riconferire una buona trasparenza al vetro, senza operare rilucidature più o meno drastiche con prodotti abrasivi" (A. Corallini, V. Bertuzzi, 1988).

Diluizioni del materiale in solventi scarsamente volatili permettono di ottenere una maggiore penetrazione e quindi anche un effetto consolidante.

Le resine poliuretatiche, a volte mescolate con un indurente, possono essere diluite in acetato di etile.

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Alcuni tipi di resina epossidica, bicomponente, ossia composta dalla resina e da un indurente, diluita al 10% in acetone, possono essere adoperate come protettivi del vetro. Tali resine, però, presentano alcune controindicazioni dovute alla loro rigidità e a una certa tendenza all'ingiallimento.

Tra i prodotti alternativi alle resine acriliche e poliuretatiche, si può ricordare una sostanza sintetica, denominata eteropolisilossano che, addizionata a prodotti acrilici e solventi, può essere applicata sul vetro come protettivo. Si tratta di una sostanza formulata appositamente per la

protezione delle vetrate antiche. Ha caratteristiche positive per la conservazione in quanto ha un alto effetto protettivo, una buona adesione al supporto vetroso, una discreta facilità di applicazione e versatilità applicativa e, in ultimo, si può considerare reversibile (v. PTZ18 - Protezione dei vetri con eteropolisilossani).

Ricordiamo, infine, la gelatina idrofobica e tissotropica presentata da Mills (A. A. Mills, 1987) e la sospensione colloidale di biossido di silicio e biossido di titanio in soluzione organica.

Quest'ultima sostanza è stata sperimentata come protettivo anticorrosione nelle vetrate istoriate del duomo di Colonia. Con essa si forma sulla superficie uno strato sottilissimo (0,005 mm) di materia trasparente che ricalca fedelmente le irregolarità naturali del vetro antico. Applicando il prodotto con strati più spessi si produce un effetto di livellamento delle asperità.

L'impiego di resine poliuretatiche crea alcuni inconvenienti dovuti alla natura stessa del materiale. Queste resine, infatti, sono permeabili all'acqua e all'anidride solforosa che spesso provocano reazioni di alterazione sotto lo strato protettivo. Sono inoltre sensibili alle variazioni di temperatura provocate dall'irraggiamento solare; in estate, soprattutto se la vetrata trattata si trova su una parete esposta al sole, il materiale si riscalda e diventa morbido come una gomma. In queste condizioni, polveri e particolato atmosferico depositatisi sulla superficie del vetro trattato con la resina, sono catturati e incorporati allo strato di copertura, annerendolo e attenuandone la trasparenza. Quando poi la temperatura si abbassa e la resina riacquista la sua consistenza dura e vetrosa, le polveri intrappolate al suo interno rimangono bloccate e nessun tipo di lavaggio in acqua riesce ad asportarle.

La protezione mediante resine crea inoltre notevoli problemi nei punti di giunzione tra il vetro il profilo di piombo nel quale alloggia e lo stucco che li unisce. In tali punti, dove difficilmente la resina riesce ad aderire perfettamente ai bordi della tessera vitrea, si possono verificare fenomeni molto pericolosi di ristagno dell'umidità al di sotto dello strato protettivo.

Va infine segnalato che numerosi studiosi e restauratori sconsigliano l'applicazione di resine e materiali protettivi sulla superficie dei manufatti restaurati, in quanto le verifiche dei restauri eseguiti in passato hanno evidenziato notevoli problemi e controindicazioni: non solo le resine hanno coefficiente di dilatazione termica maggiore di quello del vetro (il che produce tensioni differenziali sulla faccia delle tessere e il rischio di fratture), ma alcune di esse si sono pure rivelate tossiche.

#### **ESPERIENZE**

Vetrate della cattedrale di Chartres, 1976.

Vetrata di S. Giovanni in Monte, Bologna, 1983.

Vetrata di Giovanni Bonino della Galleria nazionale dell'Umbria, 1987.

Vetrate del duomo di Milano, 1995.

Vetrate del duomo di Colonia.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

AA.VV. 1987, *Il restauro...*; AA.VV. 1991, *Vetrate...*; AA. VV. 2000, *Vitrum...*; Brivio E. 1981; Brivio E. 1995; Corallini A., Bertuzzi V. 1994; Pizzi A. 1991.

Fiori C., Vandini M. e Casagrande F., *L'integrazione delle lacune nel restauro dei mosaici*, Bologna, 2004.

## MANUTENZIONE E RESTAURO

Il concetto di manutenzione applicato al restauro si è nel tempo prestato a numerose definizioni mutate spesso dal campo industriale e tecnico-impiantistico.

I dizionari definiscono la *manutenzione* come “il complesso delle operazioni necessarie a conservare la conveniente funzionalità ed efficienza [...]” di qualcosa. Si configura, così, un primo aspetto del problema: la manutenzione non è un’operazione semplice, elementare, ma implica un *complesso di azioni* diverse. Qual è il rapporto tra *conservazione* ed *efficienza* nel campo del restauro architettonico?

Il termine, dal latino medievale *manutentio-onis*, derivato di *manu tenere* “*mantenere*”<sup>1</sup>, apre l’orizzonte dei significati e arricchisce gli spunti di riflessione, poiché emerge il rapporto tra la nozione di *conservazione*, intesa anche come “tenere una cosa in modo che duri a lungo” (cioè *mantenere*) e l’idea di convenienza, vantaggio.

Se dalle definizioni generiche si passa al significato che il concetto di “manutenzione” ha assunto nel campo dell’architettura e in particolare in quello del restauro, allora la parola si arricchisce di contenuto semantico per assumere il senso di una cura costante del costruito e indicare il complesso degli atti necessari a rallentare e impedirne il decadimento, conservandone non soltanto l’efficienza, ma anche il messaggio di cultura che custodisce e trasmette.

Tuttavia, nel pensiero comune, i presupposti per l’attuazione della manutenzione sembrano essere, oltre all’assiduità, soprattutto l’esistenza di uno stato di “efficienza” da conservare. Ciò comporterebbe che la manutenzione si possa attuare su manufatti “funzionanti”, in altre parole su oggetti le cui componenti siano in buono stato di conservazione e soddisfino ancora, almeno in parte, le esigenze per le quali sono stati progettati, e che si trovino ancora in uno stato di “quasi-equilibrio”<sup>2</sup> con l’ambiente che li circonda, oppure su edifici già passati attraverso un intervento, nei quali il “quasi-equilibrio” – che non sarà in ogni caso più quello precedente – è stato ristabilito.

Su tali presupposti, la manutenzione sarebbe costituita da un insieme di operazioni utili a rallentare e tenere sotto controllo i processi di usura e ad impedire che i manufatti raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di riparazione, se non la loro rimozione o sostituzione. Tale manutenzione preventiva può inoltre essere programmata, ossia ripetuta a intervalli di tempo prestabiliti. Oppure la manutenzione può essere attuata a guasto avvenuto o in stato di emergenza, in seguito ad avarie non previste, ed è volta a riportare un manufatto nello stato in cui possa svolgere la funzione richiesta.

La manutenzione andrebbe inoltre considerata, in analogia con quanto avviene in campo industriale, come una prassi, ossia come un insieme di comportamenti frutto di una consuetudine consolidata, finalizzata a mantenere o ristabilire il livello di efficienza e di prestazioni delle componenti di un edificio entro valori determinati, in modo che il loro invecchiamento sia complessivamente equilibrato. Per inciso, occorre prendere atto che dal punto di vista operativo non sembrano esserci più la manodopera, i tempi e i mezzi, anche economici, per praticare le operazioni minute e ripetitive che consentivano di fare della manutenzione una pratica consolidata, così come avveniva in epoca preindustriale e fino ai primi decenni del Novecento.

Andrebbe anche considerato il grado d’invasività concesso alla manutenzione, almeno a quella cosiddetta ordinaria, per definirne i limiti rispetto a interventi più radicali che comportano rifacimenti o sostituzioni più o meno estese.

Così, il concetto di “manutenzione” ha assunto, in architettura e nel restauro, un “connotato di limitata incisività, quasi di innocuità, benché sotto tale etichetta passi poi di tutto, e talvolta la si identifichi con la ciclica sostituzione dei componenti”<sup>3</sup>. La manutenzione è vista, infatti, come rimedio “leggero” atto a evitare l’intervento di restauro “pesante” come soluzione estrema, secondo una scala di valutazione esclusivamente quantitativa ed economica, mentre la ciclicità implicita al mantenimento dell’efficienza è spesso utilizzata nella prospettiva di mantenere una forma “originaria” riguadagnata a seguito di un intervento di restauro.



Talvolta la manutenzione è intesa come restauro senza pretese “artistiche”, tramite la periodica sostituzione dei materiali, soprattutto quelli tradizionalmente considerati di sacrificio, come ad esempio gli intonaci, nella convinzione di non intaccare la “autenticità” dell’opera, che risiederebbe nella sua immagine e non nella materia.

Da queste considerazioni emerge che la differenza concettuale tra le diverse accezioni di manutenzione sembra corrispondere alla distanza che separa nel dibattito disciplinare l’idea di “restauro” da quella di “conservazione”.

#### MANUTENZIONE E RESTAURO

Viollet-le-Duc alla voce *Restauration*<sup>4</sup> afferma che “restaurare un edificio non è mantenerlo, ripararlo o rifarlo, è ricondurlo in uno stato di completezza che può non essere mai esistito in un dato tempo”<sup>5</sup>, sottolineando che “mantenere” un edificio è cosa diversa dal restaurarlo.

Più recentemente, la Carta del Restauro del 1987 ha definito la manutenzione come “l’insieme degli atti programmaticamente ricorrenti rivolti a mantenere le cose di interesse culturale in condizioni di integrità e funzionalità, specialmente dopo che abbiano subito interventi eccezionali di conservazione e/o restauro”, ossia come un complesso di azioni atte a impedire il mutamento di oggetti ancora “integri”, oppure ritornati tali dopo un intervento “eccezionale”.

Il problema che emerge sembra essere l’individuazione delle differenze tra pratiche manutentive e restauro vero e proprio, oltre che del limite tra queste due azioni. In altre parole, la domanda è: dove finisce la manutenzione e inizia il restauro e quali sono le operazioni che le caratterizzano?

Per alcuni, la differenza sembra essere solo un problema quantitativo. Piero Sanpaolesi, ad esempio, nel *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*, afferma che “Si può fare soltanto una generica distinzione fra le opere di manutenzione e quelle di restauro riferendosi a un criterio quantitativo, giacché possono essere considerate opere di manutenzione quelle di ogni giorno, intese appunto a mantenere sistematicamente in efficienza e in condizioni di uso normale gli edifici monumentali che hanno già una destinazione e la conservano, ivi compresi i lavori di manutenzione straordinaria di qualche struttura, dei tetti, affissi, impianti vari ecc. e quelle similari che possono assumere entità di una certa portata tecnologica e dimensionale”<sup>6</sup>.

Per altri studiosi, oltre che di quantità, la manutenzione sembra essere anche un problema di tempi d’intervento. Essa diviene allora semplicemente un restauro differito nel tempo e trova la propria legittimazione nella logica della sistematica sostituzione delle parti, una per una, man mano che si degradano. I sostenitori di tale posizione vedono la manutenzione come grado minimo d’intervento, e cioè come momento nel quale non è ancora coinvolto il restauro come azione che può modificare radicalmente l’aspetto e la materia dell’edificio. L’intervento sui manufatti è visto, in questa prospettiva, come un paesaggio in “continua mutazione, continuamente esposto a trasformazioni di ogni genere [...] da parte di una collettività di addetti ai lavori che hanno tenuta ferma, almeno fino all’inizio di questo secolo e spesso fino alla metà di esso, la norma di non voler trasformare il lessico di base, alla ricerca di una concinnitas linguistica che era contemporaneamente omaggio alla convenzione linguistica tradizionale, e omaggio alle risorse tecniche, ai materiali, alla cultura materiale locale”<sup>7</sup>. L’intervento di manutenzione diviene così un restauro “diluito” nel tempo, che procede per piccole differenze. Va osservato, però, che tale prassi arriva a coinvolgere progressivamente e tacitamente l’intero edificio in una spirale di successive sostituzioni per parti, “[...] ognuna munita di un minimo scarto linguistico rispetto al contesto, frutto a sua volta degli scarti tecnologici, di risorse naturali e di caratteristiche della manualità che emergono volta a volta dalla storia locale per andare a costruire la storia generale”<sup>8</sup>. Il che, molto spesso, finisce per cambiarne i connotati.

#### MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE PROGRAMMATA

Per altri, la manutenzione sembra corrispondere e addirittura coincidere con una conservazione integrale, e già la Carta di Atene del 1931 costatava l’abbandono delle “restituzioni integrali in favore di manutenzioni regolari e permanenti atte ad assicurare la conservazione degli edifici”<sup>9</sup>.

Inoltre, per la Carta di Venezia, “La conservazione dei monumenti impone innanzitutto una manutenzione sistematica”<sup>10</sup>, dove per “manutenzione sistematica” si intende un’attività “complessiva, organica, applicata con uguale attenzione e unità di metodi ai singoli componenti e

non nel senso di ‘drastica’, radicale volta ad azzerare l’usura esercitata dal tempo sulla fabbrica e dunque insensatamente verso stravolgenti ripristini (sia materici che formali)<sup>11</sup>.

In tempi relativamente più vicini a noi, Giovanni Urbani nel suo *Piano pilota per la conservazione programmata dei beni culturali in Umbria* (1976), su questo tema anticipa molti dei temi disciplinari considerati oggi all’avanguardia, partendo dalla convinzione che gli edifici sono oggetti complessi da valutare in relazione all’ambiente che li circonda<sup>12</sup>. Tale visione presuppone di pensare alla manutenzione come a una serie programmata di interventi pianificati e attivati a partire da un rilevamento generale dei fattori di rischio. In questo senso negli ultimi anni la Regione Lombardia ha attivato alcune importanti attività di studio con l’istituzione del Polo Regionale della Carta del Rischio del patrimonio culturale e con la stesura delle linee guida per la Conservazione Preventiva e Programmata.

La manutenzione diviene, allora, una strategia d’intervento che per la sua assiduità e programmabile periodicità consente la conservazione dello stato, anche materiale, in cui la fabbrica ci è pervenuta.

“Lo stesso progetto di conservazione si può ora ridefinire, più produttivamente, come sequenza di interventi mirati e come innesco di processi virtuosi, e non più come evento drastico, seguito dal mantenimento dell’equilibrio raggiunto. A questo punto il confine tra “manutenzione” e “conservazione” diviene assai incerto: in qualche modo non avrebbe più senso parlare di manutenzione, essendo le pratiche inerenti, e in particolare quello che abbiamo definito come il presupposto imperativo della continuità della cura, null’altro che la estrinsecazione propria della Conservazione”<sup>13</sup>.

La posizione qui espressa arriva ad attribuire alle pratiche manutentive il valore e la consapevolezza di scelte che sono proprie del progetto di conservazione e a negare la pretesa innocuità della manutenzione, così come emerge, ad esempio, dalle categorie di intervento della l. 457/78<sup>14</sup>, dove, sotto questo termine, si nascondono le operazioni più distruttive e grossolane, che si consumano a scapito dei materiali più poveri e a ciclo di degrado più accelerato. Così, ad esempio, la manutenzione delle coperture equivale spesso allo smontaggio integrale delle orditure del tetto e alla loro sostituzione con nuovi elementi.

La legge, infatti, definisce:

- a) interventi di *manutenzione ordinaria*, quelli che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie a integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti;
- b) interventi di *manutenzione straordinaria*, le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare e integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche delle destinazioni d’uso.

Si giunge quindi a comprendere nella categoria della manutenzione operazioni che vanno dall’adeguamento impiantistico e funzionale, all’integrazione, al rinnovamento e persino alla completa sostituzione.

Per queste ragioni, sarebbe forse utile ripensare i termini della questione, come suggeriva Tiziano Mannoni<sup>15</sup> definendo la “manutenzione ordinaria” come “un genere di intervento di emergenza da condurre il più presto possibile per fermare una causa straordinaria di degrado”, intendendo per causa straordinaria “il manifestarsi inaspettato di un agente di degrado temporaneo, insolito nell’ambiente in cui è posto l’edificio, e contro il quale non esistevano, quindi, difese adeguate [...]”. E ancora si potrebbe definire la “manutenzione straordinaria” come “un genere di intervento rivolto a ripristinare una parte dell’edificio che è venuta meno, o meglio sarebbe, che sta per venire meno, di fronte a una causa ordinaria di degrado, con la quale sia stata per molto tempo in una specie di quasi-equilibrio”, intendendo per causa ordinaria quegli agenti di degrado “la cui presenza nell’ambiente era ben nota al costruttore, e contro i quali esso abbia previsto e realizzato parti o rivestimenti più adatti a resistere nel tempo”. Dunque, manutenzione come conservazione di un equilibrio, attuata grazie alla conoscenza dei materiali e del loro modificarsi nel tempo, oltre che delle tecniche che hanno portato alla realizzazione della fabbrica. Una prassi, questa, costantemente seguita fino a quando l’arte del costruire era fondata, in ambiti territoriali omogenei, su regole codificate dalla tradizione e dalla pratica collaudata da intere generazioni di maestri

costruttori, l'adozione di tecnologie costruttive sperimentate e la conoscenza dei materiali e delle tecniche di applicazione consentivano, infatti, di prevedere, con un margine di errore piuttosto ridotto, sia il comportamento in uso delle soluzioni adottate, sia la durata dei materiali componenti.

Sono indicative a questo proposito le parole di Francesco Milizia che nei paragrafi dedicati alle *Ristaurazioni* e alla *Solidità delle fabbriche* afferma che “Gli edifici come gli uomini [...], portano fin dal loro concepimento il principio della loro distruzione, la quale deve essere dall'arte tenuta più lungi che si può. [...] la solidità e durata di qualunque edificio dipenderà da due riguardi: 1. dalla scelta opportuna dei materiali, 2. dal loro convenevole impiego [...]”<sup>16</sup>.

Come dire che, alla conoscenza di ciò che esiste si dovrebbe associare la valutazione di ciò che ne pone a rischio l'efficienza e la durata. In tal modo “sarà possibile valutare attraverso quali mezzi, materiali e tecniche, ma anche grazie a quali magisteri della tradizione o della contemporaneità, possiamo intervenire nei limiti di una reale manutenzione”<sup>17</sup>.

In altre parole, il problema può essere affrontato anche approfondendo la conoscenza dei meccanismi di degrado dei materiali e cercando i modi più adeguati d'intervento: “la strada dell'assiduità e del corretto *timing* sembra molto promettente: per fare un esempio, si potrebbe tentare di dimostrare la fattibilità di puliture blande ma frequenti atte a rimuovere i depositi prima che si trasformino in croste tenaci”<sup>18</sup>. Si potrebbero cioè prevedere cicli di azioni molto circoscritte, finalizzate a una reale “conservazione preventiva” dei manufatti.

Concetto questo non estraneo anche alla cultura degli antichi costruttori, se già nei trattati e nei manuali del passato troviamo ricette di miscele e tecniche esecutive da adottare a questo scopo.

Vitruvio (Libro VII, I, 6), ad esempio, suggerisce per la manutenzione dei pavimenti che “affinché poi la malta fra le commessure non abbia a soffrire degli effetti del gelo, ogni anno prima che abbia inizio l'inverno la si imbeva di sansa<sup>19</sup>: così trattata, non lascerà che il gelo vi si infiltri”<sup>20</sup>.

L'intervento di conservazione preventiva “entrerebbe in questo modo a sua volta nella logica di un tempo orientato e irreversibile: una logica di cambiamento e di evoluzione che conduce ad accettare soluzioni diversificate, inventate *ad hoc*, in alternativa alla banale sostituzione, mirata al ripristino delle prestazioni in un apparente *status quo* estetico”<sup>21</sup>. Ne consegue un “ripristino” di prestazioni nel quale la conservazione impone di prendere in considerazione “una sorta di ‘inevitabile inefficienza’ delle antiche fabbriche, almeno se rigidamente valutate con i parametri d'uso e di prestazioni della contemporaneità. Occorre, infatti, essere consapevoli che tale presunta (o reale inefficienza) è spesso inscindibile da ciò che rende questo patrimonio una risorsa preziosa”<sup>22</sup>.

#### MANUTENZIONE, NORME E LEGGI

In generale, il settore edilizio sembra aver mutuato le terminologie e le prescrizioni relative alla manutenzione provenienti dal settore impiantistico e industriale, tentando di adattarle alle costruzioni. La conseguenza di tale atteggiamento è la presenza, nell'apparato normativo e legislativo, di definizioni e norme spesso generiche e difficilmente applicabili agli interventi sull'architettura<sup>23</sup>.

Parallelamente alle riflessioni di natura teorico-disciplinare e ai problemi definitivi, occorre rilevare che il tema della manutenzione è oggi di notevole attualità. Il nostro paese ha un volume complessivo di metri cubi edificati tra i più alti in Europa, rispetto al fabbisogno di vani residenziali. È dunque evidente – e i dati di mercato lo confermano – che il problema centrale per il settore non è più quello della nuova edificazione ma quello della manutenzione e gestione di quanto già costruito. A ciò si aggiunga che le recenti nuove norme per il comparto dei lavori pubblici prescrivono la *manutenzione programmata* per le opere pubbliche.

La legge quadro in materia di lavori pubblici (l. 109/94) introduceva, inoltre, la responsabilità del progettista sul comportamento “in servizio” della sua opera, descrivendo la progettazione come “l'attività professionale e intellettuale che ha come fine fondamentale la realizzazione di un intervento di qualità tecnicamente valido nel rispetto del miglior rapporto tra benefici e costi globali di costruzione, manutenzione e gestione”. Di fatto, quindi, la legge evidenzia che il costo di un intervento, sia esso di nuova edificazione, di recupero o di restauro, non è semplicemente determinato dalla sua realizzazione, ma anche dalla manutenzione e gestione del bene.

In analogia con i modelli europei, la normativa italiana in materia di opere pubbliche (D. Lgs. 163/06 e regolamento di attuazione DPR 554/1999 art. 40) introduce, a questo scopo, l'obbligo di corredare ogni progetto di un *Piano di Manutenzione*<sup>24</sup> che riguardi l'opera e le sue parti.

Tale piano è un documento, complementare al progetto esecutivo, che pianifica e programma le attività volte a mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza e il valore economico di un manufatto.

Il piano si dovrebbe comporre di tre documenti operativi:

- a) il *manuale d'uso* che dovrebbe contenere tutte le indicazioni atte a consentire un utilizzo corretto del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare il più possibile i danni derivanti da una utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo;
- b) il *manuale di manutenzione* che dovrebbe fornire le indicazioni per un corretto utilizzo degli impianti tecnologici;
- c) il *programma di manutenzione* che prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze prefissate, al fine di una corretta gestione del bene.

Il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D.Lgs 42/2004) in particolare, per i manufatti di interesse storico artistico, definisce all'art.29 la manutenzione come "il complesso delle attività e degli interventi destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene delle sue parti".

Secondo la legislazione vigente, la manutenzione è vista, dunque, come intervento caratterizzato dalla continuità e dall'assiduità e soprattutto caratterizzata da attività di controllo. La manutenzione sembra non essere più attività di routine ma diventa attività di notevole importanza che comporta osservazione, valutazione, registrazione e perciò richiede esperienza e competenze specialistiche.

#### LE TECNICHE PER LA MANUTENZIONE

Da quanto esposto, appare evidente che il settore della manutenzione presenta, rispetto ad altri le cui tecniche sono più facilmente individuabili, limiti operativi piuttosto incerti. Da questa incertezza scaturisce una difficoltà a individuare metodiche di intervento specifiche che riguardano esclusivamente tale materia. Anche perché è forse più corretto parlare di una "prassi manutentiva", più che di "tecniche di manutenzione". Come dire che la manutenzione investe un insieme di azioni che ricadono anche in altri settori d'intervento o sono parte di altre tecniche che, ripetute periodicamente, assumono carattere di manutenzione.

Le tecniche raccolte in questa sezione riflettono, pertanto, un'impostazione che vede la manutenzione di un edificio attuata soprattutto operando su quegli elementi che più sono soggetti a consueti interventi di riparazione, pulitura e controllo, come le facciate (grondaie, pluviali), i tetti e i solai, i pavimenti, gli infissi (porte, finestre, persiane), gli elementi accessori in metallo come inferriate, ringhiere, grate. Alcune tecniche descritte, perciò, possono riguardare azioni talvolta invasive, com'è ad esempio per il ripasso dei tetti, con smontaggi e sostituzioni parziali che puntano ad assicurare una funzionalità compromessa, ma alcune avvertenze contenute nel paragrafo *Accorgimenti, varianti, limiti*, dovrebbero bastare per mettere sull'avviso il lettore circa la pericolosità di un impiego puramente strumentale e imprudente.

Alle schede riportate nella sezione si potrebbero aggiungere una serie quasi illimitata di consigli per piccoli interventi atti a impedire l'accelerazione di alcuni processi di degrado.

Possono rientrare in tali interventi, ad esempio, le indicazioni sulla corretta ventilazione dei locali o sul regime degli impianti di climatizzazione; oppure la pulitura sistematica dei davanzali dai depositi e dalle polveri, per evitare che l'acqua piovana veicoli sostanze che si trasformerebbero nei "colaticci" visibili al di sotto delle finestre; o, ancora, la semplice e periodica pulitura delle superfici orizzontali di aggetti e cornici, al fine di evitare la formazione di depositi che possono diventare vere e proprie incrostazioni di difficile rimozione. Ma nella manutenzione rientrerebbero anche il monitoraggio e la periodica eliminazione delle piante infestanti, la lubrificazione dei meccanismi metallici degli infissi, la sostituzione di tegole rotte e altro. Questa sorta di profilassi, che purtroppo non è prassi attuale, non è codificabile e riconducibile a singole tecniche di intervento, ma rinvia a operazioni comprese in procedure descritte in altre sezioni, quali quelle delle puliture, della deumidificazione, delle disinfestazioni, delle protezioni ecc. A tali sezioni si dovrà ricorrere per trovare indicazioni tecniche che, se attuate con costanza e ripetute con assiduità, possano essere ricondotte a pratiche di manutenzione.

**Note:**

<sup>1</sup> Il dizionario della lingua italiana (G. Devoto, G. Oli, 1990) alla voce *mantenere* riporta: “Verbo che alla nozione elementare di conservazione permette di affiancare l’idea di costanza, convenienza, vantaggio [...]”.

<sup>2</sup> “Il quasi-equilibrio sta ad indicare quando le parti esposte alle cause ordinarie [di degrado] sono state scelte ed eseguite secondo le ‘regole dell’arte’, la loro consunzione avviene in tempi relativamente lunghi, ma soprattutto con un andamento più o meno lineare. In questo modo è possibile prevedere quanto esse dureranno ancora”. In T. Mannoni, A. Boato, *Ripensare al degrado per una vera manutenzione: agenti, azioni e cause*, in G. Biscontin, G. Driussi (a cura di), *Scienza e Beni Culturali. Ripensare alla Manutenzione. Ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*, atti del Convegno di studi Bressanone 29 giugno - 2 luglio 1999, Arcadia Ricerche, Venezia, 1999, p. 49.

<sup>3</sup> S. Della Torre, “Manutenzione” o “conservazione”? *La sfida del passaggio dall’equilibrio al divenire*, in G. Biscontin, G. Driussi (a cura di), *Scienza e Beni Culturali. Ripensare alla Manutenzione. Ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*, atti del Convegno di studi Bressanone 29 giugno - 2 luglio 1999, Arcadia Ricerche, Venezia, 1999, p. 71.

<sup>4</sup> Voce *Restauration* in E. Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l’architecture française du XI au XVI siècle*, Ernest Grund, Parigi, 1854-1868, vol. VIII, p. 14.

<sup>5</sup> La versione proposta in M. A. Crippa (a cura di), *L’architettura ragionata*, Jaca Book, Milano, 1981, p. 247, è stata modificata traducendo “*entretenir*” con “mantenere”, nel senso proprio di mantenere, in luogo di “conservare”.

<sup>6</sup> P. Sanpaolesi, *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*, Edam, Firenze, 1973, pp. 164-67.

<sup>7</sup> P. Marconi, *Il restauro e l’architetto*, Marsilio, Venezia, 1993, pp. 128-29.

<sup>8</sup> *Ibidem*, p. 129.

<sup>9</sup> Il Capo II della Carta di Atene (1931) afferma: “La Conferenza ha inteso la esposizione dei principi generali e delle dottrine concernenti la protezione dei monumenti. Essa constata che, pur nella diversità dei casi speciali a cui possono rispondere particolari soluzioni, predomina nei vari Stati rappresentati una tendenza generale ad abbandonare le restituzioni integrali e ad evitare i rischi mediante la istituzione di manutenzioni regolari e permanenti atte ad assicurare la conservazione degli edifici”.

<sup>10</sup> Art. 4 della Carta di Venezia.

<sup>11</sup> M. Dezzi Bardeschi, *Modi e tecniche della conservazione*, in atti del Convegno Icomos, *Il restauro in Italia e la Carta di Venezia*, in “Restauro”, nn. 33-34, 1977, p. 94.

<sup>12</sup> cfr. G. Urbani, “una città o un centro storico non sono il luogo di raccolta di un certo numero di edifici, ma un insieme in cui anno altrettanto peso l’edificato e il non edificato: il pieno e il vuoto, la casa e le distanze tra una casa e l’altra” in Zanardi B. (a cura di), *Intorno al restauro*, Milano, 2000 .

<sup>13</sup> S. Della Torre, “Manutenzione” o “conservazione”? *La sfida del passaggio dall’equilibrio al divenire*, op. cit., p. 75.

<sup>14</sup> Art. 31 della l. 457/78.

<sup>15</sup> T. Mannoni, *Ripensare al degrado per una vera manutenzione: agenti, azioni e cause*, op. cit., p. 50.

<sup>16</sup> F. Milizia, *Principj di architettura civile*, Remondini, Bassano del Grappa, 1785, parte terza, p. 185 e p. 11.

<sup>17</sup> S. F. Musso, *La manutenzione delle antiche pavimentazioni stradali*, in G. Biscontin, G. Driussi (a cura di), *Scienza e Beni Culturali. Ripensare alla Manutenzione. Ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*, atti del Convegno di studi Bressanone 29 giugno - 2 luglio 1999, Arcadia Ricerche, Venezia, 1999, p. 643.

<sup>18</sup> S. Della Torre, “Manutenzione” o “conservazione”? *La sfida del passaggio dall’equilibrio al divenire*, op. cit., p. 76.

<sup>19</sup> Con il termine “sansa” Vitruvio probabilmente intendeva gli scarti della lavorazione dell’olio d’oliva.

<sup>20</sup> Vitruvio, *De Architectura*, Einaudi, Torino, 1997, Vol. II, p. 1031.

<sup>21</sup> S. Della Torre, “Manutenzione” o “conservazione”? *La sfida del passaggio dall’equilibrio al divenire*, op. cit., p. 77.

<sup>22</sup> S. F. Musso, *La manutenzione delle antiche pavimentazioni stradali*, op. cit., p. 643.

<sup>23</sup> Tra le norme relative alla manutenzione si ricordano, a titolo di esempio, le norme UNI settoriali, in particolare, la norma UNI 10147 “*Manutenzione-Terminologia*” e la norma UNI 10604 “*Criteri di progettazione, gestione e controllo dei servizi di manutenzione degli immobili*”. In queste norme si riportano numerose definizioni specifiche, che sono esemplari di questa ambiguità di interpretazione.

<sup>24</sup> V. Di Battista, *La gestione del costruito: dal recupero diffuso alla manutenzione preventiva*, in G. Biscontin, G. Driussi (a cura di), *Scienza e Beni Culturali. Ripensare alla Manutenzione. Ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*, atti del Convegno di studi Bressanone 29 giugno - 2 luglio 1999, Arcadia Ricerche, Venezia, 1999, pp. 81-90.

<sup>25</sup> Art. 40 del d.p.r. n. 554/99.

<sup>26</sup> Titolo XIII, Capo I Beni Culturali, art. 212 e art. 220.

# MNT 01 | MANUTENZIONE DI PAVIMENTI ALLA VENEZIANA

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

I pavimenti alla veneziana, in calce o in cemento, sono soggetti ad alterazioni dovute all'uso o alla mancanza di una cura adeguata che li preservi dalle polveri, dallo sporco e da macchie e depositi incrostanti. In questi casi, può essere utile intervenire con opere di manutenzione straordinaria atte a restituire alle superfici adeguata consistenza, oltre che idoneità all'uso.

Si sottopongono, allora, a trattamenti di pulitura, di stuccatura, d'impregnazione e talvolta di levigatura, con procedimenti e materiali simili a quelli impiegati per la loro realizzazione originaria, in modo da non determinare condizioni d'incompatibilità tra vecchie superfici e nuovi trattamenti, e da ridare al manufatto la minacciata o perduta efficienza.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Una normale opera di manutenzione è richiesta da tutte le pavimentazioni in genere.

Speciali interventi manutentivi sono necessari, invece, quando un pavimento è stato a lungo abbandonato, oppure il prolungato uso ne ha intaccato l'integrità. Si applica, perciò, su superfici fortemente opacizzate, oppure sporche di sostanze untuose, o interessate da macchie superficiali, da depositi più o meno compatti, da piccoli crateri o da fessurazioni.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Una prima opera manutentiva consiste nella *pulitura*. Si tratta di un'azione volta a eliminare non soltanto le polveri e i depositi incoerenti, ma anche le macchie, lo sporco di sostanze grasse e, talvolta, vere e proprie incrostazioni. La pulitura, in generale, ha anche lo scopo di garantire una superficie pronta a ricevere e trattenere i prodotti impregnanti e sigillanti (stucchi, mastici, cere, oli ecc.) di successivi trattamenti.

La pulitura può limitarsi al lavaggio con acqua semplice o con aggiunta di detersivi o soda, strofinando la superficie con spazzole di saggina, risciacquando e insistendo soprattutto nei pressi delle fessurazioni, dei giunti e dei piccoli crateri. Qui, infatti, si annida lo sporco più resistente ed è necessario conseguire una pulitura efficace, anche per assicurare la buona adesione dell'eventuale stuccatura successiva. Nei casi più difficili, si può ricorrere all'uso di diluenti applicati a pennello e riassorbiti da impacchi locali di polpa di cellulosa, purché l'impiego del solvente sia strettamente limitato alle zone da trattare.

Se il pavimento è sporco di malta o d'incrostazioni dure, si può ricorrere alla locale levigatura con l'*orso*, nel caso di superfici estese, o con una pietra leggermente abrasiva passata a mano, quando lo sporco interessa piccole zone. Dopo la pulitura, si può procedere alla *stuccatura* delle fessure e dei piccoli crateri. Lo stucco classico per i pavimenti in calce è costituito da un impasto di olio di lino cotto e gesso da sarti, miscelati sino a una consistenza piuttosto fluida per facilitarne la penetrazione negli interstizi più minuti. È applicato con spatole larghe circa venti centimetri e, subito dopo, è ripassato col palmo della mano per essere ulteriormente spalmato e lisciato. Una volta indurito, dopo sette-dieci giorni, lo strato eccedente di stucco va rimosso con l'*orso*, oppure a mano con una pietra abrasiva dura, bagnando il pavimento quanto basta per produrre una poltiglia che sarà poi eliminata con una spatola. A Venezia si usa anche far scivolare, sotto la pietra abrasiva, una piccola quantità di calce, con lo scopo di migliorare la lisciatura e ottenere una parziale lucidatura.

Un altro tipo di stucco è dato da una miscela di calce spenta e polvere finissima di marmo e, per i pavimenti alla veneziana a base di cemento, da un impasto fluido di cemento, calce e resine epossidiche (anche il vinavil dà buoni risultati).

Terminata la stuccatura, ed eseguita la lucidatura e il lavaggio finale, si procede all'oliatura con olio di lino cotto mescolato a olio paglierino al 50%. L'olio va spalmato per passate successive e per un tempo abbastanza lungo da consentirne l'assorbimento da parte dell'ultimo strato pavimentale. Tale operazione può richiedere, perciò, alcuni giorni. Al termine di quest'operazione, una volta eliminati con uno straccio gli eccessi d'olio, si può ripassare la superficie con una o più mani di cera solida per pavimenti.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Nella pulitura è buona norma evitare l'uso di raschietti e altri mezzi meccanici ad azione violenta. In alcuni casi si sono ottenuti buoni risultati impiegando una microsabbatura controllata per liberare gli interstizi delle fenditure e degli alveoli dai depositi incrostanti.

L'eliminazione di macchie d'olio, di sostanze grasse o di ruggine può essere ottenuta con lavaggi a base di soluzioni acquose di ammoniaca e con successivi risciacqui, oppure con una miscela di bianco di calce e acetone oppure benzina, trielina o altri solventi fortemente volatili. Occorre tener presente, tuttavia, che l'impiego di solventi per l'eliminazione di macchie, pitture e grassi è una soluzione rapida ed efficace, ma la diluizione prodotta dal solvente favorisce l'assorbimento in profondità delle sostanze da eliminare.

Secondo A. Crovato, le macchie di materia organica sono eliminabili applicando una poltiglia di bianco di calce e acqua ossigenata; quelle fresche di ruggine, con semplice ed energico sfregamento della superficie con uno straccio asciutto; quelle di vino, the, caffè o fumo, con una miscela di calce e una soluzione concentrata di sapone, fino a ottenere una pasta cremosa da stendere a pennello e da rimuovere, dopo due o tre giorni, mediante lavaggio con acqua. In caso di resistenza delle macchie, l'operazione va ripetuta.

Su pavimenti a base di calce le stuccature in cemento sono del tutto sconsigliate, per via della bassa porosità di questo materiale e dei pericolosi fenomeni di migrazione dei sali.

L'azione della macchina levigatrice per la pulitura, a volte adottata impropriamente per spianare e levigare il pavimento o per esaltare la colorazione delle pietre del seminato, deve essere evitata, perché altera il naturale colore del terrazzo, e il vecchio legante si snerva e si sgretola sotto l'energica azione vibratoria della macchina. Ciò vale, ovviamente, soprattutto per i pavimenti in calce. Tra le finiture dei pavimenti a calce è tassativamente sconsigliata la lucidatura con l'acido ossalico, perché l'operazione, oltre a conferire al pavimento una brillantezza di breve durata, lo indebolirebbe.

#### **ESPERIENZE**

La manutenzione di terrazzi alla veneziana in calce o in cemento è una pratica molto diffusa, anche se non sempre è realizzata con procedimenti appropriati. Gli esempi migliori, in ogni caso, sono quelli dei pavimenti storici di un certo pregio, sparsi un po' dovunque, in Italia. Se ne annoverano nel Veneto, in Liguria, in Emilia, in Puglia e in altre regioni del Paese, e fanno parte dell'esperienza e del modo di operare delle imprese più specializzate.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Crovato A. 1989.

## MNT 02 | MANUTENZIONE DEI PAVIMENTI IN COTTO

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

I pavimenti di cotto, pur richiedendo interventi manutentivi a grandi linee analoghi a quelli di altri manufatti della stessa categoria (v. MNT01 - Manutenzione di pavimenti alla veneziana; MNT03 - Manutenzione di pavimenti e rivestimenti lignei; MNT04 - Manutenzione di pavimenti di marmo, ardesia, pietra), presentano specifiche caratteristiche materiali e costruttive.

La tecnica costruttiva dei pavimenti in cotto e le regole sulla produzione dei mattoni, così come riportate nei trattati d'architettura e nei "libri di fabbrica", sono rimaste sostanzialmente invariate nel tempo e, di fatto, confermano o ampliano le indicazioni vitruviane.

I pavimenti in cotto, o ammattonati, possono essere classificati in base alle loro caratteristiche di messa in opera o alla manifattura dei mattoni ("ordinati", "arrotati a secco", "arrotati ad acqua", "arrotati e tagliati", "intarsiati").

L'argilla di tipo marnoso è il principale elemento del corpo ceramico dei laterizi, con l'aggiunta di una parte sabbiosa, fusibile a temperatura compresa tra 110 °C e 1200 °C. Nella produzione attuale dei laterizi, questa temperatura è superata per ottenere materiali più resistenti, ma per la tecnologia antica ciò era impossibile per il tipo di forni utilizzati e pertanto i prodotti laterizi antichi sono meno resistenti. Questo è un altro motivo per pensare alla manutenzione come a una tecnica che, oltre ad assicurare la praticabilità delle superfici pavimentali, deve anche provvedere alla loro protezione.

### CAMPI D'APPLICAZIONE

L'esame visivo di un pavimento antico è in grado di fornire una serie di dati informativi sul modo di produzione, sulle argille di cui è costituito il laterizio, sulla trasformazione dovuta alla cottura, sulla messa in opera dei mattoni, sulle lavorazioni e sui trattamenti superficiali.

Questa serie di dati, suffragata da analisi specifiche, fornisce indicazioni sullo stato di conservazione di un pavimento e, di conseguenza, sul tipo d'intervento necessario per mantenerlo ed eventualmente ripararlo e proteggerlo.

Nei pavimenti eseguiti al piano terra degli edifici, ad esempio, è facile riscontrare uno stato di degradazione dovuto all'assorbimento d'acqua di risalita dai sottofondi, con conseguente formazione di macchie e presenza di sali che creano distacchi a scaglie della matrice ceramica.

In questo caso, generalmente, il pavimento non è più perfettamente coeso con le malte d'allettamento del sottofondo e presenta distacchi e fratture nel materiale. I pavimenti in cotto, inoltre, presentano spesso tracce di uno o più strati di trattamenti superficiali (coloriture, cere protettive ecc.), che ne modificano, a volte in maniera sostanziale, l'aspetto e il colore originari.

Un altro fenomeno frequente è dovuto all'usura, giacché il materiale subisce processi di consunzione provocati dallo sfregamento e dal calpestio, e si presenta con avvallamenti e segni di abrasioni. Assieme all'uso continuo, anche il disuso, vale a dire il completo abbandono, può essere fonte di degrado. È ciò che si riscontra, ad esempio, nelle pavimentazioni di edifici da lungo tempo disabitati e sulle quali ogni sorta di deposito organico (guano e patine biologiche) o inorganico (polveri e detriti), come pure l'azione di vento e pioggia, dei caldi estivi e dei geli invernali, sono causa di alterazioni più o meno gravi. A tutto ciò, vanno aggiunti, naturalmente, gli urti accidentali, gli sfregamenti traumatici, i trattamenti manutentivi impropri, oltre alle impregnazioni di sostanze grasse o colorate e alle non rare applicazioni di coloriture e resine di ogni specie.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE



La manutenzione dei pavimenti in cotto va pensata e realizzata in base al tipo di degrado che li investe e che può dipendere, in primo luogo, dalle caratteristiche dei materiali e del sistema costruttivo, dalle condizioni d'uso o di abbandono e dall'ubicazione; ma anche da traumi e stress meccanici, da depositi di polveri e sostanze grasse, da macchie, da aggressioni di natura chimica o fisica, e così via.

Le pavimentazioni non dovrebbero essere mai rimosse dal luogo originario, ma in presenza di forte umidità di risalita o d'acqua (come può accadere ai piani terra umidi), la rimozione può diventare inevitabile. In questo caso, prima di procedere con le varie operazioni, occorre innanzitutto un'accurata documentazione dello stato di fatto del pavimento (fotografie, rilievi, numerazione dei pezzi ecc.), in modo da poterlo smontare e rimontare in modo corretto.

Si procede poi con lo smontaggio del pavimento, il risanamento del sottofondo e la realizzazione di opportuni presidi per eliminare o attenuare le cause di umidità, agendo, secondo i casi, sull'area pavimentale o al suo intorno murario.

I singoli laterizi smontati andranno scalcinati dai residui di malte e lasciati asciugare dall'umidità, e dovranno essere consolidati nelle porzioni di materiale distaccato con silicato di etile applicato a pennello fino a rifiuto del consolidante.

Per i laterizi fratturati e spaccati si può intervenire incollandoli con resine epossidiche. Il riposizionamento dei manufatti andrà eseguito utilizzando malte d'allettamento composte prettamente da calci idrauliche con aggregati sabbiosi. Si procederà, quindi, alla stuccatura dei giunti, colando nelle fessure una "boiacca" composta di un legante idraulico (calce idraulica Lafarge a basso contenuto di sali), con l'aggiunta di polveri di cotto fini ed eventuali aggreganti, come polveri di calcari colorate e sabbia, per conferire ai giunti una particolare colorazione mimetica.

Per le stuccature interne ai materiali laterizi si potranno usare degli impasti ottenuti con polvere di cotto ed eventuali pigmenti inorganici, atti a simulare il colore dell'impasto ceramico, e con l'aggiunta di una resina acrilica a emulsione acquosa per una migliore adesione della malta. La stuccatura dovrà essere eseguita sul materiale preventivamente bagnato con acqua e, dopo l'applicazione degli impasti, gli eccessi andranno asportati con spazzole di nylon o saggina; infine, le superfici dovranno essere pulite con acqua e spugna.

Spesso le superfici dei cotti sono sporche o impregnate di sostanze immesse da trattamenti precedenti o da usi impropri. In questi casi, occorre procedere alla loro pulitura, impiegando detergenti a base alcalina. Buoni risultati si ottengono anche con macchine pulitrici e spazzole che rimuovono lo sporco con detergenti e acqua calda, irrorando e aspirando contemporaneamente i liquidi pulenti. Quest'operazione, tuttavia, può essere eseguita soltanto su pavimenti perfettamente piani. Un rimedio efficace per la pulitura di piccole zone interessate da incrostazioni resistenti risiede nello sfregamento con lana d'acciaio o pietra pomice, oppure nell'impiego del bisturi, per i giunti e i piccoli crateri intasati da incrostazioni o da residui resistenti di sostanze grasse. Questa operazione è indispensabile se si vuole conferire a tutta la superficie pavimentale, anche nelle sue parti più minute, un'uniforme e completa capacità di assorbimento delle sostanze protettive finali.

Per la rimozione di macchie di tipo oleoso, si possono applicare gli stessi impacchi utilizzati per la pulitura dei materiali lapidei; buoni risultati si ottengono con gli impacchi di argilla fossile (sepiolite) assieme a carbonato di ammonio e un'ammina (trietanolamina al 5%), lasciati agire per alcune ore.

Per la finitura protettiva superficiale, dopo accurato lavaggio con acqua e successivo asciugamento, si possono utilizzare trattamenti a base di olio di lino diluito in solventi aromatici, o emulsioni di cere diluite in acqua o in solventi organici. Tali trattamenti vanno applicati mediante pennelli, "massaggiando" il materiale, in modo da far penetrare il prodotto in modo omogeneo. I trattamenti manutentivi, per essere realmente efficaci, vanno in ogni caso rinnovati in base alle esigenze di ogni caso specifico.

Infine, prima di procedere con la lucidatura, che può essere eseguita manualmente mediante lo sfregamento con panni morbidi, oppure con appositi macchinari, bisogna assicurarsi che il pavimento sia perfettamente asciutto.

#### **ACCORGIMENTI, LIMITI, VARIANTI**

I vari tipi di prodotti protettivi vanno sempre provati preventivamente sul materiale, in modo da verificarne il grado di assorbimento e l'interazione con il cotto.

Se è previsto che sul pavimento siano collocati tappeti o stuoie per proteggerlo dal calpestio, occorre sempre assicurarsi che questi siano in grado di assicurare la traspirazione del materiale pavimentale, in modo da evitare la formazione di muffe, macchie ecc.

#### ESPERIENZE

Ferrara: palazzo dei Diamanti, pavimento del salone del secolo XVI, anno d'intervento 1993-1994.  
 Ferrara: casa Romei, sala delle Sibille, pavimento in quadrelli del secolo XVI, anno d'intervento 1997.  
 Ferrara: castello Estense, saletta dei giochi, pavimento in cotto del secolo XVII, anno d'intervento 1999.  
 Ferrara: residenza Municipale, pavimenti in quadrelli del secolo XVII, anno d'intervento 2001.  
 Ferrara: Palazzo Trotti –Costabili ex Seminario Vecchio ,sale del Garofano,pavimento in cotto secolo XVI ,anno d'intervento 2007.

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Gessani P., Mancinelli E. 1993; Camaiti M., Granato A., Giusti E., Manganelli del Fa' C., et alii 1995; Fabbri R., Di Francesco C., Bevilacqua F. 2006; Pracchi V., Pertot G. 2006; Biscontin G., Driussi G., Mazzeri R., Nicoletti R., Tonon M. 2006.

Biscontin G., Driussi G., Mazzeri R., Nicoletti R., Tonon M., *Pavimentazioni in cotto del Palazzo Reale di Torino: applicazioni sperimentali per la conservazione*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Pavimentazioni Storiche. Uso e Conservazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone 11-14 luglio 2006, Edizioni Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 2006.

Camaiti M., Granato A., Giusti E., Manganelli del Fa' C., Pierattini P., Piacenti F. *Pulitura del cotto per pavimentazione*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La Pulitura delle Superfici dell'Architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova, 1995.

Fabbri R., Di Francesco C., Bevilacqua F., *Pavimentazioni in cotto: esempi dalla Ferrara Estense. Restauro e pratiche manutentivi antiche e attuali*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Pavimentazioni Storiche. Uso e Conservazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone 11-14 luglio 2006, Edizioni Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 2006.

Gessani P., Mancinelli E. *Interventi conservativi sui pavimenti in cotto dell'abbazia alto-medievale di San Vincenzo al Volturno*, in Masetti Bitelli L. (a cura di), *Archeologia Recupero e Conservazione*, Nardini, Firenze, 1993.

Pracchi V., Pertot G., *I Pavimenti nella sala dell'Hospitale Spagnolo al Castello Sforzesco di Milano*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Pavimentazioni Storiche. Uso e Conservazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone 11-14 luglio 2006, Edizioni Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia, 2006.

<b>MNT03</b>	<b>MANUTENZIONE DEI PAVIMENTI E DEI RIVESTIMENTI LIGNEI</b>
--------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il legno è materiale deperibile. Recupero e riparazione dei manufatti lignei sono basati su una tradizione di sostituzione e riuso ben radicata nel processo manutentivo, alla quale generazioni di ebanisti, falegnami e carpentieri hanno preso parte. La manutenzione è a oggi l'operazione preventiva più utile a rallentare e mantenere sotto controllo periodico il processo di usura, e ad impedire che questi manufatti, soprattutto se dotati di qualità storiche o artistiche, raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di restauro, se non la loro rimozione e la sostituzione. Essa può essere considerata una prassi finalizzata a mantenere le prestazioni dei manufatti entro una fascia predeterminata di valori concordati, in modo che il loro invecchiamento sia complessivamente equilibrato.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La manutenzione, nei termini descritti più oltre, dovrebbe essere una pratica operativa pressoché costante che riguarda tutte le superfici realizzate con materiale ligneo applicato a strutture murarie orizzontali e verticali, vale a dire quei manufatti che rispondono alle seguenti caratteristiche generali:

- a) sono costruttivamente e strutturalmente concepiti come unione e collaborazione tra pietra e legno;
- b) sono sottoposti a usura per strofinio e a sollecitazioni meccaniche (compressione, flessione, taglio), oltre che termoigrometriche, e sono esposti ad attacchi biotici.

Non esistono metodiche standardizzate per diagnosticare lo stato di conservazione di pavimenti e rivestimenti lignei, e neppure si può contare su un sistema di norme tecniche per la loro manutenzione, ma alla luce di un approccio empirico, è possibile indicare alcune procedure di intervento comunemente utilizzate dagli artigiani del settore, posto che, in ogni caso, c'è la necessità di un'analisi attenta di parametri indicatori dello stato di conservazione del materiale, tra i quali:

- *segni di degrado biologico* – attacchi di funghi, muffe o insetti xilofagi, che possono causare macchie e perdita di consistenza degli elementi ecc.;
- *abbrunimento e ingrigimento* – denotano rispettivamente l'attacco dalla radiazione solare ultravioletta e il dilavamento da parte della pioggia;
- *segni di usura* – dovuti al traffico di persone e mezzi, urti e graffi accidentali, ripetuti cicli di lavaggio ecc., unitamente a eventi accidentali quali la penetrazione della pioggia;
- *deformazioni o movimenti per variazioni termoigrometriche ambientali* – è noto che gli ambienti civili, spesso riscaldati solo parzialmente, attualmente sono fortemente riscaldati. La tendenza a raggiungere un equilibrio termoigrometrico con l'ambiente porta il legno a ritirare o a dilatarsi;
- *deformazioni o movimenti per formati non ottimizzati* – dimensioni eccessive, soprattutto nel senso della larghezza degli elementi, causano forti deformazioni;
- *degrado del sottofondo e degli appoggi* – sopraggiunte condizioni di degrado del sottofondo o dei supporti lignei sono frequenti.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La procedura di intervento per realizzare una manutenzione sistematica – secondo un piano di scadenze prestabilite – dei pavimenti e dei rivestimenti lignei consiste in una sequenza di azioni finalizzate da un lato a migliorarne le prestazioni di durata e di resistenza agli agenti di degrado, dall'altro a riportare i manufatti in condizioni di utilizzo soddisfacenti.

Innanzitutto, è necessario che le condizioni ambientali siano tali da garantire le condizioni in cui la sopravvivenza dei manufatti sia possibile. A titolo di esempio, si consideri che il materiale utilizzato negli interni possiede comunemente una percentuale d'acqua variabile tra l'8 ed il 12% e che per valori compresi tra 7 e 15% esso è attaccabile dagli insetti. Ciò rende evidente come spesso i parametri ambientali tipici dell'edilizia civile possano indurre la proliferazione degli xilofagi.

Esistono semplici accorgimenti per il mantenimento in efficienza dei manufatti lignei:

- *esposizione moderata alla radiazione solare* – per contrastare gli effetti termici e i raggi U.V.;
- *adeguata combinazione di temperatura e umidità relativa*;
- *adeguato ricambio d'aria* – per evitare la formazione di condensa sulle superfici;
- *adeguata ventilazione* – per evitare gli attacchi di funghi e muffe;
- *sterilizzazione periodica dei filtri del condizionamento* – per evitare la diffusione delle spore fungine.

Garantite le condizioni ambientali di temperatura, umidità relativa, ventilazione, ricambio e salubrità dell'aria, il problema da affrontare è l'intervento per il ripristino delle condizioni di continuità ed efficienza dei manufatti. Le fasi operative che seguono sintetizzano una gamma vasta e articolata dei possibili interventi di manutenzione.

#### 1. *Verifica preliminare del sottofondo*

Se il sottofondo – per quanto ispezionabile – è duro in superficie, compatto, caratterizzato da un'umidità relativa tra 7 e 10%, immune da infiltrazioni, è possibile procedere al fissaggio degli elementi sconnessi. In caso contrario, nei limiti imposti dallo stato di consistenza del manufatto e dall'accessibilità al sottofondo, è opportuno intervenire per bonificare (v. ad es. le schede relative a deumidificazione di solai e pareti).

#### 2. *Fissaggio e ancoraggio degli elementi sconnessi*

Nel caso in cui i listelli della pavimentazione, i riquadri, i montanti o le traverse dei rivestimenti a parete siano sconnessi, è opportuno procedere al loro ancoraggio e alla verifica dell'intero sistema di fissaggio, prima di intraprendere qualsiasi intervento di pulitura, levigatura e finitura delle superfici.

La tecnica di montaggio originale suggerisce indicazioni preziose per la soluzione del problema del fissaggio degli elementi laschi o del tutto sconnessi. Due sono le concezioni adottate in passato per eseguire il montaggio di un manufatto ligneo:

— *disposizione indipendente* di ogni elemento rispetto a quelli adiacenti. Questa tecnica predispone fino dall'inizio alla sostituzione dei singoli elementi, in vista di una loro periodica rimozione e sostituzione. I sistemi di copertura, dalla struttura al manto, sono stati spesso realizzati secondo questo criterio;

— *disposizione a sistema*: frequente soprattutto nei manufatti concepiti per durare a lungo, quali pavimenti e rivestimenti di pregio. Ogni elemento nell'insieme occupa una posizione precisa, dunque non agevolmente intercambiabile, rispetto agli adiacenti.

Esso è bloccato tramite incastri o chiodature, per formare una struttura complessivamente ben connessa. Tale criterio evidentemente non è volto alla rimozione e alla sostituzione sistematica degli elementi in vista del ripristino delle condizioni di continuità.

È dunque utile intervenire rispettando le indicazioni implicite nella concezione originale. Può essere opportuno connettere gli elementi inserendo nuovi elementi di fissaggio quali tasselli, chiodi, viti o grappe di ferro nelle sedi degli originali, onde evitare di alterare ulteriormente la consistenza degli elementi lignei antichi con nuove discontinuità e con elementi di fissaggio invasivi.

In alternativa, è possibile ricorrere all'incollaggio, di solito eseguito con adesivi in forma di paste tixotropiche mono-bicomponenti. Gli adesivi monocomponenti sono rappresentati da una grande famiglia di prodotti a base di emulsioni acquose (polimeri o monomeri emulsionati con acqua, di tipo vinilico, acrilico e recentemente poliuretano). Un loro difetto è, nella maggior parte dei casi, il tempo di asciugatura lungo. I bicomponenti sono adesivi epossipoliuretano o poliesteri insaturi, da dosare attentamente nella fase di miscelazione, che hanno il vantaggio di una rapida essiccazione. Resta da scegliere infine tra lasciare i nuovi elementi di ancoraggio a vista, stuccare i fori desueti o applicare finti elementi metallici riportati per uniformare al resto l'aspetto dell'elemento reso solidale (fig. 1, fig. 2, fig. 3).

### 3. Pulitura ordinaria

In base al tipo di finitura – cera, olio vegetale, vernici con resine naturali o sintetiche, poliuretano, epossidiche o alla nitrocellulosa – la pulitura ordinaria del pavimento o del rivestimento dalla sporcizia e da macchie, da eseguirsi con frequenza quotidiana o settimanale, avviene comunemente per semplice:

- passaggio di panno morbido inumidito d'acqua;
- lavaggio con acqua tiepida e detersivo neutro;
- smacchiatura puntuale con solvente a benzina o con alcol.

Gli operatori sono concordi nel segnalare che tanto il solo lavaggio con acqua abbondante quanto l'impiego di detersivi d'uso comune, ma molto aggressivi, possono essere deleteri per lo strato di finitura superficiale dei manufatti: la possibilità è che esso sia asportato e che il materiale ligneo venga a contatto con i liquidi suddetti e si dilati di conseguenza.

Con frequenza semestrale, e in ogni modo in base all'usura, può essere utile ricorrere all'applicazione di un prodotto autolucidante per rinnovare la finitura, indipendentemente dal tipo di verniciatura riscontrata. L'autolucidante più comune è cera vegetale in dispersione acquosa, da applicare sulla superficie con un panno o a spugna. Dopo soli 20-30 minuti dall'applicazione, lo strato è perfettamente asciutto ed eventualmente calpestabile.

### 4. Deceratura e sverniciatura

La constatazione che la finitura del manufatto è sensibilmente deteriorata – per mancanze, retature, disomogeneità varie – ne suggerisce l'eliminazione tramite applicazione di un detersivo decerante o tramite sverniciatura; nella prassi artigianale tali trattamenti sono eseguiti soltanto dopo avere individuato il tipo di verniciatura originaria, applicando, tra le altre, le seguenti composizioni:

- una soluzione calda con 20% di sapone di Marsiglia e 20-50% di carbonato di sodio (soda calcinata), da stendere a pennello, spugna o tampone, e da risciacquare con abbondante acqua pulita;
- una soluzione di carbonato di ammonio e ammoniaca in acqua;
- solventi organici solubili in acqua, quali alcol metilico ed etilico, acetone, acetati di metile e di etile, da lasciare agire e da eliminare coprendo le superfici con segatura;
- prima un solvente organico, poi una soluzione blanda di soda calcinata, infine risciacquo.

In alternativa alle soluzioni acquose, per eliminare le vernici su piccole superfici, è possibile ricorrere al liquido sverniciatore pronto all'uso, conveniente solo su zone poco estese e articolate quali i rivestimenti. Lo sverniciatore svolge tre azioni diverse:

- *attacco chimico* – asportazione per distruzione;
- *dissoluzione*;
- *rigonfiamento* – azione meccanica.

Il legno è un supporto chimicamente "non indifferente" e spesso lo strato di finitura da rimuovere è di natura complessa: ciò implica che sia necessaria l'azione concomitante di vari agenti, capaci di agire sulle diverse componenti. Per questa ragione i costituenti degli sverniciatori sono svariati e

svolgono un'azione combinata. È evidente come sia indispensabile approfondire la conoscenza della natura degli strati di finitura da asportare prima di definire la scelta del prodotto sverniciante. Indipendentemente dall'azione che svolge, esso va steso in abbondanza a pennello, per brevi tratti. L'azione di distruzione, dissoluzione e rigonfiamento dura mediamente qualche minuto. A quel punto è possibile procedere all'asportazione della vecchia finitura con un raschietto o con paglia d'acciaio. Può essere necessario ripetere l'applicazione più volte.

Seguono il lavaggio con acqua pura, quindi – a materiale asciutto – una leggera levigatura, utile a eliminare il “pelo” del legno sollevato dal risciacquo.

### 5. *Levigatura e lamatura*

La levigatura consiste nell'asportazione meccanica di 0,2-0,3 fino a 1 mm circa dello strato di finitura, qualora esso sia seriamente compromesso. Con il termine “lamatura” invece s'intende una levigatura integrale, condotta fino all'asportazione totale dello strato di vernice, per mettere a nudo la superficie lignea. Pavimenti e rivestimenti realizzati in legno, in media possono sopportare nell'arco della loro esistenza, al massimo otto lamature integrali, e tre al massimo i prefinti (circa una ogni 20-25 anni).

Le fasi di levigatura iniziano con una sgrossatura, eseguita con una grana semi-grossa (40-80), volta a eliminare lo sporco incrostato e le macchie e a livellare la superficie in presenza di movimenti degli elementi lignei. Seguono alcuni passaggi con supporti abrasivi a grana sempre più fine, che eliminano i segni della sgrossatura iniziale.

Le tecniche di levigatura sono varie. Alcune sono più adatte per manufatti antichi. La valutazione della tecnica migliore può essere eseguita per mezzo di prove di levigatura su piccole porzioni della superficie. Tra le più comunemente adottate vi sono le seguenti:

— *Levigatura manuale.* La carta abrasiva è venduta a fogli o a nastro e differenziata per la grossezza della grana da un numero posto sul retro. Maggiore è il numero di grani a cm<sup>2</sup>, più la grana è sottile:

oltre 320: grana fine;  
150-280: grana media;  
40-120: grana grossa.

La carteggiatura manuale può essere eseguita a secco o a umido. Procedendo a umido – tecnica adatta specialmente su vernici grasse e su lacche sintetiche – l'esecuzione è veloce e non viene sollevata polvere, ma, terminata l'operazione, è necessario attendere l'asciugatura della superficie. Inoltre la carta tende a impastarsi con la vernice: l'inconveniente viene evitato passandovi del sapone oppure immergendo periodicamente la carta in acqua. A secco, una volta terminata l'operazione, occorre pulire molto bene la zona interessata e quella circostante con una spazzola o con un aspirapolvere, e infine passare uno straccio leggermente umido per asportare la polvere. Il metodo più corretto per carteggiare a mano è quello di avvolgere la carta abrasiva attorno a un pezzo di legno o di sughero delle dimensioni giuste per essere impugnato comodamente, oppure di dotarsi dell'apposito tampone.

— *Levigatura meccanica*, che può essere, a sua volta, eseguita in vari modi.

– *Con levigatrice a nastro:* è una levigatrice dotata di nastro abrasivo ad anello intercambiabile e disponibile in molte gradazioni, utile a iniziare la sgrossatura del lavoro di levigatura. Occorre verificare che la superficie sia ben ferma e connessa, quindi è possibile procedere con movimenti longitudinali e passate via via sovrapposte, dapprima contro il senso della fibra, quindi nei due sensi diagonali.

– *Con levigatrice roto-orbitale:* la levigatrice roto-orbitale, dotata di disco orbitale e di movimento vibratorio, è uno strumento efficacissimo, e per questo da utilizzare con cautela. Per ragioni dimensionali, non ne è possibile l'utilizzo negli spigoli e nelle giunture: in questi casi si ricorre a *platorelli roto-orbitali*, vale a dire flessibili di piccole dimensioni dotati di testine in cui inserire la carta abrasiva. Il movimento è da eseguire sempre controvena, per eliminare avvallamenti e per uniformare le varie tipologie di fibra dei diversi elementi lignei che costituiscono il pavimento o il rivestimento.

Occorre procedere con cautela per non danneggiare le teste dei chiodi o delle viti e per non creare affossamenti intorno alle teste.

– *Con levigatrice orbitale.* L'operazione di levigatura procede con carta sempre più fine e per mezzo di levigatrice orbitale, fino ad arrivare all'ultima passata.

– *Con monospazzola.* Utilizzabile solo sulle superfici orizzontali, questa macchina d'ingombro ridotto, dotata di carta e di retine abrasive, permette una veloce levigatura e si presta anche alla successiva impregnazione per frizione con oli e cere e alla lucidatura. In un unico strumento sono racchiuse levigatrice e lucidatrice.

— *Sabbiatura:* è un'operazione realizzata con l'ausilio di graniglie naturali fini, quali i gusci di nocciola o noccioli di pesca tritati, a bassa pressione (2 bar) ed è riservata ad interventi particolarmente delicati e non distruttivi, grazie alla possibilità di continuare a leggere i segni impressi dall'usura e dal tempo sul materiale. Il getto di polvere è indirizzato manualmente dall'operatore con l'ugello secondo diverse inclinazioni e a distanza variabile, per raggiungere il grado di levigatezza desiderato. Il metodo della sabbiatura è adatto sia per legni in cui la differenza tra tessuto primaverile e tardivo è notevole sia per legni di grana fine e compatta.

## 6. Stuccatura di fori e fessurazioni

Dopo la sgrossatura, la stuccatura è indispensabile per colmare fori e piccole fessurazioni. Se le dimensioni delle fessurazioni non consentono la stuccatura, è necessario ricorrere alla tassellatura (v. INT 31 - Inserimento di tasselli lignei). La stuccatura consiste nel riempimento delle lacune di dimensioni contenute tramite l'applicazione a spatola di stucco, formato da impasti diversi (v. anche INT 14 - Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta).

— *Polvere di legno, colla/cera/vernice e pigmenti* – è la ricetta tradizionale della “pastiglia” dei falegnami e degli ebanisti. La funzione della polvere di legno è quella di additivo antiritiro e di colorante. I pigmenti hanno funzione esclusivamente colorante, mentre la colla o la cera o la vernice sono il legante del composto.

— *Polvere di legno, colla e microfibre* – nei prodotti di formulazione recente, intervengono le microfibre, che sono regolatrici della densità e contrastano l'effetto “bagnato” indotto dal legante.

— *Stucco con gommalacca e pece/cera* – si ottiene fondendo delle scaglie di gommalacca e regolandone la densità con pece o cera d'api. Dapprima se ne formano cilindretti sottili e duri, quindi li si scalda per farli colare nelle cavità. Con una spatolina calda si perfeziona l'operazione.

— *Stucco a cera pronto* – consiste in una pasta di cera e pigmenti in forma di cilindretti da scaldare. È molto malleabile ed è adatto solo per piccole cavità.

La percentuale di legante nei vari impasti deve essere regolata in modo che, pur essendo lo stucco resistente, la successiva carteggiatura sia agevole. Se è richiesta l'applicazione a spatola, essa di norma avviene premendola bene e passando più volte in tutte le direzioni, in modo da assicurare una perfetta chiusura del foro. Lo stucco tende a ritirare nell'essiccazione, se pure in percentuale minima, per cui potrà essere necessario applicarne una quantità sovrabbondante, oppure ripetere la stuccatura dopo l'essiccazione della

prima applicazione. Se devono essere stuccati spigoli o parti vive, è opportuno realizzare uno stucco più denso con l'aggiunta di colla. Poiché lo stucco macchia, è conveniente trattare il legno con mordente e turapori, in modo da facilitarne la successiva rimozione.

Dopo un'opportuna essiccazione (entro le 12 ore), è possibile procedere alla carteggiatura manuale o meccanica a grana media (circa 120) per eliminare l'eccesso di prodotto.

## 7. Protezione chimica e sigillatura dei pori

Nel ciclo manutentivo, a scopo preventivo, rientra talvolta l'applicazione di prodotti curativi biocidi e fungicidi a base di dicofluanide e permetrina, adatti alla protezione chimica contro batteri, funghi, muffe e insetti xilofagi. Si rimanda alle schede relative al settore della disinfezione e disinfestazione.

La sigillatura dei pori è una fase preliminare alla vera e propria verniciatura. Essa consiste nella creazione di uno strato riempitivo sulla superficie nuda e levigata del legno.

La sua funzione è l'ancoraggio al materiale, senza formare uno spessore apprezzabile, l'abbattimento del “pelo” del materiale tenero o poroso, colmando le cavità cellulari e i vasi,

l'ottenimento di una superficie uniforme che permetta l'assorbimento omogeneo della vernice di finitura. Nel turare i pori, è importante limitarsi a coprire il poro e le eventuali imperfezioni, senza nascondere le venature e le figure del legno.

Un metodo classico per turare i pori consiste nell'applicazione sulla superficie di polveri eccipienti quali talco, pomice, caolino o farina fossile, a secco con un tampone, o da impastare con un mezzo liquido per ottenere sospensioni in acqua, colla, vernice o alcol.

Un diverso metodo è quello di passare un ferro smussato caldo sulla superficie. Recentemente sono preferiti dei fondi o "primer" turapori pronti all'uso, di formulazione analoga alle vernici a finire per le quali essi costituiscono l'ancoraggio, e con le quali essi possono arrivare a formare un'intima unione tra gli strati. Essi possono essere monocomponente (come nel caso dei fondi alla nitro e all'acqua), bicomponenti (come nel caso dei fondi poliuretanic) o a più componenti (come nel caso dei fondi poliesteri). È necessario applicare il fondo molto diluito, a rullo, per evitare raggrinzimenti e spessori eccessivi che possano rallentare il tempo d'essiccazione. Asciugatosi il fondo, devono essere eseguite carteggiatura e relativa aspirazione della polvere di legno.

## 8. Finitura

La finitura della superficie, sia essa a vernice, a cera o ad olio, costituisce il più valido sistema di protezione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei. Il rinnovamento frequente degli strati di finitura permette di proteggere la superficie lignea dalle abrasioni, dall'usura, dal calpestio e dagli urti.

Ampia è la possibilità di scelta tra i vari metodi e tipi di finitura, muovendo dagli encausti di tradizione greca e romana, passando per le vernici grasse, all'essenza e all'alcol, per arrivare alle formulazioni industriali più recenti, che concentrano in un solo prodotto la finitura e la protezione dall'umidità e dai parassiti. Ogni finitura va sempre e comunque concepita come uno strato destinato a subire l'azione inevitabile degli agenti di degrado, talvolta l'ingiallimento da raggi U.V. e la formazione di cretti e di fessure in seguito ai movimenti fisiologici del supporto. Alla temperatura di 25 °C la variazione dimensionale in direzione trasversale alle fibre può arrivare al 3-4%.

L'individuazione del prodotto migliore per ogni specifico manufatto passa attraverso una serie di valutazioni e considerazioni che calibrano adeguatamente i seguenti aspetti:

- *epoca di costruzione del manufatto e finitura originale;*
- *prestazioni richieste al manufatto;*
- *possibilità e opportunità di ricorrere a finiture analoghe all'originale;*
- *opportunità di scegliere una finitura con prodotti di recente formulazione.*

Le finiture stesse offrono diverse prestazioni in termini di resistenza alle aggressioni chimiche, all'acqua, ai raggi U.V., all'usura, alle piccoli fonti di fiamma. Le più utilizzate dagli ebanisti e dai falegnami del passato, in base all'analisi delle fonti materiali e scritte di ambito italiano e francese, sono le seguenti:

— *Lucidatura a cera* – Semplice, disciolta nell'essenza di trementina o nella variante a encausto (un composto di cera d'api, resine e pigmenti), di tradizione antichissima è l'uso della cera d'api, di colore naturale o sbiancata, a scopo decorativo e protettivo della superficie del legno e degli intonaci. Esiste un'ampia trattazione in proposito che farebbe risalire l'uso dell'encausto alla decorazione del fasciame delle imbarcazioni greche di epoca classica. La lucidatura finale di tali strati cerosi avviene per accostamento alle superfici di vasi ricolmi di carboni ardenti. In epoca moderna, alla cera d'api sono affiancate cere vegetali quali la carnauba e la candelilla, meno costose e più dure, e per finire cere minerali e cere sintetiche prodotte industrialmente dalla distillazione del petrolio.

— *Politura con olio e polveri abrasive* – Molti autori concordano nell'individuare nell'olio di semi di lino cotto una vernice *ante litteram*. La tecnica di politura dal XVI secolo affianca la verniciatura con vernici grasse e volatili in complessi procedimenti di verniciatura, riservati a manufatti molto preziosi, in cui all'applicazione di strati di vernice molto sottili è alternata la politura con polveri finissime di Tripoli e di pomice, frizionate per mezzo di stracci inumiditi in olio d'oliva, e infine la lucidatura con pelle di daino.



— *Verniciatura con vernici a olio* – Tra le prime vernici da legno vi sono l'olio di lino cotto additivato di resine naturali ridotte in polvere, quali trementina, sandracca e colofonia. La cottura dell'olio, puro o additivato di litargirio o di minio, è indispensabile per conferirgli la proprietà di essiccare entro un numero contenuto di giorni dall'applicazione.

Man mano che l'esperienza arricchisce gli artefici, le resine dure e pregiate quali ambra e copale sono considerate le migliori per formare vernici grasse trasparenti e solide. La presenza di resine più tenere, tra le quali le prime menzionate, conferisce alle vernici oleose migliori caratteristiche di elasticità richieste da usi specifici.

— *Verniciatura con vernici all'essenza* – Le essenze di trementina, di ragia e di spigo, utilizzate fin dal XIV secolo come diluenti delle vernici all'olio, sono state impiegate per formare queste vernici a partire dal XVI secolo, non appena le sopraggiunte capacità tecniche di distillazione permettono di *sflemmare* gli oli essenziali distillati dalle resine.

Per la loro rapida essiccazione, esse sono dette vernici "volatili". Caratteristica è la trasparenza di tali composti vernicianti.

— *Verniciatura con vernici ad alcol* – Acquavite, spirito di vino e alcol etilico sono ottimi solventi delle gomme e delle resine naturali. Le vernici che essi formano, soprattutto insieme a resine quali la gommalacca bionda (qualità "angelo") o rossa in scaglie, sono molto brillanti, di colore dorato più o meno intenso, poco resistenti agli agenti atmosferici, di lunga e laboriosa applicazione, ma in grado di conferire un lucido specchiante.

All'applicazione a pennello, fanno seguito la sigillatura dei pori con polvere di pomice e la lucidatura a tampone, caricato di vernice molto diluita in alcol e inumidito in superficie di poche gocce di olio di lino crudo ([fig. 4](#), [fig. 5](#), [fig. 6](#), [fig. 7](#)).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Le tecniche di verniciatura più recenti prevedono l'impiego di prodotti di concezione più o meno nuova rispetto a quelli tradizionali, tra i quali si citano i seguenti:

*Vernici cellulosiche* – La loro invenzione risale alla fine del XIX secolo. Si tratta di vernici a solvente volatile (o a miscela di solventi volatili con diversi gradi di volatilità) nelle quali il legante principale è un estere cellulosico, cui sono aggiunte delle sostanze modificanti (resine e plastificanti) e dei diluenti a rapida evaporazione. Fra questa famiglia di vernici, i prodotti più diffusi per la verniciatura del legno sono le nitrocellulose, più note come vernici alla "nitro" per finire, con e senza levigazione. Tra i due tipi, il primo contiene una percentuale maggiore di resine rispetto al secondo. La nitrocellulosa, sciolta in solventi opportuni, additivata con plastificanti, forma un film duro e trasparente, ma non brillante. L'effetto

lucido si ottiene aggiungendo nella formulazione piccole quantità di resina o di olio e procedendo alla lucidatura manuale o automatica.

*Vernici poliestere* – Il loro legante è costituito da resine poliestere insature in grado di formare film di notevole chiarezza e trasparenza, di aspetto lucido e vetroso, resistente all'abrasione, di ottima aderenza al supporto e durevole. La loro velocità di reazione può essere aumentata tramite la miscelazione con opportuni catalizzatori-acceleranti. Le mani da applicare sono almeno due, la prima delle quali a tampone o a spruzzo e la seconda a spruzzo.

La lucidatura può essere eseguita solo a macchina con speciali paste lucidanti.

*Vernici poliuretatiche* – Tra le vernici oggi più comunemente utilizzate vi sono le poliuretatiche, mono o bicomponenti, risultanti dall'addizione di un composto con idrogeni attivi e un poliisocianato che reagisce con i gruppi OH delle resine, solubili in vari solventi (acqua o specifici solventi poliuretatici), la cui base può essere costituita da resine alchidiche, poliesteri, acriliche o di altra natura. Esse sono inalterabili nel tempo, molto resistenti all'abrasione, al punzonamento, agli agenti chimici, ai solventi, dotate di buona plasticità ed elastiche, in grado di assecondare i movimenti naturali del legno senza danneggiarsi né screpolarsi e di assorbire eventuali urti senza fessurarsi né staccarsi dal supporto. La loro applicazione a pennello, a spruzzo o a rullo è agevole. La loro resa è bassa, dato che difficilmente riescono a chiudere i pori del materiale: con 1 litro di prodotto si verniciano circa 10 m<sup>2</sup> di superficie per mano. Esse reticolano a temperatura ambiente senza intervento dell'ossigeno atmosferico. Il loro tempo di applicabilità è di 20-25 minuti, quello di

presa è determinabile al minuto, prodotto per prodotto. Deve essere preso in considerazione il fatto che sono altamente irreversibili e che a contatto con alcuni prodotti quali l'ammoniaca contenuta nei detersivi possono scurire.

*Vernici epossidiche* – Sono vernici molto impermeabili all'acqua e resistenti agli agenti chimici, flessibili e aderenti al supporto. Le resine epossidiche impiegate per queste vernici sono formate per condensazione dell'epoclorina o di altri composti analoghi con bisfenolo.

Esse sono dotate di ottimo potere adesivo e di buona resistenza chimica. Il loro costo è elevato e l'uso è limitato a manufatti particolari.

*Vernici acriliche* – Sono particolarmente diffuse nei paesi di cultura tedesca. Esse presentano un'ottima stabilità alla luce, agli agenti atmosferici e chimici, hanno eccellente aggrappaggio, notevole trasparenza, ridotto "effetto bagnato" e forte resistenza all'ingiallimento – ragione per cui i prodotti acrilici sono usati con ottimi risultati nella verniciatura dei legni chiari o nella verniciatura sulle tinte pastello.

*Vernici bicomponenti all'acqua* – Sono promosse dagli operatori perché presentano il duplice vantaggio di una bassa tossicità – rilasciano un numero nettamente inferiore di particelle di solvente rispetto a quelle a solvente, dal momento che queste ultime ne contengono una percentuale del 60-70% contro il 4-6% delle prime – sia di essere di basso impatto ambientale. Il tipo di finitura ottenibile con le vernici ad acqua è opaco o semilucido. Il colore naturale del legno resta inalterato e resistenza all'abrasione e durabilità sono paragonabili a quella delle vernici poliuretatiche. Il loro difetto principale è la minore resistenza ad alcuni agenti chimici presenti nei detersivi domestici, quali alcol etilico e ammoniaca.

*Finiture "ecologiche" a impregnazione* – Le finiture a impregnazione rientrano nella vasta e variegata famiglia di prodotti definiti "ecologici" (non senza controversie) o "biocompatibili" per il fatto di essere privi di solventi volatili pericolosi, contenendo solventi di origine vegetale o paraffinica, cere e resine più o meno naturali, ma anche antivegetativi.

Le vernici a impregnazione rappresentano una riscoperta recente di metodi antichi: l'olio è steso e dopo circa 30 minuti è frizionato sulla superficie del legno a macchina monospazzola, quindi dopo circa due ore è asciugato per mezzo di lucidatura a macchina. Dopo 24 ore il ciclo deve essere ripetuto. Non si forma alcuna pellicola, bensì una sorta di barriera all'assorbimento dei liquidi grazie alla cristallizzazione dell'olio nei pori del legno, dall'aspetto morbido e ceroso. Buona aderenza al supporto, durezza, idrorepellenza, reversibilità e manutentibilità sono le caratteristiche vantaggiose di tali prodotti.

#### *Aspetti normativi*

L'intervento di manutenzione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei così delineato si colloca a metà tra quelli che l'articolo 31 della l. 457/78 definisce "manutenzione ordinaria" e "manutenzione straordinaria". In qualunque categoria rientri l'intervento di manutenzione, dalla primavera del 2000 è obbligatorio che nel cantiere temporaneo o mobile sia redatto un documento amministrativo di valenza operativa a cura delle imprese, il Piano Operativo di Sicurezza (POS), in base alla normativa in materia di sicurezza dei cantieri del d.lgs. 494/96, come modificato e integrato dal d.lgs. 528/99. Nel POS convergono le notizie sullo specifico cantiere, la valutazione dell'eventuale rischio di infortunio degli operatori e gli elementi indicativi di comportamento e indirizzo sulla sicurezza per minimizzare il rischio/infortunio.

In merito alla prevenzione incendi, per i rivestimenti lignei tradizionali a pavimento e a parete la normativa di riferimento è contenuta nel d.m. 48 del 26/6/1984, secondo il quale è possibile applicare un prodotto RE 30 sotto forma di specifica miscela verniciante, che conferisce a questi manufatti la resistenza alla fiamma e la tenuta meccanica per trenta minuti.

#### **ESPERIENZE**

Manutenzione di pavimento ligneo ottocentesco a formelle con quadri di rovere e intarsi di olmo e noce di villa Finally a Firenze.

Manutenzione di pavimento ligneo di noce, cipresso e pitch-pine di villa ottocentesca a Fiesole (Firenze).

Manutenzione di parquet intarsiato in abete e larice di palazzo del Kreutzenberg a Roveré della Luna (Trento).

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Adelizzi D. 2000; Andreani I. 1997; Belluomini F. 1927; Berti S., Bertolini Cestari C., Macchioni N., Zanuttini

R. 1999; Cianetti E. 1987; Coutrait J. P. 1996; Coutrait J. P. 1998; De Mayerne T. T. 1995; Errico M. 2000; Galbiati A. 2001; Hayward C. H. 1995; Lannuti C., Broccolo A. 1996; Ordoñez C., Ordoñez L., Del Mar Rotaeché M. 1996.

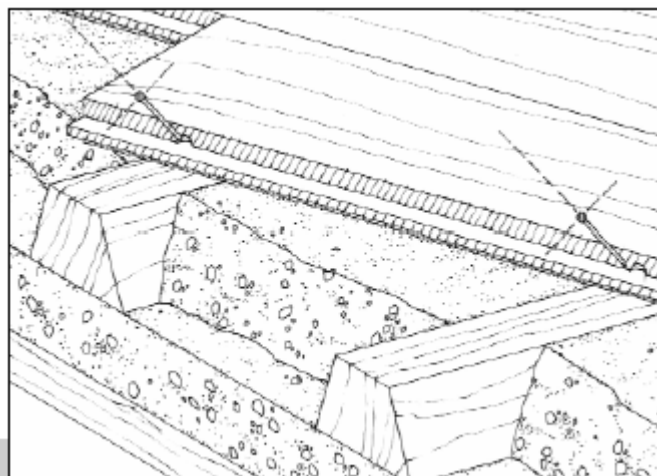


Figura 1 • Pavimentazione lignea inchiodata su un'orditura di listelli. (CAF)

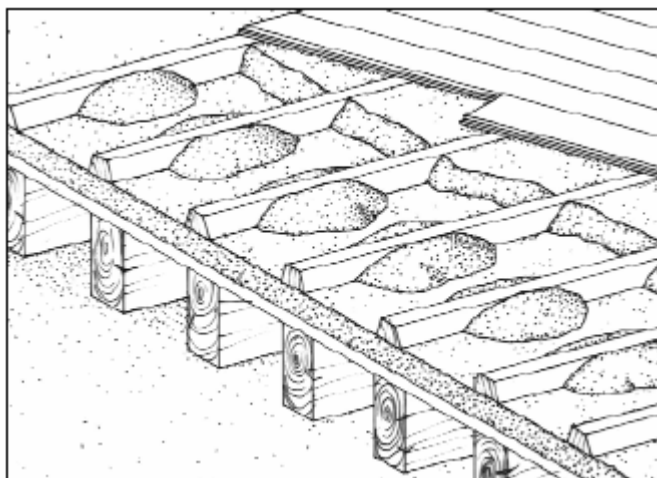


Figura 2 • Pavimentazione lignea inchiodata su un'orditura di listelli (dettaglio). (CAF)

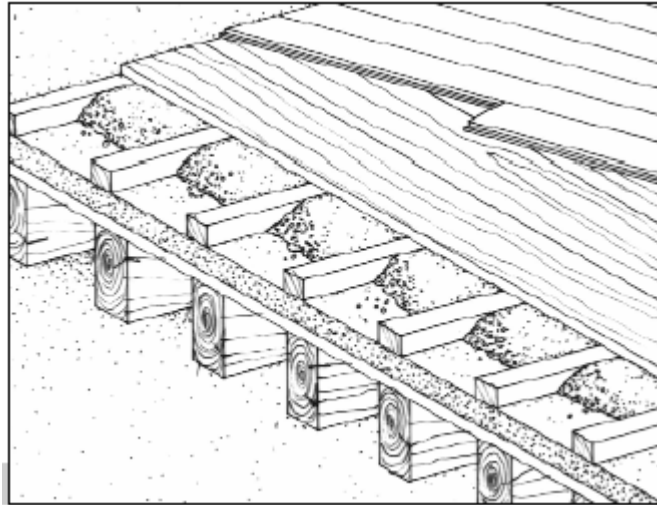


Figura 3 • Pavingazione lignea inchiodata su tavolato posto in opera su travetti. (CAF)

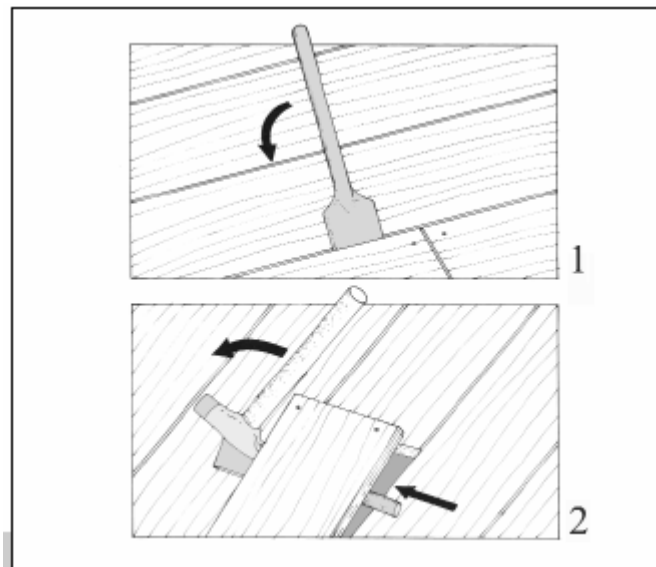


Figura 4 • Sollevamento delle tavole. 1) S'inserisce la punta dello scalpello nella fessura tra due tavole e si procede i modo analogo sull'altro lato della tavola fino a liberarne la testa dai chiodi; 2) si inserisce la penna biforcata del martello sotto la parte sollevata della tavola per consentire l'inserimento dello scalpello. Si avvanza lungo la tavola sino alla coppia successiva di chiodi. (CAF)

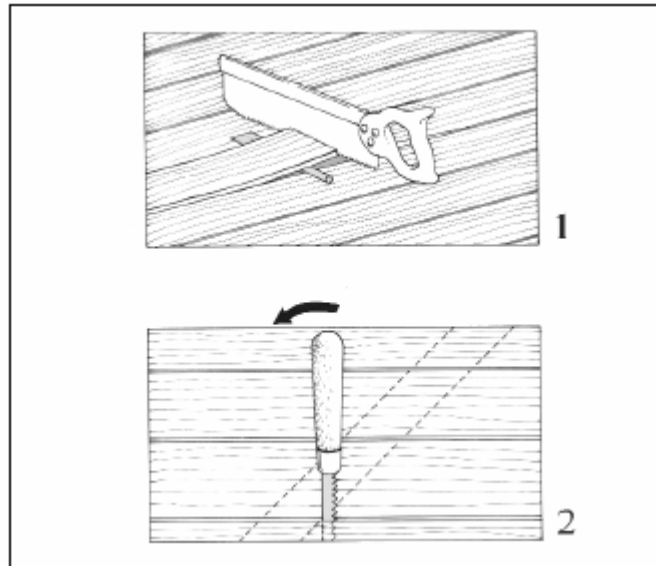


Figura 5 • Sollevamento di tavole continue. 1) Con lo scalpello a lama larga si solleva la tavola al centro, poi si fa scivolare lo scalpello sotto la tavola incurvata. Dopo aver rimosso i chiodi, con la sega per tenoni, si taglia la tavola in asse col travetto e si procede al sollevamento come in figura quattro; 2) se le tavole sono troppo rigide perché siano incurvate, o con bordi a maschio e femmina, devono essere tagliate sul posto. Ciò comporta la necessità di segarle a raso del lato del travetto invece che sull'asse. Si individua il travetto passando verticalmente la lama del gattuccio. (CAF)

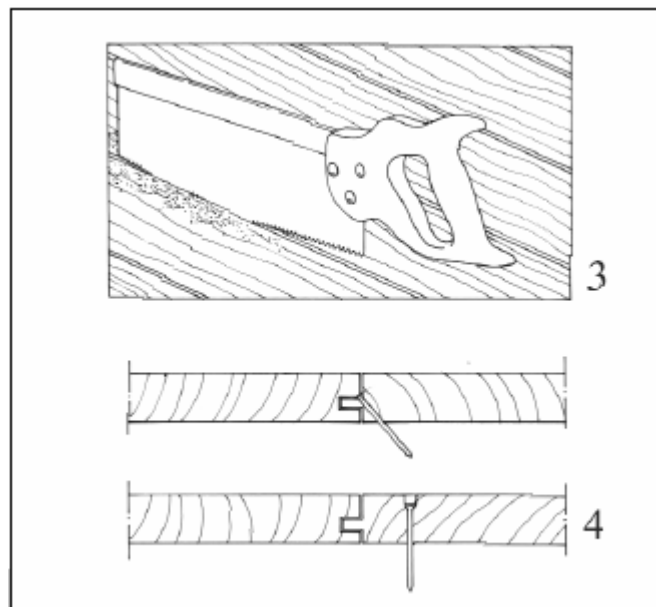


Figura 6 • Sollevamento di tavole continue connesse con incastro a maschio e femmina. 3) I giunti delle tavole a maschio e femmina devono essere tagliati con una sega per tenoni o con il gattuccio; 4) nelle giunzioni a maschio e femmina le chiodature possono essere nascoste o in vista. (CAF)

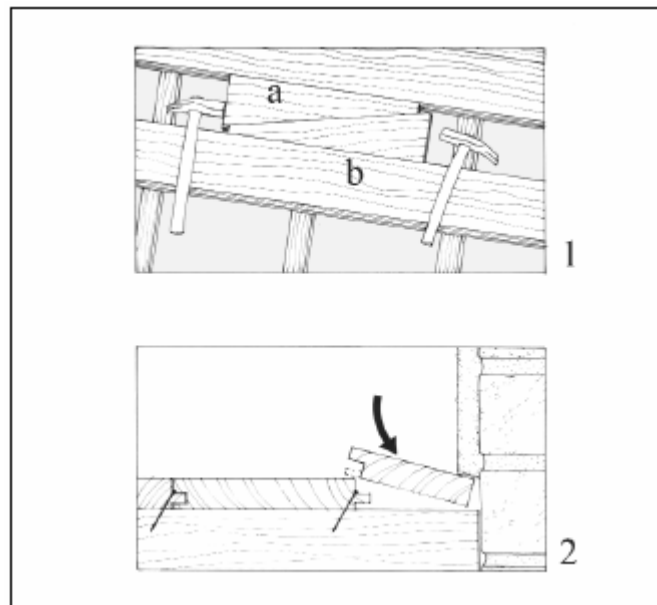


Figura 7 • Posa di nuove tavole. 1) Posata e inchiodata la prima tavola, sono posate le successive. Per serrarle si utilizzano cunei di legno duro (a) che fanno forza appoggiandosi a una tavola provvisoriamente inchiodata (b); 2) L'ultima tavola va tagliata in modo tale da lasciare un vuoto uguale alla larghezza del dente. Se non si riesce a infilare l'ultima tavola si rimuove il labbro inferiore della scanalatura per poterla inserire in posizione. (CAF)

<b>MNT 04</b>	<b>MANUTENZIONE DEI PAVIMENTI DI MARMO, ARDESIA, PIETRA</b>
---------------	---

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

La manutenzione dei pavimenti, in generale, consiste in una serie di operazioni cui è necessario ricorrere per far fronte ai danni derivanti da prolungati periodi di abbandono, da eventi traumatici come urti, dissesti, distacchi e simili, e dalla consunzione dell'uso.

A seguito di tali eventi, le superfici pavimentali possono subire alterazioni più o meno gravi, che impongono talvolta interventi più o meno estesi e tecnicamente articolati. Inoltre, la normale usura dello strato più superficiale del manufatto richiede, a determinati intervalli, un'attività manutentiva costante, che ne assicuri l'efficienza e ne consenta la praticabilità.

In particolare, i pavimenti di ardesia, marmo o pietra, pur richiedendo interventi manutentivi a grandi linee analoghi a quelli di altri manufatti della stessa categoria (v. MNT01 - Manutenzione di pavimenti alla veneziana; MNT02 - Manutenzione di pavimenti in cotto; MNT03 - Manutenzione di pavimenti e rivestimenti lignei), presentano caratteristiche specifiche di materia e di procedure costruttive.

Sotto questo profilo, infatti, i pavimenti di marmo, ardesia o pietra si distinguono, quanto meno, perché:

- non sono, in genere, esposti ad attacchi biotici, salvo quelli esposti all'aperto che possono essere interessati da croste di muschi, licheni o funghi;
- non hanno struttura monolitica, ma sono generalmente composti dall'unione di parti elementari (mattoni, piastrelle, lastre);
- sono costituiti da materiali di cava semplicemente lavorati, o da impasti di graniglia di pietra e cemento.

La manutenzione è l'operazione preventiva più utile a rallentare e mantenere sotto controllo periodico il processo di usura, e a impedire che questi manufatti, soprattutto se dotati di qualità storiche o artistiche, raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di restauro, se non la loro rimozione e la sostituzione. Essa può essere considerata una prassi finalizzata a mantenere il loro livello di efficienza e di prestazioni entro valori determinati, in modo che il loro invecchiamento risulti complessivamente equilibrato.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Una manutenzione ordinaria si applica a tutti i pavimenti normalmente in uso, con lo scopo di prolungarne la durata e di assicurarne un certo standard di praticabilità. Interventi manutentivi più radicali sono necessari, invece, se il pavimento ha subito danni più o meno gravi, causati da lunghi periodi di abbandono, da dissesti localizzati o da traumi dovuti a un uso improprio, come urti violenti, graffi e incisioni, macchie e impregnazioni di sostanze estranee, rotture, sconnessioni, distacchi e simili. In talune circostanze, il danno può essere talmente spinto ed esteso da richiedere un vero e proprio trattamento di restauro.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

È sempre bene far precedere qualsiasi intervento da un accurato esame della superficie pavimentale, in modo da accertare la quantità, l'estensione, la localizzazione e il genere di degrado che la investe. In particolare, vanno individuati i depositi, nella loro natura e consistenza

(polveri, materie grasse, sporco compatto ecc.); le macchie e le impregnazioni (sostanze untuose o coloranti); le rotture e le alterazioni meccaniche della superficie (scheggiature, buchi, crateri, incisioni, graffi più o meno profondi ed estesi); lo stato dei giunti (sbeccature dei bordi, depositi di sporco, separazioni tra gli elementi); gli eventuali danni statici (distacchi, sconnessioni, fessurazioni). Dall'esame preliminare deve conseguire un programma degli interventi manutentivi, in modo che questi assicurino una completa rimessa in efficienza del manufatto e una sua conservazione nel tempo.

### **Pulitura**

L'opera manutentiva inizia, in genere, con una pulizia accurata delle superfici da trattare. Ciò allo scopo di facilitare l'esame dello stato di conservazione e di evitare indesiderate e dannose interazioni tra le particelle di sporco depositate e i prodotti che si intendono utilizzare nelle fasi successive dell'intervento/trattamento. La pulitura può limitarsi al lavaggio con acqua semplice o con aggiunta di detersivi o soda, strofinando la superficie con spazzole di saggina, risciacquando e insistendo soprattutto nei pressi delle fessurazioni, dei giunti e dei piccoli crateri determinati da perdite locali di materiale. Qui, infatti, si annida spesso lo sporco più tenace, quello che rischia di compromettere le successive riparazioni, integrazioni o stuccature. Per raggiungere risultati accettabili, in questi casi è talvolta opportuno integrare l'azione dei detersivi con puliture meccaniche, ricorrendo a spazzole, punte, bisturi e, talora anche a interventi d'idrosabbatura.

In caso di pavimentazione sottoposta a traffico intenso, occorre prestare attenzione alla rimozione dei materiali di tipo sabbioso, che causano l'abrasione della superficie.

I detersivi sono i prodotti chimici utilizzati nella fase della pulitura; in base alla composizione chimica ed al materiale su cui possono essere utilizzati si distinguono:

- i *detersivi neutri*, normalmente utilizzati per la pulizia quotidiana e che permettono di rimuovere la patina superficiale di sporco comune e di polvere;
- i *detersivi acidi tamponati*, che eliminano macchie di tempera, cemento, salnitro, muffe;
- i *detersivi caustici*, che hanno un potere fortemente sgrassante e sono utilizzati per eliminare macchie di olio, sporco tenace di origine untuosa e ossidazioni tipiche di alcuni materiali;
- i *detersivi alcalini*, che consentono di asportare depositi grassi di origine organica e inorganica;
- i *solventi*, generalmente abbinati a sostanze deceranti, che sono impiegati per rimuovere vecchi strati di cere e vernici provenienti da precedenti trattamenti di manutenzione.

È necessario, tuttavia, valutare con attenzione l'effetto di ogni detersivo, perché ciascuno di essi agisce in modo più o meno aggressivo e si comporta diversamente con i diversi materiali.

In particolare, per la pulitura delle pietre naturali calcaree, come marmi, onici, ardesie, travertini e arenarie, sono assolutamente da evitare i prodotti acidi (alcol denaturato, acido solforico, acido acetico, ovvero aceto e acido citrico, ovvero succo di limone), perché l'interazione con il carbonato di calcio in essi contenuto produce un effetto corrosivo, rendendone opaca e ruvida la superficie.

Analogamente sono da evitare i prodotti anticalcare in quanto sciolgono la calcite contenuta nelle pietre sopra elencate, provocando la formazione di cavità; inoltre, spesso gli anticalcare sono ad alto contenuto di acido fosforico o acido fluoridrico, che hanno il potere di attaccare anche il quarzo che compone i silicati, provocando danni irreversibili.

Qualora i marmi e le rocce calcaree presentino macchie resistenti ai detersivi neutri è possibile ricorrere a prodotti basici come l'ammoniaca.

I silicati come graniti, gneiss, serpentini, beole, serizzi, quarziti, invece, sono resistenti agli acidi deboli, come l'alcool denaturato, l'acido acetico ovvero aceto, l'acido citrico, ovvero succo di limone e anche ad alcuni acidi forti come l'acido solforico; tuttavia, se ne raccomanda l'uso solo in casi estremi.

La soluzione è generalmente stesa a mano sul pavimento utilizzando spazzole o pennellesse; quindi, si lascia agire per un periodo variabile da alcuni minuti a diverse ore, secondo il tipo di sporco da rimuovere e il detersivo utilizzato; in caso di soluzioni particolarmente attive contro lo sporco, si consiglia di eseguire sempre una prova di corrosione e di tenuta di colore su un tassello del materiale che compone il pavimento.



Quando le condizioni conservative lo consentono, per ridurre il tempo di applicazione del detergente, si ricorre anche allo strofinamento manuale o meccanico (con idonee macchine) del pavimento trattato, concentrando l'azione sulle parti interessate dalle macchie.

Si procede quindi alla rimozione totale del prodotto pulente con un abbondante e accurato risciacquo; infine, l'operazione di lavaggio è completata dalla fase di asciugatura.

In genere, soprattutto in caso di depositi sulla superficie della pietra, la sola azione meccanica rimuove l'incrostazione, ma lascia l'eventuale macchia dovuta alla penetrazione nei pori di sostanze pigmentate.

Per la rimozione di macchie particolarmente tenaci ed evidenti, quali olio, grasso industriale, grassi alimentari, caffè, è possibile ricorrere a prodotti in pasta di recente immissione sul mercato, appositamente formulati e differenziati a seconda del supporto da trattare e della sostanza da rimuovere. Tali prodotti si applicano stendendo uno strato di circa 5 mm di spessore sulla superficie interessata mediante l'ausilio di una spatola o paletta e ricoprendo il tutto con un film plastico (ad esempio in polietilene) per mantenere costante il grado di umidità dell'impasto ed agevolare l'assorbimento della macchia; dopo un intervallo di tempo variabile a seconda del tipo di sostanza da rimuovere e del grado di penetrazione della stessa, verrà tolta la pellicola e, successivamente, il prodotto antimacchia attraverso un accurato risciacquo.

In ogni caso, prima dell'applicazione dei prodotti detergenti e, a maggior ragione, degli antimacchia di recente formulazione, è consigliabile effettuare delle prove a campione per verificare l'efficacia dell'intervento e scongiurare eventuali rischi. Ad esempio, in presenza di superfici molto alterate e quindi con un elevato grado di porosità, esiste il rischio di penetrazione in profondità del detergente, che non sarà possibile asportare completamente con il lavaggio finale; in condizioni simili, dopo un accurato risciacquo del detergente, è necessario ricorrere a sostanze neutralizzanti che ne limitino il potere corrosivo.

### **Stuccatura e sigillatura**

È un procedimento a cui si ricorre in caso di rottura degli elementi lapidei che compongono la pavimentazione e per mascherare imperfezioni quali fessurazioni, incisioni, abrasioni, piccoli crateri, alveoli, in modo da riportare la superficie al suo stato originario senza sostituzione degli elementi danneggiati.

Una volta ripulita la parte interessata da ogni residuo di polvere, sporco, frammenti incoerenti di qualunque genere mediante le procedure sopra esposte, si stende accuratamente uno specifico stucco dopo averlo fatto sciogliere con l'aiuto di un'apposita resistenza elettrica; si avrà cura di verificare che la lacuna o abrasione sia ben riempita dal materiale. Una volta raffreddato, si rimuove l'eccesso mediante una spatola, si liscia la superficie con l'ausilio di una carta vetrata fine e, per concludere, si leviga in modo da uniformare la parte trattata alla restante pavimentazione.

I prodotti sigillanti utilizzati sono generalmente composti da resina poliestere con cariche in sospensione, a due componenti: adesivo e catalizzante. Per la preparazione dello stucco si possono impiegare materiali diversi, allo stato puro o con aggiunta di pigmenti per mimetizzarne le applicazioni. Su tale argomento specifico si rinvia a [INT12 - Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta.](#)

Sono in commercio prodotti in vari colori, inoltre sono pigmentabili, in modo da ottenere qualunque sfumatura, il più possibile vicina al colore della pietra originale. Per l'applicazione, occorre tenere in considerazione i dati microclimatici dell'ambiente in cui si opera; in particolare, l'umidità dell'aria e la temperatura possono intervenire sui tempi di reazione della miscela, pertanto è sconsigliata l'applicazione in condizioni di elevata umidità o temperatura inferiore a 10 °C.

Dopo l'indurimento, gli stucchi a caldo possono essere lavorati come la pietra.

Tali prodotti sono insensibili alla maggior parte dei detergenti utilizzati per la normale manutenzione dei pavimenti in pietra.

La completa polimerizzazione degli stucchi a caldo avviene dopo 7-8 giorni; tuttavia, già dopo 4-5 ore dall'applicazione è possibile procedere con la levigatura della superficie.

### **Lucidatura**

La lucidatura normalmente segue la pulitura delle pavimentazioni lapidee.

I *lucidanti in pasta* sono concentrati di cere nobili dissolte in solvente non infiammabile, e sono ideali per la lucidatura finale di marmi, graniti e pietre lucide. In commercio sono disponibili in diversi colori e in versione incolore.

Si applicano mediante sfregamento a mano o a macchina, con paglia d'acciaio fine, feltro o panno di lana; la composizione penetra nelle porosità del materiale trattato, chiudendole ed eliminando le piccole crepe. Asciugano rapidamente e producono un effetto lucido molto intenso e di lunghissima durata.

I *lucidanti liquidi* sono a base di solventi non infiammabili, e sono ideali per ravvivare i colori di marmi, graniti e pietre lasciando il tipico "aspetto bagnato". Si applicano mediante la lucidatrice o, manualmente, attraverso l'uso di panni in lana.

Nel caso di pavimenti lapidei molto degradati, per i quali risultano inutili le procedure sopra esposte di lucidatura, è consigliato l'utilizzo di prodotti che, grazie ad un agente vetrificante ed all'uso della monospazzola, induriscono la superficie da trattare conferendo un lucido duraturo simile alla lucidatura del marmista. In particolare, la monospazzola equipaggiata con disco in paglia di acciaio provoca una reazione termochimica chiamata "cristallizzazione", attraverso la quale lo strato più superficiale di carbonato di calcio si miscela con un agente vetrificante contenuto nel prodotto applicato, chiudendo le porosità, conferendo alla superficie un aspetto brillante e rendendo il pavimento molto più resistente al calpestio.

In casi estremi, per recuperare una pavimentazione lapidea la cui parte superficiale versi in uno stato avanzato di degrado, si può ricorrere alla levigatura, che dovrà essere il più possibile localizzata; gli interventi di questo tipo, che prevedono l'impiego di macchine levigatrici, devono essere il più possibile contenuti, limitati alla porzione effettivamente in oggetto, perché ogni levigatura sottrae uno strato, sia pur minimo, di materiale, e produce spesso traumi dannosi per i materiali delicati o in precario stato di conservazione, e questo, soprattutto per i pavimenti storici, può comportare un'alterazione irreversibile della superficie.

### **Trattamenti protettivi**

Per chiudere le porosità di una pietra naturale, renderla immune da macchie, efflorescenze, gelività e facilitarne e velocizzarne la manutenzione è d'uso comune applicare sulla superficie dei prodotti protettivi; tali prodotti saranno diversi a seconda del tipo di pietra in oggetto, della finitura, delle condizioni ambientali, della collocazione, tutti fattori che determinano l'innescarsi di processi di deterioramento molto diversi.

I trattamenti protettivi tradizionali consistono nell'utilizzo di prodotti a base di cere naturali e cera d'api, stesi con pennelli, spugne, stracci o spazzole di nylon; è necessario che la stesura avvenga in modo uniforme, senza lasciare eccessi di prodotto nelle fughe o striature sulle piastrelle. Per queste ragioni, a volte, si utilizzavano sostanze diluenti come l'acqua regia, per rendere più fluide le sostanze inceranti e facilitarne la stesura. Il procedimento di ceratura è necessario soprattutto per i pavimenti grezzi, molto porosi e assorbenti, per conferire loro uno strato repellente nei confronti di acqua e sporco.

Attualmente, i trattamenti protettivi sono eseguiti ricorrendo a sostanze sintetiche; si elencano di seguito i principali prodotti attualmente utilizzati a protezione delle superfici lapidee.

- *Siliconi*: nel caso dei protettivi, sono stati i primi prodotti idrorepellenti disponibili sul mercato. Attualmente le due classi di prodotti più usate sono i silani ed i silossani.

I silani sono sostanze a bassa viscosità capaci di legarsi chimicamente alle pietre; riescono quindi a penetrare in profondità nei substrati porosi e danno un trattamento idrorepellente di lunga durata; per la loro particolare struttura, non riducono la permeabilità al vapore acqueo, permettono la traspirazione della pietra e sono molto stabili ai raggi U.V.; sono disponibili sia in soluzioni a base solvente, sia in emulsione acquosa.

I silossani derivano direttamente dai silani, di cui conservano le caratteristiche, ma con volatilità inferiore.

- *Polimeri fluorurati*: di solito sono poliacrilati o poliuretani in cui sono stati inseriti un certo numero di atomi di fluoro, fatto che porta a livelli molto bassi la tensione superficiale (forza di natura elettrochimica che determina la bagnabilità) delle superfici trattate. I polimeri fluorurati hanno così un ottimo potere idro e oleorepellente usati da soli o in associazione con silani e silossani, con cui

sono sinergici. Sono durevoli e non cambiano l'aspetto delle superfici trattate. Sono disponibili in soluzioni a base solvente o acquosa.

- *Antigraffiti*: il problema "anti-graffiti" nella fase preventiva è stato risolto da un nuovo prodotto denominato STRIP composto da una base di cere esterificate e micro cristalline additivate con speciali resine acriliche. Spalmate sulla superficie di marmo o granito, formano una sottilissima pellicola protettiva che resiste per molto tempo all'azione del sole ed agli agenti atmosferici. Gli antigraffiti resistono e proteggono dalle scritte fatte con le normali bombole spray in commercio. I graffiti possono essere rimossi con normali svernicianti o diluenti o, in molti casi, sfregando con panni leggermente abrasivi o paglia di acciaio.

Da segnalare anche l'esistenza di una guaina protettiva rimovibile, di tipo liquido o in pasta. Il suo campo di impiego è nei cantieri edili, a protezione di pavimentazioni di pregio in marmo, agglomerato, granito, cotto, piastrelle con smalti delicati e pavimenti in legno verniciati. Con questo sistema si evitano i danni derivanti dalle lavorazioni successive la posa (macchie di pittura e vernici, cadute accidentali di attrezzi, rigatura da sfregamento ecc.). Dopo la stesura e l'essiccazione, il prodotto forma una guaina gommosa molto elastica che protegge da urti e sfregamenti.

Terminati i lavori può essere facilmente rimosso, partendo da un lato e tirando verso l'alto. Sul pavimento ha ottime caratteristiche antisdrucchiolo, rimane inoltre perfettamente aderente e non costituisce inciampo. Dopo la rimozione, polvere e sporco rimangono inglobati nella guaina lasciando la pavimentazione pulita.

- *Protettivi nanotecnologici*: si tratta di prodotti di ultima generazione, ancora in fase di sperimentazione, che sfruttano i principi della nanotecnologia, una scienza introdotta nel 1959 da Richard Feynman, considerato il padre-fondatore; si basa su una nuova concezione della fisica e della chimica per cui è possibile manipolare le proprietà dei materiali a livello molecolare, intervenendo sulla natura delle connessioni fra gli atomi, da cui dipendono le proprietà della materia.

La nanotecnologia utilizza strumentazioni sofisticate consistenti in "macchine" microscopiche in grado di agire su singoli atomi. L'orientamento della ricerca è quello di indurre in maniera automatica la riproduzione dell'assemblaggio di atomi e molecole che avviene in natura, attraverso un "nanocomputer", vale a dire un processore in possesso di un meccanismo logico su scala atomica, della capacità di 1 miliardo di bytes stivato in 1 micron cubico, pari a 1 millesimo del volume di una cellula umana.

La prima generazione di assemblatori, delle dimensioni di 1 submicron, si moltiplica esponenzialmente duplicando se stessa, e viene iniettata in un fluido viscoso contenente migliaia di miliardi di nanomacchine "assemblatrici" generate dalla prima, ciascuna con il proprio nano computer.

Questa seconda generazione di micro-processori costruirà il prodotto finito vero e proprio, muovendosi agevolmente in un liquido che trasporterà anche le materie prime e fungerà da raffreddamento; l'energia sarà fornita dal sole, sull'esempio di quella straordinaria forma di nanotecnologia che è la sintesi clorofilliana.

Sulla base dei principi sopra esposti si basano gli studi e i progetti seguiti da numerosi ricercatori, molti dei quali hanno come obiettivo proprio il campo dei lapidei, per migliorarne la qualità e la durata.

Nel campo dei lapidei sono già state studiate centinaia di soluzioni e preparati speciali in grado di preservare le pietre naturali, aumentandone la durezza e diminuendo, nel contempo, i rischi di danneggiamento.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

I prodotti utilizzati per la ceratura dei pavimenti in cotto o in pietra, oltre a quello neutro e trasparente neutro, presentano generalmente vari altri colori; pertanto, miscelando tra loro le varie tonalità disponibili sul mercato, in diverse percentuali, è possibile ottenere sfumature vicine al colore proprio del pavimento da trattare o diverse da esso, in funzione dell'effetto che si vuole ottenere. Recentemente, per il trattamento di ceratura, sono state prodotte emulsioni di cere

sintetiche, disperse in sostanze oleorepellenti, che, rispetto alle cere naturali, garantiscono al supporto una maggiore traspirazione.

Un caso molto particolare è costituito dai pavimenti e dai rivestimenti (gradini, stipiti di porte e finestre, zoccolature e altro) di ardesia dell'area ligure, ove non è raro riscontrare che il materiale è stato ricoperto da una vernice nera, spesso rinnovata più volte, che lo copre e lo "preserva" sotto di una spessa crosta artificiale. Questo trattamento pare avere, in alcuni casi, una funzione protettiva, laddove le superfici abbiano mostrato segni di sgretolamento o d'usura spinta. In tali circostanze, come in numerose altre similari, un'indiscriminata "pulitura" può portare a distruggere testimonianze di culture costruttive.

#### **ESPERIENZE**

Le opere di manutenzione delle superfici pavimentali non sono, in genere, documentate e non appaiono nei resoconti dei restauratori. Ciò è dovuto, probabilmente, alla scarsa considerazione "scientifica" in cui sono tenuti questi trattamenti, anche se il loro impiego è diffuso e investe la quasi totalità dei restauri. Fra i casi accertati, si citano i seguenti:

palazzo Ducale di Genova, pavimento marmoreo della sala del Maggior Consiglio;

palazzo Ferretto di Genova, pavimento novecentesco di marmette colorate di cemento compresso; pavimento di marmo a casa Ricciardi, Venezia.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Lazzaroni E. (a cura di), *Come stuccare e sigillare le pietre naturali*, in "Business Stone", 26 marzo 2008, rivista on line edita con il patrocinio di Associazione Marmisti della Regione Lombardia e Consorzio Italy for Marble.

Lazzaroni E. (a cura di), *Pulizia e lucidatura di pavimenti e rivestimenti in marmo, granito e pietre naturali*, in "Business Stone", 26 marzo 2008.

Lazzaroni E. (a cura di), *Protettivi nanotecnologici per pietre naturali*, in "Business Stone", 4 giugno 2009.

Lazzaroni E. (a cura di), *Trattamenti protettivi preventivi per le pietre naturali*, in "Business Stone", 21 febbraio 2010.

# MNT05 | MANUTENZIONE DI TETTI E COPERTURE

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

La manutenzione delle coperture comprende anzitutto una vasta serie di attività di controllo, tese ad accertare il loro stato di conservazione e la loro efficienza, cui sono spesso associate azioni di rimessaggio, riparazione o sostituzione puntuale di singoli elementi sconnessi, rotti o degradati che diminuiscono l'efficienza o impediscono il corretto funzionamento della struttura nel suo complesso.

Per loro natura i manti di copertura, gli impalcati e le intere strutture che li sostengono, d'altra parte, sono costituiti da sistemi di elementi assemblati per proteggere gli edifici dall'aggressione degli agenti meteorici e sono, per questo, particolarmente vulnerabili. Le tecniche costruttive assimilano la realizzazione di queste strutture a un montaggio di pezzi separati e distinti (se si escludono le coperture a volta estradossata, le soluzioni pneumatiche o a lastra) e ciò determina la presenza di numerosi giunti d'unione, variabili per tenuta e saldezza. Le coperture, inoltre, possono essere interessate da movimenti propri o delle strutture di supporto, con conseguenti rischi di deformazione e di sconnessione dei loro

elementi costitutivi. Deformazioni, allentamenti, disunioni, scivolamenti e rotture possono, infine, provocare rilevanti problemi per la conservazione e per il mantenimento in efficienza delle coperture, poiché costituiscono punti privilegiati d'innescio per molti fenomeni di degrado e di dissesto che, se non prontamente contrastati, possono determinare anche il crollo delle coperture e dell'intero manufatto. A questo insieme complesso di rischi e di guasti deve anzitutto opporsi e fornire rimedi una corretta pratica di manutenzione programmata e periodica.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

Per queste ragioni le strutture e i manti di copertura sono le parti della costruzione su cui, in passato, s'interveniva con maggiore frequenza, esercitando controlli periodici e limitate o puntuali operazioni di riparazione. Queste operazioni consistevano anzitutto nella verifica dello stato di conservazione e d'efficienza del manto di protezione, in interventi di fissaggio dei suoi elementi smossi o di sostituzione di quelli caduti, spezzati o irrimediabilmente degradati.

Un consueto intervento di tipo manutentivo, eseguito periodicamente sui tetti coperti da ardesia scandole di legno, ad esempio, consisteva nello smontaggio delle scandole fissate con pioli o cavicchi lignei ai sottostanti travicelli e nel loro riposizionamento, dopo averle eventualmente girate e capovolte, in modo che la faccia esterna fosse rivolta verso l'interno della copertura e che la parte alta si trovasse riposizionata verso il basso. Un ulteriore accorgimento, valido per tutti i tipi di manti, consisteva nell'approvvigionamento di un certo quantitativo di elementi di "riserva", accuratamente accatastati in luogo protetto, in modo da disporre dell'occorrente per la sostituzione degli elementi degradati o per l'integrazione di eventuali mancanze del manto.

Simili operazioni erano tradizionalmente compiute dai proprietari o dagli abitanti dell'immobile, ma questa cultura materiale e manutentiva è ormai scomparsa e ciò comporta non pochi problemi. Inoltre, l'odierna organizzazione del mondo del lavoro, con le sempre più rigorose norme di sicurezza, impediscono che una persona non qualificata possa autonomamente attuare interventi di questa natura, per semplici che siano. S'interviene, così, ormai quasi esclusivamente, "a guasto avvenuto", ossia quando i fenomeni di degrado e di dissesto hanno assunto una gravità tale che la semplice manutenzione ordinaria della copertura non è sufficiente e s'impone talvolta una sua radicale trasformazione (smontaggio, demolizione e sostituzione totale), con rilevanti conseguenze in termini di tutela e di costi.

Riconoscere l'insorgere dei fenomeni di degrado e di dissesto riconducibili al vasto panorama di seguito esposto, e valutarne prontamente le possibili conseguenze, è d'altra parte il compito specifico di un'attenta pratica manutentiva. Simili accertamenti consentono, infatti, di porre rimedio ai problemi che investono la struttura, prima che si estendano e aggravino le loro conseguenze.

Inoltre, una corretta manutenzione che non si limiti a interventi "a guasto avvenuto" ma che miri a tenere in efficienza le coperture, consente di affrontare in modi non distruttivi le sempre più frequenti ed estese richieste d'adeguamento funzionale degli edifici esistenti e antichi. Al termine di un intervento di restauro o di recupero, infatti, ci si attende spesso che le coperture di un edificio assolvano a nuovi compiti, assicurino il rispetto d'inediti requisiti e offrano prestazioni quali: la sicura tenuta all'aria, all'acqua, alla neve, alla radiazione solare; la stabilità e il benessere (comfort igro-termico) dell'edificio e, in particolare, degli spazi sottotetto, se destinati ad usi abitativi.

La manutenzione delle coperture coinvolge poi ulteriori problemi legati agli interventi di riparazione o di sostituzione di singoli elementi degradati, poiché l'intera struttura e il manto di copertura devono essere facilmente manutenibili e costituiti, quindi, da elementi di facile approvvigionamento e di elevata resistenza, così come le loro connessioni dovrebbero essere accessibili, controllabili e agevolmente riparabili. Il rispetto di questi requisiti porta tuttavia, troppo spesso, a interventi incompatibili con la tutela degli edifici e distruttivi della

loro identità architettonica e ciò solleva particolari quesiti, poiché occorre evitare che la pratica manutentiva si trasformi in strisciante e incontrollata trasformazione.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Data l'estrema variabilità dei tipi di manti, di pacchetti di copertura e di strutture di sostegno dei tetti, è impossibile fornire un'unica descrizione delle fasi operative che le azioni manutentive coinvolgono o richiedono. È invece utile proporre alcuni elementi di metodo e suggerire alcune raccomandazioni a chi si occupa della loro manutenzione.

Iniziamo con il ricordare che essa comprende sostanzialmente due momenti: il primo è legato al controllo dei manufatti e alla diagnosi dei loro guasti, mentre il secondo comprende gli interventi necessari per allontanare o contenere le cause dei fenomeni di degrado, o per rimediare alle loro conseguenze.

#### *Verifiche periodiche, programmate e occasionali*

Le verifiche periodiche, devono anzitutto riguardare:

- la continuità e la stabilità del manto, naturalmente in relazione alle sue caratteristiche costruttive, sotto l'azione delle sollecitazioni esterne (vento, neve, ghiaccio, carichi da manutenzione...);
- la sua tenuta all'acqua, all'aria e al calore, soprattutto in corrispondenza delle connessioni interne tra gli elementi componenti e di quelle con le strutture murarie sottostanti o con gli elementi che ne interrompono la continuità (comignoli, abbaini, sfiati ecc.);
- l'integrità e lo stato di conservazione degli elementi che compongono il manto;
- l'integrità e lo stato di conservazione degli elementi delle strutture portanti del tetto;
- la stabilità, la corretta posizione, la pulizia e l'efficienza dei canali di gronda, dei pluviali e, in genere, delle opere di lattoneria per la raccolta e il deflusso delle acque meteoriche;
- le condizioni microclimatiche degli spazi sottotetto, per accertare l'esistenza di fattori favorevoli all'innesco di processi di biodeterioramento delle eventuali componenti lignee delle strutture portanti del tetto.

Simili verifiche possono essere compiute mediante una semplice analisi visiva e utilizzando comuni strumenti di controllo (quali: bolle, livelle ad acqua, fili a piombo ecc.), oppure eseguendo prove empiriche per controllare, ad esempio, la tenuta del manto e degli strati sottostanti (irrorandolo con un getto d'acqua).

È opportuno, inoltre, che tali verifiche siano condotte con regolare periodicità, secondo un programma dettato, anzitutto, dai caratteri costruttivi della copertura e dal clima del luogo, affinché i controlli coincidano con i momenti di maggiore rischio per la sua integrità e funzionalità. Un tale programma di controlli può essere formulato sulla scorta delle attuali disposizioni normative che,

talvolta, ne impongono la redazione (D.Lgs. n. 163/2006 e relativo regolamento di attuazione e s.m.i.). Occorre, inoltre, prevedere ispezioni di carattere eccezionale, soprattutto in relazione al verificarsi di eventi non prevedibili quali: temporali, fortunali, grandinate, intense nevicate, sismi ecc., che possono porre in crisi la struttura al di là dei normali fenomeni che ne impegnano resistenza, stabilità e funzionalità.

Infine, ogni ispezione tesa ad accertare la presenza di danni o di fenomeni di degrado e di dissesto allo stadio iniziale, nonché ogni intervento manutentivo di carattere ordinario e straordinario deve essere eseguito in condizioni di assoluta sicurezza per gli operatori e per il manufatto stesso. Ciò significa che, nel rispetto delle norme vigenti in materia (D.Lgs. n. 81/2008 e s.m.i.), occorre predisporre:

- eventuali ponteggi di servizio e adeguate protezioni del sito e del manufatto (*fig. 1*);
- eventuali puntellature all'intradosso degli elementi di sostegno delle falde del tetto e di ancoraggio di elementi instabili del manto e delle eventuali sovrastrutture da esso emergenti;
- eventuali sistemi di imbragatura che assicurino gli operatori durante l'ispezione;
- eventuali protezioni del manto di copertura, per consentire il transito degli operatori e il deposito di strumenti, materiali e carichi, senza danno per i suoi elementi.

#### *Guasti e relativi rimedi*

L'attività ispettiva tende, dunque, ad accertare tempestivamente l'esistenza di rischi o di guasti già verificatisi a carico delle coperture (manti, strutture portanti ed elementi di completamento), per poi scegliere gli interventi più idonei a porvi rimedio.

Per questo, si richiamano di seguito i più comuni fenomeni di degrado e di dissesto che possono interessare i vari elementi e le diverse parti componenti di una generica copertura e che possono pertanto costituire oggetto di un intervento o di un programma di manutenzione. A essi sono inoltre associati, nello schema, i corrispondenti possibili rimedi.

1. *Il manto di copertura e i suoi singoli elementi*, soprattutto in punti caratterizzati da variazioni morfologiche e tecnologiche, quali il colmo e gli eventuali compluvi, displuvi o linee di gronda.

#### *Fenomeni di degrado e dissesto:*

- degrado dei materiali e degli elementi costitutivi (carbonatazione, esfoliazione, erosione, scagliatura, ossidazione, patine biologiche ecc.);
- sconnessioni, scivolamenti, traslazioni e rottura degli elementi (in relazione ai loro diversi tipi, ai loro materiali, alle connessioni che li legano reciprocamente e a quelle che li connettono ai sottostanti strati di appoggio). Tali fenomeni sono provocati dall'azione degli agenti meteorici (vento, pioggia, neve), da urti meccanici connessi a usi scorretti (passaggio di persone e di carichi eccessivi e mobili) o, ancora, da movimenti degli strati e delle strutture sottostanti (cedimenti, sollecitazioni sismiche e deformazioni di varia natura e origine);
- lacune e mancanze di singoli elementi componenti o di quelli di completamento (opere di lattoneria, soprattutto) attraverso le quali l'acqua s'infiltra provocando il degrado delle sottostanti strutture lignee, metalliche e murarie. Lacune e mancanze sono per lo più provocate dai fenomeni di degrado già evidenziati al punto precedente, o da eventuali cedimenti, deformazioni e rotture degli strati e delle strutture di sostegno;
- deformazioni localizzate del manto di copertura e, soprattutto, formazione di avvallamenti pericolosi per il ristagno delle acque meteoriche, provocate da eventuali cedimenti, deformazioni e rotture degli strati e delle strutture di sostegno;
- presenza di depositi e di accumuli di sostanze inerti od organiche (pulviscolo, terriccio, guano e deiezioni animali), che favoriscono l'accumulo e il ristagno dell'umidità e l'attecchimento di vegetazione infestante che può a sua volta provocare, ulteriori danni alla copertura (sconnessioni, degrado dei materiali, infiltrazioni ecc.).

#### *Rimedi possibili:*

riparazione puntuale del manto di copertura se gli strati e le strutture sottostanti sono sani, se non richiedono altri interventi e se non è prevista l'impermeabilizzazione o la coibentazione dell'impalcato (v. le schede dedicate a questi argomenti nella sezione *Deumidificazioni*).

Le riparazioni possono comprendere:

- il riposizionamento, ed eventualmente il fissaggio o il nuovo ancoraggio, degli elementi sconnessi (se sani), attuato con modalità, tecniche e fasi appropriate per ciascun tipo di manto, senza procedere alla sua rimozione e sostituzione integrale;
- la sostituzione degli elementi fratturati (o irrecuperabili), con altri di analoghe caratteristiche tecnologiche, ancorati con materiali e dispositivi propri di ciascun tipo di manto (è in ogni caso raccomandabile l'uso di dispositivi d'ancoraggio costituiti da materiale inossidabile, da malte idrauliche o da sigillanti ad alta stabilità);
- l'eventuale posa in opera provvisoria, all'estradosso della copertura, di elementi atti ad impedire l'infiltrazione di acque meteoriche nel tetto;
- rimozione dei depositi ed eliminazione della vegetazione infestante (v. le sezioni *Puliture e Disinfestazioni*).

Le singole operazioni sono condizionate dal tipo di manto e dalle sue connessioni interne ed esterne e prevedono, in ogni caso, che siano anzitutto rimossi i materiali e i dispositivi di aggancio e di posa in opera esistenti, ma degradati o inefficienti. In un secondo momento, è possibile procedere alla rimozione e al calo a terra degli elementi e dei materiali non recuperabili o allo stoccaggio, in un luogo protetto, di quelli ancora sani e riutilizzabili (v. SMG04 - Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura). Occorre, quindi, verificare lo stato di conservazione del supporto al quale occorre ancorare i nuovi elementi e procedere alla sua pulizia e preparazione per la loro successiva posa in opera, nonché alla sigillatura delle eventuali giunzioni tra di essi al fine di garantire la tenuta del manto così riparato. Se possibile, è in ogni caso opportuno recuperare la maggiore quantità possibile di elementi esistenti del manto e porli nuovamente in opera, dopo accurata pulitura e rispettandone il regime di sollecitazione ante rimozione per evitare rotture conseguenti ad un reimpiego errato (fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5).

Vengono esaminati gli *elementi che sostengono il manto* (impalcati, tavolati, scempiati, listellati, o, direttamente, le strutture continue della copertura, come nel caso di volte estradossate, cupole o solette in latero-cemento o in calcestruzzo di cemento armato).

#### *Fenomeni di degrado e dissesto:*

- degrado dei materiali costitutivi (marcescenza, rottura, sfibramento, imbarcamento, torsione, inflessione dei singoli elementi di legno; ossidazione e deformazione di quelli metallici; carbonatazione dei calcestruzzi; erosione, scagliatura, rottura dei laterizi ecc.), innescato e favorito dalla rottura e dalla sconnessione del manto di copertura, dalle condizioni microclimatiche degli spazi sottotetto e, in particolare, dalla mancanza di una loro corretta aerazione, dalla cattiva qualità dei materiali o da errori di posa in opera;
- mancanze di singoli elementi, per effetto finale dei fenomeni di degrado dei materiali costitutivi già in precedenza richiamati, a causa di cedimenti, sfilamenti o crolli, per l'azione del fuoco, per asportazioni accidentali o, ancora, per errati interventi manutentivi e trasformativi pregressi;
- allentamento e perdita di efficienza delle connessioni tra gli elementi, tra questi e il manto o con le strutture di sostegno (ossidazione dei chiodi e delle legature metalliche, sfilamento di chiodi, viti o perni e cavicchi, degrado di singoli dispositivi di connessione o loro apertura per deformazione degli elementi o per più estesi movimenti della struttura), provocato dal degrado dei materiali degli elementi connessi, da movimenti e deformazioni localizzate provocati da cedimenti, deformazioni e dissesti generali della struttura del tetto o di quelle che lo sostengono;
- deformazione dell'intero impalcato o struttura discontinua di sostegno del manto, o di sue limitate porzioni, per effetto dei fenomeni di degrado su richiamati o per generali movimenti delle strutture.

#### *Rimedi possibili:*

Riparazioni puntuali del tavolato, dello scempiato o dei listelli che sorreggono il manto di copertura, se le strutture sottostanti sono sane e se non richiedono altri interventi, sempre senza giungere alla loro totale sostituzione e dopo aver predisposto eventuali puntellature provvisorie che garantiscano la stabilità delle strutture anche in parti limitrofe all'area di intervento.



L'intervento può comportare:

- la disinfestazione degli elementi aggrediti da forme di biodeterioramento;
- il risanamento degli elementi degradati, se recuperabili;
- la riparazione di singoli elementi spezzati o di giunzioni inefficienti e allentate (v. CSD49 - Ripristino delle giunzioni ai nodi di strutture lignee);
- la realizzazione di opportuni rinforzi degli elementi deformati ma sani;
- la sostituzione di singoli elementi degradati e irrecuperabili, previa preparazione delle relative sedi di inserimento;
- la realizzazione di tratti di nuovo impalcato, nel caso si operi su un tavolato continuo, disponendo le nuove assi secondo un'orditura incrociata rispetto a quella del tavolato esistente, e chiodandole a esso, per irrigidirlo e per migliorarne la tenuta;
- l'inserimento di nuovi elementi, di analogo o diverso materiale rispetto a quelli originari (prevalentemente legno o metallo), che affianchino, sostengano o riducano la luce libera di inflessione degli elementi esistenti e sani ma eccessivamente deformati (fig. 6, fig. 7, fig. 8).

Per riparare o rinforzare gli elementi degli impalcati, sia continui sia discontinui (una volta risanati da eventuali attacchi biologici o da altre forme di deterioramento), possono essere utilizzati comuni strumenti da falegname e da carpentiere, impiegando elementi lignei o metallici e ricorrendo a chiodature e legature, o all'inserimento di piastre di rinforzo, chiodate o bullonate, eventualmente rifasciate da guaine impermeabili o trattate con prodotti capaci di proteggerli dall'azione dell'acqua e dell'umidità.

Gli elementi di sostituzione o di nuovo inserimento devono avere dimensioni tali da garantire la sicurezza statica della struttura ed essere ad esempio costituiti da legno di castagno, per la sua elevata resistenza all'umidità, ma è possibile ricorrere anche a elementi e profilati metallici, opportunamente trattati per prevenirne l'ossidazione.

Molto spesso, inoltre, gli interventi di riparazione delle orditure minute dei tetti presuppongono lo smontaggio parziale del manto soprastante (v. SMG04 - Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura), a meno che non si possano inserire i nuovi elementi lavorando all'intradosso della falda. Occorre, allora, smontare la parte di manto interessata, intervenire sull'orditura minuta realizzando gli eventuali rinforzi degli elementi danneggiati ed eseguendo opere di protezione, per poi riposizionare gli elementi rimossi del manto di copertura o posizionarne di nuovi, con le procedure descritte al punto precedente e tenendo conto del tipo di manto.

Durante l'esecuzione dell'intervento, possono insorgere problemi relativi alla quota di imposta delle falde e all'irregolarità delle strutture sottostanti e occorre, per questo, inserire alcuni dispositivi di regolarizzazione dei piani di posa dei nuovi elementi (zeppe, spessori, tasselli...), evitando di procedere al totale rifacimento delle strutture portanti del tetto.

3. *L'orditura minuta, quella secondaria e quella principale* (nei tetti con struttura formata da sistemi di elementi lignei o metallici):

*Fenomeni di degrado e dissesto:*

— i fenomeni di degrado e di dissesto che possono interessare questi elementi sono analoghi a quelli citati al punto precedente, ma hanno effetti più devastanti e generano maggiori rischi per la stabilità e l'efficienza della copertura e dell'intero manufatto.

*Rimedi possibili:*

— riparazione o sostituzione di singoli elementi delle orditure portanti (travetti, arcarecci, correnti, travi secondarie o terzere, diagonali e puntoni di falda, travi radice o dormienti ecc.), e/o inserimento di nuovi elementi e di dispositivi di rinforzo.

L'intervento prevede la riparazione o il rinforzo degli elementi degradati delle diverse orditure di un tetto. Il loro degrado può essere localizzato in corrispondenza del loro inserimento nella muratura o in altre strutture (soprattutto nodi di colmo o di gronda), o essere esteso per tutto il loro sviluppo e comportarne una deformazione (svergolamento, torsione, imbarcamento, inflessione), la rottura o lo sfibramento o, ancora, la marcescenza, con conseguente perdita delle qualità meccaniche del

legno e della loro resistenza strutturale. L'intervento, nei diversi casi, è in tutto assimilabile a quelli di rinforzo e di risanamento dei listelli che sorreggono il manto di copertura, esposto in precedenza e al quale, pertanto, si rimanda. Possono, in ogni caso, essere realizzate opere di risanamento (disinfestazione, trattamento consolidante mediante resine e prodotti chimici in genere) degli elementi esistenti, oppure possono essere inseriti nuovi elementi di rinforzo al di sotto o a fianco degli elementi danneggiati e inefficienti ma anche puntelli che diminuiscono la loro luce libera di inflessione, nuove catene o tiranti che eliminano le spinte di puntoni, incavallature o di elementi inflessi (fig. 9, fig. 10, fig. 11, fig. 12).

L'intervento può essere attuato senza la rimozione, parziale o totale, degli altri elementi della struttura del tetto o del manto di copertura, solo se è limitato a situazioni puntuali e di limitata estensione (v., in generale, le schede relative agli elementi strutturali lignei, nella sezione *Consolidamenti*). In molti altri casi, all'opposto, è necessario lo smontaggio e la rimozione degli strati sovrastanti della copertura (manto, tavolato o listelli) e, talvolta, anche delle sottostanti strutture portanti, a meno che non si possa operare all'intradosso della falda.

Si consiglia comunque di utilizzare, per le sostituzioni e per i rinforzi, elementi lignei segati (soprattutto di castagno o di legni caratterizzati da elevata resistenza all'umidità), di dimensioni tali da garantire la stabilità della struttura ma è possibile anche impiegare profilati metallici opportunamente trattati per prevenirne l'ossidazione.

Le fasi esecutive di tali interventi possono prevedere essenzialmente:

1. lo smontaggio e la rimozione del manto di copertura, per il tratto interessato dal guasto;
2. la rimozione delle corrispondenti parti di tavolato o dei listelli interessati;
3. la rimozione degli elementi degradati e irrecuperabili;
4. la predisposizione delle sedi di inserimento di eventuali nuovi elementi, entro le strutture cui devono essere connessi;
5. l'eventuale inserimento di nuovi elementi, di sostituzione o rinforzo;
6. la posa in opera degli strati sovrastanti, secondo le procedure proprie di ciascun tipo di manto e d'impalcato, sempre che non siano previste altre operazioni quali la coibentazione, l'impermeabilizzazione o la realizzazione di nuovi sistemi di aerazione degli spazi sottotetto (v. la sezione *Deumidificazioni*).

Occorre, in ogni caso, porre particolare attenzione ai modi con cui si realizzano le nuove connessioni tra gli elementi delle orditure e le strutture murarie di appoggio, per evitare che la loro testa sia aggredita dall'umidità o che non trovi saldo ancoraggio al loro interno. Occorre, inoltre, far sì che le connessioni tra i nuovi elementi e le strutture esistenti non indeboliscano queste ultime e si sconsiglia, pertanto, di realizzarle mediante incastri che comportino rischiose diminuzioni delle loro sezioni resistenti.

4. *Le eventuali sovrastrutture*, quali abbaini, comignoli, canne di sfiato degli impianti, lastrici solari (v.), altane ecc., sovrapposti alle falde e le loro connessioni con il manto e con le strutture di sostegno.

#### *Fenomeni di degrado e dissesto:*

— deformazioni, disancoraggi, sconnessioni e crolli parziali o totali provocati da urti accidentali, dal degrado dei materiali e dei dispositivi d'ancoraggio, da azioni scorrette di manutenzione o da carichi eccessivi e mobili (la neve, ad es.).

#### *Rimedi possibili:*

— si rimanda, per la soluzione di simili guasti, alle schede comprese nelle altre sezioni del volume, relative a interventi di consolidamento, integrazione o ricomposizione di elementi e parti lapidee e murarie, visti i prevalenti caratteri costruttivi dei manufatti interessati.

Inoltre, la letteratura tecnica del settore edile offre utili descrizioni relative a interventi simili a quelli trattati, alle quali occorre tuttavia associare una approfondita conoscenza dei manufatti su cui s'interviene e la consapevolezza dei rischi che ogni azione su di essi comporta, come più volte evidenziato.

5. *Gli elementi di completamento della copertura*, quali, anzitutto: le opere di lattoneria (grembiali, scossaline, converse, canali di gronda in lamiere metalliche o in materiali plastici, compresi i relativi dispositivi di aggancio), gli eventuali ferri fermaneve, ecc.

*Fenomeni di degrado e dissesto:*

- degrado degli elementi e dei materiali e, generalmente metallici (ossidazione, fessurazione, foratura ecc.), delle connessioni tra i diversi pezzi componenti e tra questi e il manto o le strutture di sostegno (alterazioni delle saldature, dei chiodi, delle viti o dei materiali sigillanti e collanti utilizzati per la posa in opera degli elementi), provocato dall'aggressione degli agenti meteorici, da eventi accidentali o da fenomeni elettrolitici;
- deformazione e sconnessione degli elementi, tra loro e rispetto al manto o alle strutture di supporto (piegature, sollevamenti, spostamenti, rotture, tagli, forature, sfondamenti ecc.), provocati dai fenomeni di degrado richiamati, dall'azione degli agenti meteorici (il vento o lo scivolamento della neve, anzitutto) da carichi mobili e da urti a essi associati (il passaggio di persone o il deposito di carichi impropri);
- intasamento delle converse, dei canali di gronda e dei pluviali, per accumulo di depositi e di materiale incoerente o per la presenza di vegetazione infestante.

*Rimedi possibili:*

- riduzione della deformazione dei pezzi sollevati o distorti, attuata mediante piegatura;
- realizzazione di eventuali saldature, anche con impiego di placche e rattoppi, per connettere tra loro elementi strappati, tranciati e sconnessi;
- rimozione, previo eventuale taglio, degli elementi deformati o degradati in modo irrecuperabile;
- sostituzione degli elementi rimossi o inserimento di nuovi pezzi, a integrazione di quelli esistenti, previa pulitura e preparazione dei supporti;
- ancoraggio al supporto degli elementi esistenti sconnessi, o di quelli nuovi, mediante dispositivi e mezzi idonei rispetto ai materiali e ai pezzi utilizzati;
- sigillatura dei giunti, se richiesto dal tipo di elementi utilizzati;
- pulitura dei canali, rimozione dei depositi ed eliminazione della vegetazione infestante (v. le sezioni *Puliture e Disinfestazioni*).

6. *Le connessioni tra la copertura e le murature sottostanti e limitrofe.*

*Fenomeni di degrado e dissesto:*

- degrado dei materiali costitutivi degli elementi o delle strutture di connessione (intonaci, cornicioni, giunti di malta o sigillature ecc.)
- deformazioni, dissesti e crolli provocati dai fenomeni di degrado prima richiamati o da più generali dissesti e movimenti delle strutture.

*Rimedi possibili:*

— Per l'individuazione dei rimedi idonei a fronteggiare simili rischi e per riparare i conseguenti guasti, si rimanda alle sezioni dedicate, anzitutto, agli interventi di consolidamento, riparazione, e riadesione.

Per quanto riguarda le fasi esecutive, è opportuno che simili opere siano eseguite solo dopo aver completato i lavori che interessano le strutture di copertura, tenendo conto delle inevitabili interferenze in fase di cantiere, poiché una loro prematura realizzazione potrebbe intralciare altre lavorazioni di cantiere o comportare successive riprese volte a riparare danni accidentali da esse provocati (fig. 13, fig. 14).

**ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Per le molte ragioni esposte, è anzitutto opportuno che si eserciti un'attenta manutenzione preventiva delle coperture e, nei casi più compromessi, è bene procedere tempestivamente alla loro riparazione, anche realizzando coperture provvisorie e leggere, capaci di arrestare la progressione e l'esponenziale peggioramento dei fenomeni di degrado in atto.

Ogni intervento di manutenzione, eseguito ad un'altezza superiore ai due metri, prevede inoltre che s'innalzino gli opportuni ponteggi e si realizzino i necessari sostegni provvisionali, a tutela della salute degli operatori, a presidio del manufatto e a servizio del cantiere. Occorre quindi valutare se

le attività ispettive e di controllo richiedano il montaggio di impalcature complete o parziali, da terra o a sbalzo, o se, all'opposto, sia possibile operare con trabattelli o altri automezzi di servizio. Anche nel caso in cui l'operatore acceda direttamente alla copertura, senza ausilio di ponti o altro, è infine necessario che siano scrupolosamente rispettate tutte le norme antinfortunistiche relative alla tutela della sua salute e sicurezza dei lavoratori.

Le nuove disposizioni legislative nazionali prevedono che già nel progetto, sia di costruzione ex novo sia di ristrutturazione, debbano essere previsti anche i successivi interventi di manutenzione e riparazione, non solo della copertura in sé, ma anche dei vari elementi tecnologici in essa presenti e delle sue pertinenze. In particolare, l'art. 115 del D.Lgs. n. 81/2008 ("sistemi di protezione contro le cadute dall'alto") prevede che i lavoratori utilizzino idonei sistemi di protezione composti da diversi elementi quali: assorbitori di energia, connettori, dispositivi di ancoraggio, cordini, dispositivi retrattili, guide o linee vita flessibili o rigide.

L'accesso alla copertura deve, inoltre, avvenire in condizioni di sicurezza anche per i rischi di un suo sfondamento sotto il peso dell'operatore e, per questo, è talvolta opportuno predisporre adeguate opere di puntellatura all'intradosso delle falde. Occorre al contempo evitare che il manto di copertura soggetto a manutenzione corra rischi di rottura e di sconnessione, a causa del passaggio degli operatori o per il deposito di materiali e attrezzi, e occorre pertanto provvedere alla sua temporanea protezione, ad esempio, sovrapponendo ad esso tavole lignee o elementi metallici che assicurino un'agevole e sicura possibilità di movimento.

Particolari cautele, infine, sono richieste dalla movimentazione, sulla copertura o all'interno degli spazi sottotetto, dei materiali e degli strumenti di lavoro, per evitare incidenti o danni alle strutture e perdite di materiali.

## ESPERIENZE

La manutenzione di singole parti o di interi sistemi di copertura, con le opere che spesso comporta, è una pratica fondamentale per la tutela e la conservazione degli edifici esistenti, ma è purtroppo raramente eseguita in modi corretti e valutata per le sue effettive implicazioni.

È in ogni caso agevole rintracciare informazioni su molti interventi di carattere manutentivo sia su riviste specializzate sia sulla letteratura tecnica dedicata, in generale, ai lavori edili e, in particolare, al restauro.

Si riportano, infine, le principali fonti normative che, direttamente o indirettamente, riguardano le strutture di copertura e la loro manutenzione:

— UNI 8178, Edilizia, Coperture, Analisi degli elementi e strati funzionali, 1980.

— UNI 8627, Edilizia, Sistemi di copertura, Definizione e classificazione degli schemi funzionali, soluzioni conformi e soluzioni tecnologiche, 1984.

— UNI 8635, Edilizia, Prove di prodotti per coperture discontinue, 1984.

— UNI 8625 P - parte prima, Edilizia, Prove di coperture discontinue, Determinazione della permeabilità all'acqua, 1984.

— UNI 9184, Edilizia, Sistemi di scarico delle acque meteoriche, Criteri di progettazione, collaudo e gestione, 1987.

D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81: testo unico in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

D.Lgs. 3 agosto 2009, n. 106: norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro nelle costruzioni e nei lavori in quota.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. 2000, *Atlante dei tetti*, Utet, Torino.

AA.VV. 2005, *Progettare il recupero delle strutture in legno*, Maggioli, Milano.

Barbisan U., Laner F. 2000, *Capriate e tetti in legno. Progetto e recupero*, Franco Angeli, Milano.

Bellezza G. 2007, *Lavorare per conservare. Chiese, palazzi, torri, ville, castelli nell'estremo Ponente della Liguria*, Grafiche Amadeo, Imperia Chiusanico.

- Boato A. 2005, *Costruire "alla moderna". Materiali e tecniche a Genova tra XV e XVI secolo*, All'Insegna del Giglio, Firenze.
- Carbonara G. (a cura di) 1996, *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino.
- Carbonara P. (a cura di) 1984-92, *Architettura pratica*, Utet, Torino.
- Caterina G. 1989; De Sivo B., Cito G., Giordano G., Iovino R. 1992; Musso S. F., Franco G. 2000. D'Orazio M., Dogana D. (a cura di) 2006, *Atti del convegno "Architettura e tecniche delle coperture"*, DACS, Università Politecnica delle Marche, edizioni DE-MA, Milano.
- De Sivo B., Cito G., Giordano G., Iovino R. 1992, *Il recupero delle coperture*, Flaccovio, Palermo.
- Franceschi S., Germani L. 2005, *Manuale operativo per il restauro architettonico*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.
- Galliani G.V. 1984, *Tecnologia del costruire storico genovese*, Sagep, Genova.
- Galliani G.V. 1990, *Analisi dell'architettura costruita. 4 tesi di laurea della facoltà di architettura su edifici storici liguri*, Sagep, Genova.
- Galliani G.V., Franco G. (a cura di) 2001, *Una tecnologia per l'architettura costruita. Forme, strutture e materiali nell'edilizia genovese e ligure*, Alinea, Firenze.
- Galliani G.V., Mor G. (a cura di) 2006, *Manuale del recupero di Genova antica*, DEI Tipografia del Genio Civile, Roma.
- Giacobbi M., Ricci M. (a cura di) 1988, *Tetti a falde nell'edilizia diffusa dell'Italia settentrionale. Un'indagine sui materiali di copertura*, Sapere 2000, Roma.
- Mor G. 1998, *Strutture di copertura nell'architettura genovese*, Legoprint, Genova.
- Munafò P. 2002, *Le capriate lignee antiche per i tetti a bassa pendenza. Evoluzione, dissesti, tecniche di intervento*, Alinea, Firenze.
- Musso S. F., Franco G. 2006, *Guida agli interventi di recupero dell'edilizia diffusa nel Parco Nazionale delle Cinque Terre*, Marsilio, Venezia.
- Nelva R. 1987, *Le coperture discontinue*, Be-Ma, Milano.
- Scarzella P., Zerbinatti M. 2009, *Recupero e conservazione dell'edilizia storica*, Alinea, Firenze.
- Tampone G. 1996, *Il restauro delle strutture di legno*, Nardini, Firenze.
- Zevi L. (a cura di) 2001, *Il Manuale del Restauro Architettonico*, Mancosu, Roma.



Figura 1 • Teleri di protezione su una cupola minore dell'Assunta di Carignano a Genova. Si notino i muricci in mattoni di supporto al rivestimento in abbadini d'ardesia e di mediazione tra la superficie curva dell'estradosso della cupola e la superficie piana del manto di rivestimento stesso.



Figura 2 • Messa in opera delle lastre di gronda.



Figura 3 • Sostituzione graduale delle lastre d'angolo.



Figura 4 • Dettaglio della posa di abbadini a contatto con una superficie verticale.



Figura 5 • Rete metallica per mettere provvisoriamente in sicurezza il manto di abbadini dalle sollecitazioni del passaggio di operai e materiali.



Figura 6 • Fissaggio provvisorio con malta delle porzioni di manto di abbadini pericolanti.



Figura 7 • Dettaglio della sistemazione del compluvio tra due falde.



Figura 8 • Abbadini di ardesia disposti sul telaio di travicelli per essere montati con ganci.



Figura 9 • Dettaglio di un tratto di copertura con abbadini frantumati, nei pressi di muretto d'attico pericolante.





Figura 10 • Un abbadino posato sulla nuova struttura lignea e pronto per essere fissato.



Figura 11 • Dettaglio dell'impermeabilizzazione posta in opera sotto il telaio in travicelli di sostegno al manto di abbadini.



Figura 12 • Elementi metallici di ancoraggio di un muretto d'attico al manto di abbadini.

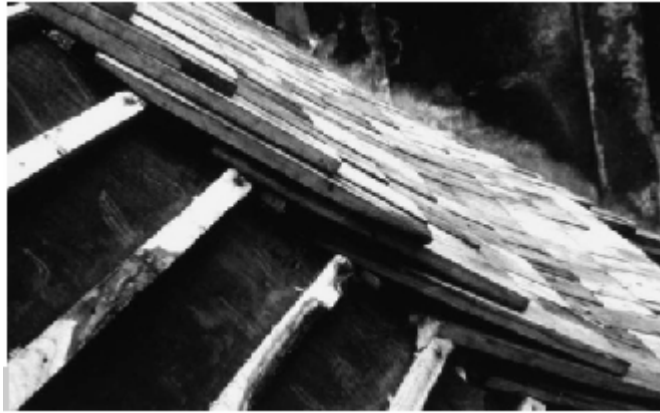


Figura 13 • Posa in opera di scandole in legno.



Figura 14 • Sostituzione di coppi in condizioni di precaria sicurezza per gli operatori.

## **MNT 06** RIPARAZIONE E MANUTENZIONE DI INFISSI LIGNEI

### **Sommario**

PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### **PRINCIPALI FUNZIONALI DI BASE**

Per manutenzione degli infissi lignei s'intende, in questa sede, un insieme di operazioni finalizzate al mantenimento della loro efficienza. Tali operazioni non sono organizzate dalla cultura tecnologica in procedure e fasi codificate, ma si riferiscono a interventi di dettaglio, riguardanti componenti specifiche di questi particolari manufatti.

Tra i fenomeni di degrado che vanno presi in considerazione, alcuni interessano i materiali, come il legno, il vetro, lo stucco, il metallo di eventuali viti o chiodi e delle ferramenta; altri riguardano l'efficienza funzionale dei serramenti e il ruolo delle sollecitazioni cui sono soggetti.

Si possono, infatti, riscontrare difetti e danni alle parti lignee, imputabili all'usura, a stress meccanici, a dissesti strutturali o ad attacchi di muffe, funghi e insetti xilofagi che richiedono specifici interventi e trattamenti descritti in altra parte e che, se trascurati, possono produrre alterazioni tali da rendere inevitabile la sostituzione di tutto l'infisso. Altri fenomeni ricorrenti sono la deformazione dei telai, fissi e mobili, delle traverse e delle stecche.

In genere, le cause sono molteplici e concorrenti, riconducibili ad assestamenti delle parti strutturali, all'azione del peso proprio dei battenti, al rigonfiamento del legno per assorbimento di umidità, e altro ancora. Non va neppure trascurata la possibilità che le deformazioni dei telai possano essere spia di dissesti strutturali riguardanti la scatola muraria.

Perciò è necessario, talvolta, controllare se quelle deformazioni siano di natura endogena o esogena, prima di porre mano a qualsiasi intervento di riparazione. Il problema della manutenzione presenta, dunque, una molteplicità di aspetti che coinvolgono altrettanto molteplici tecniche d'intervento, ciascuna con un proprio statuto operativo. In questa sede, si fa riferimento a quelle opere manutentive che sono specifiche di questi manufatti e che riguardano interventi non trattati in altre sezioni (fig. 1).

### **CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le operazioni manutentive qui considerate sono realizzabili sui serramenti con intelaiatura lignea e apertura a battente, a ghigliottina, a bilico o con altro sistema. Alcune di esse sono valide anche per i serramenti di metallo, di plastica o di altro materiale, ma gli interventi sulle parti strutturali di questi manufatti non sono trattati, perché la loro riparazione richiede procedure particolari e manodopera specializzata nei vari settori tecnologici; spesso va eseguita in speciali laboratori e, talvolta, non è neppure tecnicamente attuabile o economicamente vantaggiosa.

### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Tra le parti più fragili dei serramenti si trovano i vetri, che possono incrinarsi e rompersi.

Per garantirne una maggiore durata, in passato si usava, tra le pratiche manutentive più ricorrenti, rinnovare periodicamente lo stucco fermavetro, che, oltre a fissare la lastra, le impedisce di vibrare sotto le sollecitazioni del vento o delle ripetute aperture e chiusure del battente, riducendone le possibilità di rottura.

Un'altra operazione utile per assicurare la durata dell'infisso consiste nella pulizia periodica del gocciolatoio, eseguita con l'ausilio di uno spazzolino o di una stecca di materiale tenero, e del foro di drenaggio, ottenuta facendo scorrere al suo interno un cavo flessibile munito di puntale anteriore a spazzola con setole radiali, o alla cui estremità posteriore è collegata una striscia di tessuto che può essere "tirata" nell'orifizio per nettarlo. Sono operazioni mirate a evitare che, a causa di eventuali occlusioni del gocciolatoio o del foro di scolo, si formino ristagni di umidità che

potrebbero favorire l'insediarsi di muffe o di funghi sul legno e provocare rigonfiamenti e marcescenze o, addirittura, infiltrazioni d'acqua nelle murature.

#### *Sostituzione di vetri rotti*

Se il vetro da sostituire è di grandi dimensioni o è posto nella parte superiore del battente (nel caso in cui l'invetriata sia suddivisa in più riquadri), e quindi non è facilmente maneggiabile o raggiungibile con il battente in sede, può essere necessario smontare il battente stesso e disporlo sopra un piano di lavoro, per operare la sostituzione.

Se la lastra è rotta, se ne rimuovono i frammenti ancora fissati al telaio, poi si eliminano i residui dello stucco fermavetro con l'ausilio di una spatola o di uno scalpello; quindi, si estraggono con le tenaglie le puntine fermavetro, se ci sono. Si puliscono le battute da ogni traccia di stucco, se ne pareggiano i lembi e si sigillano stendendo una mano di impregnante per legno; quindi, misurate le dimensioni del riquadro in cui va inserito il nuovo vetro, si taglia una lastra appena più piccola per facilitarne la posa. Prima di inserire la nuova lastra, si distribuisce sul lembo interno dei listelli un "verme" stucco, stendendolo in modo da realizzare un letto uniforme sul quale appoggiare la lastra, la quale è fermata inserendo nuovi chiodi e infine applicando ancora stucco. Quest'ultimo, steso in un nastro uniforme, è pressato e lisciato contro il vetro con l'ausilio di una spatola, formando una superficie inclinata a 45° tra il listello di sostegno del vetro e il vetro stesso. Alcuni, al posto dello stucco e quando la profondità del battente lo consente, preferiscono utilizzare come fermavetro un listello di legno, inchiodato o avvitato ([fig. 2](#), [fig. 3](#), [fig. 4](#), [fig. 5](#), [fig. 6](#)).

#### *Applicazione di pellicole*

Spesso infissi in legno sono presenti in uffici e luoghi pubblici ove, ai fini di salvaguardare la sicurezza dei lavoratori, e degli utenti, le normative inerenti la sicurezza (Testo Unico D.Lgs. del 9 aprile 2008, n. 81, Allegato IV, comma 1.3.6) richiedono, tra l'altro, che "i lavoratori non possano ... rimanere feriti qualora esse vadano in frantumi", salvo deroghe per quanto concerne i vetri che risultano "beni culturali" ai sensi del D.Lgs. del 22. Gennaio 2004, n. 42.

In molti casi è opportuno mantenere i vetri esistenti, e, nel caso questi siano rotti, non sempre questi possono essere sostituiti con vetri più spessi di quelli preesistenti, quali per esempio i vetri stratificati di sicurezza, in quanto le dimensioni degli elementi su cui il vetro è fissato non lo permettono.

L'applicazione di pellicole di sicurezza su vetri esistenti o su vetri nuovi spessi 3 mm, permette di ottenere vetri che trattengono i frammenti e le schegge in caso di rottura del vetro, azzerando i rischi di ferimento e impedendo la caduta nel vuoto di porzioni di vetro. Possono trasformare quindi il vetro in "vetro di sicurezza" ai sensi delle disposizioni EN ISO 12543 e ottenere, da ditte specializzate, la relativa dichiarazione di conformità CE e la certificazione in base alle normative europee vigenti.

Esistono poi sul mercato diversi tipi di pellicole, tra cui quelle antisolari.

Le pellicole non possono essere applicate solo su vetri soffiati o particolarmente delicati.

L'intervento è reversibile, anche se la rimozione delle pellicole è un'operazione delicata.

#### *Sostituzione dei vetri tradizionali con invetriate termoisolanti*

Questa metodica è assolutamente sconsigliata per la sua invasività, in quanto altera l'aspetto e la sostanza dei vecchi serramenti. Se ne parla in questa sede perché, a volte, per migliorare l'isolamento termico di un infisso, anche in forza delle norme sul risparmio energetico, le lastre sono sostituite con vetri a camera. Pure la particolare destinazione d'uso di un edificio, ad esempio un museo, può richiedere un adeguamento dei sistemi di chiusura delle aperture, per ragioni di conservazione degli oggetti esposti, e condurre alla sostituzione dei vetri esistenti, magari antichi o di pregio, con altri a camera d'aria o con cristalli stratificati antisfondamento.

Per realizzare la sostituzione dell'invetriata occorre rimuovere i vetri esistenti e, se la specchiatura non è unica ma costituita da più elementi sostenuti da un'intelaiatura secondaria, è necessario rimuovere anche quest'ultima, poiché le vetrate isolanti sono maggiormente efficienti se si riduce la lunghezza dei giunti, che costituiscono una zona di dispersione termica.

Si adatta, quindi, l'alloggiamento esistente per la nuova invetriata che, in genere, ha uno spessore maggiore rispetto ai vetri semplici. Si procede poi alla posa del nuovo vetro e al suo fissaggio con

stucco o silicone, riposizionando infine le crociere eventualmente rimosse onde evitare di mutare troppo l'aspetto del serramento.

#### *Regolazione o sostituzione delle cerniere*

Con il trascorrere del tempo, a causa del peso del battente che deve essere sostenuto e delle continue sollecitazioni, le viti che fissano le cerniere al battente e al telaio cedono e i cardini si allentano, causando l'abbassamento del battente o la sua inclinazione. Questa circostanza può renderne difficoltosa l'apertura e la chiusura, provocando danni al materiale dell'infisso.

In questi casi può essere sufficiente riavvitare la cerniera al battente o al telaio, o anche solo provvedere alla loro regolazione. Talvolta la difficoltà di movimento dei battenti, soprattutto delle porte, è dovuta alle irregolarità presenti sulla superficie del pavimento, o, nel caso delle finestre, alla deformazione o al rigonfiamento della traversa inferiore. In questi casi, si può procedere in diversi modi, ad esempio, piallando la traversa inferiore del battente o, se il problema è evidente, controllando lo stato delle cerniere, che, se logorate, devono essere sostituite o invertite di posizione, in modo da compensare l'usura dei perni e prolungarne la durata; oppure, se le traverse e i montanti del telaio o del battente sono particolarmente degradati, sostituendoli (*v. SMG02 - Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei*). Talora, se le condizioni del pavimento lo richiedono, si possono usare speciali cerniere che durante l'apertura del battente ne sollevano lievemente il lembo opposto a quello incardinato, dandogli una leggera inclinazione verso l'alto.

#### *Miglioramento della tenuta*

Il miglioramento della tenuta di un serramento può essere ottenuto in primo luogo mantenendo in efficienza le cerniere o i cardini e i meccanismi di chiusura (maniglie a cremonese, paletti ecc.), pulendoli dalla polvere e dall'eventuale ruggine e lubrificandoli con regolarità, oltre che controllando periodicamente le condizioni di conservazione delle battute, e facendo in modo che combacino sempre e senza sforzi. Se queste attenzioni

non sono sufficienti e le battute hanno troppo gioco, è utile applicare, in corrispondenza delle battute stesse, delle strisce di gommapiuma prodotte per tale scopo e che riducono il passaggio dell'aria; oppure, per un miglioramento più durevole, sottili lamine d'acciaio piegate e inchiodate al battente che, in chiusura, sono forzate contro la battuta del telaio fisso.

Se la tenuta dell'infisso è compromessa da danni riportati dalle traverse o dai montanti, come scheggiature degli spigoli o fenomeni di marcescenza del legno, occorre sostituire la parte degradata, integrandola con tasselli di legno sano (*v. INT22 - Integrazione mediante inserimento di tasselli lignei*), o, se necessario, sostituire tutto l'elemento (*v. SMG02 - Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei*) (*fig. 7, fig. 8*).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Ciascuna delle operazioni descritte può presentare molte varianti che è impossibile descrivere in questa sede, in quanto ciascun intervento può essere attuato secondo sequenze esecutive non ripetibili perché specifiche dei numerosi casi particolari.

Un limite da porre in evidenza riguarda la tendenza spregiudicata verso le sostituzioni, che sono spesso adottate come pratica ricorrente in questo genere d'interventi, magari sulla spinta di regolamenti rigidi o di esigenze "funzionali" legate al miglioramento delle prestazioni tecniche degli infissi (*fig. 9, fig. 10, fig. 11, fig. 12, fig. 13*).

#### **ESPERIENZE**

Stazione marittima Ponte dei Mille, Genova, manutenzione degli infissi consistente principalmente nella stuccatura delle irregolarità, pitturazione; palazzo Bianco e palazzo Rosso, Genova, manutenzione degli infissi comprendente: ripristino della geometria dei telai mobili dei serramenti per mezzo di sergenti, tassellature lignee, stuccatura delle irregolarità superficiali, sostituzione dell'invetriata e pitturazione.

Sede del parco del Ticino, Villa Picchetta a Cameri (NO)

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Caterina G. 1995; Carbonara G. 1996; Boato A., Decri A. 1999.



Figura 1 • Cantiere di restauro degli infissi allestito sulla terrazza di palazzo Rosso a Genova.



Figura 2 • Progressivo smontaggio dei vetri e dei listelli all'inglese.



Figura 3 • Sede del vetro a infilare, dopo la rimozione della lastra e l'inizio della pulitura.



Figura 4 • Modanatura tipica di anta “inglesina”, predisposta allo smontaggio.



Figura 5 • Vecchio stucco fermavetri su un angolo a smusso tondo.



Figura 6 • Ricollocazione di una lastra di cristallo.



Figura 7 • Operazione di serraggio dell'incastro.



Figura 8 • Impiego di due morsetti per stringere il telaio.



Figura 9 • Persiana in avanzato stato di degradazione (dettaglio).





Figura 10 • Rifacimento di parte dello sportello di una persiana. Fase di assemblaggio e incollaggio del telaio.

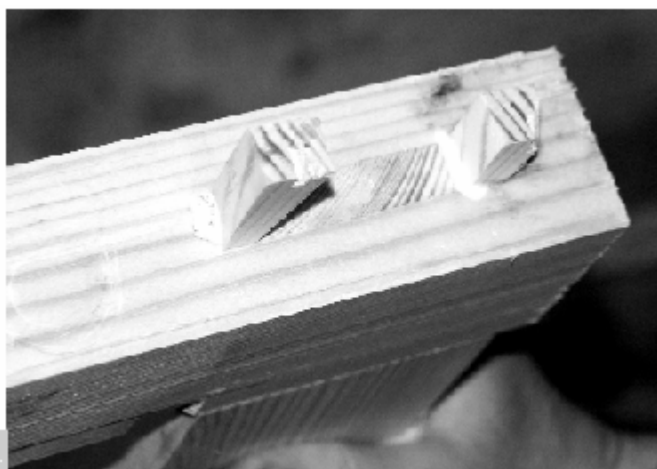


Figura 11 • Inserimento forzato di zeppe agli incastri.



Figura 12 • Taglio delle zeppe di forzatura degli incastri.



Figura 13 • Controllo e finitura dei tagli di alloggiamento delle stecche.



Figura 14 • Applicazione di pellicole di sicurezza

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

I metalli, una volta esposti agli agenti ambientali, sono soggetti a fenomeni degradativi che consistono nella tendenza a ripristinare la forma ossidata, che è quella nella quale sono naturalmente stabili, attraverso la formazione di patine. Queste possono essere protettive o, al contrario, porose e solubili, nel qual caso il degrado delle superfici progredisce con sempre maggiore intensità sino ad arrivare, talvolta, alla dissoluzione del metallo stesso.

Per contrastare la tendenza all'ossidazione, pertanto, i manufatti metallici devono innanzitutto essere messi in opera nella maniera corretta, ed essere poi sottoposti a interventi di manutenzione in grado di renderli quanto più possibile resistenti ai fattori ambientali.

Attualmente, l'ossidazione è trattata isolando le superfici esposte dei metalli con uno o più film protettivi sovrapposti. Tali protettivi, in genere di natura sintetica, possono essere trasparenti o coprenti, secondo i casi. Generalmente ciò dipende dalle categorie dei manufatti, nel senso che di alcuni si valorizza la patina, utilizzando prodotti trasparenti, in altri invece le superfici sono trattate con film coprenti.

Generalmente, nel primo caso rientrano i manufatti artistici e, nel secondo, i manufatti ferrosi più comuni, quali ringhiere, inferriate, cancelli, elementi decorativi, serramenti, ecc., oggetto della presente trattazione.

La semplice applicazione dei film protettivi, tuttavia, non è sufficiente. Per ottenere i risultati migliori, soprattutto per quanto riguarda la durata del trattamento, è necessaria una preparazione accurata delle superfici, che varia secondo il materiale specifico, il grado di corrosione e il tipo di manufatto.

In alcuni casi è anche necessaria una pulitura radicale che prevede l'asportazione di tutte le tracce delle pitture preesistenti. In generale, pertanto, l'intervento sulle opere metalliche ferrose consiste in un ciclo operativo che prevede le operazioni di pulitura ed asportazione di tutte le tracce delle pitture preesistenti, il trattamento di protezione, e, infine, l'eventuale applicazione di finiture decorative.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

I trattamenti manutentivi si applicano alla maggior parte delle opere metalliche, soprattutto a quelle esposte a una forte umidità (il ferro non subisce corrosione all'aria secca, o comunque in ambienti con umidità inferiore al 50%) e ad agenti esterni particolarmente aggressivi (aerosol marino, inquinamento atmosferico, contatto con il terreno ecc.).

È tuttavia necessario distinguere tra i vari tipi di metallo, in quanto a ognuno di essi corrisponde una casistica degradativa diversa, che in qualche caso si riduce esclusivamente ad alterazioni di tipo cromatico o alla formazione di patine stabili.

Alcuni metalli, infatti, pur essendo soggetti alla corrosione, reagiscono all'ambiente esterno con fenomeni di autoprotezione (rame, stagno, zinco, alluminio, piombo) per cui si forma uno strato superficiale che isola il substrato metallico e, in assenza di condizioni ambientali particolarmente sfavorevoli, ne impedisce l'ulteriore deterioramento.

Pertanto, bisognerà valutare il tipo di trattamento o l'opportunità stessa dell'intervento, in quanto le patine formate da ossidi protettivi costituiscono un rivestimento naturale da preservare e la loro asportazione determinerebbe solo il riattivarsi dei fenomeni di corrosione.

Invece, tutte le opere in materiale ferroso dolce utilizzato per cancelli, ringhiere, inferriate ecc., che producono la cosiddetta ruggine, devono essere assolutamente protette per difendere il metallo, oltre che dall'azione dell'umidità, anche dalle sostanze che mostrano un'aggressività specifica nei confronti di questo materiale, come il gesso e le soluzioni acide.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Prima di intraprendere il trattamento su un manufatto metallico è necessario individuare le cause di degrado e identificare i prodotti di corrosione, in quanto è su di essi, di fatto, che s'interviene.

Una superficie metallica può essere corrosa in maniera generalizzata (attacco uniforme), o soltanto in determinate porzioni (fenomeni di *pitting*). Raramente, tuttavia, i fenomeni della corrosione si diffondono in maniera omogenea e con spessori di attacco costanti, anzi spesso l'attacco non si allarga molto in superficie ma entra in profondità producendo cavità, cricche, crateri che determinano una fragilità progressiva alla corrosione.

È necessario inoltre eseguire l'analisi puntuale di alcuni tipi di lavorazione degli elementi che compongono il manufatto, in quanto i siti preferenziali di attacco sono costituiti dalle giunzioni, dalle saldature, dalle fusioni, e da tutte le disomogeneità in genere, che pertanto vanno individuate per essere trattate durante il trattamento manutentivo con particolare attenzione.

Anche nei casi in cui si riscontra un decadimento tecnologico, prima di procedere con l'intervento di manutenzione, bisognerà individuare le cause che lo hanno provocato, e operare saldature, sostituzioni e quant'altro si ritenga necessario per ogni caso specifico. È anche opportuno

Una necessità importante è anche quella di determinare la consistenza del nucleo metallico, in quanto più è intensa la corrosione, più si riscontra un assottigliamento del metallo.

Pertanto, in un manufatto metallico di grandi dimensioni è sempre opportuno verificare nelle zone basamentali, o in ogni caso importanti per la statica, la quantità dei prodotti d'alterazione e quindi lo spessore del metallo, alleviando, se necessario, mediante supporti o altre soluzioni particolari (ancoraggi, nuove saldature ecc.), le parti sollecitate.

Anche l'analisi stratigrafica delle precedenti pitturazioni, che consente di determinare i vari tipi di pittura con i relativi spessori, e l'individuazione delle sostanze da asportare (grasso, incrostazioni ecc.), vanno assolutamente compiute, in quanto queste informazioni sono fondamentali per la scelta del metodo più idoneo da impiegarsi per l'intervento. In genere, per gli elementi e le strutture ferrose (ferro dolce, ghisa, acciaio), si eseguono le seguenti fasi operative: pulitura ed eventuale sverniciatura, saldatura e stuccatura delle fessurazioni, giunti ecc.; applicazione del trattamento anticorrosivo, stesura del protettivo finale.

Le tecniche di pulitura, possono essere eseguite, secondo i casi, con mezzi manuali o meccanici, con detergenti, con sabbatura di precisione, con prodotti chimici neutri tixotropici ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

Il ciclo di protezione, generalmente, comprende un trattamento anticorrosivo e la stesura di un film protettivo finale ([fig. 3](#)) anche se esistono in commercio prodotti in grado, in una sola mano, di assolvere a entrambe le funzioni, come sarà chiarito più avanti. Prima di procedere all'applicazione del ciclo manutentivo può essere opportuno eseguire un'operazione di sgrassaggio e disidratazione, utilizzando cotone idrofilo, panni morbidi, pennelli e acetone.

In passato, il trattamento della ruggine era realizzato con prodotti e rivestimenti di tipo organico: immersione dei pezzi ancora roventi in un bagno di olio di lino, in modo da creare uno strato reso duro e aderente alla superficie, dalla cottura provocata dal calore; impiego di vernici a base di olio di lino e di biacca mescolate a nerofumo o ad altri coloranti neri; stesura di vernici a base di pigmenti naturali come il minio, o di resine come la sandracca; sistemi di protezione a base di catrame. Altri metodi consistevano nella zincatura, cioè nel ricoprire le superfici metalliche con un sottile strato di zinco mediante immersione in zinco fuso, o, più di recente, mediante metodi galvanici (elettrodeposizione).

Attualmente, la zincatura del ferro si realizza "a freddo" con speciali protettivi antiruggine a solvente, dall'elevato peso specifico, che agiscono per contatto diretto con le superfici ferrose, che non devono presentare tracce di ossido, grassi e pitture. La pellicola che si ottiene è resistente all'ambiente esterno, agli agenti aggressivi e alle alte temperature (fino a 120 °C); è riverniciabile, o, se data in due mani, funziona sia da fondo sia da finitura.

Altri tipi di protettivi sono costituiti da prodotti al minio di piombo in veicolo oleofenolico, che dimostrano grande resistenza e durabilità ([fig. 4](#), [fig. 5](#)). Questi materiali, tuttavia, sono considerati tossici e il loro uso verrà con molta probabilità ridotto progressivamente, lasciando spazio

soprattutto agli antiruggine a base di zinco (fosfati di zinco).

Tutti questi prodotti possono essere applicati a pennello o a spruzzo, nel qual caso è necessario diluirli con solventi sintetici specifici, indicati nelle schede tecniche delle varie case produttrici.

È fondamentale, prima dell'applicazione dello strato protettivo a diretto contatto con i materiali ferrosi (ferro dolce, ferro forgiato, acciaio, ghisa), assicurarsi che il metallo contenga la minima quantità di acqua possibile, disidratandolo con acetone puro o con getti di aria calda e deumidificata. Infatti, la presenza di acqua nell'interfaccia tra metallo e protettivo, può portare alla ripresa dei fenomeni corrosivi anche al di sotto del protettivo, a causa dell'inevitabile accesso di ossigeno il quale, in presenza di acqua, è in grado di far avvenire la maggior parte delle reazioni chimiche. Il trattamento deve essere applicato immediatamente dopo la fase di rimozione degli ossidi di ferro, in quanto questi tendono a riformarsi subito, in sottilissimi strati anche non visibili ad occhio nudo. La presenza di strati ossidativi del ferro, per la caratteristica idratazione di questi composti e per la loro igroscopicità, è paragonabile alla presenza di acqua.

L'ultimo passaggio, infine, consiste nella stesura della pitturazione finale, che oltre alla funzione decorativa funge anche da strato protettivo di sacrificio ([fig. 6](#), [fig. 7](#)).

Sino ai primi anni del Novecento, le vernici erano costituite da materie prime naturali, il cui legante principale era costituito dall'olio di lino.

Ai leganti tradizionali sono stati progressivamente sostituiti moderni materiali di sintesi, soprattutto le resine alchidiche, che forniscono però prestazioni inferiori rispetto ai prodotti tradizionali. Le moderne pitture oleoalchidiche, infatti, producono generalmente pellicole più sottili e con minore elasticità e adesività rispetto ai prodotti a base di olio di lino.

Rispetto a questi ultimi, però, richiedono tempi notevolmente inferiori di essiccazione, e sono più brillanti. Inoltre, sono disponibili in molte tinte e in versione satinata o brillante.

Utilizzando i prodotti di ultima generazione, gli smalti antiruggine in gel, di fatto si eliminano tutte le fasi precedenti, perché manifestano contemporaneamente proprietà di antiruggine e di smalto fine.

Di regola, questi smalti sono a base di pigmenti lamellari e ossidi di ferro micaceo e prevedono l'impiego contemporaneo di fosfato di zinco con funzioni di pigmento passivante.

Sono anche di facile applicazione per la consistenza gelatinosa, e perché pronti, seguendo varie accortezze, a essere applicati.

L'applicazione diretta sulla ruggine è prevista, però, solo se questa è compatta e ben aderente alla superficie. In presenza di scaglie o parti friabili, di corrosioni profonde, vaiolature, croste di laminazione ecc., è necessaria una preventiva preparazione dei supporti.

Tutte queste operazioni valgono soprattutto per gli elementi ferrosi consuetamente utilizzati nell'edificazione storica, e per le strutture di ghisa.

Occorre infatti valutare con attenzione la possibilità di ricoprire la superficie con strati ossidativi ancora presenti, in quanto nei recessi meno raggiungibili di un manufatto è probabile che i protettivi non riescano ad essere depositati con uniformità sufficiente a garantire la piena efficacia, e divenire quindi punti preferenziali per il degrado dello strato protettivo. Questo è particolarmente vero per i manufatti in ferro battuto e gli elementi in ghisa, dove spesso sono presenti fessure o cavità derivanti dalle tecniche o dai difetti di lavorazione.

Per salvaguardare i manufatti metallici dai processi degradativi, è comunque assolutamente necessario procedere alla loro ispezione e manutenzione periodica.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La conservazione degli elementi di ferro (ringhiere, balaustre, inferriate ecc.) e delle strutture metalliche in genere, spesso è affrontata con tecniche e materiali non idonei che provocano ulteriori danni ai manufatti. Ciò si verifica, generalmente, per i costi piuttosto elevati dei trattamenti, per cui o si effettuano semplici operazioni di riverniciatura, senza trattare preventivamente e nella maniera più adeguata le superfici, o si ricorre a prodotti svernicianti aggressivi ma dall'azione rapida, a sverniciature a caldo, pericolose perché comportano fenomeni di dilatazione soprattutto nei punti di connessione con la muratura, a sabbature a forti pressioni e ad altre tecniche che possono avere anche effetti distruttivi non previsti ([fig. 8](#), [fig. 9](#)).

Inoltre, nelle manutenzioni dei ferri si tende spesso a effettuare le verniciature senza aver prima rimosso gli strati precedenti, il che fa aumentare gli spessori dei film protettivi a scapito delle loro qualità elastiche. Si determina allora una *craquelure* più o meno fitta, attraverso la quale l'acqua

entra e arriva sino al metallo, per cui la corrosione ricomincia.

Sarebbe invece opportuno adottare per tutti i manufatti metallici appartenenti all'edilizia storica (e non solo per quelli di particolare interesse storico-artistico per i quali è necessario il controllo della Soprintendenza), metodologie che consentano di raggiungere buoni risultati a costi accettabili.

La stessa attenzione dovrebbe anche essere adottata in tutti quei casi in cui sono necessarie operazioni di fucinatura (sostituzioni, saldature, ripristini strutturali in genere), che non andrebbero eseguite in maniera indiscriminata e incontrollata.

In definitiva, per gli interventi sui manufatti in ferro dovrebbe essere richiesta l'osservanza di procedure sancite in sede teorica e operativa, che appartengono ormai al bagaglio metodologico di ogni restauratore specializzato. Tali procedure comprendono, in ordine di successione logica:

- a) un'attenta e approfondita indagine storica, costruttiva e formale dell'oggetto da restaurare, per analizzare la logica costruttiva del manufatto, anche in ordine ai saperi e alle tradizioni tecniche che ne informarono la realizzazione;
- b) il rilievo meticoloso dell'oggetto, tendente a descriverne le geometrie generali e di dettaglio, integrato da una estesa e dettagliata campagna fotografica o da altre metodiche di misurazione;
- c) la caratterizzazione dei materiali costitutivi dell'oggetto (compresi quelli dei trattamenti protettivi, dei depositi e dei prodotti di alterazione), e l'analisi dei fenomeni di degradazione in atto e pregressi, realizzate attraverso l'osservazione visiva, integrata da idonee analisi di laboratorio su campioni prelevati ad hoc. I risultati di questi esami vanno riportati analiticamente su disegni del rilievo (fig. 10a, fig. 10b);
- d) il progetto di restauro, che descrive dettagliatamente, attraverso grafici, computi e relazioni verbali, tutte le operazioni tecniche previste per l'intervento e le ragioni che le giustificano sul piano scientifico, ivi compresi i risultati di prove e test eseguiti prima dell'intervento;
- e) un'accurata programmazione dei lavori in sede esecutiva, comprendente anche il piano delle prove e dei collaudi in corso d'opera e dei monitoraggi di controllo.

## ESPERIENZE

Castellamare di Stabia (Napoli), cassa armonica in ghisa, 1990.

Roma, villino Ximenes, elementi decorativi liberty in ferro, 1998.

Follonica, chiesa di San Leopoldo, pronao in ghisa, 2000.

Roma, Palazzo Nobile di Villa Torlonia, ringhiera bronzea di F. Ghirlanda della scala principale, 2005.

Castello e parco di Racconigi (Cuneo), cancellata monumentale antistante il castello, cancellata e cancelli delle Margarie e del "Giardino dei principini", grandi vetrate della serra, due cancelli settecenteschi sul muro di cinta, quattro balaustre di ponte di cui una in ghisa, tre cancelli sul retro del castello, passerella in ferro, catena con pilastri in ferro, chiuse in ghisa, 2005-2008.

Venezia, Serra dei Giardini, padiglione in ghisa, 2009.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV. 1989; Bianchi G., Mazza F. 1980; Carria F. 1999; Demmelbauer M. 2007; Donati F. 1995; Lannuti C., Broccolo A. 1996; Leoni M. 1981; Leoni M. 1984; Marabelli M., Napolitano G. 1991; Montagni C. (a cura di) 2000; Montagni C. 1993.

Marco Demmelbauer, *Palazzo Nobile di Villa Torlonia a Roma: problematiche di restauro e ripristino degli arredi metallici*, in "Lo stato dell'arte" Atti del V Congresso Nazionale IGIC, Cremona, 11-13 ottobre 2007, pp.145-153.

## CREDITI FOTOGRAFICI

DEMMELEBAUER: Marco Demmelbauer conservazione & restauro

TORSELLO: B. Paolo Torsello

BERRONE - BERTELOTTI: Marco Berrone e Cristina Bertolotti architetti



Figura 1 • Palazzo Nobile di Villa Torlonia (Roma). Particolare di un balastrino con evidente accumulo di particellato. (DEMMELEBAUER)



Figura 2 • Particolare del balastrino dopo la pulitura effettuata tramite spazzolini con setole sintetiche a microtrapano e a mano, avendo cura di preservare la patina originale. (DEMMELEBAUER)





Figura 3 • Palazzo Nobile di Villa Torlonia (Roma). Particolare di una formella della ringhiera durante la stesura del protettivo a base di resina acrilica e benzotriazolo. Il protettivo oltre a proteggere il metallo dalla corrosione, esalta le decorazioni. (DEMMELEBAUER)

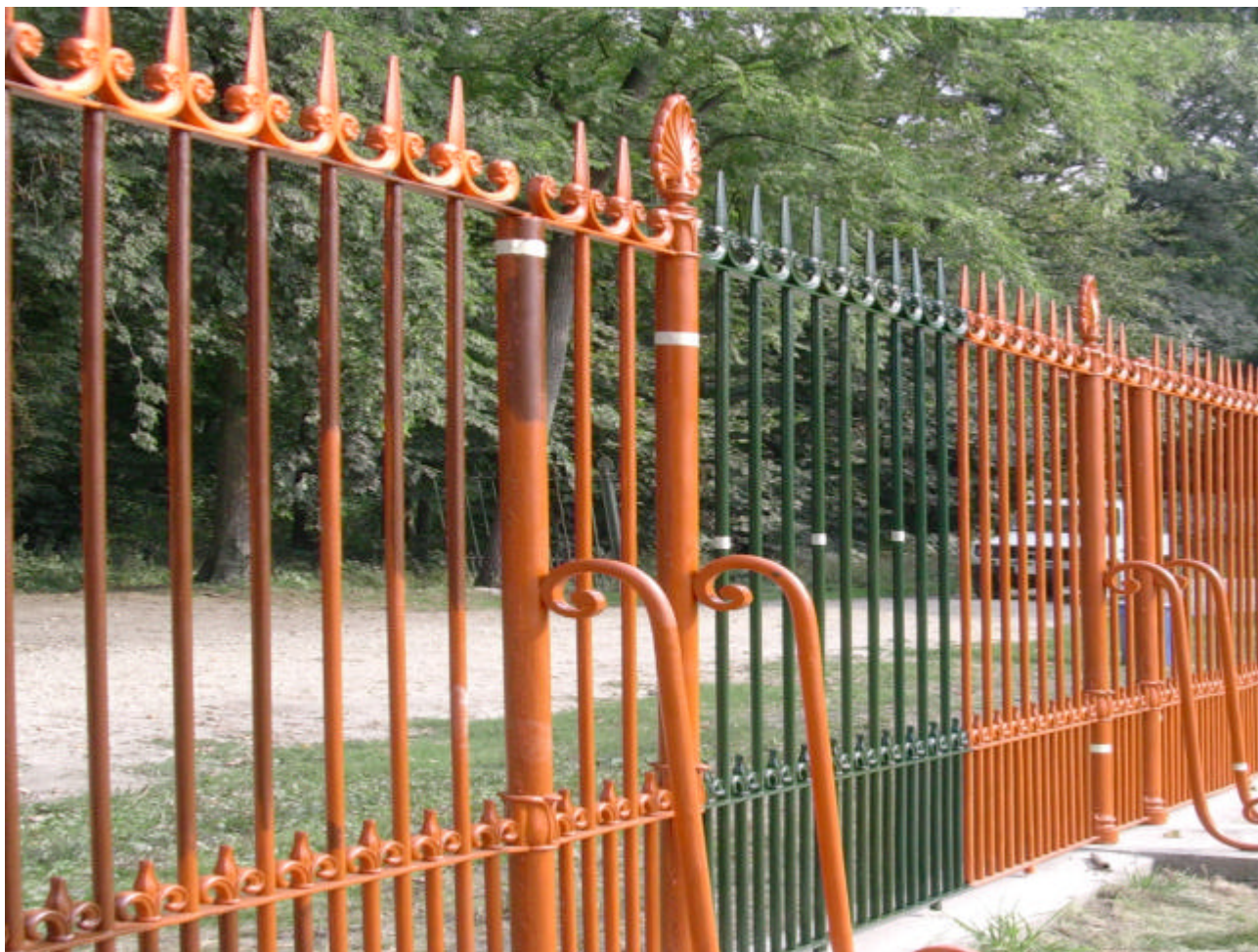


Figura 4 • Parco di Racconigi. Cancellata del Giardino dei Principini: fasi del ciclo di protezione e verniciatura su superficie sabbiata. Prima mano di minio arancione, seconda mano di minio marrone (per distinguere le mani durante l'applicazione e la verifica), campionatura con due mani di smalto verde alchilico lungo olio. (BERRONE - BERTOLOTTI)



Figura 5 • Particolare della prima mano di minio su superficie sabbiata di una palmetta della cancellata.  
(BERRONE - BERTOLOTTI)



Figura 6 • Castello di Racconigi. Cancellata monumentale: parte superiore con una mano di minio su superficie sabbata, parte inferiore con campionature colore realizzate con velature verdi su due mani di fondo marrone/bronzo ad interpretare le indicazioni dei documenti di calcolo e misura redatti nel 1843 da Ernest Melano che riportavano la dicitura “coloritura verde bronzo” o “coloritura in due riprese tinta bronzo”. (BERRONE - BERTOLOTTI)



Figura 7 • Castello di Racconigi. Cancellata monumentale: porzione di campata con velatura verde su fondo marrone/bronzo. (BERRONE - BERTOLOTTI)



Figura 8 • Villa Barbaro a Maser. Cancelli seicentesco pulito impropriamente con sabbiatura a secco e bagno acido e successivamente sottoposto a zincatura a caldo. Tali trattamenti hanno alterato in modo irreversibile le caratteristiche fisiche e chimiche della superficie metallica. Il cancello, inoltre, è stato rimosso dalla collocazione originaria mediante tagli che hanno lasciato monconi residui delle volute decorative alle estremità superiori destra e sinistra. (TORSSELLO)



Figura 9 • Villa Barbaro a Maser. Cannello seicentesco. Particolare della discontinuità della zincatura. Il ferro preindustriale è incompatibile con la zincatura che si stacca a scaglie lasciando scoperto il vecchio metallo. (TORSELLO)





Figura 10a e 10b • Castello e parco di Racconigi. Mappature del degrado del cancello del “Giardino dei principini” e della cancellata monumentale. (BERRONE - BERTOLOTTI)

## LA DOCUMENTAZIONE DI CANTIERE E LA PRATICA DEL RESTAURO

Il cantiere è il luogo delle operazioni tecnico-esecutive del progetto, ma la sua gestione è legata a numerosi atti contabili e amministrativi che incidono anche materialmente sull'andamento dei lavori e sui loro risultati. Anche i rapporti tra l'impresa e la direzione dei lavori e tra questi e il committente, pubblico o privato, sono regolati da documenti che fissano forme di controllo qualitativo e quantitativo, e puntano ad assicurare anche la loro corrispondenza economica al programma tracciato dal progetto.

Il documento principe è il capitolato speciale che, oltre a regolare i rapporti con i soggetti coinvolti nell'appalto, contiene prescrizioni che fissano la qualità e la provenienza dei materiali, la successione e l'ordine dei lavori, le procedure esecutive delle opere, gli accorgimenti particolari che devono essere rispettati in casi speciali per raggiungere i livelli di qualità previsti dal progetto o contemplati dalle buone "regole dell'arte". Ma già nel corso dei lavori possono presentarsi situazioni non previste oppure ragioni di opportunità che spingono ad apportare variazioni nella quantità e nel genere delle opere progettate, magari per raggiungere risultati migliori o per far fronte a situazioni non contemplate. C'è da considerare, poi, che la normale conduzione dei lavori deve obbedire fedelmente alle prescrizioni del progetto e questa fedeltà va accuratamente registrata in documenti che fanno parte integrante del corredo degli atti di cantiere. Questi atti, come è noto, sono numerosi e comprendono, tra quelli che possiamo definire "ordinari", il *Giornale dei lavori*, il *Libretto di misura dei lavori*, il *Registro di contabilità*, i *Collaudi in corso d'opera e finali* e così via. A questi se ne possono aggiungere altri resi necessari da eventi che inducono variazioni impreviste, come la *Revisione dei prezzi*, le *Perizie di varianti in corso d'opera*, le cosiddette *Perizie suppletive*, oltre ai documenti concernenti le proroghe, le sospensioni e le riprese dei lavori, la formazione e la pattuizione di prezzi non compresi nel contratto e altro ancora. Questo apparato dovrebbe costituire un sistema di controllo capillare e continuo, sia sotto il profilo della trasparenza e della regolarità contabile e amministrativa, sia sotto quello della qualità tecnica dei lavori.

Nel cantiere di restauro le cose si complicano, perché l'intervento si prefigge principalmente l'obiettivo di conservare la permanenza fisica e figurale di un manufatto – l'opera architettonica – che già esiste in quanto oggetto fisicamente determinato e trasmessoci con tutte le sue stratificazioni costruttive, materiali e figurali. Ogni intervento, tuttavia, per quanto accorto e poco invasivo, comporta *sottrazioni*, *aggiunte* o *modificazioni* che si traducono in alterazioni più o meno profonde dei segni che connotano tutta l'apparecchiatura indiziaria. Inoltre, la stessa efficacia tecnica degli interventi, la loro durata nel tempo e gli effetti collaterali eventualmente provocati si collocano in un campo d'incertezza che va tenuto sotto controllo con la massima cura e in modo permanente. Questa sezione comprende, perciò, un gruppo di tecniche che non sono ascrivibili alle forme di intervento e di trattamento diretto dei manufatti da restaurare ma sono da considerare come mezzi indiretti, ma altrettanto efficaci, di tutela. Si può affermare, anzi, che queste tecniche, diversamente dalle altre la cui scelta dipende dalle situazioni specifiche dei diversi interventi di restauro, sono da adottare in ogni cantiere e in ogni circostanza.

In rapida e schematica sintesi, le tecniche segnalate nella sezione riguardano i seguenti campi di applicazione, tutti attinenti alla fase esecutiva degli interventi.

— Il cantiere di restauro è caratterizzato da una costante mutevolezza dei materiali e delle parti costruttive sottoposte all'intervento, perché ogni trattamento di pulitura, di consolidamento, di disinfezione, di protezione o di altra natura determina variazioni di forme, di colore e di materia, sempre irreversibili. Per quanto si abbia memoria dello stato dell'edificio prima dell'inizio dei lavori,

e nonostante i rilievi e le analisi che ne documentano più o meno dettagliatamente la situazione pregressa, è pressoché impossibile una valutazione comparativa tra il “prima” e il “dopo” del restauro, senza l’aiuto di buone immagini fotografiche.

Ma è ancora più importante poter disporre di una “memoria” che registri le immagini durante i diversi stati di avanzamento del cantiere, documentando le operazioni, le fasi di lavorazione, i modi tecnici di svolgimento dei singoli interventi, le variazioni che gradualmente la fabbrica subisce. Si determina, così, la necessità di una documentazione aggiuntiva a quella ordinaria, costituita da una campagna di prese fotografiche atte a fissare le immagini di tutte le fasi di lavorazione. Ciò che importa, infatti, è l’insieme dei mutamenti che l’opera storica subisce, nei suoi attributi materiali e nelle sue configurazioni, in seguito agli interventi. La documentazione fotografica costituisce, in altri termini, uno dei mezzi efficaci di “monitoraggio” dell’andamento del cantiere, anche nei suoi aspetti operativi più minuti. La sua funzione non è semplicemente di rammentarne gli episodi più o meno rilevanti, ma di offrire una possibilità di analisi continua, per conservare, sia pure nei limiti dell’informazione offerta dalle immagini, una serie di dati utilizzabili durante e dopo i lavori. Si potranno così confrontare risultati ottenuti con metodiche dissimili su uno stesso oggetto o con procedimenti eguali su manufatti diversi e osservare il comportamento delle superfici e dei materiali trattati. In ciò risiede, tra l’altro, la possibilità di riesaminare criticamente i risultati di un restauro alla luce della “prova del tempo” e di affinare gli strumenti metodologici e tecnici.

— Un altro genere di operazioni da svolgere durante il cantiere è quello dei rilievi e delle misurazioni geometriche in genere. Infatti, se per un verso i rilievi appartengono alla fase iniziale del progetto di restauro, per un altro il cantiere offre occasioni di accesso e possibilità di esplorazione che non sono concesse agli operatori durante le campagne di studio preliminare, quando si determinano a volte condizioni di inaccessibilità o di rischio. Inoltre, le operazioni di cantiere comprendono, non di rado, lavori di liberazione, di smontaggio, di scavo che mettono in luce situazioni imprevedibili e offrono un’integrazione delle informazioni disponibili, oppure un’occasione per registrare e archiviare dati destinati a scomparire a causa delle modificazioni prodotte dagli interventi. Infine, rientrano nell’ambito del rilievo quelle misure particolari che puntano a controllare puntualmente determinate situazioni geometriche in evoluzione, come le deviazioni orizzontali e verticali di muri e solai, le rototraslazioni di travi e conci, le flessioni, le deformazioni murarie, i quadri fessurativi ecc. Queste circostanze si presentano nelle occasioni più diverse: durante i lavori di rimozione o di demolizione, nelle campagne di scavo condotte all’interno e all’esterno degli edifici, nelle esplorazioni rese possibili dai lavori, nei controlli geometrici puntuali richiesti dai consolidamenti statici o dalle prove di carico, per eseguire misure e controlli degli spessori di strutture inaccessibili alle fasi preliminari dei rilievi, nel riposizionamento di parti smontate, nel tracciamento di nuove geometrie per la realizzazione di fondazioni, muri di sostegno, scale e altro.

— I cantieri di restauro, per quanto estesi e dettagliati siano gli elaborati di progetto, non sono in grado di prevedere tutte le vicende tecniche ed esecutive che si concretizzano nella fase esecutiva, per l’ovvia ragione che la fabbrica, nella sua complessa costituzione materiale e nelle sue numerose vicende conservative, sfugge a qualsiasi tentativo di essere analizzata e compresa nella totalità dei suoi aspetti. L’esecuzione dei lavori comporta, infatti, un rapporto ravvicinato e puntuale con la concretezza dei fenomeni in atto, durante il quale emergono circostanze non sempre prevedibili, anche perché il cantiere mette allo scoperto situazioni mascherate o semplicemente inaccessibili alle analisi preliminari. Le stesse procedure tecniche d’intervento, definite in via preventiva sulla scorta dell’esperienza e della competenza del progettista o sulla base di prove sperimentali, possono rivelare, all’atto esecutivo, aspetti inattesi oppure effetti collaterali insospettati che suggeriscono variazioni più o meno rilevanti del programma di lavoro. In questi casi, l’andamento del cantiere obbliga gli operatori ad aggiornare il progetto, modificandolo o arricchendolo con decisioni suggerite dagli accertamenti e dai problemi che emergono quasi quotidianamente. Ciò comporta che, a lavori conclusi, una certa parte delle azioni previste in sede progettuale ha subito variazioni più o meno sostanziali, vale a dire che il risultato finale non rispecchia interamente le

prescrizioni iniziali e si smarrisce la corrispondenza tra il programma e la sua concreta attuazione. Questa perdita corrispondenza tra previsione e realizzazione rischia di provocare esiti di una certa gravità, quanto meno perché il comportamento nel tempo delle opere restaurate, sia nei suoi effetti positivi sia in quelli negativi, non è apprezzabile sulla base delle previsioni e delle prescrizioni tecniche del progetto e non consentono, di conseguenza, una valutazione critica che contribuisca al progressivo perfezionamento delle tecniche di restauro. La soluzione sta nel documentare adeguatamente la vita e le vicende del cantiere, utilizzando metodiche alternative, ma soprattutto adottando procedure largamente impiegate dagli archeologi nei lavori di scavo. Tale metodo consiste in una registrazione quotidiana dell'andamento dei lavori, tramite annotazioni verbali e schizzi e con gli opportuni collegamenti alle altre forme di documentazione.

In tal modo, se le annotazioni saranno complete e continue, si avrà un vero e proprio diario dei lavori che riproduce pedissequamente la storia del cantiere e fornisce indicazioni sempre disponibili per un riesame critico delle soluzioni adottate e dei risultati conseguiti.

— Le analisi preliminari, che generalmente precedono il progetto e la programmazione degli interventi, non sono mai complete ed esaustive. Ciò non dipende soltanto dall'impossibilità e dall'inutilità di svolgere *tutte* le indagini, ma anche da alcuni impedimenti che spesso ostacolano le operazioni analitiche, anche quelle indispensabili, oppure rendono inutilizzabili quelle già compiute. Tale circostanza si realizza, principalmente, perché numerosi esami sono inattuabili nella fase progettuale del restauro in quanto riguardano fenomeni e situazioni non accessibili ai rilevatori, perché troppo rischiose o in posizioni irraggiungibili senza impalcature o altri mezzi di avvicinamento. Inoltre, i tempi spesso stretti della progettazione non consentono sempre gli affinamenti analitici necessari e impongono di rinviare taluni accertamenti approfonditi a una fase successiva. C'è da considerare, poi, che tra lo svolgimento delle analisi preliminari e l'inizio effettivo dei lavori, spesso intercorre un tempo abbastanza lungo da determinare un cambiamento, talvolta rilevante, del quadro diagnostico sul quale il progetto è impostato, e molte di quelle analisi vanno rifatte e aggiornate durante i lavori. Infine, le operazioni di cantiere che concretano esecutivamente il progetto comprendono, non di rado, lavori di liberazione, di smontaggio, di scavo ecc., che mettono in luce situazioni imprevedibili e richiedono un riesame parziale del programma. Tutto ciò comporta l'estensione e il proseguimento del lavoro analitico dopo l'apertura del cantiere e, tra i compiti esecutivi, è compreso quello di un ordinato programma di procedimenti investigativi e diagnostici sui materiali e sui fenomeni di degradazione e di dissesto, che deve fornire un aggiornamento continuo dello stato di fatto. A ciò si aggiunge, spesso, l'esigenza di eseguire dei veri e propri monitoraggi in corso d'opera, riguardanti, ad esempio, il comportamento di lesioni e deformazioni non stabilizzate, i fenomeni di diffusione dell'umidità e delle specie vegetali infestanti e altro ancora.

— Le norme di capitolato prevedono, in genere, una descrizione accurata delle tecniche di cui si prevede l'impiego e dei modi d'esecuzione dei diversi lavori. Tali prescrizioni sono compilate sulla scorta delle competenze e dell'esperienza del progettista, il quale, dopo aver svolto le analisi e gli accertamenti preliminari, procede per analogia con altre esperienze e con le "regole dell'arte" a lui note. Tuttavia, il criterio dell'analogia e quello delle esperienze maturate non sono sempre sufficienti a garantire i risultati cercati. Ciò dipende dalla grande varietà delle situazioni nelle quali si attuano gli interventi, vale a dire dai diversi comportamenti dei materiali costruttivi, dalle particolari forme evolutive dei processi d'alterazione, dallo sviluppo della produzione tecnologica che offre materiali e procedure sempre migliori, e da altre cause più o meno accidentali che fanno di ogni cantiere un caso singolare. Inoltre, durante le indagini preliminari non sempre (anzi, per la verità, raramente) è possibile un accertamento completo ed esauriente dello stato della fabbrica, se non altro perché sfuggono alle analisi tutte le parti inaccessibili o nascoste. Per ovviare alle possibili conseguenze negative di un procedere tecnico troppo rigido, è sempre opportuno testare i prodotti e le metodiche di esecuzione, prima di una loro applicazione estensiva.

Va considerato, poi, che mentre alcuni lavori di restauro sono prevedibili nei risultati tecnici e nell'impatto visivo che determinano, altri vanno calibrati dopo opportune prove. Ad esempio, una coloritura decisa in sede di progetto non può essere eseguita senza idonei test; oppure, una

pulitura con acqua nebulizzata o con idrosabbatura non può essere immediatamente estesa a tutte le superfici da trattare, senza alcune prove orientate a studiarne gli effetti in funzione della durata dell'applicazione, del tipo di inerti impiegati e degli altri parametri che concorrono al conseguimento del risultato; e ancora, la stesura di una sostanza impregnante, data a pennello o a spruzzo o con altra tecnica, va attentamente collaudata su aree campione e su queste andranno eseguite prove di laboratorio per accertare la profondità di penetrazione del prodotto, l'omogeneità di diffusione e l'effetto consolidante o protettivo cercato. È sempre opportuno, di conseguenza, includere nel programma dei lavori un certo numero di prove, talvolta anche in forma di monitoraggio, con lo scopo di studiare preventivamente gli effetti di determinati interventi o trattamenti e di poter ricorrere agli aggiustamenti o alle varianti del caso.

— L'elaborazione digitale delle immagini è un complesso di procedure che trasferisce lo svolgimento progettuale dal campo consueto degli elaborati grafici a un modo di rappresentazione più ricco di informazioni, qual è quello dell'immagine realistica, offrendo una "visualizzazione" virtuale dell'oggetto architettonico prima e dopo il restauro. Si possono così sottoporre a esame e a confronto soluzioni diverse, scartando o modificando ipotesi d'intervento impraticabili e riducendo il rischio di scelte che potrebbero rivelarsi del tutto o parzialmente inadeguate, una volta realizzate sul corpo del manufatto. Il prefigurare gli effetti finali dell'intervento, prima di agire direttamente sulla fabbrica, costituisce uno dei caratteri peculiari di questo procedimento. Le operazioni digitali sono, infatti, totalmente reversibili e immediate, e consentono in qualsiasi fase della simulazione di ritornare allo stadio iniziale o a uno intermedio. La simulazione va intesa, pertanto, non come una ricercata metodica di rappresentazione, ma come il risultato visivo di un complesso procedimento di analisi e di scelte operative, come uno strumento in grado di problematizzare il progetto di conservazione, monitorandone lo svolgimento e riducendo lo scarto tra le previsioni progettuali e i risultati finali dell'intervento. Schematicamente, si può affermare che le simulazioni assolvono un ruolo predittivo e prescrittivo, in quanto possono avere sia la funzione di prevedere e guidare gli esiti del progetto, evidenziandone gli aspetti problematici e i nodi irrisolti, sia quella di prescrivere procedimenti esecutivi, indicando, attraverso l'immagine virtuale, il risultato che s'intende raggiungere e le corrette procedure di cantiere per realizzarlo. Questo genere di documentazione costituisce un vero e proprio strumento di gestione del progetto e può essere impiegato sia nella fase iniziale della programmazione degli interventi sia durante la loro esecuzione, quando determinate situazioni impongono una revisione delle scelte progettuali e il controllo accurato di nuovi orientamenti esecutivi.

<b>DOC 01</b>	<b>DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA DEI LAVORI</b>
---------------	--

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il cantiere di restauro è caratterizzato da una costante mutevolezza dei materiali e delle parti costruttive sottoposte all'intervento, perché ogni trattamento di pulitura, di consolidamento, di disinfestazione, di protezione o di altra natura determina variazioni di forme, di colore e di materia, sempre irreversibili. Per quanto si abbia memoria dello stato dell'edificio prima dell'inizio dei lavori, e nonostante i rilievi e le analisi che ne documentano più o meno dettagliatamente la situazione pregressa, è pressoché impossibile una valutazione comparativa tra il "prima" e il "dopo" del restauro, senza l'aiuto di buone immagini fotografiche.

Ma è ancora più importante poter disporre di una "memoria" che registri le immagini durante i diversi stati di avanzamento del cantiere, documentando le operazioni, le fasi di lavorazione, i modi tecnici di svolgimento dei singoli interventi, le variazioni che gradualmente la fabbrica subisce.

La documentazione fotografica costituisce, in sostanza, uno dei mezzi efficaci di "monitoraggio" dell'andamento del cantiere, anche nei suoi aspetti operativi più minuti. La sua funzione non è semplicemente di rammentarne gli episodi più o meno rilevanti, ma di costituire uno strumento di analisi continua, per conservare, sia pure nei limiti dell'informazione offerta dalle immagini, una serie di dati utilizzabili, durante e dopo i lavori. Si potranno confrontare risultati ottenuti con metodiche dissimili su uno stesso oggetto o con procedimenti eguali su manufatti diversi, e osservare il comportamento delle superfici e dei materiali trattati. In ciò risiede, tra l'altro, la possibilità di riesaminare criticamente i risultati di un restauro alla luce della "prova del tempo", e di affinare gli strumenti metodologici e tecnici.

Una funzione rilevante è svolta, inoltre, dalla documentazione fotografica raccolta durante le opere di scavo, di demolizione, di rimozione o di smontaggio, quando queste non possono essere evitate. È in tali circostanze, infatti, che le strutture edilizie mostrano, per così dire, i loro strati più profondi e nascosti, che sono resi visibili dai lavori di liberazione, spesso portando alla luce contenuti costruttivi, materiali e lavorazioni che disvelano aspetti nascosti ed enigmatici della fabbrica.

In conclusione, la documentazione fotografica, integrata da altre forme di annotazione (v. DOC02 - Rilievi in corso d'opera; DOC03 - Resoconti, annotazioni, diario dei lavori; DOC04 - Prelievi, controlli, monitoraggi dei lavori; DOC05 - Collaudi, prove e controlli in corso d'opera), costituisce in sé uno strumento indiretto della pratica conservativa.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La tecnica (o le tecniche) di documentazione fotografica si applica, sinteticamente, per la registrazione di immagini nei seguenti campi:

- l'organizzazione del cantiere durante i lavori (macchine, scorte di materiali, ponteggi, puntellature, presidi per la sicurezza, attrezzature, prodotti e loro confezioni);
- le variazioni generali delle diverse parti edilizie, prima, durante e dopo il restauro (paramenti murari, coperture, solai, pavimentazioni interne ed esterne, arredi fissi, apparati ornamentali ecc.);
- le singole lavorazioni e gli interventi durante le fasi della loro esecuzione (puliture, consolidamenti, protezioni, disinfestazioni, deumidificazioni, integrazioni e così via), prima, durante lo svolgimento e a lavori terminati;

- d) le fasi di demolizione di parti costruttive (spicconature d'intonaci, smontaggi, rimozioni, scavi ecc.);
- e) ogni altro evento o episodio che abbia attinenza con i lavori (incidenti, piccoli crolli, allagamenti ecc.).

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Per gli scopi che si prefigge, per la varietà d'informazioni da raccogliere e per la durata dei cantieri, una corretta documentazione fotografica deve essere, in primo luogo, accuratamente programmata in ogni parte. Le improvvisazioni sono da evitare, salvo i casi di situazioni impreviste. Il programma deve comprendere:

1. un particolareggiato elenco degli eventi da registrare, generali e di dettaglio, per ciascuna delle categorie indicate alle precedenti lettere *a*, *b*, *c*, *d*, *e*.
2. l'approntamento dell'apparecchiatura necessaria (camere analogiche e/o digitali, parco obiettivi, accessori diversi, come treppiedi, flash, scala Kodak dei colori, corpi illuminanti di supporto, batterie, carica batterie ecc.);
3. eventuale predisposizione di telecamera analogica o digitale per prese continue di scene in movimento;
4. una serie di schede ed elaborati grafici di riferimento prestampati dove trascrivere le annotazioni relative a ciascuna presa fotografica o televisiva (**fig. 1**); è opportuno avvalersi di una planimetria generale di riferimento dove riportare accuratamente il posizionamento dei punti di ripresa indicando inoltre la posizione dell'asse ottico di ciascun fotogramma e possibilmente anche la distanza e l'altezza (se superiore a quella dell'operatore) tra il punto di ripresa e il soggetto fotografato e, per un riscontro effettivo, si può procedere alla numerazione dei fotogrammi, riportandola accuratamente sulla planimetria di riferimento. Occorre curare una stretta rispondenza tra i dati rilevati in fase di compilazione della scheda e la sequenza delle riprese definite dal progetto di rilevamento fotografico. Sarà opportuno dunque affiancare l'elenco degli elementi strutturali, funzionali, ed ornamentali che risultano rilevati nella scheda di catalogo, ad un analogo elenco o abaco, di foto.
5. un sistema di catalogazione e classificazione dei documenti fotografici da gestire mediante un efficace archivio cartaceo o informatico destinato all'ordinamento e alla ricerca incrociata, rapida dei dati.

Dalla chiarezza del programma dipende l'efficacia della documentazione. Buona parte dei risultati deriva, naturalmente, dalle operazioni di presa e dal livello qualitativo delle immagini, ove con livello qualitativo non ci si riferisce soltanto alla qualità intrinseca delle fotografie (che costituisce, in ogni caso, un requisito fondamentale), ma anche al metodo di presa. Per quest'ultimo aspetto, è necessario ricordare, sia pure in forma schematica, le principali componenti del processo.

A) Si possono impiegare camere fotografiche di uso corrente, che forniscono immagini (analogiche) impresse su pellicola trasparente (diapositive) o su carta (stampe fotografiche), oppure camere digitali, che producono invece immagini, per l'appunto digitali, vale a dire nel formato utile oltre che per la loro immediata consultazione, anche per eventuali elaborazioni successive, che vanno dal taglio dell'inquadratura alla calibrazione dei colori e dei contrasti, fino a impieghi più complessi, come la fotoanalisi o il trattamento digitale in ambiente virtuale (v. DOC06 - Simulazione degli interventi di restauro). In questo caso risulta determinante una acquisizione ad alta risoluzione, senza alcuna compressione al fine di permettere successive elaborazioni. Infatti, la grande versatilità che caratterizza la fotografia digitale, permette ad una riproduzione di mantenere le sue peculiarità (colore, integrità del supporto, ecc.) invariate nel tempo, anche dopo innumerevoli distribuzioni, riproduzioni e fruizioni.

B) Le prese vanno eseguite attenendosi a procedimenti che assicurano la necessaria efficacia documentaria e, in particolare:

— le serie eseguite su uno stesso oggetto, prima, durante e dopo le lavorazioni, devono avere la medesima inquadratura, la stessa distanza di scatto, identica fotocamera e obiettivo (o distanza

focale, nel caso di zoom) e, possibilmente, identiche condizioni di luce. È opportuno mantenere un costante controllo dell'angolazione e della distanza di ripresa perché angolature simili e distanze fisse consentono successivamente, attraverso il confronto fotografico, l'acquisizione di informazioni corrette circa il rapporto proporzionale tra i diversi elementi decorativi.

— in ogni inquadratura è bene che sia compreso un segnale di riferimento alle dimensioni dell'oggetto fotografato e alla temperatura di colore, per esempio utilizzando la scala Kodak dei colori, che realizza entrambi gli scopi;

— tutte le caratteristiche di ciascuna presa devono essere annotate su una scheda alla quale sarà allegata l'immagine; tali caratteristiche riguarderanno il modello di fotocamera (o di telecamera) e di obiettivo (o di distanza focale, nell'uso dello zoom), il diaframma e il tempo di otturazione utilizzati, il numero del fotogramma e del rullino (o della scheda magnetica, per le camere digitali), la data e l'ora di presa, la fonte e il genere di luce, naturale (cielo sereno, coperto, nuvoloso, velato ecc.) o artificiale (flash, tungsteno, neon, ecc.);

— il punto di vista e il rettangolo di copertura di ogni presa di dettaglio vanno annotati graficamente, con la massima cura, sugli elaborati grafici o fotografici di cantiere (rilievi o fotografie generali);

— sulle schede vanno riportate, in nota, eventuali osservazioni o commenti che possono aiutare a descrivere meglio le circostanze della presa, nonché i rimandi ad altre fonti di documentazione (v. DOC02 - Rilievi in corso d'opera; DOC03 - Resoconti, annotazioni, diario dei lavori; DOC04 - Prelievi, controlli, monitoraggi dei lavori; DOC05 - Collaudi, prove e controlli in corso d'opera).

— attraverso semplici accorgimenti, quali l'inserimento nell'inquadratura di un'asta metrica o la misurazione dal vero di un componente, oppure tramite la stima delle misure reali di un elemento standard, è possibile desumere dalla ripresa fotografica le dimensioni approssimative delle componenti dell'edificio, utili ai fini dell'analisi tipologica e della rilevazione dell'estensione del degrado.

C) Ogni campagna di presa deve essere corredata da un breve resoconto che ne riassume le caratteristiche (contenuto, procedure, fase del cantiere ecc.) e deve essere immediatamente inserita nel sistema di catalogazione e classificazione, cartaceo o informatico.

Le immagini digitali memorizzate nei corretti formati, devono essere archiviate su supporti informatici strutturati e di capacità adeguata a contenerli.

Un utile riferimento sulla la modalità di schedatura e archiviazione sono le procedure stabilite dall'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione.

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

La fotografia può essere utilizzata non solo per una documentazione asettica, ma anche per un'analisi mirata della preesistenza, ad esempio per fornire in modo molto rapido una mappatura del degrado e documentare le fasi dell'intervento, ad esempio con una serie di inquadrature fotografiche, associate ad una pianta ubicativa e ad una didascalia, e affiancandosi validamente il rilievo grafico, riuscendo a documentare, oltre al disegno, lo stato delle cromie.

Una componente tecnica da non trascurare durante le prese è il controllo della temperatura di colore, che varia spesso in modo rilevante secondo la qualità della luce (le diverse caratteristiche delle luci artificiali o naturali) e che determina differenze notevoli tra le immagini di uno stesso oggetto (v. DOC06 - Simulazione degli interventi di restauro). Tale controllo può essere eseguito, soprattutto per le prese analogiche, con la scala Kodak, che consente una calibrazione dei colori, una volta che saranno convertite nel formato digitale.

Le prese digitali, invece, possono avvalersi dei dispositivi presenti in tutte le fotocamere digitali, per il bilanciamento del bianco.

In molti casi, è opportuno eseguire più volte una stessa presa dell'oggetto, variando di mezza unità in più e in meno il diaframma e/o il tempo di esposizione (per ottenere un'esposizione più controllata) e soprattutto le condizioni di illuminazione (se è possibile). A questo proposito è bene ricordare che la luce, a seconda che sia diffusa, incidente o radente, fornisce immagini molto diverse, ciascuna con un particolare genere d'informazione e grado di utilizzazione e che le



differenze sono determinate sia dal giuoco delle ombre sia dalla temperatura di colore (fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6).

## ESPERIENZE

La fotografia è sempre stata un corredo documentale delle campagne di restauro condotte con il dovuto rigore. Ne sono testimonianze i preziosi archivi fotografici dell'Opificio delle pietre dure di Firenze, dell'Istituto centrale del restauro di Roma, delle sezioni del CNR che si occupano di argomenti connessi alla tutela, dei numerosi restauratori e imprese che conservano repertori d'immagini di grande interesse e utilità scientifica e tecnica. Non sempre gli archivi fotografici sono organizzati in forme tali da permettere un'agevole consultazione e non sempre le immagini documentano con fedeltà l'intero processo dell'intervento al quale si riferiscono. Ma l'utilità di questi documenti, sia pure parziali, è una prova dell'importanza che assume la documentazione fotografica e di quella che potrebbe avere se fosse condotta con completezza e con sistemi classificatori di maggiore efficienza.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Benso S., Omet C., *Documentazione multimediale per la conservazione e il restauro dei beni culturali*, in "Materiali e strutture. Problemi di conservazione", V, 1995, pp. 57-73.

Buzzanca G., Capanna F., *La documentazione grafica assistita da elaboratori: uno strumento per il restauro*, in "Bollettino ICR", 1, 2000, pp.4-13.

Carpiceci M., *La fotografia per l'architettura e l'ambiente*, Palombi, 1997.

Langford H.J., *Trattato di fotografia*, Roma, 1973.

Langford H.J., *Fotografia professionale*, Roma, 1991.

Sacco F., *Il problema della documentazione grafica dei restauri*, in "Materiali e strutture. Problemi di conservazione", III, 1993, pp. 25-33.

Sambrin M., Marcato L., *Percezione e Architettura*, Cortina, 1999.

Scaramella L., Shephard E.J. (a cura di), *Fotografia e beni culturali*, Firenze, 1996.

Tilmann U., *Architectural Photograpy. Creative large format*, Sinar Edition, 1993.

Zannier I., *Architettura e fotografia*, Laterza, 1991.

Zannier I., *Storia e tecnica della fotografia*, Laterza, 1988.

RILEVO FOTOGRAFICO			
REGISTRO DI CAMPAGNA DELLE PRESE DEGLI INTERNI			
LAVORO		DATA	STRUMENTO
OBIETTO	LUCE	DESCRIZIONE OGGETTO	
NUMERO FOTOGRAFIA			
NUMERO PRESA			
DISTANZA DI PRESA			
QUOTA DI PRESA			
COBERTURA DI CAMPO			
DIAPHRAGMA			
TEMPO DI ESPOSIZIONE			
DISTANZA FOCALE			
NOTE			

Figura 1 • Esempio di scheda prestampata per le annotazioni della campagna fotografica. (SAT)



Figura 2 • Presa eseguita in luce radente (solare) del particolare di una muratura. Si osservino gli effetti di esaltazione delle rugosità di superficie e la gamma dei colori. (SAT)



Figura 3 • La stessa muratura fotografata in un tratto in ombra, vicino a quella della fig. 2 e a distanza di qualche minuto. Oltre a un'attenuazione delle ombre, si può osservare una resa cromatica molto diversa, anche se le due immagini sono state eseguite con una camera digitale. (SAT)

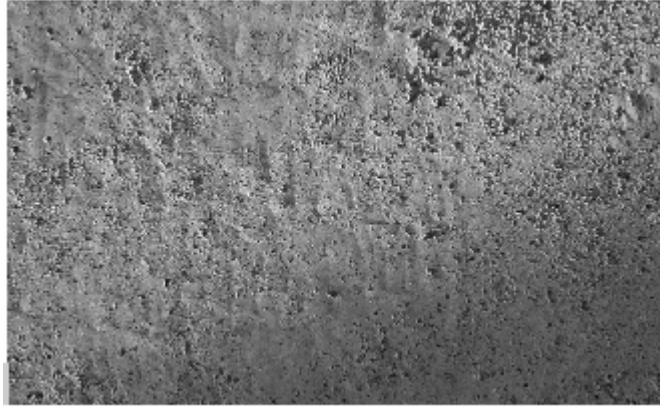


Figura 4 • Presa analogica a quella della fig. 2, ma su una superficie intonacata. Le ombre create dalla luce radente (solare) evidenziano le leggere ondulazioni della superficie apparentemente liscia. (SAT)

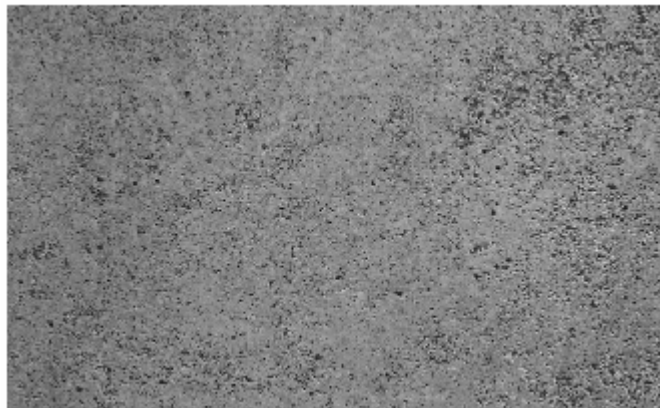


Figura 5 • Il medesimo tratto di superficie ripreso, sempre con camera digitale, quando è in ombra. Come nel caso della fig. 3, si determina un cambiamento della gamma cromatica. (SAT)



Figura 6 • Il dettaglio di una superficie affrescata, fotografata in luce radente artificiale. (SAT)

## DOC 02 RILIEVI E MISURAZIONI IN CORSO D'OPERA

### Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Il rilievo architettonico serve, in generale, a determinare lo svolgimento geometrico delle costruzioni nello spazio e costituisce una parte fondamentale dell'insieme delle metodiche analitiche dell'architettura. Esso permette di analizzare le forme e le dimensioni del costruito, sia pure per quantità discrete e ci fornisce, degli oggetti, informazioni lineari, angolari, di superficie e di volume. Ma alcune tecniche recenti ampliano il quadro informativo proprio dei rilievi tradizionali, perché consentono di aggiungere dati di tipo cromatico di rilevante utilità investigativa, oppure di descrivere le superfici degli oggetti con nuvole di punti molto dense, che offrono inedite possibilità di elaborazione e di studio.

C'è da aggiungere che queste particolari e ricercate metodiche di definizione geometrica sono spesso più rapide e più precise dei vecchi sistemi di misurazione e permettono di catturare superfici e forme di grande complessità e di difficile accessibilità.

Se per un verso i rilievi appartengono alla fase iniziale del progetto di restauro, per un altro il cantiere offre occasioni di accesso e possibilità di esplorazione che non sono concesse agli operatori durante le campagne di studio preliminare, quando si determinano, spesso, condizioni di inaccessibilità o di rischio. Inoltre, le operazioni di cantiere comprendono, non di rado, lavori di liberazione, di smontaggio, di scavo o altro ancora, che mettono in luce situazioni imprevedibili e offrono un'integrazione delle informazioni disponibili, oppure un'occasione per registrare e archiviare dati destinati a scomparire a causa delle modificazioni prodotte dagli interventi. Infine, rientrano nell'ambito del rilievo quelle misure particolari che puntano a controllare puntualmente determinate situazioni geometriche in evoluzione, come le deviazioni orizzontali e verticali di muri e solai, le rototraslazioni di travi e conci, le flessioni, le deformazioni murarie, i quadri fessurativi ecc.

### CAMPI DI APPLICAZIONE

Le diverse tecniche di rilievo, tenuto conto delle specifiche caratteristiche operative che le contraddistinguono, si applicano, nel corso del cantiere di restauro, nelle seguenti circostanze:

- durante i lavori di rimozione o di demolizione di infissi, impianti tecnici, rivestimenti e simili, per registrare le forme messe allo scoperto ed eventualmente le tracce di vecchie soluzioni costruttive;
- nelle campagne di scavo condotte all'interno e all'esterno degli edifici, per acquisire informazioni geometriche sugli strati e sui reperti;
- in occasione di esplorazioni rese possibili dai lavori, come nei sottotetti, nelle intercapedini murarie, nella scoperta di scale murate, di locali interrati o comunque venuti alla luce durante i lavori, e così via;
- nei controlli geometrici puntuali, in occasione di consolidamenti statici o di prove di carico, per controllare deformazioni, deviazioni angolari, variazioni locali o generali del quadro fessurativo ecc.;
- per eseguire misure e controlli di spessori dei muri, solai, volte e altre strutture inaccessibili nella fase dei rilievi preliminari;
- riposizionamento di solai, tetti smontati o ricostruiti;
- tracciamento di nuove geometrie (fondazioni, muri di sostegno, corpi scala ecc.).

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Non è praticabile, in questa sede, una descrizione delle sequenze operative delle diverse tecniche del rilievo, che peraltro dovrebbero essere note, ma è utile richiamarne i principi, le finalità e i risultati cui possono portare, in modo che ciascuna procedura sia adottata correttamente e serva agli scopi documentari che il cantiere pone in essere. Alcune di queste tecniche sono più diffuse e, almeno in apparenza, più semplici; altre presentano gradi di complessità più o meno rilevante, ma sono ugualmente accessibili da parte di operatori esperti nel settore. Inoltre, come già si è accennato, i procedimenti tecnologicamente più avanzati hanno il vantaggio di essere spesso molto più rapidi nell'esecuzione e quasi sempre più economici di quelli elementari e offrono, inoltre, informazioni notevolmente più ricche e precise, prestandosi anche a elaborazioni successive di decisivo interesse per il restauro creando un database consultabile e modificabile a seconda delle diverse esigenze. Di seguito, perciò, si propongono alcune metodiche ritenute più interessanti proprio ai fini del controllo dei lavori di cantiere e della gestione della relativa documentazione.

### *L'impianto topografico delle misure*

Uno degli aspetti peculiari del metodo di rilevamento adottato nei diversi casi è costituito dall'impiego coordinato di un ampio arco di tecniche mensorie, da quelle tradizionali come il rilievo diretto, ad altre di elevato contenuto tecnologico, come la fotogrammetria analitica e digitale, le stazioni totali motorizzate, lo scanner laser tridimensionale. Misurazioni topografiche, rilievi diretti, fotogrammetria terrestre e metodiche topografiche ad alte prestazioni sono qui assunte come procedure il cui contributo specifico concorre alla costruzione del sistema informativo che orienta sia la raccolta dei dati sia le loro elaborazioni.

Alla funzione di collegamento logico e operativo fra i diversi sistemi metrici, le misure topografiche concorrono come ossatura portante di tutta l'operazione di rilevamento, assicurando i necessari concatenamenti fra le diverse fasi tecniche e riconducendo l'eterogeneità potenziale dei dati a un insieme pressoché omogeneo di informazioni, come base per la costruzione di elaborati grafici (in forma vettoriale o raster) e/o numerici.

La complessità geometrica di alcune strutture architettoniche e la diversità dei metodi di rilevamento, impongono, ovviamente, di dedicare attenzione particolare alla progettazione e al tracciamento di reti e griglie di punti, prefigurandone più tipi, ciascuno con funzioni collegate allo specifico manufatto da rilevare e tutti correlati in modo da assicurare omogeneità e confrontabilità dei dati. Per chiarezza, è utile descrivere schematicamente ciascun sistema di misure di volta in volta utilizzabile e lo scopo specifico cui sono destinati.

a) *Rete di inquadramento generale.* È una poligonale chiusa o aperta, i cui vertici sono materializzati con segnali costituiti da bulloni, chiodi o semplicemente cartoncini provvisti di una mira disegnata. La funzione di questa rete è di fungere da supporto geometrico generale (quando è necessario) per "irrigidire" l'intero sistema delle misure (fig. 1).

b) *Reti di raffittimento.* Ancorate ai vertici della rete principale, le reti secondarie realizzano un insieme correlato di vertici la cui densità e distribuzione interessa le superfici visibili del manufatto, in corrispondenza di segnali naturali ben distinguibili (chiodi, minuscoli dettagli ornamentali e simili) o artificiali (mire in cartoncino, chiodi o altro), estendendo la possibilità di misura a un grande numero di punti. Lo scopo di queste poligonali è di determinare le geometrie complessive del manufatto misurandone, tra l'altro, punti lontani o inaccessibili; a tale funzione si aggiunge quella di collegare e ancorare le prese fotogrammetriche terrestri e i rilievi diretti alla rete di inquadramento generale.

c) *Basi topografiche.* La complessa articolazione volumetrica di alcuni manufatti costituisce una limitazione, in molti casi insuperabile, per l'uso generalizzato delle reti di raffittimento alle misure di dettaglio, soprattutto nei casi in cui queste si devono intensificare per fornire gli appoggi metrici alle prese fotogrammetriche e al rilievo dei dettagli architettonici. Alla soluzione di tale problema è destinata l'esecuzione di un adeguato numero di basi topografiche, opportunamente ancorate alle poligonali precedenti con il canonico metodo delle intersezioni.

d) *Reti di irraggiamento*. La fase più periferica del rilievo topografico è costituita dalle misure di angoli e distanze, eseguite con teodolite e distanziometro, ma non organizzate in forma di poligonazione o triangolazione. Il sistema è paragonabile a una stella di segmenti che ha il centro su un vertice di rete, generale o di raffittimento, e gli estremi su punti di collimazione scelti sulle superfici dell'oggetto da rilevare. Il risultato è una distribuzione di punti, atti a descrivere l'andamento generale di spigoli e superfici e ad ancorare le eventuali prese fotogrammetriche o le misure dirette. Tutte le reti (generali, secondarie, ausiliarie, basi topografiche) si eseguono normalmente con "stazioni totali", costituite da un teodolite integrato da un distanziometro a luce infrarossa modulare o a luce laser. In genere, è richiesta la presenza di un prisma, di un segnale riflettente sui punti da collimare, o con i distanziometri a luce laser senza dispositivo di riflessione. Tra le stazioni topografiche in uso, alcune, di recente concezione, sono dotate di un apparato motore che consente il puntamento automatico del teodolite secondo variazioni angolari programmate da un minicomputer. In pratica, l'apparecchiatura è costituita da un teodolite integrato da un distanziometro a luce laser che misura angoli e distanze ruotando sul piano orizzontale e su quello verticale con intervalli angolari predefiniti. Il distanziometro misura le distanze per riflessione del raggio laser sulle superfici rilevate e non richiede, perciò, prismi o altri dispositivi riflettenti, sino a una distanza teorica di ottanta metri. Grazie alle sue doti ottiche, meccaniche ed elettroniche, lo strumento può essere messo in stazione nei pressi dell'oggetto da rilevare e, dopo opportuna programmazione, inizia l'esplorazione di tutte le superfici comprese entro un angolo solido e con intervalli angolari predefiniti dall'operatore. I tempi operativi sono ormai diventati brevi, visto che ormai tali strumenti arrivano fino ad una velocità di rotazione di  $180^\circ/\text{sec}$ . Dopo le misurazioni, il computer incorporato nello strumento fornisce le coordinate spaziali dei punti rilevati, consentendo la costruzione di modelli più o meno complessi. Un esito applicativo di questo metodo è esemplificato nella [fig. 2](#).

#### *Livellazione: controlli e monitoraggi*

Da sempre la verifica delle quote costituisce in cantiere il momento di definizione delle scelte progettuali e di un ulteriore affinamento della conoscenza.

L'evoluzione delle strumentazioni permette una verifica in tempo reale di dissesti, piani di posa ecc. anche a distanza. Dai livelli laser ai livelli digitali di precisione che permettono di effettuare misurazioni programmate inviandole via modem a una stazione di controllo.

#### *Fotogrammetria e modelli tridimensionali*

I modelli ottici sono costituiti da immagini tridimensionali degli oggetti, ottenute, in genere, mediante una coppia di fotografie (stereogrammi) legate reciprocamente da precise relazioni geometriche. Tali modelli trovano largo impiego soprattutto in fotogrammetria. Il dato informativo essenziale prodotto dal rilievo fotogrammetrico è costituito, come è noto, da un certo numero di coppie di fotografie eseguite sull'oggetto da rilevare, in condizioni di orientamento spaziale idonee alla costruzione di altrettanti modelli ottici tridimensionali.

Il contenuto in immagine di tali coppie dà l'opportunità di esplorare il modello, in laboratorio, nel *continuum* del suo svolgimento, consentendo di selezionare le misure che sono ritenute più significative per un certo scopo di studio. In questa peculiare caratteristica del rilievo fotogrammetrico sta una differenza sostanziale con le altre metodiche mensorie che presuppongono, invece, la scelta a priori delle grandezze da misurare e, di conseguenza, implicano problemi di progettazione che minimizzino il rischio di misurazioni superflue, lacunose, erronee o scarsamente significative. Per ciò che concerne l'utilizzazione, occorre tenere presente che l'impiego dei fotogrammi per le restituzioni grafiche costituisce solo un aspetto particolare, e non sempre il più significativo, del complesso di operazioni cognitive che essi possono innescare.

I singoli fotogrammi, infatti, per gli speciali elementi di orientamento che li caratterizzano e l'elevata qualità dell'immagine, possono essere sottoposti a operazioni di raddrizzamento, semplice, mosaicato o differenziale, che danno luogo a riproduzioni fotografiche prive di ogni deformazione prospettica e perciò analizzabili, secondo precise scale di riduzione, in tutto il loro contenuto qualitativo e metrico. In molti casi i raddrizzamenti sostituiscono con vantaggio i grafici canonici, perché presentano la stessa precisione di questi e, in più, mostrano la continuità dell'immagine senza le selezioni grafiche richieste invece dalla versione vettoriale del disegno.

L'arco del portale di ingresso alla pieve di S. Lorenzo a Minucciano (Lucca) mostra, appunto, un esempio di raddrizzamento semplice (fig. 3).

Altra possibilità d'impiego dello stereogramma è quello di restituzioni che rinunciano parzialmente o totalmente al segno grafico, per affidarsi più o meno estesamente all'espressione numerica delle misure. In questo caso, la posizione dei vari punti che configurano in modo significativo il manufatto rilevato è indicata da numeri corrispondenti alle tre coordinate cartesiane in un sistema di assi predeterminato. Le informazioni di rilevamento sono condotte, così, a serie di triadi numeriche che aprono, tramite il calcolo, grandi possibilità di interpretazione e di indagine, senza il ricorso al richiamo dell'immagine grafica.

La serie di figure che seguono si riferisce, appunto, alla successione di elaborazioni possibili (fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7, fig. 8).

È inoltre possibile ottenere, mediante l'utilizzo di una camera fotografica digitale, nuvole di punti, mediante un'analisi multifocale dell'immagine, a partire dalle quali produrre modelli tridimensionali del manufatto; ideale anche per l'analisi del quadro fessurativo e della foto-interpretazione dettagliata. Opportuni software poi consentono la restituzione CAD, la produzione di ortofoto su nuvole di punti, l'edit di superfici, la generazione di ortomosaici, la gestione e l'unione di modelli 3D, l'orientamento e il disegno su immagini.

### *Modelli complessi*

Le procedure descritte rientrano nei modi canonici del rilievo topografico e/o fotogrammetrico e offrono risultati di buona qualità anche sotto il profilo delle precisioni, ma hanno lo svantaggio di richiedere tempi lunghi d'esecuzione e ciò ne limita le applicazioni a un numero di punti spesso troppo esiguo rispetto alle necessità di una ricerca approfondita. Sono, ad ogni modo, metodiche indubbiamente utili se considerate come integrative di altre tecniche, soprattutto della fotogrammetria.

Il rilievo di parti complesse del costruito, però, come ad esempio di volte e cupole, richiede spesso un elevato numero di informazioni, vale a dire un sistema descrittivo che consente l'analisi dei manufatti in ogni loro componente geometrica, specie per i dettagli delle curvature, dei conci di costruzione e delle deformazioni generali e locali. Inoltre, è ampiamente noto che la fotogrammetria classica (analitica) e quella digitale offrono possibilità praticamente illimitate di esplorazione dei modelli ottici e, di conseguenza, delle superfici rilevate, ma sono esposte alle soggettività dell'operatore che esegue le restituzioni. Tale metodica, infatti, comporta che la determinazione metrica dei punti e delle linee passi attraverso la capacità di collimazione spaziale che ciascun operatore mette in giuoco, anche attraverso la sua "sensibilità" stereoscopica, per dedurre le coordinate dei punti dal modello.

Per tale ragione, per il rilievo di alcune strutture complesse si possono adottare apparecchiature che appartengono alla famiglia degli strumenti topografici ma ne rappresentano un'evoluzione avanzata.

È il caso dello scanner laser tridimensionale, che consente di esplorare le superfici attorno allo strumento fino a distanze superiori ai mille metri, con una scansione molto fitta di punti, la cui posizione è espressa in coordinate polari o cartesiane.

In precedenza nel rilievo venivano rilevate certe sessioni e la conoscenza era limitata a zone. Ora è possibile ottenere una visione tridimensionale e generare profili di vaste aree in qualsiasi posizione. Il laser scanner terrestre può essere considerato come una stazione totale motorizzata ad elevata automazione, in grado di acquisire milioni di punti in pochi minuti. Il principio su cui si basa tale tecnologia è la proiezione di un raggio laser (o di un pattern) su un oggetto e l'analisi del segnale di ritorno. In alcuni modelli la distanza tra trasmettitore laser e oggetto si determina attraverso il tempo che impiega il segnale emesso a ritornare allo strumento (tempo di volo). In altri viene calcolata confrontando la fase del segnale emesso rispetto a quello ricevuto. Altre tipologie di laser scanner si basano invece sul principio della triangolazione del segnale. Al calcolo della distanza secondo le modalità suddette è associata anche una misurazione angolare di precisione data dalla rotazione di specchi attorno agli x e z (l'asse y è associato alla distanza e la z è la verticale). La rotazione dello specchio, in funzione della risoluzione angolare impostata dall'operatore per la scansione, crea la spaziatura tra i differenti punti rilevati e genera la nuvola di punti. Lo scanner laser acquisisce due tipi di informazione: la posizione nello spazio del punto

rilevato (punti 3D) e un valore di riflettanza, perciò la risposta in intensità dell'oggetto colpito dal raggio laser. La possibilità di applicare con un processo fotogrammetrico altre immagini 2D sulla geometria 3D rilevata con scanner laser permette di aumentare notevolmente il contenuto informativo del rilevamento (individuazione dei dettagli architettonici, analisi su superfici pittoriche, analisi e quantificazione di lesioni superficiali). Permette inoltre di combinare tra loro informazioni spettrali (visibile, infrarosso, infrarosso termico) posizionandole correttamente nello spazio e permette di estrarre viste ortografiche 2D semplificate dal modello 3D (fig. 9).

Il campo di esplorazione può variare a seconda degli strumenti dai 360° sul piano orizzontale ai 320° su quello verticale: in pratica, lo spazio sferico. La scansione, svolta in un tempo compreso tra una decina di minuti e un'ora circa secondo la densità della maglia e le precisioni richieste (fig. 10, fig. 11), genera una nuvola di circa due milioni di punti, la cui posizione è determinata con un errore di  $\pm 2$  mm, entro i 50 m, e sale sino a  $\pm 3,0$  mm, per distanze superiori.

Applicata al rilievo di un manufatto a geometria complessa, come una cupola o una volta, questa strumentazione fornisce una descrizione di grande dettaglio e precisione delle sue superfici (fig. 12).

Poiché da ciascun punto di stazione non sempre è possibile esplorare tutte le superfici, in quanto alcune parti possono essere "in ombra" rispetto al raggio laser, è necessario eseguire due o più scansioni, realizzando diversi modelli reciprocamente concatenati e georeferenziati rispetto ad un sistema di riferimento esterno mediante i vertici di una delle poligonali cui si è accennato, con target posizionati sui vertici della poligonale (che sono all'interno o prossimi all'area di scansione) e con target opportunamente collocati in modo da poter roto-traslare ciascuna scansione in un unico sistema di riferimento mediante i vertici di una delle poligonali cui si è accennato.

Come si vede dalla figura precedente, la densità dei punti rilevati crea l'illusione di una superficie pressoché continua, anche se ovviamente è ben discontinua. Questo particolare sistema si presta bene per concatenare una serie di modelli eseguiti da diversi punti di stazione. L'operazione è necessaria non soltanto per risolvere il problema già menzionato dei coni d'ombra, ma anche per rilevare strutture composte, ad esempio, da due o più volte affiancate, come nel caso della chiesa dell'Angelo Raffaele a Venezia, dove è stato eseguito il rilievo di tre volte disposte in successione e separate da due costoloni ad arco (fig. 13).

Nel caso di una volta o di una cupola, ogni scansione o serie di scansioni fornisce, necessariamente, la descrizione delle superfici visibili dai diversi punti di stazione e una sorta di immagine epidermica degli intradossi, senza nulla dire sugli spessori delle vele e sul loro andamento estradossale. È evidente, invece, che un'analisi di queste strutture è possibile o, quanto meno, è straordinariamente arricchita ove se ne abbia una conoscenza stereometrica, vale a dire un modello tridimensionale o solido.

Le scansioni vanno estese, perciò, alle superfici estradossali e collegate a quelle intradossali per ottenerne un modello completo, tridimensionale. In tal caso, naturalmente, la funzione delle reti topografiche è fondamentale, perché dalla loro concezione e precisione dipende la corretta posizione reciproca del modello intradossale e di quello estradossale.

Dal concatenamento tra i modelli discende la possibilità di conoscere lo spessore della volta in ogni sua parte. Ciò vale naturalmente per qualunque altra componente strutturale degli edifici (solai, muri, vani non comunicanti, locali sotterranei ecc.).

Le due figure che seguono mostrano, rispettivamente, il modello estradossale della cupola della cappella Emiliani e l'unione con quello intradossale (fig. 14, fig. 15).

Una volta ottenuto il modello completo della struttura, si può procedere alle successive elaborazioni, giacché l'insieme dei punti che concorrono alla descrizione delle superfici non è ancora adatto a essere esaminato ed elaborato nella sua organizzazione geometrica. Ciò vuol dire, tra l'altro, che non si può operare sulle nuvole di punti per ottenere sezioni grafiche, per calcolare aree, per misurare raggi di curvatura ecc., con l'immediatezza concessa dalle consuete rappresentazioni vettoriali. In sostanza, il complesso dei punti costituisce la base metrica (in un certo modo, astratta) di partenza, ma per gestire agevolmente il modello sarà necessario, in primo luogo, "adagiarvi" una superficie che imita quella reale e che a essa corrisponderà fedelmente perché governata dai numerosi punti che ne riproducono la forma e le dimensioni.

I nuovi passi del processo di modellizzazione sono descritti nella serie di immagini che seguono e che si riferiscono sempre alla cappella Emiliani della chiesa di S. Michele in Isola, a Venezia (fig. 16).



Nella [fig. 16](#), il modello è stato ottenuto adagiando una superficie sul DTM (*Digital Terrain Model*), in modo da farle seguire fedelmente la trama dei triangoli ottenuti congiungendo tutti i punti della scansione (mesh).

La duplice texture neutra mette in evidenza l'andamento delle superfici dell'estradosso (aree di grigio più scuro), ma lascia intravedere, durante la fase di elaborazione, anche tratti dell'intradosso (aree di grigio più chiaro) e gli spessori del guscio di copertura. Da osservare che la superficie esterna appare lacunosa a causa dei coni d'ombra generati dagli ostacoli che hanno impedito il passaggio del raggio di scansione. La lacuna della superficie intradossale, invece, è provvisoria, in quanto l'immagine si riferisce a uno stadio intermedio della costruzione del modello. Al contrario, le protuberanze, gli avvallamenti e le pieghe dell'intradosso corrispondono effettivamente alle variazioni altimetriche locali della superficie muraria interna. Va anche chiarito che l'esterno della cupola si è prestato al rilevamento grazie alla parziale praticabilità delle aree circostanti, sui tetti della chiesa ([fig. 17](#)).

Nella [fig. 17](#) il modello è osservato dal basso, durante la fase di montaggio. La sua incompletezza ci fornisce una sorta di sezione in corrispondenza di due costoloni e lascia intravedere una terza nervatura, oltre allo spessore complessivo del guscio di copertura, alla guglia di coronamento e al grande monaco pensile in pietra, al quale è agganciata una controvolta. Questo modello evidenzia, tra l'altro, che tutto il rilievo è stato eseguito con tre diverse serie di stazionamenti dello scanner laser: una alla quota del pavimento della chiesa, per i punti intradossali della controvolta; una seconda nell'intercapedine (accessibile) tra le due volte, per i punti di estradosso della controvolta e per quelli di intradosso della volta vera e propria; una terza serie dal tetto, per l'estradosso della volta. Si possono osservare, perciò, le diverse qualità delle superfici, vale a dire quelle lisce e intonacate del voltino interno, le deformazioni della superficie di intradosso e i filari dei conci della volta esterna. Compaiono anche in questo caso, come nell'immagine precedente, diverse lacune e alcuni "rumori" causati dalle informazioni estranee agli scopi descrittivi del rilievo.

È evidente che, completato il modello solido, si potranno eseguire tutte le sezioni utili ai diversi interessi di studio e di calcolo, eventualmente smembrando il tutto e ricavandone parti funzionali a particolari indagini ([fig. 16](#)).

Le elaborazioni del modello possono essere spinte ben oltre, poiché le superfici che lo delimitano possiedono caratteristiche geometriche del tutto simili a quelle dell'oggetto reale e perciò si prestano a essere sottoposte alle misurazioni e ai calcoli di vario tipo, come le curvature, i livelli, i piombi, le anomalie di forma e quant'altro. Inoltre, alle superfici del modello possono essere attribuite informazioni concernenti la qualità dei materiali, le colorazioni, gli ornamenti dipinti e scolpiti o, eventualmente, i fenomeni di degradazione che le investono. Ciò comporta un lavoro d'integrazione con le tecniche della fotogrammetria digitale, che consentono di "incollare" alle superfici del modello tridimensionale gli attributi cromatici tipici delle immagini fotografiche. Il problema sta semplicemente nel trovare, per via fotogrammetrica, un procedimento che associ alla tridimensionalità del modello geometrico di base quella dell'immagine trattata fotogrammetricamente. In pratica, a quella neutra del modello geometrico occorre aggiungere una texture fotografica che ne rivesta le superfici.

Le immagini che seguono danno un esempio di tale procedimento, adottato sperimentalmente per una volta della pieve di S. Pietro di Feletto, presso Conegliano Veneto ([fig. 18](#), [fig. 19](#), [fig. 20](#), [fig. 21](#), [fig. 22](#)), per una statua romana a Concordia Sagittaria ([fig. 23](#), [fig. 24](#), [fig. 25](#), [fig. 26](#)) e nella volta della Basilica Superiore di Assisi ([fig. 27](#)).

### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

L'impiego di immagini digitali metriche, ottenute con raddrizzamenti semplici o mosaicati o l'uso di modelli tridimensionali aprono ampie possibilità di elaborazione anche nei procedimenti di simulazione (v. [DOC06 - Simulazione degli interventi di restauro](#)), consentendo verifiche e controlli in corso d'opera che integrano efficacemente altre forme di documentazione (v. [DOC01 - Documentazione fotografica dei lavori](#); [DOC04 - Prelievi, analisi e monitoraggi nel corso dei lavori](#)). Da considerare che i rilievi eseguiti con scanner laser tridimensionale sono di grande rapidità (a titolo indicativo, da un punto di stazione possono essere rilevati circa tre milioni di punti in pochi minuti), almeno per quanto attiene alle operazioni di campagna. Inoltre, l'apparecchiatura ha un

ingombro che ne consente l'impiego anche in spazi angusti, e il sistema ottico di cui è dotata le consente la messa a fuoco di oggetti a distanza compresa tra i 30 cm e l'infinito. Questa metodica è pertanto indicata per il rilievo di sottotetti, di pozzi, di vani sottoscala o di cavità interparietali o sotterranee che sfuggono al rilevamento con i mezzi consueti.

#### **ESPERIENZE**

L'uso di rilievi durante lo svolgimento dei cantieri è molto diffuso, anche se non se ne dà conto nella letteratura tecnica del restauro o nei rapporti scientifici come di una prassi strettamente legata alla corretta conduzione dei lavori. Gli esempi di cui si ha notizia certa riguardano il restauro di villa Rinaldi presso Asolo, il restauro della cappella Emiliani a S. Michele in Isola a Venezia, il canale interrato in campo S. Polo a Venezia e quello del castello di Rapallo.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Fondelli M. 1992; Garelo G. 1999; Massari G. 1996; Torsello A. 2001.  
(TOA)

Bezoari G., Monti C., Selvini A., *La fotogrammetria per l'architettura*, Napoli, 1992.

Crosilla F., Galetto R. (a cura di), *La tecnica del laser scanning. Teoria ed applicazioni*, Udine, 2003.

Kraus K., *Fotogrammetria. Teoria e applicazioni*, Torino, 1994.

Riccardo Migliari *Frontiere del rilievo: dalla matita alle scansioni 3D*, Edizioni Gangemi, Roma.

Sgrenzaroli M., Vassena G.P.M. (a cura di), *Tecniche di rilevamento generale tramite laser scanner*, Brescia, 2007.

**"GALLERIA KARAMA, TRIPOLI"**  
 RILIEVO CON SISTEMA LASER SCANNER  
 MONOGRAFIE DEI VERTICI DELLA RETE PRINCIPALE



VERTICE DI POLIGONALE

Nome del Punto : A1

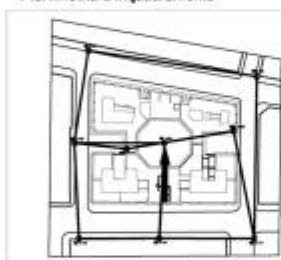
Coordinate

NORD : 0 . 000

EST : 0 . 000

QUOTA : 0 . 000

Planimetria d'inquadramento



Fotografia d'inquadramento

Data Creazione :5 ottobre 2008

Descrizione :

Chiodino infisso nella pavimentazione

Problemi di accessibilità : NESSUNO

Grado di stazionamento : BUONO

Dettaglio



Dettaglio



Figura 1 • Scheda con la monografia dei vertici di una rete topografica (SAT)

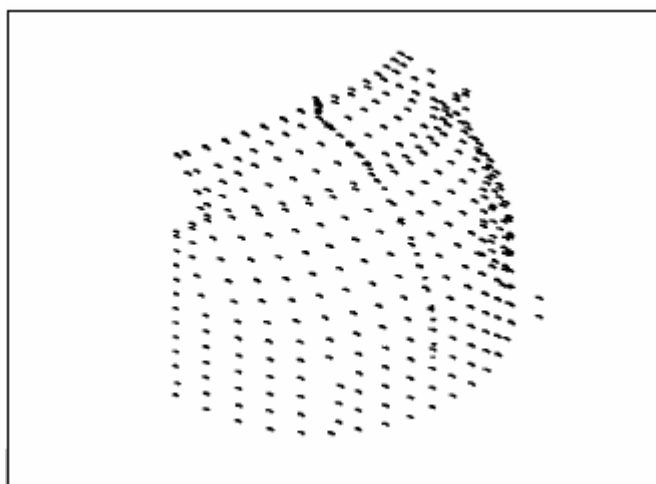


Figura 2 • Volta absidale della pieve di S. Vito a Morsasco (Alessandria). Griglia di punti determinati con stazione integrale motorizzata Leica TPS 1102.



Figura 3 • Pieve di S. Lorenzo, Minucciano (Lucca). A sinistra, fotogramma di presa, contenente le deformazioni prospettiche; a destra, lo stesso fotogramma dopo il raddrizzamento.

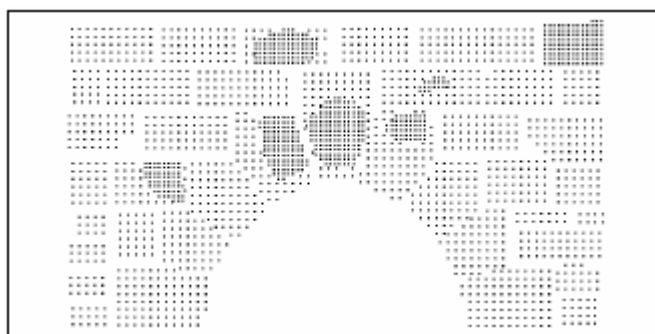


Figura 4 • Pieve di S. Lorenzo, Minucciano (Lucca). Restituzione fotogrammetrica, dell'arco del portale secondo una griglia di punti a maglia rettangolare (mm 50 x50 e mm 30 x30).

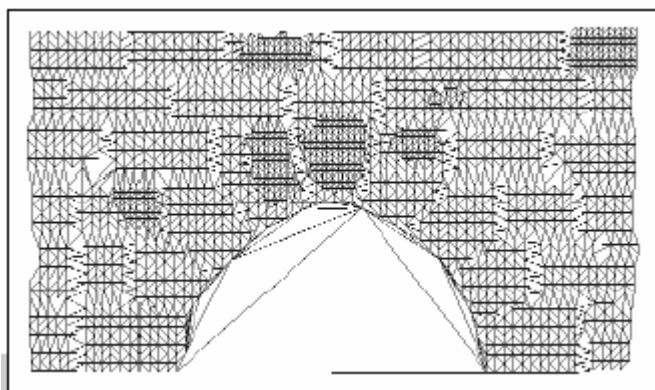


Figura 5 • Pieve di S. Lorenzo, Minucciano (Lucca). Costruzione del DTM, mediante collegamenti triangolari fra i punti.

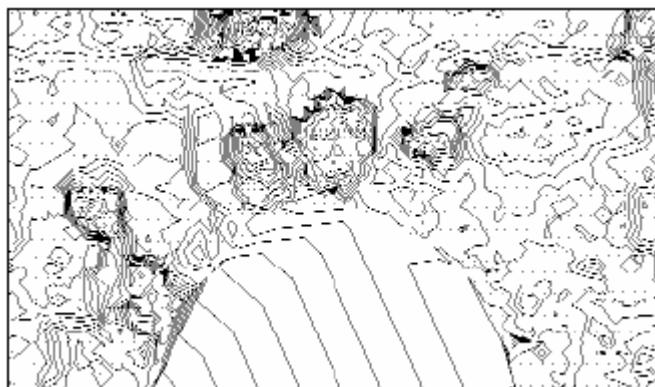


Figura 6 • Pieve di S. Lorenzo, Minucciano (Lucca). Estrazione automatica di curve di livello.

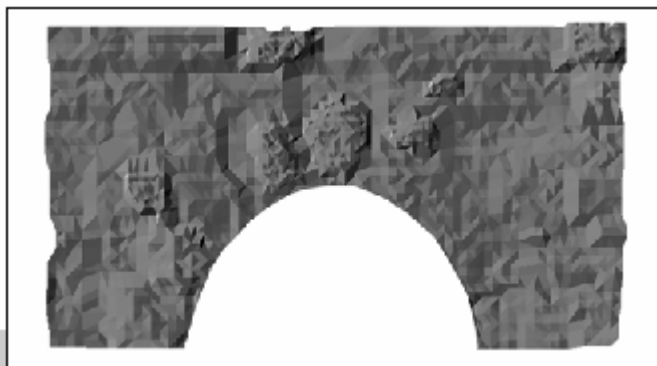


Figura 7 • Pieve di S. Lorenzo, Minucciano (Lucca). Applicazione di texture neutra al DTM.



Figura 8 • Pieve di S. Lorenzo, Minucciano (Lucca). Applicazione di texture fotografica al DTM. Il risultato è un'immagine fotografica metrica e tridimensionale.



Figura 9 • Basilica Superiore di Assisi. Nuvola di punti dal laser scanner con dati RGB: elaborazioni sperimentali per il Ministero per i Beni e le attività culturali in occasione della ricostruzione virtuale della volta della Basilica, 2004. (SAT)

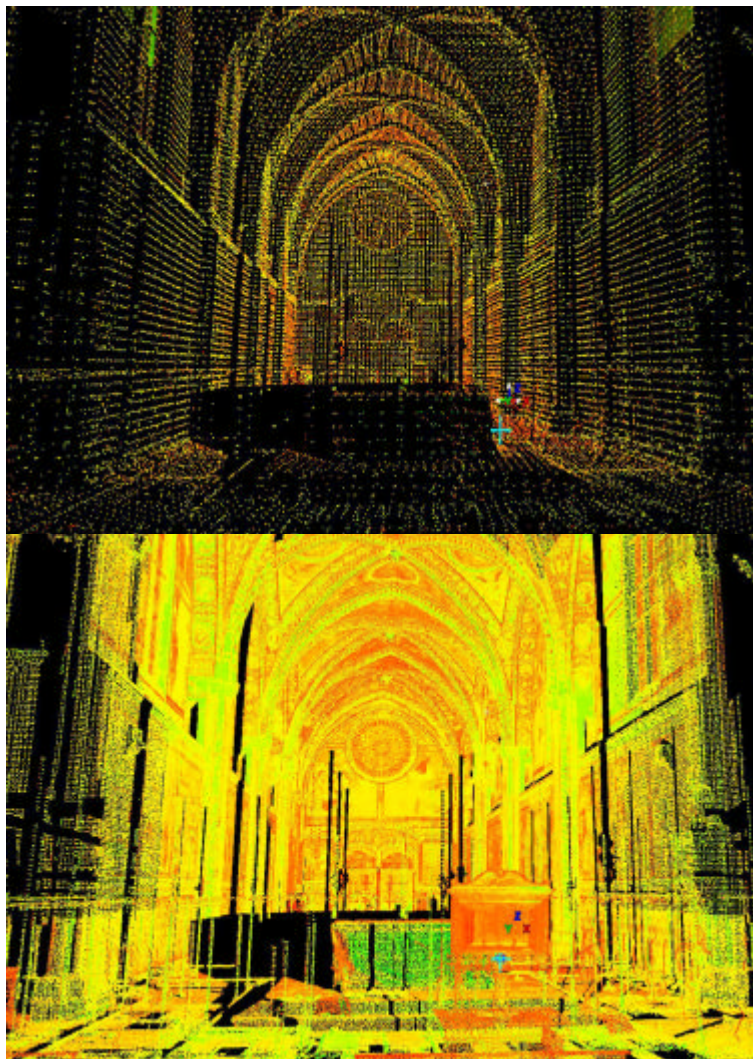


Figura 10 e 11 • Basilica Superiore di Assisi. Nuvola di punti dal laser scanner più o meno densa: elaborazioni sperimentali per il Ministero per i Beni e le attività culturali in occasione della ricostruzione virtuale della volta della Basilica, 2004. (SAT)

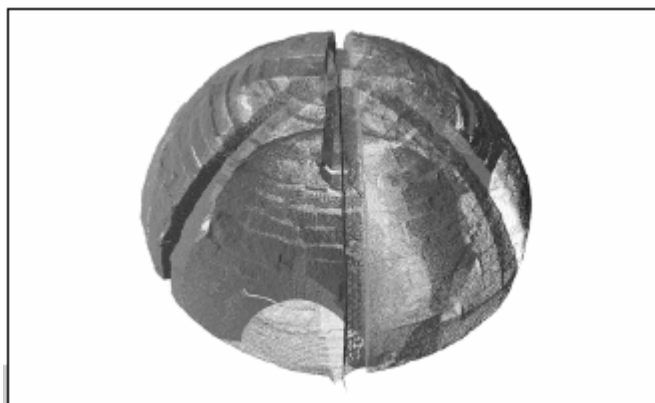


Figura 12 • Cappella Emiliani, chiesa di S. Michele in Isola, Venezia. Intradosso di cupola a costoloni rilevata con *Laser Measuring System "Callidus"* con una nuvola di circa 3.000.000 di punti. Si leggono i corsi dei conci di costruzione. (SAT)

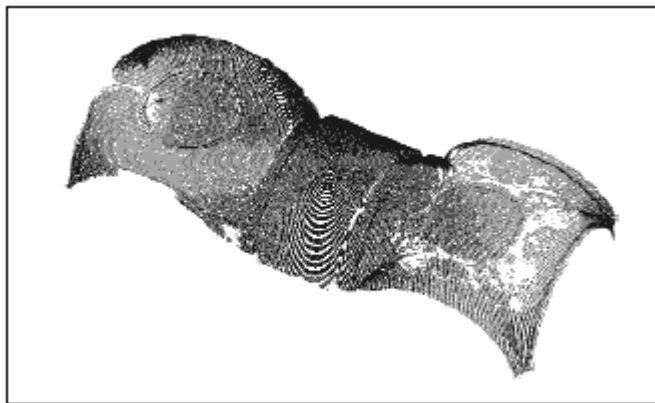


Figura 13 • Serie di tre volte nella chiesa dell'Angelo Raffaele a Venezia. (SAT)

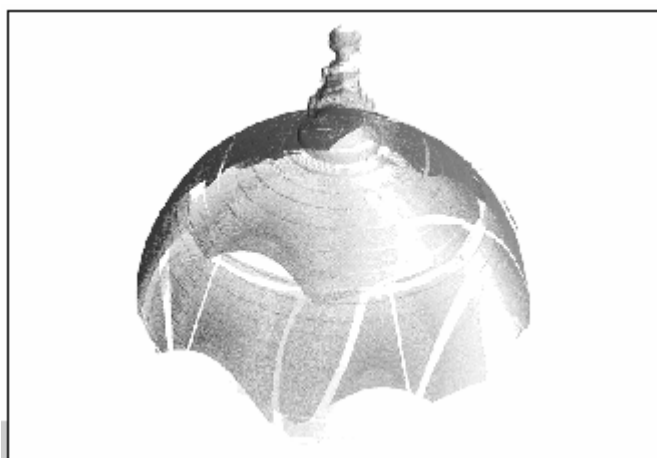


Figura 14 • Cappella Emiliani, chiesa di S. Michele in Isola, Venezia. Estradosso della cupola. (SAT)

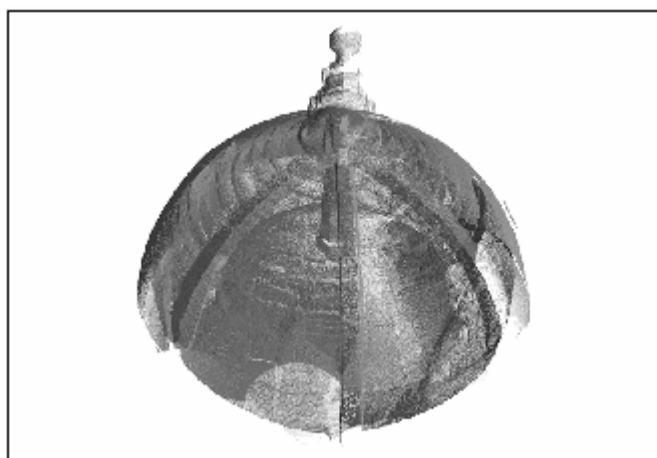


Figura 15 • Cappella Emiliani, chiesa di S. Michele in Isola, Venezia. Intradosso ed estradosso della cupola, montati a formare un modello unico. (SAT)

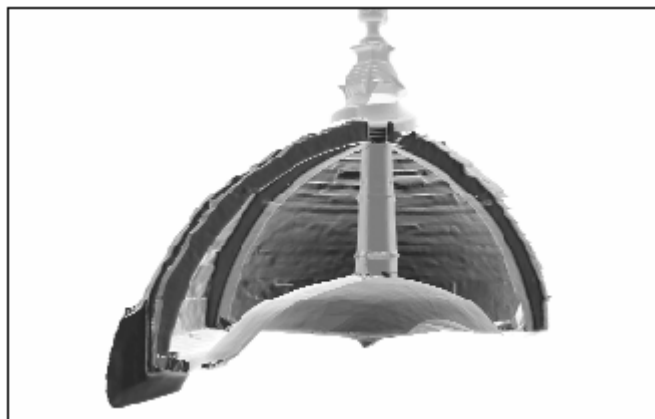


Figura 16 • Cappella Emiliani, chiesa di S. Michele in Isola, Venezia. Modello completo, in fase di montaggio. (SAT)

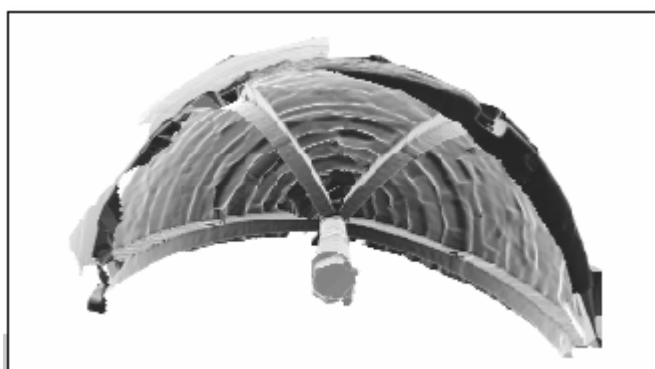


Figura 17 • Cappella Emiliani, chiesa di S. Michele in Isola, Venezia. Vista parziale del modello, liberato dalla controvolta. (SAT)



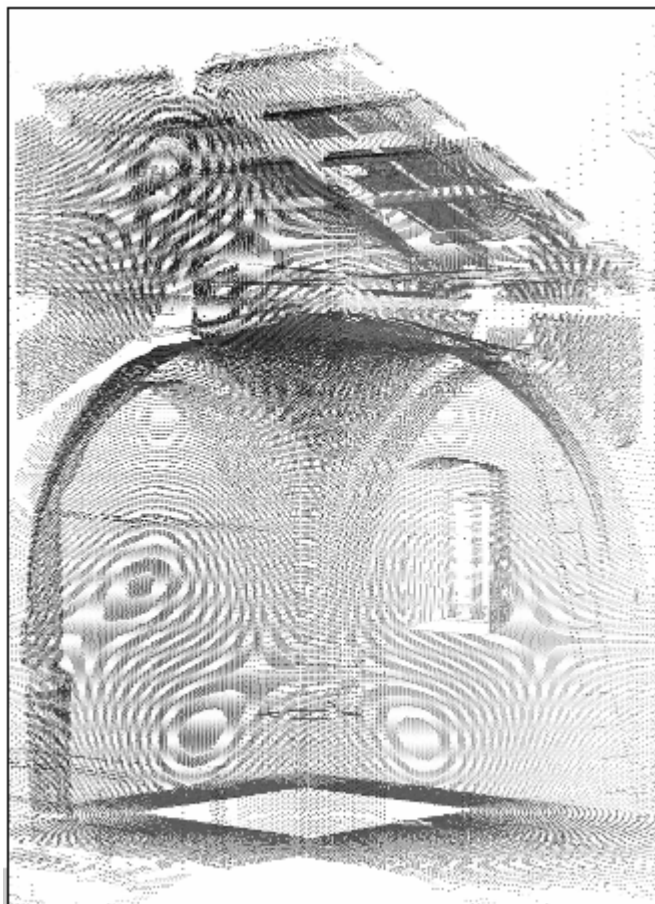


Figura 18 • S. Pietro di Feletto. Rilievo di una stanza voltata con scanner laser. Il modello mostra l'insieme dei punti rilevati dallo scanner dalle diverse stazioni. Ogni stazione dà luogo a una parte del modello; tutte le parti sono concatenate sulla base dei riferimenti offerti dalle reti topografiche. Nell'immagine si possono ancora vedere le parti che saranno successivamente pulite, come la struttura del tetto, la scala a pioli appoggiata al muro e la sagoma di alcuni arredi mobili in primo piano. (SAT)

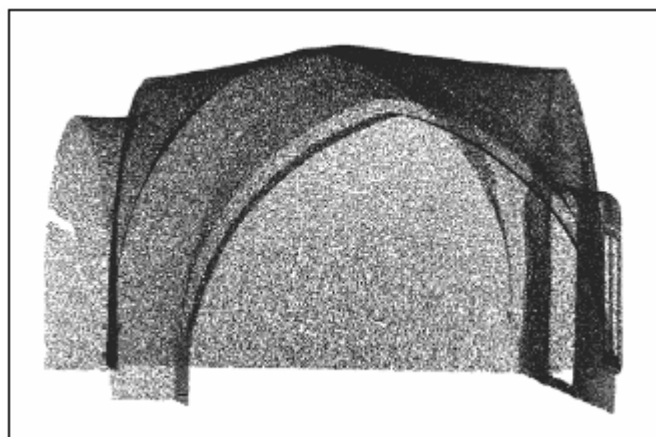


Figura 19 • S. Pietro di Feletto. DTM della zona voltata. (SAT)

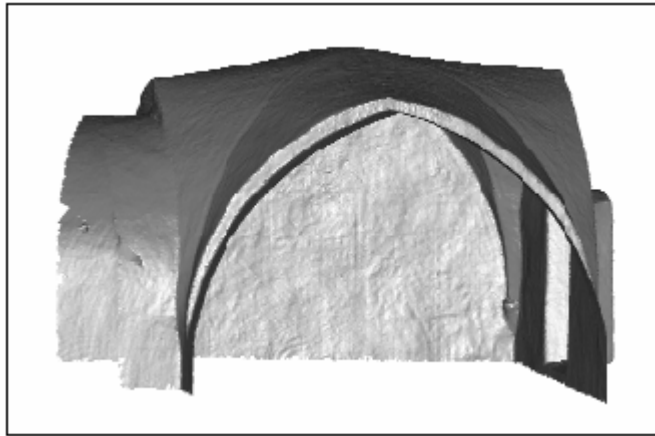


Figura 20 • Texture per evidenziare ondulazioni e irregolarità delle superfici. (SAT)

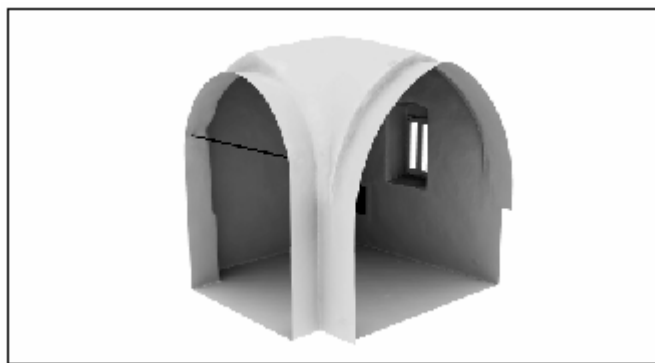


Figura 21 • S. Pietro di Feletto. Modello completo del vano voltato, trattato con una texture neutra e opaca. Oltre alla volta, nelle sue aree estradossali e intradossali, sono presenti i muri perimetrali d'ambito e la pavimentazione, oltre alle componenti accessorie costituite dal vano finestra, da una nicchia e da un tirante metallico. Il modello contiene tutte le informazioni che descrivono le superfici visibili del vano, consentendo di leggerne le misure e gli attributi di configurazione geometrica, comprese le irregolarità create da ondulazioni, deformazioni o alterazioni di forma e dimensione. Non sono ancora visibili, tuttavia, gli attributi cromatici delle parti, anche se la volta e i muri sono interamente decorati ad affresco. (SAT)



Figura 22 • S. Pietro di Feletto. Il modello arricchito con texture fotografica che riproduce le decorazioni murali seguendo l'andamento tridimensionale. (SAT)

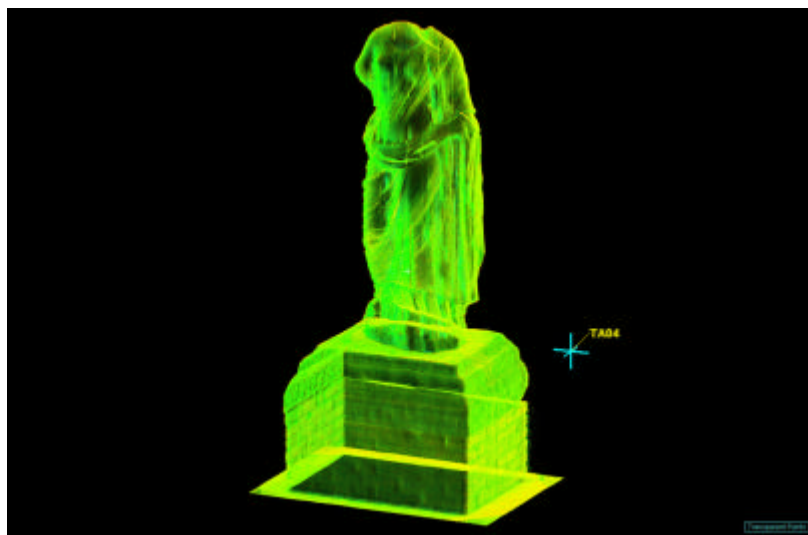


Figura 23 • Statua romana a Concordia Sagittaria, Venezia. Rilievo per Arturo Liguoro - Soluzioni Innovative Sas 2006. Elaborazioni dei dati dello scanner laser. (SAT)  
Nuvola di punti.

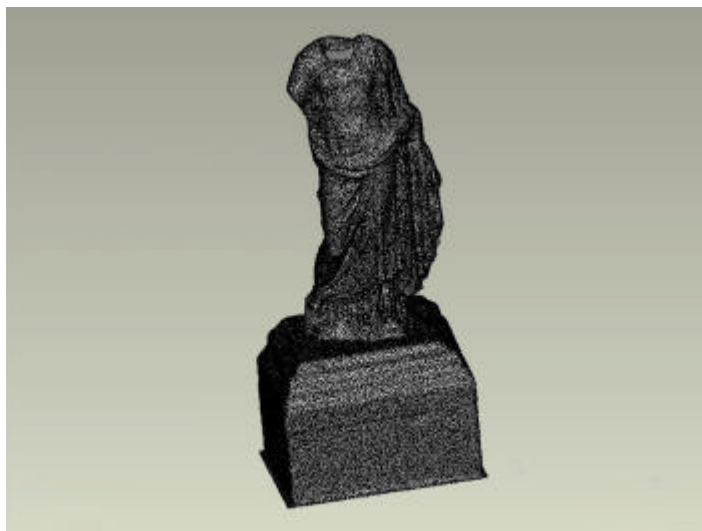


Figura 24 • Statua romana a Concordia Sagittaria, Venezia. Rilievo per Arturo Liguoro - Soluzioni Innovative Sas 2006. Elaborazioni dei dati dello scanner laser. (SAT)  
Nuvola di punti con mesh.



Figura 25 • Statua romana a Concordia Sagittaria, Venezia. Rilievo per Arturo Liguoro - Soluzioni Innovative Sas 2006. Elaborazioni dei dati dello scanner laser. (SAT)  
Mesh.



Figura 26 • Statua romana a Concordia Sagittaria, Venezia. Rilievo per Arturo Liguoro - Soluzioni Innovative Sas 2006. Elaborazioni dei dati dello scanner laser. (SAT) Modello.



Figura 27 • Basilica Superiore di Assisi. Nuvola di punti, mesh e texture fotografica; elaborazioni sperimentali per il Ministero per i Beni e le attività culturali in occasione della ricostruzione virtuale della volta della Basilica, 2004. (SAT)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

L'esecuzione dei restauri, per quanto estesi e dettagliati negli elaborati di progetto, non sono in grado di prevedere tutte le vicende tecniche ed esecutive che si concretizzano nel cantiere, per l'ovvia ragione che la fabbrica, nella sua complessa costituzione materiale e nelle sue numerose vicende conservative, sfugge a qualsiasi tentativo di essere analizzata e compresa nella totalità dei suoi aspetti. L'esecuzione dei lavori comporta, infatti, un rapporto ravvicinato e puntuale con la concretezza dei fenomeni in atto, durante il quale emergono circostanze non sempre prevedibili, anche perché il cantiere mette allo scoperto situazioni mascherate o semplicemente inaccessibili alle analisi preliminari. Le stesse procedure tecniche d'intervento, definite in via preventiva sulla scorta dell'esperienza e della competenza del progettista o sulla base di prove sperimentali, possono rivelare, all'atto esecutivo, aspetti inattesi oppure effetti collaterali insospettati che suggeriscono variazioni più o meno rilevanti del programma di lavoro. In questi casi, l'andamento del cantiere obbliga gli operatori ad aggiornare il progetto, modificandolo o arricchendolo con decisioni suggerite dagli accertamenti e dai problemi che emergono quasi quotidianamente. Ciò comporta che, a lavori conclusi, una certa parte delle azioni previste in sede progettuale ha subito variazioni più o meno sostanziali, vale a dire che il risultato finale non rispecchia interamente le prescrizioni iniziali e si smarrisce la corrispondenza tra il programma e la sua concreta attuazione. Questa perdita corrispondenza tra previsione e realizzazione rischia di provocare esiti di una certa gravità, quanto meno perché il comportamento nel tempo delle opere restaurate, sia nei suoi effetti positivi sia in quelli negativi, non è apprezzabile sulla base delle previsioni e delle prescrizioni tecniche del progetto e non consentono, di conseguenza, una valutazione critica che contribuisca al progressivo perfezionamento delle tecniche di restauro.

Un possibile rimedio a tale inconveniente sarebbe di aggiornare continuamente gli elaborati di progetto, registrando tutte le varianti imposte dalle vicende del cantiere, ma sappiamo quanto questa via sia difficile da praticare, sia perché richiederebbe un lavoro di rielaborazione lungo e costoso, sia perché a volte il direttore dei lavori è figura diversa dal progettista e tale circostanza complica ulteriormente le cose.

La soluzione più praticabile è, allora, quella di documentare adeguatamente la vita e le vicende del cantiere, utilizzando metodiche alternative (v. DOC01 - Documentazione fotografica dei lavori; DOC 2 - Rilievi e misurazioni in corso d'opera; DOC04 - Prelievi, analisi e monitoraggi nel corso dei lavori; DOC05 - Collaudi, prove e controlli in corso d'opera), ma soprattutto adottando procedure largamente impiegate dagli archeologi nei lavori di scavo.

Tale metodo consiste in una registrazione quotidiana dell'andamento dei lavori, tramite annotazioni verbali e schizzi e con gli opportuni collegamenti alle altre forme di documentazione.

In tal modo, se le annotazioni saranno complete e continue, si avrà un vero e proprio diario dei lavori che riproduce pedissequamente la storia del cantiere e fornisce indicazioni sempre disponibili per un riesame critico delle soluzioni adottate e dei risultati conseguiti.

È il caso di ribadire che una corretta ed esauriente documentazione costituisce uno dei mezzi di tutela dell'opera, un modo indiretto ma efficace per assicurarne la conservazione.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

La redazione di un circostanziato diario dei lavori è opportuna e utile in ogni cantiere di restauro, soprattutto se gli elaborati di progetto non sono completi e dettagliati, come non di rado avviene. Ma anche nei casi di progetti esecutivi approfonditi è opportuno documentare il reale svolgimento

dei lavori, per attestare sia la perfetta corrispondenza tra previsioni e realizzazioni sia l'adozione di varianti esecutive o di applicazioni impreviste.

#### **APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

È opportuno che il diario dei lavori sia un documento autonomo rispetto agli altri che fanno parte della gestione amministrativa e contabile del cantiere. Tale diario sarà composto da un fascicolo rilegato di schede predisposte per le annotazioni e gli schizzi, e dovrà essere compilato quotidianamente dal direttore dei lavori o da una persona di sua fiducia che abbia le competenze necessarie e una presenza continua in cantiere. Se un plico di schede non è sufficiente, se ne aggiungono altri numerati progressivamente.

Secondo il tipo e l'entità delle informazioni da registrare, può essere impiegata una scheda costituita da un solo foglio che riassume le annotazioni grafiche e verbali, oppure da più fogli contenenti notizie e descrizioni specifiche per ogni lavoro.

Il contenuto comune a tutte le schede è costituito dalla data di compilazione, dal nome del compilatore, dagli estremi di localizzazione dell'edificio e della parte cui si riferiscono i lavori, dai rimandi ad altri archivi di documentazione (elaborati di progetto, fotografie, prove di laboratorio ecc.).

Ciascuna scheda avrà, poi, contenuti specifici, determinati dalle diverse categorie dei lavori descritti e delle particolari circostanze che si intendono documentare. Il contenuto descrittivo del diario non può essere determinato una volta per tutte, perché cambia di cantiere in cantiere, ma a titolo orientativo si indicano, di seguito, alcuni possibili argomenti da trattare.

— I lavori di scavo nel loro progredire, con descrizione accurata, alle diverse profondità, del procedimento, dei materiali rimossi, degli strati geologici, degli eventuali reperti archeologici e dei ritrovamenti in genere (tubazioni, canali e simili).

— Le rimozioni e le demolizioni di parti murarie, di infissi, di componenti impiantistiche, di strati pavimentali o di rivestimento, di solai e strutture di copertura, di tiranti e staffe metalliche ecc. Oltre alle informazioni raccolte con altre tecniche di documentazione, è necessario verbalizzare accuratamente le procedure seguite e i risultati ottenuti.

— Le prove eseguite sulle aree scelte come campioni, in materia di pulitura, consolidamento, protezione, integrazione, disinfestazione e quant'altro servono a testare le diverse lavorazioni. Tali prove comprenderanno sia i test condotti *in situ* sia quelli svolti fuori opera o presso laboratori specializzati.

— Le varianti tecniche adottate in corso d'opera, con le ragioni che le hanno suggerite, le procedure adottate, le zone di applicazione, i risultati immediati raggiunti.

— I materiali impiegati negli interventi, compresi i prodotti speciali per il restauro con le rispettive schede tecniche, le quantità unitarie e complessive utilizzate, la tecnica di applicazione.

— Le macchine e gli strumenti adoperati per le diverse esecuzioni, dalle apparecchiature complesse (impianti di nebulizzazione, strumenti per laser ecc.) alle più semplici (pennelli, tamponi, bisturi, spazzole ecc.).

— Le condizioni climatiche rilevate al momento degli interventi (temperatura, umidità, illuminazione) e le loro eventuali variazioni indicative ai fini dell'efficacia dei risultati.

— Gli imprevisti operativi, quali smottamenti, cedimenti, crolli, incendi o altri avvenimenti che portano turbamento al normale svolgimento dei lavori.

— Le visite in cantiere di specialisti, consulenti o esperti consultati e i pareri o le indicazioni da questi forniti sugli specifici argomenti.

— Le valutazioni espresse, anche in contraddittorio, dal direttore dei lavori, l'impresa e gli operatori del cantiere, oltre che da soggetti esterni consultati.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Poiché il numero e il tipo delle informazioni utili da verbalizzare è decisamente rilevante, è opportuno che le annotazioni scritte nel diario siano preventivamente stabilite, di volta in volta, in funzione delle specifiche caratteristiche del cantiere, vale a dire tenendo conto del genere di lavori previsti e dei requisiti del manufatto da restaurare. È opportuno, in sostanza, che il contenuto descrittivo dei diari copra in modo esauriente gli aspetti tecnici del cantiere, senza ridondanze inutili ma anche con la dovuta completezza.

Un limite applicativo di questo procedimento è costituito dal tempo che impegna e dalla mancanza di un riconoscimento, anche economico, delle risorse intellettuali richieste. Inoltre, la redazione del diario presuppone la presenza quasi ininterrotta del direttore dei lavori o di un suo assistente; il che comporta altre difficoltà di tipo organizzativo ed economico.

È da segnalare, tuttavia, che il ricorso a resoconti giornalieri è una prassi consueta nei cantieri di scavo degli archeologi e che le opere sottoposte a restauri costituiscono sempre oggetti di riconosciuto interesse culturale, la cui tutela giustifica l'impiego di adeguate risorse intellettuali ed economiche. Va detto, inoltre, che un serio controllo dei risultati raggiunti da un intervento, nel tempo, è in pratica impossibile se non si conoscono con precisione le circostanze e i modi con cui i lavori sono stati eseguiti, né sono possibili contromisure orientate a eliminare o ad attenuare eventuali processi degenerativi o effetti collaterali imprevisi.

#### **ESPERIENZE**

Per le ragioni appena espresse, sono molto rari i cantieri di restauro sostenuti da una documentazione che ne testimoni i modi e i tempi del loro svolgimento. Perfino in ambito archeologico, alle cure descrittive dedicate alle campagne di scavo non sempre ne corrispondono altrettante per i restauri che seguono.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

A parte le norme sulla conduzione dei lavori negli appalti di opere pubbliche, l'argomento non possiede una letteratura specifica. La scheda è stata redatta sulla base di conoscenze ed esperienze dirette dell'autore.

(TOA)



**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Le analisi preliminari, che generalmente precedono il progetto e la programmazione degli interventi, non sono mai complete ed esaustive. Ciò non dipende soltanto dall'impossibilità e dall'inutilità di svolgere *tutte* le indagini, ma anche da alcuni impedimenti che spesso ostacolano le operazioni analitiche, anche quelle indispensabili, oppure rendono inutilizzabili quelle già compiute. Tale circostanza si realizza, principalmente, per le seguenti ragioni:

- numerosi esami sono inattuabili nella fase progettuale del restauro perché riguardano fenomeni e situazioni non accessibili ai rilevatori, perché troppo rischiose o in posizioni irraggiungibili senza impalcature o altri mezzi di avvicinamento;
- i tempi spesso stretti della progettazione non consentono sempre gli affinamenti analitici necessari, e impongono di rinviare taluni accertamenti approfonditi a una fase successiva;
- tra lo svolgimento delle analisi preliminari e l'inizio effettivo dei lavori, spesso intercorre un tempo abbastanza lungo da determinare un cambiamento, talvolta rilevante, del quadro diagnostico sul quale il progetto è impostato, e molte di quelle analisi vanno rifatte e aggiornate durante i lavori;
- le operazioni di cantiere che concretano esecutivamente il progetto comprendono, non di rado, lavori di liberazione, di smontaggio, di scavo ecc., che mettono in luce situazioni imprevedibili e richiedono un riesame parziale del programma.

Tutto ciò comporta l'estensione e il proseguimento del lavoro analitico dopo l'apertura del cantiere e, tra i compiti esecutivi, è compreso quello di un ordinato programma di procedimenti investigativi e diagnostici sui materiali e sui fenomeni di degradazione e di dissesto, che deve fornire un aggiornamento continuo dello stato di fatto.

A ciò si aggiunge, spesso, l'esigenza di eseguire dei veri e propri monitoraggi in corso d'opera, riguardanti, ad esempio, il comportamento di lesioni e deformazioni non stabilizzate, i fenomeni di diffusione dell'umidità e delle specie vegetali infestanti e altro ancora.

Oltretutto, la più recente legislazione italiana in materia di lavori pubblici (D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei Beni culturali e del Paesaggio" e successive modifiche) impone di comprendere, nell'intero processo che conduce dalla programmazione dei restauri alla loro progettazione ed esecuzione, le operazioni di questa natura, anche per la loro incidenza tecnica ed economica sugli esiti degli interventi.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

Le diverse tecniche di analisi e di monitoraggio si applicano, in pratica, nel corso di svolgimento di tutti i cantieri di restauro, specialmente quando ricorrono circostanze che fanno supporre un'incompletezza delle indagini preliminari, una necessità del loro controllo e aggiornamento, oppure se si determinano nel corso dei lavori situazioni impreviste, dovute a demolizioni, rimozioni, scavi o altre opere che mettono in luce materiali e superfici nascoste, inaccessibili o mascherate. Le analisi in corso d'opera vanno eseguite anche se si ritiene utile o necessario avere conferma dello stato della fabbrica per via del tempo intercorso tra le indagini preliminari e l'inizio effettivo dei lavori.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Il numero e la qualità delle analisi variano secondo le caratteristiche dell'intervento e del manufatto oggetto di restauro. In linea generale, il procedimento da adottare è il seguente:

- dopo aver montato le impalcature e i ponti di servizio e prima di iniziare i lavori, è necessario eseguire un sopralluogo sistematico e accurato di tutte le superfici e le parti costruttive osservabili da distanza ravvicinata, procedendo con una prima diagnosi empirica volta a controllare ed eventualmente a estendere le analisi svolte durante la fase progettuale;
- quando le analisi empiriche non sono sufficienti e i fenomeni osservati richiedono accertamenti più sicuri, si eseguiranno prove *in situ* e/o esami di laboratorio opportunamente programmati;
- le prove *in situ* e gli esami di laboratorio devono essere eseguiti rispettando le procedure più corrette e, in particolare, le indicazioni fornite dalle Raccomandazioni Normal in parte confluite nelle norme UNI, comprese quelle per il prelievo dei campioni (Normal 3/80);
- analoghi accertamenti ed esami vanno svolti durante i lavori, in occasione di smontaggi, demolizioni, rimozioni e, in genere, in tutte le fasi del cantiere che determinano la messa in luce di situazioni costruttive, materiali e di degrado che prima erano mascherate o inaccessibili alle analisi. Lo stesso vale per le aree sottoposte a scavo, soprattutto perché l'eventuale presenza di strati archeologici impone rilievi e accertamenti analitici che non erano possibili durante l'elaborazione del progetto;
- in presenza di fenomeni evolutivi riguardanti, ad esempio, i quadri fessurativi, i livelli d'imbibizione dei muri umidi, le variazioni vegetative di piante e microflora, i cicli vitali di insetti e parassiti ecc., occorrerà predisporre un programma di osservazioni atto a monitorare i cambiamenti in senso qualitativo e quantitativo, per tutta la durata del cantiere;
- i risultati dei sopralluoghi, delle prove e delle analisi di laboratorio vanno raccolti ordinatamente in un archivio (da conservare) e annotati sul diario di cantiere (v. DOC03 - Resoconti, annotazioni, diario dei lavori). Inoltre, devono servire per integrare e/o correggere il programma dei lavori previsto dal progetto e le procedure tecniche degli interventi, in modo che le esecuzioni corrispondano sempre agli elaborati progettuali e viceversa;
- le varianti tecniche suggerite o imposte dall'aggiornamento delle analisi vanno sottoposte al progettista del restauro, se diverso dal direttore dei lavori, in modo che esse siano armonizzate con gli orientamenti generali che informano il progetto.

## ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

È importante che la documentazione prodotta durante i lavori sia accuratamente ordinata e conservata, in modo da costituire una testimonianza tecnica dell'effettivo stato di consistenza delle parti restaurate e serva, oltre che come controprova delle eventuali varianti e integrazioni dei lavori in corso d'opera, anche come riscontro oggettivo per le analisi comparative che si potranno svolgere in futuro e per riesaminare criticamente i risultati dell'intervento nel tempo.

Per dare efficacia documentaria all'applicazione di questa tecnica, è opportuno che i monitoraggi e le analisi, visive o di laboratorio, siano integrate da rilievi, fotografie e annotazioni verbali sufficientemente chiare e dettagliate, per ricostruire, anche a distanza di tempo, le circostanze e i modi con cui furono condotti i lavori (v. DOC01 - Documentazione fotografica dei lavori; DOC02 - Rilievi in corso d'opera; DOC03 - Resoconti, annotazioni, diario dei lavori).

## ESPERIENZE

La ripetizione, l'integrazione e l'esecuzione *ex novo* delle analisi in corso d'opera è in realtà una pratica molto diffusa e rappresenta spesso un rimedio tardivo alla quasi totale mancanza di esami preliminari che connota purtroppo, ancora oggi, molti restauri. Quanto, poi, alla documentazione che ne resta, è doveroso denunciare una situazione di grande carenza, giacché, salvo i rari casi che sono oggetto di pubblicazione o di resoconti scientifici, nella quasi totalità degli interventi sull'edilizia storica mancano archivi completi e/o dettagliati sulle prove e sugli esami svolti durante i cantieri. Oltretutto, i capitolati di appalto per i lavori di restauro non prevedono, tra gli obblighi dell'impresa e della direzione dei lavori, quello di un'esauritiva documentazione tecnica di questo tipo. Da testimonianze verbali risulterebbe che alcuni restauratori operano secondo questa linea metodologica, ma dalla letteratura del settore non emergono resoconti completi e sistematici da indicare come modelli di riferimento.

**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Bensi P. 1987; Raccomandazioni Normal: 3/80, Campionamento, 37/92, Trattamenti biocidi: schema di scheda per archiviazione dati; 38/93, Valutazione sperimentale dell'efficacia dei biocidi; 28/88, Misura dell'indice di asciugamento (Drying Index); 30/89, Metodi di controllo del biodeterioramento; 44/93, Assorbimento d'acqua a bassa pressione;

Norme UNI: UNI EN 15803: 2010 Conservazione dei beni culturali – Metodi di prova – Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua, UNI EN 15886: 2010, Conservazione dei beni culturali – Metodi di prova – Misura del colore, UNI 11204: 2007, Beni culturali – Manufatti lignei – Determinazione dell'umidità

Arcolao C., *La diagnosi nel restauro architettonico. Tecniche, procedure, controlli*, Venezia, 2008.

Musso S.F., *Recupero e restauro degli edifici storici. Guida pratica al rilievo e alla diagnostica*, III ed., Roma, 2010.

(NAP)

**Sommario**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASECAMPI DI APPLICAZIONEAPPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVEACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITIESPERIENZERIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Nei progetti di restauro le norme di capitolato prevedono, in genere, una descrizione accurata delle tecniche di cui si prevede l'impiego e dei modi d'esecuzione dei diversi lavori. Tali prescrizioni sono compilate sulla scorta delle competenze e dell'esperienza del progettista, il quale, dopo aver svolto le analisi e gli accertamenti preliminari sull'opera, procede per analogia con altre esperienze e con le "regole dell'arte" a lui note. Tuttavia, il criterio dell'analogia e quello delle esperienze maturate non sono sempre sufficienti a garantire i risultati cercati. Ciò dipende dalla grande varietà delle situazioni nelle quali si attuano gli interventi, vale a dire dai diversi comportamenti dei materiali costruttivi, dalle particolari forme evolutive dei processi d'alterazione, dallo sviluppo della produzione tecnologica che offre materiali e procedure sempre migliori, e da altre cause più o meno accidentali che fanno di ogni cantiere un caso singolare. Inoltre, durante le indagini preliminari non sempre (anzi, per la verità, raramente) è possibile un accertamento completo ed esauriente dello stato della fabbrica, se non altro perché sfuggono alle analisi tutte le parti inaccessibili o nascoste.

Per ovviare alle possibili conseguenze negative di un procedere tecnico troppo rigido, è sempre opportuno testare i prodotti e le metodiche di esecuzione, prima di una loro applicazione estensiva. Va considerato, poi, che mentre alcuni lavori di restauro sono prevedibili nei risultati tecnici e nell'impatto visivo che determinano, altri vanno calibrati dopo opportune prove. Ad esempio, una coloritura decisa in sede di progetto non può essere eseguita senza idonei test; oppure, una pulitura con acqua nebulizzata o con idrosabbatura non può essere immediatamente estesa a tutte le superfici da trattare, senza alcune prove orientate a studiarne gli effetti in funzione della durata dell'applicazione, del tipo di inerti impiegati e degli

altri parametri che concorrono al conseguimento del risultato; e ancora, la stesura di una sostanza impregnante, data a pennello o a spruzzo o con altra tecnica, va attentamente collaudata su aree campione e su queste andranno eseguite prove di laboratorio per accertare la profondità di penetrazione del prodotto, l'omogeneità di diffusione e l'effetto consolidante o protettivo cercato.

È sempre opportuno, di conseguenza, includere nel programma dei lavori un certo numero di prove, talvolta anche in forma di monitoraggio, con lo scopo di studiare preventivamente gli effetti di determinati interventi o trattamenti e di poter ricorrere agli aggiustamenti o alle varianti del caso.

**CAMPI DI APPLICAZIONE**

L'esecuzione di prove, collaudi e controlli in corso d'opera è una prassi da adottare sempre nei cantieri di restauro, soprattutto se si tratta di tecniche non ben conosciute dal direttore dei lavori o dagli operatori direttamente impegnati, oppure se il progetto prevede l'impiego di tecniche non sufficientemente sperimentate. Prove e controlli vanno eseguiti, tuttavia, in ogni caso, anche quando si tratta di metodi ampiamente conosciuti e collaudati, sia per assicurarsi che gli effetti dei trattamenti corrispondano alle previsioni, sia per tenere sotto controllo fenomeni evolutivi come le disinfestazioni, le deumidificazioni, alcuni tipi di consolidamento statico (ad es. quelli attinenti a cedimenti fondali), le opere di bonifica e di allontanamento delle acque di falda ecc.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

La varietà delle situazioni che si possono creare in un cantiere di restauro non permette di formulare un elenco esaustivo delle prove e dei controlli da eseguire durante i lavori. Ci si limita, in

questa sede, a fornire alcune indicazioni che vanno intese essenzialmente come criteri di orientamento. Lo schema che segue ha il fine di delineare, a titolo esemplificativo, alcune delle possibili occasioni in cui è opportuno procedere con prove, collaudi parziali e controlli.

1) Alcuni fenomeni di degrado hanno carattere evolutivo e si presentano con aspetti che possono variare anche nel breve tempo di svolgimento del cantiere. È il caso, ad esempio, della flora infestante macro e microvegetale il cui ciclo vitale si svolge nell'arco delle quattro stagioni, oppure degli insetti parassiti che attaccano i legni e che hanno cicli riproduttivi e di sviluppo in tempi noti. I trattamenti disinfestanti devono essere, allora, sottoposti a una serie di osservazioni periodiche per valutarne l'efficacia e prendere

le misure conseguenti ai risultati man mano acquisiti. Naturalmente, la serie dei test eseguibili è ben più lunga, ma i casi richiamati servono, appunto, a delineare l'orizzonte delle circostanze che possono richiedere un attento controllo degli interventi, prima, durante e dopo la loro attuazione.

2) Il controllo delle metodiche che aggiungono materia a quella esistente riguarda le impregnazioni, le applicazioni a tasche o con iniezioni, le velature protettive e simili. In questi casi occorre procedere in due modi: con esami di laboratorio che accertino l'adesione o la penetrazione delle sostanze aggiunte o con prove *in situ*, anche se queste ultime sono spesso di difficile esecuzione e danno risultati incerti. Ciò avviene, soprattutto nei trattamenti a iniezione o a tasche. Controllare la diffusione delle malte nei consolidamenti delle murature o la distribuzione delle sostanze adesive nelle lenti di distacco degli intonaci o, ancora, il grado di interdizione capillare delle murature umide è un compito proibitivo, perché non vi sono procedimenti di controllo certi (e senza conseguenze più o meno invasive o distruttive) per valutare gli effetti del trattamento.

3) Un altro gruppo di interventi riguarda le operazioni di sottrazione di materiale e comprende le puliture, le disincrostazioni, le disinfestazioni da piante o microvegetali ecc. Qui, le prove riguardano in parte minore gli effetti visivi dell'intervento, coinvolgendo invece la sua efficacia. Ad ogni modo, il controllo delle diverse tecniche operative va eseguito su campioni rappresentativi delle diverse aree degradate.

4) Infine c'è una categoria di lavori, il cui risultato è legato all'impatto visivo dell'intervento, oltre che all'efficacia tecnica. Vi rientrano talune opere di finitura, come le tinteggiature, le scialbature, le velature, l'eliminazione di macchie deturpanti e simili. In alcuni casi, come quello delle coloriture, la prova eseguita su un campione ridotto non è sempre probante, perché la percezione di una piccola superficie di colore è ben diversa da quella di una grande estensione del medesimo colore. In questi casi può essere più utile ricorrere a tecniche di simulazione (v. DOC06 - Simulazione degli interventi di restauro).

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Come per le altre forme di documentazione, è bene tener conto della molteplicità dei fenomeni e delle situazioni che si determinano nei cantieri di restauro. Per questa ragione occorrerà definire, già in fase progettuale – e in ogni caso prima dell'inizio dei lavori – un programma particolareggiato delle prove che si intendono eseguire, dando ovviamente la precedenza a quelle riguardanti le pratiche tecniche meno consuete e quelle più rischiose per il manufatto. Spesso, un buon programma di controlli e di prove assicura non soltanto una migliore qualità dei risultati, ma comporta anche notevoli risparmi di tempo e di materiali.

Un inconveniente più volte lamentato è dato dalle difficoltà che talvolta si incontrano nell'ottenere le risposte degli esami di laboratorio in tempi compatibili con le esigenze del cantiere.

Un altro motivo, questo, per programmare tempestivamente le prove applicative che sono previste dal piano di lavoro.

#### **ESPERIENZE**

Test, controlli e collaudi in corso d'opera sono abbastanza comuni nei cantieri di restauro delle soprintendenze e degli enti pubblici e privati impegnati responsabilmente nella tutela del

patrimonio architettonico. Ne sono testimonianza, tra l'altro, i seguenti casi citati a puro scopo esemplificativo.

Restauro della torre Civica di Rapallo. Fra i molti test, si ricordano le analisi di laboratorio sistematiche per controllare il grado di impregnazione delle resine consolidanti da parte di intonaci, pietre e mattoni della cortina esterna.

Villa Bernabei sulla riviera del Brenta, presso Padova. Prove di diffusione delle resine siliconiche iniettate a bassa pressione nelle murature perimetrali umide.

Castello di Carlo V, Lecce. Monitoraggio delle opere di disinfestazione da macrovegetali delle mura.

Chiesa di S. Croce, Lecce. Prove e controlli preliminari per il preconsolidamento, la pulitura e il consolidamento della pietra dei paramenti esterni.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Raccomandazioni Normal: 37/92, Trattamenti biocidi: schema di scheda per archiviazione dati; 38/93, Valutazione sperimentale dell'efficacia dei biocidi; 28/88, Misura dell'indice di asciugamento (Drying Index); 30/89, Metodi di controllo del biodeterioramento; 44/93, Assorbimento d'acqua a bassa pressione; 21/85, Permeabilità al vapor d'acqua.

D.L. 12 aprile 2006, n. 163 Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE e ulteriori modifiche e integrazioni.

# DOC 06 | SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

## Sommario

PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

CAMPI DI APPLICAZIONE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI

ESPERIENZE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

S'intende per simulazione degli interventi di restauro la costruzione virtuale dei risultati esecutivi degli interventi mediante l'elaborazione d'immagini digitali. Questa metodica consente una visualizzazione realistica delle superfici del manufatto prima e dopo il restauro, grazie alla quale è possibile sottoporre ad esame e a confronto visivo soluzioni diverse, riducendo il rischio di scelte che potrebbero rivelarsi del tutto o parzialmente inadeguate una volta realizzate sul corpo del manufatto.

Il prefigurare gli effetti finali dell'intervento, prima di agire direttamente sull'opera, costituisce uno dei caratteri peculiari di questo procedimento. La simulazione va intesa, pertanto, non come un semplice metodo di rappresentazione, ma come il risultato visivo di un procedimento di analisi teso a ridurre lo scarto tra le previsioni e i risultati finali dell'intervento.

Schematicamente, si può affermare che le simulazioni assolvono un ruolo predittivo e prescrittivo, in quanto possono avere sia la funzione di prevedere e indirizzare gli esiti dell'intervento, sia quella di prescrivere procedimenti esecutivi, indicando, attraverso l'immagine virtuale, il risultato che s'intende raggiungere.

La pratica delle simulazioni si rivela, in sostanza, come un mezzo che può essere utilizzato lungo tutto l'*iter* dell'intervento di conservazione.

- a) In fase di orientamento e definizione delle varie proposte di intervento, sino a optare per la più idonea, verificandone i possibili effetti in una dimensione assolutamente "indolore" per il manufatto.
- b) Come mezzo di comunicazione (ad esempio verso la committenza), in quanto l'immediatezza dell'immagine fotografica ne consente la lettura anche a soggetti non particolarmente preparati alla comprensione dei canonici elaborati grafici.
- c) Per trasmettere con chiarezza i contenuti tecnici, giacché riduce la possibilità di interpretazioni arbitrarie o riduttive. La simulazione, infatti, integra e chiarisce visivamente prescrizioni tecniche che si presentano talvolta ambigue e generiche, e a tal fine può essere utilizzata anche nei capitolati.

## CAMPI DI APPLICAZIONE

La tecnica può essere utilizzata per una gamma di problematiche conservative piuttosto ampia. In generale, possono essere simulati gli interventi che determinano una qualche modifica visibile del manufatto, in primo luogo le puliture e le integrazioni, mentre non è possibile, evidentemente, simulare l'effetto di tecniche che agiscono senza lasciare tracce della loro azione, come accade, per esempio, con i trattamenti di consolidamento o di protezione dei materiali.

In generale, l'applicazione della tecnica investe i seguenti settori:

- la pulitura delle superfici;
- il trattamento delle lacune e delle mancanze nei paramenti murari, negli intonaci, nelle superfici dipinte, nei mosaici;
- le integrazioni "minute" di materia quali il risarcimento delle malte di allettamento, la sigillatura dei bordi di intonaco, la stuccatura delle lesioni, ecc.;
- le rimozioni di elementi incongrui (vecchi impianti, staffe, chiodi ecc.) o di vegetazione;
- la sostituzione d'infissi, di corpi illuminanti, di impianti e simili.

## APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La simulazione su base fotografica di un restauro si basa, come si è detto, sull'elaborazione d'immagini digitali di un manufatto. Pertanto, bisogna disporre innanzitutto di una o più immagini dello stato di fatto del manufatto, e poi, in base agli interventi che s'intendono analizzare virtualmente, delle riprese fotografiche dei materiali necessari per la simulazione.

Tali materiali sono costituiti essenzialmente da una serie di campioni realizzati *ad hoc* (malte, intonaci, velature, ecc.) necessari per elaborare le integrazioni di materia, e dai provini dei trattamenti che si intendono valutare, in primo luogo le puliture.

L'intervento digitale, pur essendo "immateriale", deve infatti entrare nel merito della esecuzione reale, costringendo ad un controllo preliminare delle tecniche e dei materiali che si intendono adottare.

Gli interventi possono essere simulati a diversa scala di approfondimento, secondo le finalità di ogni elaborazione specifica, ed essere circoscritti a determinati dettagli o interessare l'intero manufatto. È comunque opportuno che il procedimento sia impostato secondo una successione di fasi che vanno dal particolare al generale, in modo da analizzare prima gli effetti puntuali degli interventi per poi studiarne le conseguenze sull'insieme del manufatto.

### *Le prese fotografiche*

Poiché alla base di tutto il processo c'è l'immagine, una particolare cura va dedicata al modo con cui si acquisisce questa particolare "materia prima". Dalla qualità delle immagini utilizzate per le simulazioni dipende gran parte del risultato finale, per cui è necessario che queste siano acquisite seguendo un iter metodologico rigoroso, in mancanza del quale la simulazione rischia di ottenere risultati fuorvianti o quanto meno imprecisi.

Attualmente non è più necessaria la fase di digitalizzazione delle immagini analogiche in quanto sono disponibili fotocamere reflex digitali in grado, oltre che di acquisire immagini ad altissima risoluzione, di effettuare il controllo delle qualità cromatiche e cromatiche già in fase di presa. In particolare, le impostazioni avanzate di utilizzo delle fotocamere digitali, consentono di selezionare l'opzione più adeguata alle condizioni di illuminazione presenti al momento della ripresa, in modo da effettuare correttamente il bilanciamento del bianco. Le immagini possono anche essere corrette tramite programma, ma il risultato più fedele alla luce e ai colori reali si ottiene bilanciando il bianco direttamente con la fotocamera in fase di ripresa.

In ogni caso, per ottenere un buon controllo dei valori cromatici bisogna eseguire anche un'accurata taratura del proprio sistema d'elaborazione computerizzato. Occorre in pratica controllare, oltre ai modi di ripresa dell'originale, il monitor con la relativa scheda video e la stampante. Per questo può essere utile rivolgersi a centri specializzati in grado di verificare e tarare tutto il processo.

Per le fotografie scattate in esterno, ai fini della simulazione, bisogna evitare condizioni di illuminazione estreme (ad esempio la luce solare incidente), privilegiando condizioni di luce diffusa (cielo velato o poco nuvoloso nelle ore più luminose del giorno), che determinano solo ombre leggere. (v. DOC01 - *Documentazione fotografica dei lavori*).

Inoltre un criterio da rispettare è quello dell'uniformità di illuminazione tra la foto del manufatto su cui si esegue la simulazione e i "materiali virtuali" che si utilizzano per le successive elaborazioni. Questo aspetto si rivela particolarmente importante, in quanto le condizioni di illuminazione alterano, spesso in maniera sensibile, le caratteristiche cromatiche e morfologiche del materiale. Per ovviare a questo problema la soluzione ottimale è quella di effettuare in contemporanea la ripresa del manufatto su cui si intendono simulare gli interventi e i campioni di materiale necessari per l'elaborazione. Questo è però possibile solo in alcune circostanze, ad esempio quando si riprende una singola lacuna o comunque porzioni di manufatto non particolarmente ampie (fig. 1a, 1b, 1c).

Nei restanti casi è invece fondamentale conoscere la scala di ripresa dell'oggetto e quella dei campioni di materiale che si intendono utilizzare per le simulazioni. Una possibile via in tal senso è di dotare le foto, del manufatto e dei campioni di materiale, di un riferimento di scala e di colore (come il "Kodak Color Control Patches") che permette, tra l'altro, in fase d'analisi e di stampa di raggiungere le tonalità più corrette. Nel momento in cui s'importa l'immagine del campione nell'immagine generale, è possibile così eseguire facilmente le opportune riduzioni di scala in modo da far coincidere i due riferimenti. Soprattutto per le immagini dei campioni di malta, di



intonaco ecc., generalmente prive di elementi utili per risalire alle loro dimensioni reali, il riferimento metrico è fondamentale (fig. 2a, fig. 2b).

È inoltre importante evitare il più possibile le deformazioni prospettiche, controllando con cura ed eliminando le linee cadenti. Le prese devono essere ortogonali all'oggetto, anche se le immagini possono essere raddrizzate in un secondo momento, utilizzando software specifici. In casi particolari, tuttavia, possono anche essere utilizzate foto scorciate, scattate con inclinazioni diverse, secondo i casi. Questa opzione si rivela utile quando le simulazioni di dettaglio servono a fornire indicazioni in cantiere. Ad esempio, per chiarire la profondità dei risarcimenti di malta nei giunti di mattoni o di pietra, è più utile servirsi di fotografie prese leggermente dal basso; oppure, nel caso della sigillatura del bordo di un intonaco, è più efficace una ripresa laterale.

Nel caso le simulazioni interessino delle facciate nella loro interezza, è opportuno utilizzare per l'elaborazione ortofotopiani digitali ad alta risoluzione. Le simulazioni degli interventi, in tal modo, possono "interagire" con gli altri elaborati che utilizzano il fotopiano come supporto, quali l'analisi delle unità stratigrafiche o la mappatura dei materiali e del degrado (fig. 3).

### *Elaborazione dell'immagine*

Prima di esaminare le fasi sostanziali di una simulazione, è necessario accennare ad alcune operazioni di trattamento dell'immagine che in alcuni casi la precedono. *Elaborare* un'immagine digitale significa operare sull'informazione puntuale contenuta nei singoli pixel, al fine di individuare elementi locali o globali presenti nell'immagine stessa. Tale elaborazione viene definita *image processing*, e si effettua per raggiungere alcuni obiettivi principali, quali:

- l'eliminazione dei disturbi (*image restoration*);
- l'esaltazione dei particolari (*image enhancement*);
- l'estrazione delle informazioni (*image analysis*).

L'*esaltazione dei particolari* si rivela particolarmente utile ai fini della simulazione. Essa comprende una serie di tecniche utilizzate per migliorare la leggibilità dell'immagine e mettere in risalto, con intensità variabile, gli elementi in essa presenti. Per mettere in evidenza i particolari fini dell'immagine, aumentandone il contrasto medio, si utilizzano i cosiddetti filtri passa-alto. Quest'operazione, generalmente, è definita *sharpening* (rafforzamento).

Sono comprese in quest'ambito anche tecniche usate piuttosto frequentemente da chi utilizza le immagini, che consistono nella ridistribuzione del contrasto e della luminosità, che potrebbero essere stati falsati al momento della ripresa fotografica. Un esempio significativo di elaborazione di questo tipo consiste nell'*equalizzazione* dell'immagine che produce un aumento della visibilità delle sfumature e dei dettagli, rendendoli più facilmente distinguibili. In pratica, con questo metodo, si massimizza il contenuto d'informazione di un'immagine.

Nell'ambito di un restauro questa possibilità si rivela di grande interesse in quanto può contribuire in maniera rilevante a delineare il quadro informativo di un manufatto, fornendo elementi guida per l'intervento. Esempi significativi di applicazione di studi di questo tipo sono rappresentati dall'analisi delle tracce di decorazioni dipinte, di graffiti e di incisioni (fig. 4a, fig. 4b, fig. 4c, fig. 4d).

### *Strutturazione del documento di lavoro*

Per elaborare le simulazioni degli interventi di restauro non esiste un programma specifico, anche se qualche tentativo in tal senso è stato avviato. Per effettuare le simulazioni si prestano efficacemente i pacchetti di elaborazione delle immagini (come Adobe Photoshop) comunemente utilizzati da grafici, fotografi, e altri operatori che abbiano la necessità di manipolare immagini.

Una volta importata nel programma l'immagine del manufatto che si vuole elaborare, si crea automaticamente un documento digitale, o *file*, che va strutturato in funzione di ciò che si vuole rappresentare.

I programmi di elaborazione elettronica delle immagini prevedono, analogamente ai programmi di disegno assistito, la possibilità di lavorare in modo stratificato, vale a dire su più livelli, indipendenti e sovrapposti. Il numero dei livelli che si possono generare è praticamente illimitato, anche se

sussiste l'inconveniente che ogni nuovo livello comporta un certo incremento di memoria occupata, il che, considerato che già si lavora con immagini ad alta qualità, può provocare problemi nella gestione del *file*.

Bisogna quindi individuare i singoli campi tematici che si vogliono trattare e dedicare a ciascuno di essi un livello specifico, che rimane del tutto indipendente dagli altri, pur mantenendo la perfetta sovrapposibilità con il modello fotografico di riferimento. La possibilità di organizzare il tal modo il documento di lavoro, oltre a consentire di poter suddividere in modo tematico gli interventi (puliture, integrazioni, ecc.), rendendoli visibili singolarmente o in combinazione con altri, costituisce un primo strumento di controllo del processo simulativo. Infatti, rendendo attivo o non attivo il livello sul quale si sta lavorando, è possibile verificare durante l'elaborazione il grado di modifica dell'immagine originale, che va collocata su un livello "bloccato" in modo da essere sempre disponibile per qualsiasi controllo.

### *Simulazione dell'intervento*

Dopo aver concluso la prima serie di elaborazioni di base dell'immagine di partenza, finalizzate a migliorarne la leggibilità e a evidenziare eventuali informazioni non immediatamente percepibili, si può procedere all'elaborazione vera e propria della simulazione. Questa si ottiene sostanzialmente in due modi:

- a) agendo, con procedimenti controllati, sui valori cromatici dell'immagine. Con questa procedura si elaborano soprattutto le puliture o, comunque, tutti quegli interventi che determinano variazioni nelle caratteristiche cromatiche del materiale;
- b) elaborando, dopo averli importati nel *file* di lavoro, i "materiali virtuali". In quest'ambito, tecnicamente, rientrano sia gli interventi che prevedono l'aggiunta di materiale sul preesistente (integrazioni, risarciture, ricostruzioni ecc.) sia le rimozioni (asportazione di impianti, di elementi metallici, di vegetazione ecc.) poiché, in quest'ultimo caso, bisogna "ricreare", sempre utilizzando i materiali virtuali, il supporto che è nascosto dall'oggetto da eliminare, e che non è possibile documentare fotograficamente in alcun modo.

Per le varie operazioni virtuali si utilizzano, con diversi accorgimenti, gli strumenti di base forniti dal programma, che possono essere suddivisi schematicamente in: strumenti di *visualizzazione* (zoom, puntatore a croce, barre di scorrimento), strumenti di *selezione* (lazo magnetico, bacchetta magica, contagocce ecc.), strumenti di *disegno* (timbro, aerografo, matite), strumenti di *modifica* (gomma, taglierina ecc.).

Vengono anche frequentemente utilizzati tutti gli strumenti e le funzioni di controllo e regolazione del colore che consentono di modificare le dominanti cromatiche, nonché quelli di trasformazione (libera o numerica), che permettono di ingrandire o rimpicciolire, di ruotare gli oggetti e così via.

In tutti i casi, le simulazioni devono essere eseguite adottando gli stessi riferimenti concettuali degli interventi reali cui fanno riferimento. Per tale motivo, nell'illustrare i modi d'elaborazione dei vari tipi d'intervento virtuale sarà necessario fare alcuni cenni ai criteri guida degli interventi reali.

### *Puliture*

In generale, le puliture virtuali vanno eseguite con il medesimo criterio con cui si eseguono quelle reali, ossia eliminando esclusivamente ciò che è dannoso, senza pretendere di riportare alle presunte condizioni originarie il manufatto.

Al fine di elaborare nella maniera più corretta possibile la simulazione della pulitura di un manufatto è necessario eseguire dei saggi che registrano gli effetti ottenuti con i trattamenti, in modo da poterli utilizzare come riferimento per le elaborazioni. Questo procedimento viene definito "pulitura con guida".

Per i dipinti, in particolare, sono state messe a punto procedure automatiche di pulitura virtuale che consistono nell'individuare una corrispondenza tra i pixel appartenenti all'immagine del tassello di pulitura e quelli dell'immagine non pulita, determinando una trasformazione matematica in grado di estendere le caratteristiche dei pixel "puliti" a quelli ancora "sporchi", in modo da determinare la pulitura virtuale della intera immagine dell'opera. Questo procedimento, tuttavia, si rivela più efficace su superfici dove lo sporco si deposita in genere in modo uniforme, come nel caso dei dipinti, e non in ambito architettonico dove le situazioni sono generalmente variegata e complesse (su una facciata, generalmente, si riscontrano macchie, depositi coerenti e incoerenti, croste nere, colaticci, ecc.).

In ambito architettonico, pertanto, prima di affrontare la simulazione di una pulitura è necessario classificare i fenomeni presenti, in modo da individuare, senza possibili equivoci, a quali aree questi corrispondono sull'immagine fotografica, dopo di che si può procedere alla selezione digitale delle aree corrispondenti ai fenomeni riscontrati.

Quest'operazione può essere eseguita con i consueti strumenti di selezione con i quali si scontornano le aree, e in alcuni casi particolari, con tecniche di *segmentazione* appartenenti all'ambito dell'*image analysis*, che consentono di isolare, generalmente in più passaggi, le aree aventi le stesse caratteristiche cromatiche.

Per i materiali lapidei (pietre naturali e artificiali, intonaci, stucchi), considerato che le varie tecniche di pulitura nella maggior parte dei casi determinano uno schiarimento più o meno accentuato delle superfici, la simulazione dei trattamenti di pulitura viene per lo più effettuata agendo sulle dominanti cromatiche scure delle aree corrispondenti ai fenomeni individuati, che vengono rese più chiare con procedimenti controllati. Pertanto, una volta completata la selezione delle aree, che si rivela spesso laboriosa, si procede con le tecniche di schiarimento utilizzando in maniera combinata e con intensità diversa, le funzioni base di correzione del colore (funzione *curve*, *livelli*, ecc), o gli strumenti in grado di accentuare la luminosità agendo in maniera puntuale (strumento *scherma*) (fig. 6, fig. 7, fig. 8).

Per le superfici dipinte o i mosaici, invece, la pulitura determina in genere un'accentuazione e una maggiore saturazione dei valori cromatici, e pertanto per effettuare la pulitura virtuale sarà necessario ricorrere a funzioni quali, in primo luogo, la regolazione della saturazione del colore.

In tutti i casi, l'approccio per affrontare una pulitura virtuale deve essere sempre quello della conoscenza il più possibile approfondita del materiale in esame e degli effetti reali prodotti da ogni tecnica di trattamento (fig. 9, fig. 10).

### *Integrazioni*

Nell'ambito delle integrazioni sono comprese le varie tecniche di trattamento delle lacune e delle mancanze, ma anche tutti quegli interventi che prevedono un'aggiunta anche minima di materiale, quali le risarciture di malta dei giunti, le stuccature e così via.

La prima operazione, in questo caso, risiede come si è detto nell'importare nel *file* di lavoro le immagini dei campioni di materiale virtuali che si intendono utilizzare, oppure nell'effettuare contestualmente le prese fotografiche delle superfici e dei campioni.

In entrambi i casi, la simulazione della integrazione di una lacuna, e quindi della stesura di uno strato di malta, si ottiene duplicando più volte, con piccole sovrapposizioni, porzioni dell'immagine del campione di materiale, sino a ricoprire l'area interessata. I "ritocchi" che si rendono necessari nelle aree di sovrapposizione e lungo i bordi delle lacune, cioè le cancellazioni o le piccole aggiunte, si effettuano rispettivamente con la gomma virtuale e con gli strumenti di disegno (timbri, penne ecc.), le cui caratteristiche (dimensioni, forma ecc.) vanno calibrate in base all'immagine su cui si sta lavorando.

Se il principio guida di questo genere d'intervento consiste nel rendere riconoscibile il nuovo apporto, almeno da una distanza ravvicinata, ciò si traduce nell'utilizzare materiali diversi dagli originali o nell'adottare, durante la messa in opera, una serie di accorgimenti di tipo tecnico che rendano più facilmente individuabili le aggiunte. Ad esempio, per rendere riconoscibile come nuovo il rappezzo di un intonaco, oltre ad utilizzare materiali simili ma non identici agli originali, una delle soluzioni è di stendere il nuovo strato leggermente arretrato rispetto alla superficie originale.

Il livello ribassato rispetto a quello originale, può essere invece simulato ricoprendo solo in parte il bordo interno della lacuna e creando delle ombreggiature verosimili, anche se, considerato che si tratta di spessori ridotti, le ombre da realizzare sono minime.

La simulazione dell'applicazione di uno strato molto sottile di materiale, il cosiddetto "strato non strato", si ottiene con la procedura appena illustrata per un rappezzo di intonaco, seguita dalla opportuna modifica delle caratteristiche di opacità del livello su cui si sta lavorando. In pratica, si tratta di rendere più o meno "trasparente" la nuova stesura di malta, in modo da simulare l'effetto di questo tipo di finitura protettiva che, applicata nella realtà allo stato liquido, si adatta con spessori minimi alle superfici, mantenendo la leggibilità delle tracce esistenti.

Le velature di colore, invece, si eseguono nella realtà per rendere meno forte il contrasto tra l'integrazione e il preesistente, oppure per realizzare una lieve ripresa del colore, sia nel caso

questo risulti del tutto scomparso, sia qualora risulti appena percettibile e s'intenda in qualche modo "rafforzarlo".

Anche in questo caso, è quindi necessario predisporre dei provini preparati *ad hoc*, da utilizzare per l'elaborazione (fig. 11).

La simulazione delle integrazioni puntuali nella muratura si realizza invece con una procedura diversa, in quanto sono necessari degli elementi singoli (mattoni, conci, scaglie, pietre a spacco), che vanno messi "in opera" con tecniche specifiche imposte dalla struttura muraria. I singoli pezzi, pertanto, devono innanzitutto essere selezionati, cioè isolati dall'immagine dei campioni cui appartengono, e importati nel documento di lavoro, dopo di che, per poterli inserire nella mancanza, è necessario effettuare alcune operazioni virtuali di "preparazione" (ridimensionamenti, rotazioni, inclinazioni ecc.).

Nelle strutture murarie è necessario simulare anche la messa in opera della malta di raccordo, e ciò si ottiene soprattutto utilizzando lo strumento della clonazione dell'immagine, il timbro.

Anche per la simulazione della stuccatura di lesioni o di piccole rotture, del risarcimento della malta di allettamento, delle piccole integrazioni con impasti ecc., si utilizza questo strumento, generalmente di dimensioni ridotte e lavorando con forti ingrandimenti. Il timbro si rivela infatti uno strumento particolarmente versatile in grado di simulare l'azione di attrezzi quali spatoline, cazzuole ecc.

Anche in questo caso, inoltre, la riconoscibilità dell'intervento e la salvaguardia dei segni del manufatto, sono affidate, oltre che alla scelta del campione di materiale virtuale più opportuno, a una stesura della malta non debordante rispetto ai contorni degli elementi.

Quest'accorgimento è particolarmente importante nel caso dell'integrazione della malta in un paramento murario, in quanto se questa è eccessiva, può alterare in maniera considerevole il chiaroscuro originale dovuto all'alternarsi delle zone più in luce (superfici dei mattoni o dei conci) e di quelle in ombra, dovute alle porzioni erose della malta.

Anche in ambito pittorico l'integrazione delle lacune può essere condotta utilizzando i "materiali virtuali", che in questo caso sono costituiti da campioni digitalizzati di tessitura pittorica realizzati *ad hoc* dai restauratori. In particolare, è possibile prefigurare efficacemente i risultati dell'integrazione con il metodo ad *astrazione cromatica* che consiste nel creare un tessuto pittorico astratto mediante la stesura di pennellate incrociate.

Su questo tipo di integrazione sono state condotte esperienze significative presso i laboratori di restauro dell'Opificio delle Pietre Dure di Firenze, dove vige la prassi consolidata di preparare piccole campionature d'integrazione pittorica su tavoletta, al fine di valutare sia i colori più adeguati delle stesure dei tratteggi, sia la grandezza e l'andamento delle pennellate.

Nella simulazione dell'intervento con questa tecnica di integrazione pittorica, le tavolette con le campionature di tratteggio vengono digitalizzate con accurati sistemi di acquisizione delle immagini, importate nel file del dipinto, dopo di che si procede con lo sperimentare nelle lacune "le varie soluzioni operative in forma preventiva sulle immagini fino a pervenire ad un'ipotesi soddisfacente di scelta tra le tante varianti possibili." (Ciani Passeri F., Ciatti M., Keller A., Kunzelman D. 2002).

Nei dipinti murali può anche essere simulata una leggera velatura delle abrasioni e delle piccole perdite di colore. In questi casi l'elaborazione può essere eseguita "prelevando" dei campioni di colore dalle aree ancora dotate di tinta originale, anche se il campionamento eseguito con questo metodo risente delle caratteristiche ormai alterate delle superfici e pertanto la sua validità risulta relativa. Il risultato finale risulta però essere spesso molto "credibile" (fig. 12, fig. 13, fig. 14).

### *Rimozione e sostituzioni*

In questo ambito sono comprese le rimozioni di oggetti di vario tipo: impianti elettrici, elementi metallici, tubi, cavi, vegetazione infestante e altri materiali estranei coprenti.

Le simulazioni vanno affrontate con la dovuta cautela perché, per la rimozione virtuale di qualsiasi oggetto o materiale, è necessario fare delle vere e proprie ipotesi ricostruttive delle zone nascoste totalmente o parzialmente, riproducendole nella maniera più corretta e realistica possibile.

Nella realtà, questo tipo di intervento si esegue su superfici intonacate, oppure su cortine murarie e su aree di dimensioni piuttosto ridotte, e per questa ragione la simulazione si può ritenere nel complesso giustificabile, sempre a patto di essere consapevoli che si tratta di una ricostruzione arbitraria di dati. Naturalmente, questa operazione non è possibile su superfici con particolari figurati (affreschi, dipinti) oppure bassorilievi, o altri elementi con lavorazioni particolari.

Tecnicamente, l'elaborazione consiste nel clonare dall'immagine generale porzioni di superficie attigue all'oggetto da rimuovere, in quanto i materiali con cui eseguire l'operazione devono essere gli stessi e con le medesime caratteristiche di degrado, illuminazione ecc.

Anche in questo caso si utilizza per lo più il timbro, che consente di clonare porzioni d'immagine più o meno grandi, oppure si utilizza la funzione "copia e incolla" dopo aver selezionato il materiale necessario. Con questi strumenti e con elaborazioni piuttosto semplici di modificazione (rotazioni, ridimensionamenti, cancellazioni ecc.), si riproducono piccole porzioni di intonaco, di strati di pittura, di paramenti murari, e in generale tutto quanto è necessario per ricreare una superficie "originale" credibile.

Talvolta può anche essere simulata la rimozione parziale d'intonaci, d'aggiunte, stratificazioni ecc. Questi casi sono però difficili, perché, oltre alle implicazioni di tipo metodologico che tali elaborazioni comportano, la questione della falsificazione dei dati nella simulazione diventa rilevante anche sotto il profilo quantitativo. Infatti, mentre nelle rimozioni simulate di tubi, cavi e simili le porzioni da riprodurre sono di estensione limitata, in casi di questo genere ci si trova di fronte ad aree piuttosto estese, il che aggrava sotto tutti gli aspetti il problema.

Perciò, qualunque sia il metodo pratico adottato per elaborare queste simulazioni, bisogna sempre tener presente e dichiarare esplicitamente che si tratta di ricostruzioni ipotetiche.

Le sostituzioni, dal punto di vista dell'elaborazione pratica della simulazione, sono in genere piuttosto semplici, poiché nella maggior parte dei casi si tratta semplicemente di sovrapporre all'oggetto da sostituire l'immagine di quello "nuovo", dopo averlo scontornato dal suo intorno d'appartenenza e aver effettuato le trasformazioni di scala necessarie per connettere perfettamente i due oggetti.

Questa procedura si applica soprattutto per simulare la sostituzione di porte, finestre, corpi illuminanti, pluviali e simili.

#### *Ricostruzioni, rifacimenti*

Per le ricostruzioni di elementi architettonici, porzioni di murature ecc., sono generalmente da escludere approcci di tipo mimetico, e perciò, nell'elaborare la simulazione devono essere adottati gli stessi principi e le stesse metodologie applicati per la realizzazione delle integrazioni viste precedentemente, in primo luogo l'utilizzo di campioni di materiali diversi dagli originali o l'adozione di accorgimenti di varia natura in grado di consentire l'individuazione delle porzioni ricostruite (ad esempio un leggero sottosquadro).

Casi particolari, per i quali possono essere anche ammesse esecuzioni mimetiche, sono invece costituiti dalla elaborazione delle ricostruzioni "ideali" o filologiche, realizzate al fine di approfondire la conoscenza di alcuni aspetti inerenti il manufatto.

Operare un confronto virtuale tra lo stato originario (vero o presunto tale), e lo stato di fatto attuale di un manufatto può infatti anche aiutare a capire come nel tempo l'opera si sia modificata, che tipo di degrado l'abbia colpita, che tipo di manutenzione sia eventualmente necessaria.

Nello spazio della simulazione, pertanto, considerato che il manufatto oggetto di studio non viene in alcun modo manomesso, possono trovare giustificazione anche gli interventi che mirano a recuperarne l'integrità materica e figurativa. Tali operazioni, tuttavia, sono giustificate solo se fondate, oltre che sulla scrupolosa analisi diretta del manufatto, anche su un'accurata ricerca storica, archivistica, iconografica, coadiuvata eventualmente dall'utilizzo di tecniche analitiche (come nel caso dei dipinti, dove le analisi sui pigmenti alterati forniscono informazioni su quelli originari), in modo da raggiungere ipotesi ricostruttive il più possibile scientifiche.

#### **ACCORGIMENTI, VARIANTI, LIMITI**

Il confronto tra gli interventi simulati e quelli realizzati, generalmente, fa registrare un certo scarto tra le due situazioni, il che è del tutto accettabile in quanto nessuna simulazione potrà mai ricreare perfettamente una situazione reale. L'importante è quindi che una elaborazione digitale sia "credibile", in modo da consentire di vagliare in maniera sufficientemente accurata l'impatto visivo di un intervento e delle sue varie opzioni.

Generalmente, si può constatare che l'intervento virtuale risulta sempre più "pulito" e accurato rispetto a quello reale, il che si verifica proprio perché, mentre l'elaborazione digitale consente di poter riparare agli errori commessi, questo non sempre è possibile in un cantiere reale.

L'intervento virtuale, per tale aspetto, può quindi essere considerato come una sorta d'intervento "ideale".

Nel caso si riscontrino differenze sostanziali, sarà invece necessario effettuare una serie di riflessioni e di riscontri al fine di individuare le cause che le hanno determinate. Una delle ipotesi, naturalmente, potrebbe essere quella di un'esecuzione negligente della elaborazione, affrontata senza rispettare i criteri basilari della metodologia, oppure si deve mettere in conto la possibilità di una scarsa efficacia della simulazione come strumento predittivo per il caso specifico.

#### ESPERIENZE

Grumello del Monte (Bergamo), chiesa parrocchiale della Santissima Trinità; simulazione di diverse soluzioni di coloritura delle specchiature della facciata in differenti condizioni di illuminazione.

Rapallo (Genova), castello sul mare; simulazione della pulitura delle superfici, della integrazione delle mancanze di intonaco, della muratura, della risarcitura dei giunti.

Fanzolo di Veduggio (Treviso), complesso di villa Emo (Palladio); simulazioni di dettaglio degli interventi (puliture, integrazioni, sostituzioni), inserite nel capitolato speciale di appalto.

Albenga (Savona), ospedale di Santa Maria della Misericordia, simulazione della ripresa ed evidenziazione delle tracce delle decorazioni esistenti e di varie ipotesi di velatura delle superfici.

Bari, cortina centro storico; simulazione degli interventi di manutenzione straordinaria dei prospetti.

Rapallo (Genova), chiosco della Musica; simulazioni di dettaglio della pulitura e della integrazione delle mancanze in pietra artificiale e delle lacune del dipinto murale della volta.

Asolo (Vicenza), complesso di villa Rinaldi; simulazione della pulitura delle superfici, della integrazione delle mancanze di intonaco, della rimozione di tamponamenti e della collocazione di infissi e lucernai.

Genova, villa Quartara, Spinola; simulazione di diverse soluzioni di velatura e di coloritura delle facciate esterne e della integrazione ad astrazione cromatica della carta da parati ottocentesca.

Savona, "Secondo Ospizio" nel complesso monumentale del Santuario di Nostra Signora della Misericordia. Simulazione della pulitura delle superfici, della stuccatura di giunti e lesioni, del rifacimento della parte basamentale dell'intonaco, della stesura di uno strato non strato sulla facciata principale.

Bologna, cimitero monumentale della Certosa, chiostro III, monumento funerario Tartagni Martelli; monumento funerario Legnani; tombe dipinte; simulazione della integrazione delle lacune e del ritocco a velatura delle superfici.

Firenze, museo di Casa Martelli, Cosmè Tura, *San Luca Evangelista*, dipinto su tavola, simulazione della integrazione delle lacune ad astrazione cromatica.

Firenze, museo degli Argenti, Maestro "MP", *Crocifissione con scene della Passione e Resurrezione di Cristo*, smalto dipinto su rame; simulazione della integrazione delle lacune ad astrazione cromatica.

Rivarolo (Genova), chiesa di San Bartolomeo, Pittore ignoto del secolo XVII, *Incoronazione di spine*, dipinto ad olio su tela; simulazione della integrazione delle lacune ad astrazione cromatica.

Venezia, Accademia delle Belle Arti, altare di San Giobbe; ricostruzione filologica virtuale della collocazione originale del dipinto di Bellini all'interno dell'altare.

Assisi, basilica Superiore di San Francesco, Giotto, *Storie di San Francesco*; ricostruzione filologica virtuale dei colori originari delle scene (senza alcuna forma di degrado e alterazione).

Bisceglie (Bari), Palatium e Chiesa di San Giovanni del Castello normanno-svevo, ricostruzione filologica virtuale dei paramenti murari e di elementi decorativi.

Andria (Bari), santuario di Santa Maria dei Miracoli. Facciata della Grotta, ricostruzione filologica virtuale degli elementi architettonici e decorativi.

Siena, Palazzo Pubblico (ex Spedale medievale); ricostruzione filologica virtuale su base stratigrafica delle varie fasi costruttive. ([fig. 15](#), [fig. 16](#), [fig. 17](#), [fig. 18](#), [fig. 19](#), [fig. 20](#), [fig. 21](#))

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bennardi D., Furferi F. 2007, Bevilacqua F. De Palma A. 2003, Bertoncetto G. 2000; Bortolotti I. 1999; Ciani Passeri F., Ciatti M., Keller A., Kunzelmann D., 2002; De Palma A. 1999; De Palma A.

2000; Geddo M., Marangoni R. 2001; Napoleone L., Sozzi N. 2001; Kunzelmann D., Ciani Passeri D., Rossi Scarzanella C., 2003

Bennardi D., Furferi F., *Il restauro virtuale. Tra ideologia e metodologia*, Edifir, Firenze, 2007.

Bevilacqua F., De Palma A, *La reversibilità dell'intervento virtuale per una migliore definizione delle scelte progettuali irreversibili*, in G. Biscontin, G. Driussi, *La reversibilità nel restauro. Riflessioni, esperienze, percorsi di ricerca*, Atti del convegno di studi, Bressanone 1-3 luglio 2003, Arcadia Ricerche, Venezia, 2003.

Ciani Passeri F., Ciatti M., Keller A., Kunzelman D., *'San Luca' di Cosmè Tura: dal restauro virtuale al restauro reale*, in OPD Restauro n. 14, 2002.

Kunzelman D., Ciani Passeri F., Rossi Scarzanella C., *Studio per un ausilio digitale al trattamento delle lacune dei dipinti*, in A.A.VV., *Lacuna. Riflessioni sulle esperienze dell'Opificio delle Pietre Dure*, Atti del Convegno, Ferrara, 7 aprile 2002 e 5 aprile 2003, Edifir, Firenze, 2004.

Kunzelman D., Gusmeroli L., Keller A., *Immaginare il restauro. L'integrità pittorica del dipinto visualizzata grazie al ritocco virtuale*, in CESMAR7, *Colore e Conservazione. Materiali e metodi nel restauro delle opere policrome mobili*, Il Prato, Firenze, 2011.



Figura 1a • Lacuna in un dipinto murale. Accanto alla lacuna è visibile il campione di intonaco con il quale si intende elaborare la simulazione. (MOGGIA)



Figura 1b • Simulazione della integrazione della lacuna effettuata utilizzando il campione di intonaco fotografato contestualmente. (MOGGIA)



Figura 1c • Integrazione reale della lacuna effettuata con il medesimo intonaco del campione utilizzato nella simulazione. Come si può verificare confrontando le due immagini, la simulazione della integrazione è sufficientemente "realistica". (MOGGIA)





Figure 2a -2b • Simulazione dell'integrazione di una lacuna in un mosaico con due tipi di malta. Le immagini dei campioni di malta, una volta importate nel file generale, sono state scalate in modo da far coincidere i due riferimenti metrici, per cui le immagini sono nella stessa identica scala.



Figura 3 • Simulazione realizzata elaborando il fotopiano ad alta risoluzione di una facciata. A sinistra: porzione della facciata prima della elaborazione; a destra la stessa porzione dopo la simulazione. In particolare sono stati elaborati gli interventi di: rimozione di elementi vari, pulitura delle superfici, risarcitura dei giunti, stesura di una velatura a calce, stesa più accentuata sulle modanature. I vari interventi sono stati prima simulati a livello locale per poi essere estesi a tutta la facciata.









Figura 4 • Particolare di un dipinto murale raffigurante il basamento di una colonna: esempio di elaborazione digitale delle immagini finalizzata alla estrapolazione del motivo figurativo inciso sull'intonaco. a) incisione del motivo figurativo; b) equalizzazione della porzione dell'immagine dove è presente l'incisione; c) aumento del contrasto al fine di isolare il profilo del motivo decorativo; d) estrazione del profilo e sua svecchiatura; e) sovrapposizione del profilo sulla stuccatura di un altro particolare del dipinto dove in origine era presente il medesimo basamento; f) simulazione della integrazione a velatura realizzata utilizzando come guida il profilo del basamento. (MOGGIA).



Figura 5 • “Materiali virtuali”: campioni di malta, di intonaco e di velature di diversa composizione e finitura superficiale utilizzabili per la simulazione delle integrazioni delle lacune, delle risarciture della malta di allettamento, della stuccatura di lesioni, rotture, mancanze ecc. (DEP)



Figura 6 • Fase di esecuzione della pulitura di un basamento in pietra artificiale. (DEP)



Figura 7 • Saggio di pulitura reale della superficie in pietra artificiale. (DEP)



Figura 8 • Simulazione della pulitura dell'intero basamento elaborata schiarendo i valori cromatici in base al risultato ottenuto con la pulitura reale. (DEP)





Figura 9 • Particolare di mosaico parietale prima della simulazione della pulitura (desalinizzazione). La superficie delle tessere si presenta opaca e biancastra per la presenza di sali. (DEP)



Figura 10 • Simulazione della pulitura elaborata utilizzando come riferimento le superfici realmente trattate con impacchi di fogli di carta giapponese e acqua deionizzata. In questo caso, a differenza di quanto accade con la maggior parte dei trattamenti di pulitura che determinano uno schiarimento più o meno accentuato delle superfici, la desalinizzazione, rimuovendo la patina biancastra, rende le tessere complessivamente più scure e brillanti, effetto che la simulazione cerca di riprodurre. (DEP)

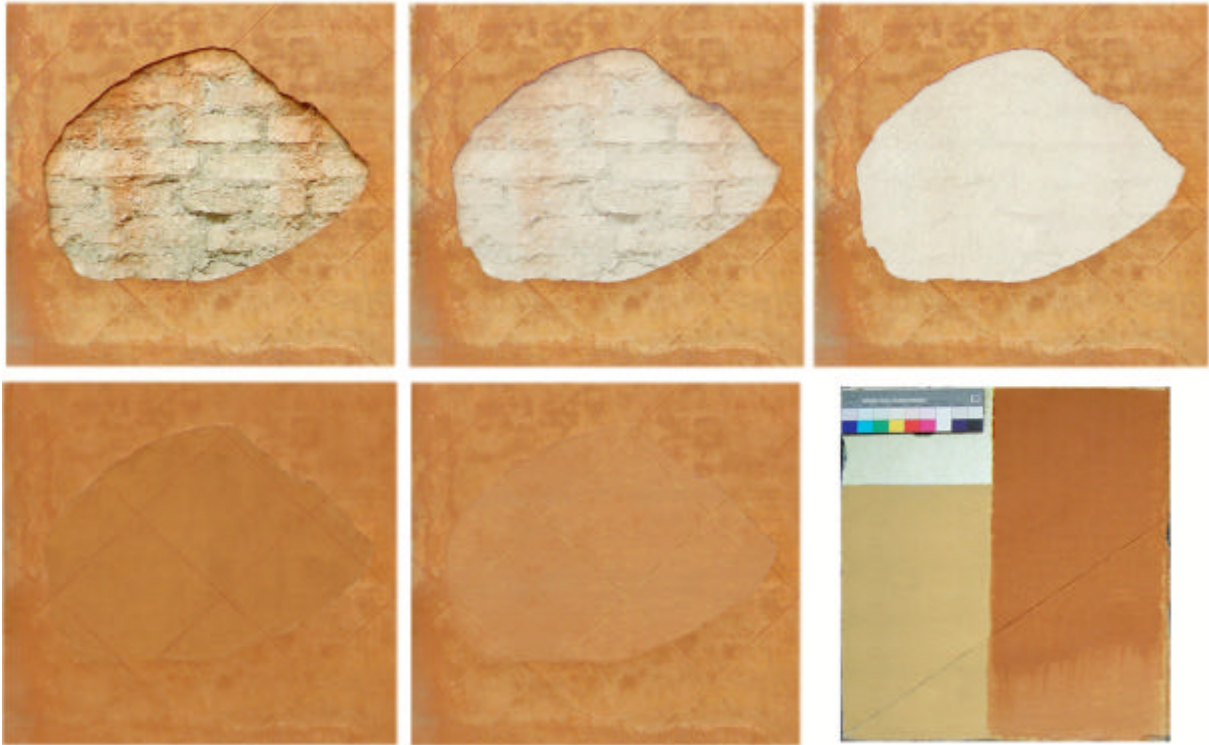


Figura 11 • Simulazione della integrazione della lacuna con le finiture importate dal pannello in basso a destra e realizzate in base allo studio cromatico della facciata. Da sinistra in alto: riquadro con la lacuna di intonaco; stesura di uno “strato non strato”; integrazione con intonaco steso leggermente sottolivello; velatura realizzata con due stesure a pennello di ocre rossa sullo sfondo di ocre gialla (parte alta della fascia rossa del pannello); velatura realizzata con una stesura a pennello di ocre rossa sullo sfondo di ocre gialla (parte in basso più chiara della fascia rossa). Negli ultimi due casi è stata simulata l’incisione del motivo a rombi e una leggera velatura rossa dell’intonaco originale.



Figura 12 • Particolare di un dipinto murale con piccole lacune e diffuse abrasioni dei colori originali. (MOGGIA)



Figura 13 • Simulazione della velatura delle abrasioni e della integrazione delle piccole lacune. (MOGGIA)



Figura 14 • Intervento reale di velatura delle abrasioni e di integrazione delle piccole lacune. Il confronto con l’immagine precedente mostra la “credibilità” della simulazione. (MOGGIA)



Figura 15 • Mancanze in un basamento in pietra artificiale.



Figura 16 • Simulazione della integrazione delle mancanze elaborata con un impasto distinguibile dall'originale, con una tonalità leggermente più rosata.



Figura 17 • Simulazione della integrazione delle mancanze elaborata con un impasto simile all'originale, ma applicata con un leggerissimo sottolivello.



Figura 18 • Simulazione della stesura di una malta di protezione di tonalità simile all'impasto originale, senza la ricostruzione dei volumi.



Figura 19 • Castel del Monte, sala VIII, primo piano, parete in conci lapidei con tracce del rivestimento parietale originale in lastre marmoree (alloggiamenti per le grappe di fissaggio delle lastre, grappe intere o spezzate, piombo ecc.). (DEP)

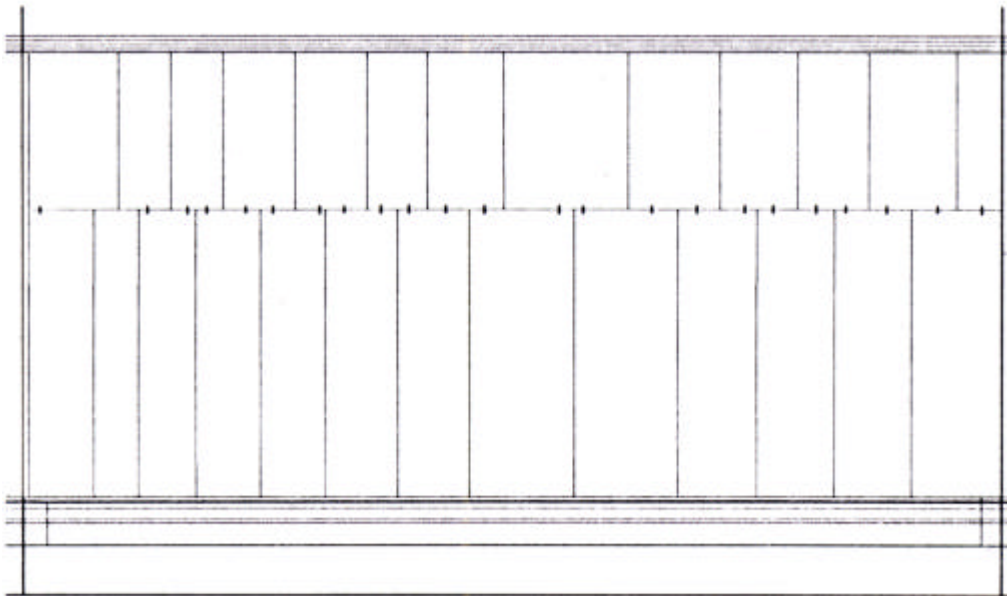


Figura 20 • Rappresentazione grafica di tipo vettoriale dell'ipotesi ricostruttiva del rivestimento parietale in lastre marmoree effettuata in base alle tracce presenti sulla parete. (DEP)



Figura 21 • Simulazione fotografica della medesima ipotesi ricostruttiva del rivestimento in lastre marmoree raffigurata nell'immagine precedente. L'elaborazione digitale, oltre a essere di più immediata comprensione, fornisce una serie di informazioni sui materiali (venature, caratteristiche cromatiche, effetti chiaroscurali ecc.) che non è possibile trasmettere con un elaborato grafico, necessariamente più schematico. (DEP)

### **Crediti fotografici**

MOGGIA: Cecilia Moggi

# SCHEDE DELLE TECNICHE DI RESTAURO

## INDICE

---

(\*) I nomi indicati con l'asterisco si riferiscono all'aggiornatore della scheda.

### Disinfestazione

#### LA DIFESA DEI MANUFATTI E DEGLI SPAZI EDILIZI DAGLI AGENTI INFESTANTI

*(Luisa De Marco)*

- 01** Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni di natura vegetale  
(piante inferiori e superiori) *(Barbara Volpato)*
- 02** Disinfestazione del legno mediante applicazione di biocidi *(Barbara Volpato)*
- 03** Disinfestazione di vegetazione superiore e inferiore con trattamenti chimici *(Barbara Volpato)*
- 04** Sistemi fisici e indiretti per l'eliminazione di agenti biodeteriogeni *(Barbara Volpato)*
- 05** Fumigazione con gas tossici *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 06** Eliminazione di insetti mediante trappole *(Luisa De Marco)*

### Deumidificazione

#### DEUMIDIFICAZIONE E DIFESA DELLE MURATURE E DEGLI AMBIENTI DALL'UMIDITÀ

*(Lucina Napoleone)*

- 01** Deumidificazione con il metodo delle barre polarizzate *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*
- 02** Depolarizzazione elettromagnetica *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*
- 03** Intercettazione capillare *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*
- 04** Elettrosmosi attiva *(Daniela Bosia)*
- 05** Elettrosmosi passiva *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*
- 06** Drenaggio perimetrale e pozzi assorbenti *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*
- 07** Applicazione di intonaco macroporoso *(Marta Gnone)*
- 08** Deumidificazione mediante taglio della muratura *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*
- 09** Deumidificazione mediante riduzione della sezione assorbente *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*
- 10** Riduzione dei ponti termici *(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia\*)*

<b>11</b>	Vespazio orizzontale e verticale	<i>(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia*)</i>
<b>12</b>	Intercapedine esterna	<i>(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia*)</i>
<b>13</b>	Intercapedine interna con contromuro	<i>(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia*)</i>
<b>14</b>	Protezione delle fondazioni dall'umidità	<i>(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia*)</i>
<b>15</b>	Coperture ventilate o con interposizione di materiali termocoibenti	<i>(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia*)</i>
<b>16</b>	Climatizzazione degli ambienti	<i>(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia*)</i>
<b>17</b>	Trasformazione dei sali	<i>(Deborah Pizzorno - Daniela Bosia*)</i>

## Smontaggi, rimontaggi, demolizioni, rimozioni

SMONTAGGI, RI-MONTAGGI, DEMOLIZIONI, RI-MOZIONI *(Stefano F. Musso)*

<b>01</b>	Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici	<i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i>
<b>02</b>	Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei	<i>(Luisa De Marco)</i>
<b>03</b>	Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei	<i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i>
<b>04</b>	Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura	<i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i>
<b>05</b>	Stacco a massello delle pitture murali	<i>(Mariarosa Lanfranchi)</i>
<b>06</b>	Trasferimento delle pitture murali: lo stacco e lo strappo	<i>(Carla Arcolao - Mariarosa Lanfranchi*)</i>
<b>07</b>	Rimozione e ricollocazione in situ di mosaici	<i>(Luciana Notturmi)</i>
<b>08</b>	Demolizione e rimozioni parziali nei manufatti architettonici	<i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i>
<b>09</b>	Ricomposizione per anastilosi	<i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i>

## Ricomposizioni, riadesioni, ancoraggi

RI-COMPOSIZIONI, RI-ADESIONI E ANCORAGGI NEL RESTAURO *(Stefano F. Musso)*

<b>01</b>	Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi	<i>(Anna De Palma)</i>
<b>02</b>	Unione di parti fratturate con perni e spinotti	<i>(Luisa De Marco)</i>
<b>03</b>	Consolidamento del sistema di aggancio di lastre lapidee	<i>(Barbara Volpato)</i>
<b>04</b>	Riadesione di scaglie mediante adesivi	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>05</b>	Riadesioni di distacchi tramite iniezioni	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>06</b>	Riadesione di lastronature, impiallaccature e placcature lignee	<i>(Luisa De Marco)</i>
<b>07</b>	Ancoraggi puntuali di superfici musive	<i>(Anna De Palma)</i>
<b>08</b>	Incollaggio di materiali ceramici e vetri <i>(Carla Arcolao)</i>	
<b>09</b>	Riparazione mediante saldatura	<i>(Luisa De Marco - Luisa De Marco, Antonio Malvicini*)</i>



- 10** Riadesione e integrazione di elementi metallici con adesivi o resine *(Luisa De Marco)*
- 11** Unione di parti lignee con perni e spinotti *(Luisa De Marco)*

## **Puliture**

### LA PULITURA NEL RESTAURO ARCHITETTONICO *(B. Paolo Torsello)*

- 01** Pulitura con acqua nebulizzata mediante spruzzatore manuale *(Dino Beltrame)*
- 02** Pulitura con acqua nebulizzata o atomizzata *(Dino Beltrame)*
- 03** Pulitura con acqua atomizzata *(Dino Beltrame)*
- 04** Sistema di pulitura "Liquabrade" *(Dino Beltrame)*
- 05** Pulitura di superfici con spray d'acqua *(Dino Beltrame)*
- 06** Pulitura di superfici con spray d'acqua e getto di vapore *(Dino Beltrame)*
- 07** Pulitura di materiali lapidei con idrosabbatura *(Dino Beltrame)*
- 08** Pulitura dei metalli mediante idrosabbatura *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 09** Pulitura con i sistemi Jos e Rotec *(Barbara Volpato)*
- 10** Lavaggio con acqua demineralizzata o deionizzata *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 11** Pulitura mediante immersione in acqua *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 12** Tecnica del „gommage“ per la pulitura delle superfici lapidee *(Dino Beltrame)*
- 13** Sabbatura a secco *(Dino Beltrame)*
- 14** Microsabbatura di superfici lapidee *(Dino Beltrame)*
- 15** Microsabbatura di manufatti metallici *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 16** Pulitura con impacchi di argille adsorbenti *(Dino Beltrame - Angelita Mairani\*)*
- 17** Pulitura dei materiali lapidei con impacco biologico *(Dino Beltrame - Angelita Mairani\*)*
- 18** Descialbatura e desolfatazione o pulitura con resine a scambio ionico *(Carla Arcolao)*
- 19** Pulitura con tamponi o compresse imbevuti di prodotti detergenti *(Luisa De Marco)*
- 20** Pulitura con impacchi di carbonato di ammonio *(Barbara Volpato)*
- 21** Pulitura dei metalli con acido etilendiamminotetracetico (EDTA) *(Vincenzo Passarello)*
- 22** Pulitura mediante spazzolatura *(Carla Arcolao)*
- 23** Pulitura meccanica mediante bisturi e utensili appuntiti in genere *(Carla Arcolao)*
- 24** Asportazione di incrostazioni tramite martelletti o vibratorii *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 25** Pulitura per abrasione tramite piccole frese e mole *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 26** Pulitura di materiali lapidei mediante irraggiamento laser *(Salvatore Siano)*
- 27** Desalinazione dei materiali lapidei *(Dino Beltrame - Angelita Mairani\*)*
- 28** Pulitura dei materiali lapidei con bagno elettrolitico *(Dino Beltrame)*
- 29** Rimozione dei materiali di ossidazione da metalli mediante riduzione elettrochimica *(Luisa De Marco)*
- 30** Pulitura dei metalli con soluzioni chelanti/complessanti-tiourea *(Vincenzo Passarello)*

- 31** Pulitura dei metalli con soluzione alcolica di ammoniacca *(Vincenzo Passarello)*
- 32** Pulitura con ultrasuoni in acqua deionizzata *(Stefania Dessi - Alessandra Gallo Orsi\*)*
- 33** Pulitura di metalli con sali di Rochelle *(Vincenzo Passarello)*
- 34** Pulitura a fiamma o ad aria calda *(Luisa De Marco)*
- 35** Pulitura disinfestante con sali quaternari *(Emanuela Mauro)*
- 36** Pulitura dei metalli mediante sgrassaggio *(Alessandra Gallo Orsi)*
- 37** Rimozione di vernici o smalti con sverniciatori chimici *(Luisa De Marco)*
- 38** Pulitura dei materiali lapidei con metodi enzimatici *(Dino Beltrame - Angelita Mairani\*)*
- 39** Pulitura dei vetri con acqua distillata, demineralizzata o deionizzata *(Francesca Romeo)*
- 40** Pulitura di vetri con idrossido di idrazina e idrossilammonio cloruro *(Francesca Romeo)*
- 41** Pulitura del vetro con EDTA e bicarbonato di ammonio *(Francesca Romeo)*
- 42** Rimozione di macchie nere dai veri *(Francesca Romeo)*
- 43** Pulitura con impacchi di agar agar *(Marilena Anzani)*

## **Consolidamenti e rinforzi**

- CONSOLIDAMENTI E RINFORZI *(Stefano F. Musso)*
- 01** Preconsolidamento di superfici decoese *(Marcella Panetta - Barbara Volpato\*)*
  - 02** Consolidamento o realizzazione di sistemi di ancoraggio *(Marcella Panetta - Barbara Volpato\*)*
  - 03** Consolidamento con iniezioni *(Barbara Volpato)*
  - 04** Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine *(Barbara Volpato)*
  - 05** Consolidamento di manufatti mediante impregnazione sottovuoto *(Barbara Volpato)*
  - 06** Adesione o incollaggio di frammenti e parti scollegate *(Barbara Volpato)*
  - 07** Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio *(Anna De Palma)*
  - 08** Puntellature, centinature e armature provvisoriali *(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri\*)*
  - 09** Rinforzi e sostegni mediante speroni murari *(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri\*)*
  - 10** Consolidamento e rinforzi con tiranti, stralli o catene *(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri\*)*
  - 11** Tirantini antiespulsivi *(Sergio Lagomarsino)*
  - 12** Consolidamento di murature con betoncino armato *(Sergio Lagomarsino)*
  - 13** Diatoni artificiali *(Sergio Lagomarsino)*
  - 14** Risanamento del calcestruzzo con malte a ritiro controllato fibrinforzate *(Angela Baila)*
  - 15** Metodo dell'alluminato di calcio *(Michel Hebrard - Mauro Matteini\*)*
  - 16** Metodo del caseato di calcio *(Michel Hebrard - Mauro Matteini\*)*
  - 17** Metodo dell'applicazione di sospensioni stabili di idrossido di calcio *(Rodorico Giorgi)*
  - 18** Riadesione e consolidamento di stucchi *(Mariarosa Lanfranchi)*
  - 19** Sostituzione del supporto di affreschi *(Carla Arcolao)*

- 20** Consolidamento con iniezione o colatura di malta a espansione *(Anna De Palma)*
- 21** Desolfatazione e consolidamento col metodo del bario *(Anna De Palma - Mariarosa Lanfranchi\*)*
- 22** Fissaggio della grisaglia con resine o cere *(Angela Baila)*
- 23** Doppiaggio di elementi vitrei *(Carla Arcolao)*
- 24** Consolidamento degli smalti ceramici con resine acriliche *(Emanuela Mauro)*
- 25** Consolidamento e fissaggio di dorature su gesso e pietra *(Gian Luigi Nicola, Valentina Parodi - Annarosa Nicola, Valentina Parodi\*)*
- 26** Consolidamento delle finiture dorate su oggetti di legno *(Maria Cristina Gigli - Annarosa Nicola, Valentina Parodi\*)*
- 27** Fissaggi e fermature di dorature su manufatti lignei *(Gian Luigi Nicola, Valentina Parodi - Annarosa Nicola, Valentina Parodi\*)*
- 28** Consolidamento per impregnazione mediante fleboclisi *(Luisa De Marco)*
- 29** Unione di parti lignee con perni e spinotti *(Luisa De Marco)*
- 30** Consolidamento dei sistemi strutturali lignei *(Gennaro Tampone)*
- 31** Consolidamento solai con apposizione all'estradosso di doppio tavolato *(Gennaro Tampone)*
- 32** Consolidamento di solai con pannelli di legno all'estradosso *(Gennaro Tampone)*
- 33** Apposizione di guance lignee (placcaggio laterale) *(Gennaro Tampone)*
- 34** Consolidamento delle capriate e delle incavallature *(Gennaro Tampone)*
- 35** Consolidamento dei solai con membrature per dimezzare l'interasse delle travi *(Gennaro Tampone)*
- 36** Imbragatura di capriate *(Gennaro Tampone)*
- 37** Inserimento di trave rompitratta *(Gennaro Tampone)*
- 38** Consolidamento di membrature mediante viti autofilettanti e cerchiature *(Gennaro Tampone)*
- 39** Riduzione della luce libera di una trave mediante saette *(Gennaro Tampone)*
- 40** Rinforzo di travi lignee con profilato metallico al bordo superiore *(Gennaro Tampone)*
- 41** Inserimento di trave lamellare all'interno di un solaio *(Gennaro Tampone)*
- 42** Inserimento di profilato metallico all'interno di una trave *(Gennaro Tampone)*
- 43** Appoggio supplementare per le testate di elementi strutturali lignei *(Gennaro Tampone)*
- 44** Profilato metallico applicato al bordo inferiore della membratura *(Gennaro Tampone)*
- 45** Rinforzo di elementi strutturali lignei con protesi in betoncino epossidico armato *(Gennaro Tampone)*
- 46** Rinforzo di teste degradate delle travi con cuffie *(Gennaro Tampone)*
- 47** Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche *(Gennaro Tampone)*
- 48** Miglioramento delle condizioni di esercizio di una trave mediante mensole e appoggi supplementari *(Gennaro Tampone)*
- 49** Ripristino delle giunzioni ai nodi di strutture lignee *(Gennaro Tampone)*
- 50** Consolidamenti di solai lignei con soletta collaborante *(Federica Goffi)*
- 51** Sostituzione di membratura lignea *(Gennaro Tampone)*

<b>52</b>	Sostituzione di legno degradato con sostruzione di mattoncini di legno	<i>(Gennaro Tampone)</i>
<b>53</b>	Consolidamento di strutture lignee mediante tirantature	<i>(Federica Goffi)</i>
<b>54</b>	Traliccio interno realizzato con inserimento di barre di vetroresina	<i>(Gennaro Tampone)</i>
<b>55</b>	Rinforzo di strutture lignee con nuovi elementi resistenti	<i>(Federica Goffi)</i>
<b>56</b>	Consolidamento di strutture lignee mediante chivarde o sogofese	<i>(Gennaro Tampone)</i>
<b>57</b>	Preconsolidamento di tessuti mediante imbastitura	<i>(Gennaro Tampone)</i>
<b>58</b>	Rinforzo delle murature con sistemi di confinamento attivo	<i>(Adalgisa Donatelli)</i>
<b>59</b>	Sistemi di consolidamento di architravi e piattabande	<i>(Adalgisa Donatelli)</i>
<b>60</b>	Impiego strutturale del titanio	<i>(Fabrizio De Cesaris)</i>

## Integrazioni

LE INTEGRAZIONI IN ARCHITETTURA		<i>(B. Paolo Torsello)</i>
<b>01</b>	Risarcimento dei giunti di malta	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>02</b>	Tassellatura dei materiali lapidei	<i>(Carlo Biliotti - Gabriella Tonini*)</i>
<b>03</b>	Integrazione e consolidamento mediante “cuci-scuci”	<i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i>
<b>04</b>	Integrazione e “rincoccaiture” di murature	<i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i>
<b>05</b>	Integrazione mediante modellazione in opera di materiale plastico	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>06</b>	Integrazioni di elementi lacunosi mediante formatura di impasti a banco o in opera	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>07</b>	Integrazione dei mattoni alveolizzati o erosi	<i>(Marta Gnone)</i>
<b>08</b>	Integrazione mediante malte di resine epossidiche	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>09</b>	Rappezzo di superfici con materiali a base cementizia applicati per colaggio	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>10</b>	Reintegrazione/riadesione di intarsi lapidei	<i>(Anna De Palma)</i>
<b>11</b>	Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>12</b>	Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta	<i>(Luisa De Marco)</i>
<b>13</b>	Integrazione di pavimento alla veneziana	<i>(Lucina Napoleone)</i>
<b>14</b>	Integrazione e consolidamento di controsoffitti	<i>(Gian Luigi Nicola - Gian Luigi e Alessandro Nicola*)</i>
<b>15</b>	Integrazione di lacune mediante cassetta estraibile	<i>(Anna De Palma)</i>
<b>16</b>	Integrazione di lacune musive con tessere	<i>(Luciana Notturmi)</i>
<b>17</b>	Integrazione di lacune nei mosaici mediante impasti	<i>(Anna De Palma)</i>
<b>18</b>	Integrazione cromatica mediante tinteggiatura	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>19</b>	Integrazione di lacune pittoriche mediante selezione e astrazione cromatica	<i>(Anna De Palma)</i>
<b>20</b>	Integrazione pittorica con colori a tratteggio	<i>(Carla Arcolao)</i>
<b>21</b>	Connessione di parti separate mediante chiodatura	<i>(Luisa De Marco)</i>
<b>22</b>	Integrazione mediante inserimento di tasselli lignei	<i>(Luisa De Marco)</i>

- 23** Pulitura, consolidamento e integrazioni di dorature su gesso e pietra  
*(Andreoni Andreina, Kumar Francesca, Samarelli Cristina - Annarosa Nicola, Valentina Parodi\*)*
- 24** Integrazione delle lacune di doratura su legno  
*(Maria Cristina Gigli)*
- 25** Integrazione, pulitura e consolidamento di dorature su metalli  
*(Fabio Burrini)*
- 26** Stuccatura dei giunti tra piombo e vetro  
*(Carla Arcolao)*
- 27** Integrazione di manufatti ceramici con impasti modellabili  
*(Carla Arcolao)*

## Protezioni

### LE TECNICHE DI PROTEZIONE DEI MANUFATTI *(Lucina Napoleone)*

- 01** Impregnazione con prodotti a base di silicio  
*(Maristella Pafundi - Leonardo Borgioli\*)*
- 02** Protezione e impregnazione della pietra con prodotti impermeabilizzanti e/o consolidanti  
*(Angela Baila)*
- 03** Impregnazione con cere di marmi e pietre  
*(Alessandra Carlesi - Leonardo Borgioli\*)*
- 04** Rivestimento e protezione superficiale con prodotti polimerici: silani, resine poliacriliche, resine viniliche, resine alchiliche  
*(Angela Baila)*
- 05** Protezione con il metodo del „ossalato di ammonio“  
*(Mauro Matteini)*
- 06** Impregnazione con perfluoropolietere  
*(Alessandra Carlesi - Leonardo Borgioli\*)*
- 07** Allontanamento dei volatili  
*(Anna De Palma)*
- 08** Trattamento all'acqua di calce  
*(Carla Arcolao)*
- 09** Protezione antigraffiti  
*(Lucina Napoleone)*
- 10** Integrazione delle lacune pittoriche a velatura  
*(Carla Arcolao)*
- 11** Protezione di creste di muri col metodo della foderatura di malta  
*(Elisabetta Canevello)*
- 12** Protezione di creste dei muri mediante spalmatura di malta e sassi infissi  
*(Elisabetta Canevello)*
- 13** Protezione di creste dei muri mediante strati di sacrificio  
*(Elisabetta Canevello)*
- 14** Protezione delle creste dei muri con bauletto di malta  
*(Elisabetta Canevello)*
- 15** Protezione di cornici e aggetti  
*(Lucina Napoleone)*
- 16** Protezione del legno mediante applicazione di vernici o smalti  
*(Luisa De Marco)*
- 17** Protezione mediante inserimento di vetrate esterne  
*(Francesca Romeo)*
- 18** Protezione dei vetri con eteropolisilossani  
*(Francesca Romeo)*
- 19** Protezione delle tessere vitree con resine  
*(Francesca Romeo)*

## Manutenzione

### MANUTENZIONE E RESTAURO *(Carla Arcolao)*

- 01** Manutenzione di pavimenti alla veneziana  
*(Lucina Napoleone)*
- 02** Manutenzione di pavimenti in cotto  
*(Fabio Bevilacqua)*
- 03** Manutenzione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei  
*(Alessandra Gallo Orsi)*

- |           |   |   |
|-----------|---|---|
| <b>04</b> | Manutenzione di pavimenti di marmo, ardesia, pietra | <i>(Paola Maria Brignardello)</i>                 |
| <b>05</b> | Manutenzione di tetti e coperture                   | <i>(Stefano F. Musso - Francesca Buccafurri*)</i> |
| <b>06</b> | Riparazione e manutenzione di infissi lignei        | <i>(Luisa De Marco - Marta Gnone*)</i>            |
| <b>07</b> | Restauro e manutenzione di elementi metallici       | <i>(Anna De Palma)</i>                            |

## **Documentazione**

### LA DOCUMENTAZIONE DI CANTIERE E LA PRATICA DEL RESTAURO

- |           |  |                            |
|-----------|--|----------------------------|
|           |  | <i>(B. Paolo Torsello)</i> |
| <b>01</b> | Documentazione fotografica dei lavori                | <i>(Alberto Torsello)</i>  |
| <b>02</b> | Rilievi e misurazioni in corso d'opera               | <i>(Alberto Torsello)</i>  |
| <b>03</b> | Resoconti, annotazioni, diario dei lavori            | <i>(Alberto Torsello)</i>  |
| <b>04</b> | Prelievi, analisi e monitoraggi nel corso dei lavori | <i>(Lucina Napoleone)</i>  |
| <b>05</b> | Collaudi, prove e controlli in corso d'opera         | <i>(Lucina Napoleone)</i>  |
| <b>06</b> | Simulazione degli interventi di restauro             | <i>(Anna De Palma)</i>     |

# BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Questa sezione è composta di due parti. La prima contiene scritti di riferimento generale al restauro e ai suoi aspetti teorici e metodologici; la seconda è un elenco dei testi di volta in volta citati in calce alle diverse schede come rimandi essenziali alla letteratura tecnica corrente. Nella scelta dei titoli della seconda parte si è tenuto conto della reperibilità delle fonti e si sono esclusi, per quanto possibile, gli scritti in lingua straniera.

## TESTI DI CONTENUTO GENERALE

- 1991, *La Carta 1987 della conservazione e del restauro*, in «Restauro», nn. 113-114.
- 1994, *Autenticità e patrimonio monumentale*, numero monografico di «Restauro», nn. 129-130.
- AA.VV. 1994, *Lessico dei beni culturali*, Umberto Allemandi & C., Torino.
- Amoroso G. G. 1996, *Materiali e tecniche nel restauro*, Flaccovio, Palermo.
- Amoroso G. G., Camaiti M. 1997, *Scienza dei materiali e restauro. La pietra: dalle mani degli artisti e degli scultori a quelle dei chimici macromolecolari*, Alinea, Firenze.
- Antonucci R. 2001, *Restauro e recupero degli edifici a struttura muraria*, Maggioli Editore, Milano.
- Aveta A. 2001, *Tutela, restauro, gestione dei beni architettonici e ambientali. La legislazione italiana*, Cuen, Napoli.
- Baldini U. (a cura di) 1983, *Metodo e scienza. Operatività e ricerca nel restauro*, Sansoni, Firenze.
- Bellanca C. 1990, *Restauro dei monumenti, la dottrina oggi e la Carta di Venezia*, in «Restauro», n. 109.
- Bellini Amedeo 1986, *Teorie del restauro e conservazione architettonica*, in Bellini A. (a cura di), *Tecniche della conservazione*, Milano, Angeli, 1986.
- Bellini A. 1990, *La superficie registra il mutamento: perciò deve essere conservata*, in Biscontin G., Volpin S. (a cura di), *Superfici dell'architettura, Le Finiture*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Bellini A. 1997, *Dal restauro alla conservazione: dall'estetica all'etica*, in «Ananke», n. 19.
- Bellini A. 1998, *Progetto di conservazione e reversibilità*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Progettare i restauri. Orientamenti e metodi - materiali e indagini*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia.
- Brandi C. 1963, *Teoria del Restauro*, Roma, Edizioni di Storia e Lettere, 2ª ed. *Teoria del Restauro*, Torino, Einaudi, 1977.
- Carbonara G. 1976, *La reintegrazione dell'immagine*, Bulzoni, Roma.
- Carbonara G. 1978, *Questioni di principio e di metodo nel restauro dell'architettura*, in «Restauro», n. 36, pp. 5-15.
- Carbonara G. 1990, *Restauro tra conservazione e ripristino: note sui più attuali orientamenti di metodo*, in «Palladio», n. 6, pp. 43-76.
- Carbonara G. 1990, *Il trattamento delle superfici come problema generale di restauro*, in Biscontin G., Volpin S. (a cura di), *Superfici dell'architettura. Le finiture*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Carbonara G. (a cura di) 1996, *Trattato di restauro architettonico*, Torino, Utet.
- Chastel A. 1986, *La notion de patrimoine*, in Nora P., *Les lieux de la mémoire, II: La Nation*, Gallimard, Paris.
- Chastel A. 1994, *Architecture et patrimoine*, Imprimerie nationale, Paris.
- Codello R. 1996, *Gli intonaci. Conoscenza e conservazione*, Alinea, Firenze.
- Conti A. 1996, *Manuale di restauro*, Einaudi, Torino.
- Dezzi Bardeschi M. 1982, *La materia e il tempo: ovvero la permanenza e la mutazione*, in «Recuperare» n. 2, pp. 90-99.
- Dezzi Bardeschi M. 1982, *Saper conservare per poter innovare*, in «Recuperare» n. 2, pp. 130-139.
- Dezzi Bardeschi M. 1991, *Restauro, punto e da capo, frammenti per una (impossibile) teoria*, a cura di Vittorio Locatelli, Milano, Franco Angeli, 1991.
- Dezzi Bardeschi M. 1994, *Autenticità*, in «Ananke» n. 7, 1994, pp. 2-3.
- Dezzi Bardeschi M. 1997, *Miseria delle ricostruzioni*, in «Ananke», nn. 17-18.
- Di Stefano R. 1996, *Monumenti e valori*, Esi, Napoli.
- Duval G. 1990, *Restauration et réutilisation des monuments anciens*, Bruxelles, Mardaga.
- Fancelli P. 1998, *Restauro dei monumenti*, Nardini, Firenze.
- Feiffer C. 1997, *La conservazione delle superfici intonacate*, Skira, Milano.
- Franco G., Galliani G. V., Mor G., Musso S. F. (a cura di) 2001, *Dizionario delle tecniche costruttive*, Utet, Torino.
- Gasparoli P. 1997, *La manutenzione delle superfici edilizie*, Alinea, Firenze.
- Gattuso C. 2000, *Beni architettonici in aree archeologiche. Strumenti e metodi di analisi per il progetto di restauro*, Biblioteca del Cenide, Reggio Calabria.
- Giovanetti F. (a cura di) 1992, *Manuale del Recupero del comune di Città di Castello*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma.

- Giovanetti F. (a cura di) 1997, *Il manuale del recupero del centro storico di Palermo*, Flaccovio Palermo.
- Giuffrè A., Lemmi F., Cigarini C. 1991, *Il cantiere di restauro: materiali-tecniche-applicazioni*, Alinea, Firenze.
- Grassi G. 1990, *Un parere sul restauro*, in «Phalaris», n. 6.
- Gregotti V. 1990, *Conservazioni*, in «Casabella», n. 565.
- Gregotti V. 1997, *Necessità del passato*, in Pedretti B., (a cura di), *Il progetto del passato. Memoria, conservazione, restauro, architettura*, Mondadori, Milano.
- Minissi F. 1978, *Conservazione dei beni storico-artistici e ambientali. Restauro e musealizzazione*, Roma, Bonsignori.
- La Regina F. 1984, *Restaurare o conservare. La costruzione logica e metodologica del restauro architettonico*, Clean, Napoli.
- La Regina F. 1995, *Come un ferro rovente. Cultura e prassi del restauro architettonico*, Clean, Napoli.
- Lazzarini L., Tabasso M. L. 1986, *Il Restauro della pietra*, Cedam, Padova.
- Leniaud J.-M. 1991, *L'utopie française. Essai sur le patrimoine*, Mengès, Paris.
- Manieri Elia M. 1991, *La conservazione: opera differita*, in «Casabella», 582, pp. 43-45.
- Marchini G. (a cura di) 1977, *Le vetrate tecnica e storia*, De Agostini, Novara.
- Marconi P. 1986, *La questione delle superfici di sacrificio e le sue conseguenze metodologiche: il recupero artistico delle tecniche tradizionali*, in Perego Francesco (a cura di), *Anastilosi – L'Antico, il Restauro e la città*, Laterza, Roma-Bari.
- Marconi P., Giovanetti F., Pallottino E. 1989, *Manuale del recupero del Comune di Roma*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma.
- Marconi P. 1993, *Il restauro e l'architetto. Teoria e pratica in due secoli di dibattito*, Venezia, Marsilio.
- Marconi P. 1999, *Materia e significato*, Laterza, Bari-Roma.
- Matteini M., Moles A. 1989, *La chimica nel restauro*, Nardini, Firenze.
- Musso S. F. 1996, *Costruere/destruere*, in «TeMa», n. 1, pp. 59-62.
- Musso S. F. 1997, «Integrare» o «re-integrare» l'antico?, in Segarra Lagunes M. M. (a cura di) 1997, *La reintegrazione nel restauro dell'antico. La protezione del patrimonio dal rischio sismico*, Atti del convegno ArCo, Gangemi, Roma.
- Musso S. F. 1997, *Lacune esistenti e indotte: effimere, durature e irriducibili*, in Guido Biscontin, Guido Driussi, *Lacune in Architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Musso Stefano F. 1998, *Parole forme e oggetti del progetto di restauro*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Progettare i restauri. Orientamenti e metodi – materiali e indagini*, Atti del convegno di Bressanone, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Musso Stefano F. 2001, *Scoperta e difesa di tracce nascoste. Il restauro della facciata dell'Ospedale di S. Maria della Misericordia in Albenga (SV)*, in «Recupero e conservazione», n. 22, pp. 66-77.
- Napoleone L. 1997, *Lacuna: mancanza o disvelamento?*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Le lacune in architettura*, Atti del convegno scienza e beni culturali di Bressanone, Marghera-Venezia, Arcadia, 1997.
- Napoleone L. 1998, *Riflessione teorica, azione tecnica e progetto di restauro*, in G. Biscontin (a cura di), *Il progetto del restauro*, Atti del convegno scienza e beni culturali di Bressanone, Marghera-Venezia, Arcadia.
- Pedretti B. (a cura di) 1997, *Il progetto del passato. Memoria, conservazione, restauro, architettura*, Mondadori, Milano.
- Pertegato F. 1993, *I tessili. Degrado e restauro*, Nardini, Firenze.
- Pinon P. 1993, *Choay I: il patrimonio storico contro l'architettura*, in «Casabella» n. 601, p. 24.
- Prescia R. 2000, *La verifica del tempo sulla compatibilità tra materiali diversi*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del convegno di studi, Bressanone 27-30 giugno 2000, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Ricci M. (a cura di) 1985, *Manutenzione e restauro: conservazione e consolidamento dei materiali lapidei*, Giuffrè, Milano.
- Spagnesi G. (a cura di) 1984, *Storia e restauro dell'architettura: proposte di metodo*, Roma, Istituto dell'Enciclopedia italiana, 1984.
- Tinè S. 1985, *La pratica del Restauro*, Be-Ma, Milano.
- Tinè S. 2001, *Codice di pratica professionale per il restauro delle fronti esterne degli edifici*, Dario Flaccovio, Palermo.
- Torraca G. 2001, *La cura dei materiali nel restauro dei monumenti*, Bonsignori, Roma.
- Torsello B. P. 1988, *La materia del restauro, tecniche e teorie analitiche*, Venezia, Marsilio.
- Torsello B. P. 1997, *Conservare e comprendere*, in Bruno Pedretti (a cura di), *Il progetto del passato. Memoria conservazione, restauro, architettura*, Milano, Mondadori.
- Torsello B. P. 1997, *La dialettica restauro/progetto*, in «Ananke», n. 19, pp. 29-33.
- Torsello B. P. 1998, *Restauro e progetto*, in «Tema», n. 3.
- Torsello B. P. (a cura di) 1999, *Il castello di Rapallo. Progetto di restauro*, Marsilio, Venezia.
- Urbani G. 2000, *Intorno al restauro*, Skira, Milano.
- Zendri E., Biscontin G., Driussi G. 1997, *La compatibilità negli interventi di restauro: alcune considerazioni sui possibili parametri indicativi*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Lacune in architettura: aspetti teorici ed operativi*. Atti del convegno di studi, Bressanone, 1-4 luglio 1997, Arcadia ricerche, Marghera.
- Zevi L. (a cura di) 2000, *Manuale del restauro architettonico*, Mancosu Editore, 2 voll.



## TESTI DI CONTENUTO TECNICO

(v. riferimenti bibliografici in ogni scheda)

- AA.VV. 1982, *Conservazione e restauro dei tessili*, Milano.
- AA.VV. 1986, *Rinnovare i mobili*, Mondadori, Milano.
- AA.VV. 1986, *Metodologia e prassi della conservazione musiva*, volume 1, Atti del 1° seminario di studi, Ravenna 5-6 maggio 1983, Longo, Ravenna.
- AA.VV. 1987, *Deumidificazione*, in «Recuperare» n. 30.
- AA.VV. 1987, *Il restauro della vetrata di Giovanni Bonino della Galleria nazionale dell'Umbria*, Todi, Ediert.
- AA.VV. 1988, *Cosa c'è dietro la facciata...*, *Manutenzione ordinaria e manutenzione straordinaria per il Palazzo del Toro a Milano*, in «Recuperare», n. 36, 198.
- AA.VV. 1988, *Il restauro delle porte bronzee di S. Zeno*, Soprintendenza dei beni artistici e storici del Veneto, Venezia.
- AA.VV. 1988, *Mosaico e restauro musivo*, in *Quaderni Irtec*, vol. 2, CNR, Irtec, Longo, Ravenna.
- AA.VV. 1988, *Botticelli e il ricamo del Poldi Pezzoli. Storia di un restauro*, Milano.
- AA.VV. 1989, *I materiali metallici negli interventi di restauro e di recupero edilizio*, Atti del convegno.
- AA.VV. 1991, *Rivestimenti murali in carta e cuoio, tecniche esecutive, conservazione e restauro*, Atti della giornata di studio, Roma 3 dicembre, Centro studi per la conservazione della carta, Roma.
- AA.VV. 1991, *Rivestimenti murali in carta e cuoio, tecniche esecutive, conservazione e restauro*, Atti della giornata di studio, Roma 3 dicembre 1990, Centro studi per la conservazione della carta, Roma.
- AA.VV. 1991, *La tecnologia e la conservazione dei metalli antichi*, Botteghe di Transizione, Bologna.
- AA.VV. 1991, *Il paliotto di Sisto IV ad Assisi: indagini ed intervento conservativo*, Assisi.
- AA.VV. 1991, *Vetrare – Arte e restauro (dal trattato di Antonio da Pisa alle nuove tecnologie di restauro)*, Silvana Editoriale, Milano.
- AA.VV. 1992, *Mosaico e restauro musivo*, Quaderni Irtec, vol. 3, CNR – Irtec, Longo, Ravenna.
- AA.VV. 1992, *Speciale deumidificazione*, in «Recuperare», n. 2.
- AA.VV. 1992, *Manuale della climatizzazione*, Tecniche Nuove.
- AA.VV. 1994, *Recupero edilizio*, vol. 9, centro studi OIKOS, Alinea, Firenze.
- AA.VV. 1994, «Corpus Vitrearum News Letter», n. 45.
- AA.VV. 1994, *La conservation des textiles anciens*, Angers.
- AA.VV. 1995, *Corso di formazione professionale per restauratori di supporti lignei*, dattiloscritto a cura del CNR Istituto per la ricerca sul legno, Firenze, 1995.
- AA.VV. 1997, *Laser in the Conservation of Artworks*, Atti del congresso internazionale Lacona I Restauratorenblätter, Verlag Mayer & Comp., Vienna.
- AA.VV. 1999, *Principles for the Conservation of the Timber Structures*, General Icomos Assembly, Icomos, Wood International Committee, Mexico City.
- AA.VV. 2000, *Laser in the Conservation of Artworks*, Atti del congresso internazionale Lacona III, in «Journal of Cultural Heritage», vol. 1, suppl. 1.
- AA.VV. 2000, *Vitrum. La materia, il degrado, il restauro*, Edifir, Firenze.
- Aniasper, BetaGamma, Roma.
- Accurti L., Giordani M., Mannoni T., Bellini R., Nicola G. L., Baronio G. 2001, *Soffitti ornamentali in gesso nel Basso Monferrato: caratterizzazione chimico-fisica, tecnologie realizzative, problematiche di conservazione e restauro*, in *Lo stucco cultura, tecnologia, conoscenza*, Atti del convegno di studi, Bressanone, Arcadia ricerche, Mestre-Venezia.
- Adelizzi D. 2000, *Parquet: come conservarlo e mantenerlo*, in *Professional Parquet*, n. 2.
- Aghemo C., Alfano G., Filippi M., Stella M. 1992, *L'umidità ascendente nelle murature, tecniche di intervento*, in «Recuperare», n. 2.
- Aghemo C., Cirillo E., Filippi M., Fato I. 1991, *L'umidità nelle murature – Una metodologia d'indagine*, in «Recuperare», n. 7.
- Agnini E. 1986, *Interventi su ceramiche e vetri*, in *Fatti come nuovi. Restauri di oggetti d'arte applicata nel Museo Poldi Pezzoli*, Centro Di, Firenze.
- Alberti L., Tomeucci A. 1992, *Intervento di restauro sui mosaici dell'arco di ingresso al presbiterio della basilica di San Vitale a Ravenna. Consolidamento in situ e reintegrazione delle lacune*, in Iannucci A. M., Fiori C., Muscolino C. (a cura di) 1992, *Mosaici a San Vitale e altri restauri: il restauro in situ dei mosaici parietali*, Atti del convegno nazionale sul restauro in situ dei mosaici parietali, Ravenna 1-3 ottobre 1990, Longo, Ravenna.
- Alessandrini G. 1986, *San Michele in Pavia: prove di laboratorio per la valutazione dell'efficacia di interventi conservativi*, in *La pietra del san Michele: restauro e conservazione*, Atti del convegno Pavia 21 settembre 1985, Pavia.
- Alessandrini G., Pasetti A. 1994, *La pulitura delle superfici lapidee: stato dell'arte e problematiche*, in AA.VV., *Recupero Edilizio*, vol. 9, Alinea, Firenze.
- Alessandrini G., Sansonetti A., Pasetti A. 1997, *The cleaning of stone surfaces: comparison between laser and traditional methods. Evaluation of the harmfulness*, Proceedings of 4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean, Rhodes, vol. 3, pp. 19-30.
- Alessandrini G., Peruzzi R., Toniolo L., Pasetti A. 1995, *Pulitura di superfici lapidee: parametri e metodologie per la valutazione della nocività dei trattamenti*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995, *La pulitura*

- delle superfici dell'architettura, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Allington C. 1986, *Consolidation of cellulosic fibre materials*, in *The Care and Preservation of Ethnological Materials*, CCI.
- Almesberger D., Caldart R. 1986, *Consolidamento di opere storiche in muratura mediante iniezioni di prodotti speciali a base cementizia o formulati epossidici*, in AA.VV., *Manutenzione e conservazione del Costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Alonso C. M., Borrelli E. 1995, *Uso e abuso del carbonato di ammonio nella pulitura delle opere d'arte*, in Biscontin G., Driussi Guido (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura. Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995*, Libreria Progetto, Padova.
- Amati F. 1993, *Restauro ligneo secondo le regole dell'arte*, Di Baio, Milano.
- Ambrosi M., Baglioni P., David P. R., Dei L., Giorgi R., Lalli C., Lanterna G., Mairani A., Matteini M., Rizzi M., Schonhaut G. 1999, *Inorganic consolidants and protectives for architectonic surfaces: experimental tests on Santa Prisca church apse in Rome*, in Proceedings of international symposium science and technology for the safeguard of cultural heritage in the mediterranean basin, 5-9 luglio 1999, Elsevier-Amsterdam, Parigi.
- Ambrosi M., Baglioni P., Dei L., Giorgi R., Neto C. 2001, *Dispersions of Ca(OH)<sub>2</sub> in aliphatic alcohols: a new tool in cultural heritage conservation*, *Progress in colloid and polymer science* (in corso di stampa).
- Ambrosi M., Baglioni P., Dei L., Giorgi R., Neto C. 2001, *Nanosized crystals of Ca(OH)<sub>2</sub>: properties and application*, *Langmuir*, n. 17.
- Amoroso G. G., Camaiti M. 1997, *Scienza dei materiali e restauro. La pietra: dalle mani degli artisti e degli scalpellini a quelle dei chimici macromolecolari*, Alinea, Firenze.
- Andreani I. 1997, *Il falegname*, Hoepli, Milano.
- Angelucci S., Fiorentino Paola, Kosinkova J., Marabelli M. 1978, *Pitting corrosion in copper and copper alloys: comparative treatment tests*, in «Studies in Conservation», n. 23.
- Annoni T., Antonelli E., Giusti A. 1990, *I mosaici del Battistero di San Giovanni: l'intervento sulla parete Sud-Occidentale*, in «O.P.D. Restauro», vol. 2.
- Anon 1983, *Adhesives and coatings*, Crafts Council, London.
- Antonelli E. 1992, *Stacco e ricollocazione del pannello musivo raffigurante il profeta Elia nel Battistero di Firenze*, in Iannucci A. M., Fiori C., Muscolino C. (a cura di), *Mosaici a San Vitale e altri restauri: il restauro in situ dei mosaici parietali*, Atti del convegno nazionale sul restauro in situ dei mosaici parietali, Ravenna 1-3 ottobre 1990, Longo, Ravenna.
- Antonelli E., Raddi Delle Ruote G. 1994, *I mosaici del Battistero di San Giovanni*, in «OPD Restauro», n. 6.
- Anvides (a cura di) s.d., *Guida tecnica n. 1. Tecnologie di protezione del legno*, dattiloscritto.
- Appolonia L. 1995, *Pulitura: metodi e materiali*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*. Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Arcolao C. 1998, *Le ricette del restauro: malte, intonaci, stucchi dal XV al XIX secolo*, Marsilio, Venezia.
- Ashurst J. 1984, *The cleaning and treatment of limestone by the limemethod*, part I, *Monumentum*, col. 27, n. 3.
- Ashurst J., Ashurst N. 1988, *Practical building conservation. Brick, terracotta and earth*, Gower Technical Press, Aldershot.
- Ashurst J., Ashurst N., Wallis G., Toner D. 1988, *Practical building conservation-Metals*, Gower Technical Press, Aldershot.
- Ass.I.R.C.Co. 1979, *La conservazione dei monumenti – Metodologie di ricerca e tecniche di consolidamento contro il degrado*, Atti del I corso di informazione, Perugia.
- Asti P. 1996, *Umidità e condense. La prevenzione, la diagnosi, il risanamento*, Be-ma Editrice, Milano.
- Astrua G. 1979, *Manuale del Mastro Muratore*, Hoepli, Milano.
- Avramidou N. 1990, *Criteri di progettazione per il restauro delle strutture in cemento armato*, Napoli, Li-guori.
- Avramidou N. 1991, *Affidabilità del cemento armato*, in «Recuperare», n. 5.
- Avramidou N. 1992, *Affidabilità del cemento armato*, in «Recuperare», n. 8.
- Bacci G., Boanini E., Dolcini L., von Krannichfeldt C., Palei G., Vadalà C. 1995, *Gli arazzi della Passione di Venezia: tecnica e metodo nel consolidamento del tessuto*, «OPD Restauro», n. 7.
- Bacci M., Linari R., Orlando A., Radicati B. 1993, *Non destructive investigations of calcium oxalate films*, in «Science and technology for cultural heritage», n. 2.
- Baglioni P., Cesari C., Dei L., Giorgi R., Grassi R., Lorenzetti M., Mauro M., Pinzani D., Ruffo P., Schonhaut G. 2001, *Stucco forte veneziano con 'tecniche della tradizione': proprietà chimico-fisiche, degrado in ambiente lagunare e conservazione mediante nanofasi cristalline di Ca(OH)<sub>2</sub>*, in *Lo Stucco – Cultura, Tecnologia, Conoscenza*, Atti del XVII Convegno internazionale scienza e beni culturali, Bressanone, 10-13 luglio 2001, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Baglioni P., Dei L., Giorgi R. 2000, *A New method for wall painting consolidation based on stable calcium hydroxide suspension*, in «Studies in Conservation», n. 45.
- Baglioni P., Giorgi R. 1999, *Innovative physicochemical methodologies for the preventive conservation of wall paintings*, in «OPD Restauro», n. 11.
- Baldini U. (a cura di) 1983, *Metodo e Scienza: operatività e ricerca nel restauro*, Catalogo della mostra, Firenze 23 giugno 1982-6 gennaio 1983, Sansoni Editore, Firenze.
- Baldini U. 1993, *Teoria del restauro e unità di metodologia*, Nardini, Firenze.

- Baldini U., Dal Poggetto P. 1972, *Firenze restaurata – Il laboratorio nel suo quarantennio*, Catalogo della mostra, Firenze.
- Balzarotti-Kämmlein R. 2000, *Progetto di ricerca per la verifica nel tempo di nuovi biocidi e protettivi per malte e intonaci di interesse storico*, in *Consolidanti e protettivi in uso sui materiali inorganici porosi di interesse artistico ed archeologico*, Atti del convegno, Trento, 25-27 febbraio 1999, Servizio beni culturali, Trento, Provincia autonoma di Trento.
- Bandini G. 1995, *Note sul restauro della ceramica e del vetro*, in «I beni culturali», n. 3.
- Bandini G. s.d., *Sul restauro dei pavimenti maiolicati*, in AA.VV., *Azulejos le superficies dell'azzurro*, Catalogo della mostra curata da Ars Latina, Parigi.
- Barberini P. 1985, *Protettivi superficiali per materiali lapidei*, Tesi di diploma discussa presso l'Opificio delle pietre dure, Firenze.
- Barbisan U., Laner F. 1995, *I solai in legno*, Franco Angeli, Milano.
- Baroni G. 1985, *Le tinteggiature tradizionali degli intonaci esterni nei centri storici*, in Biscontin G. (a cura di), *L'intonaco: storia cultura e tecnologia*, Atti del convegno di studi Bressanone, libreria Progetto, Padova.
- Baroni G. 1986, *Problemi e tecniche di conservazione delle tradizionali scale in pietra di Vicenza*, in Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione ed innovazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone 24-27 giugno 1986, Libreria Progetto, Padova.
- Baronio G., Binda L., Cantoni F., Rocca P. 1991, *Misura della durabilità di trattamenti consolidanti e protettivi: modelli fisici esposti in ambiente esterno*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*. Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Bartolini C. 2001, *Gli interventi di protezione delle parti in oggetto*, in «Arkos – Speciale G8», n. 1.
- Basile A. 1992, *Restauro delle tarsie di Giunio Basso*, in Iannucci A. M., Fiori C., Muscolino C. (a cura di), *Mosaici a San Vitale e altri restauri: il restauro in situ dei mosaici parietali*, Atti del convegno nazionale sul restauro in situ dei mosaici parietali, Ravenna 1-3 ottobre 1990, Longo, Ravenna.
- Bassier C. 1985, *Restauration d'une mosaïque in situ*, in *Conservation in situ*, Aquileia 1983, Iccrom, 1985, pp. 149-162.
- Bauce L. 1998, *La protezione*, in «Recupero & Conservazione», n. 24.
- Bauce L. 2001, *Tecniche di facciata: manufatti in legno*, in «Recupero & Conservazione», nn. 38-39.
- Becattini A. 1989, *Il restauro della vetrata dell'Occhio nella Basilica di San Francesco ad Arezzo*, in «Kermes», n. 4.
- Bellina A., Doglioni F., Quendolo A., Biscontin G., Mietto D. 1991, *L'integrazione delle lacune nella ricostruzione per anastilos del paramento lapideo del duomo di Venzone: aspetti concettuali e modi esecutivi*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Belluomini F. 1927, *Falegname ed ebanista*, Hoepli, Milano.
- Beltrame D. 1995, *L'intervento di pulitura e la 'grande dimensione' delle superfici dell'architettura*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Bensi P. 1987, *Il laboratorio di analisi chimiche dell'Accademia ligustica di Belle Arti*, in «Quaderni dell'Accademia ligustica di Belle Arti», n. 9.
- Bentini J. 1982, *Di alcuni restauri su tessuti storici: metodi e cure di intervento diretti dalla Sovrintendenza ai Beni Artistici e Storici di Bologna*, in AA.VV., *Conservazione e restauro dei tessuti*, Milano.
- Berardi M. C., Nimmo M., Paris M. 1993, *Il cuoio dorato e dipinto, ricerche e conservazione*, in «Materiali e Strutture», n. 3.
- Berardi M. C., Nimmo M., Paris M. 1990, *Parati in cuoio a cimitura. Cenni su una tecnica poco nota e problemi di conservazione*, in *Rivestimenti murali in carta e cuoio. Tecniche esecutive, conservazione e restauro*, Atti della giornata di studio, Roma 3 dicembre 1990, Centro studi per la conservazione della carta.
- Berger G. 1972, *Testing adhesives for the consolidation of paintings*, in «Studies in Conservation», n. 17.
- Bernardini G. P., Casini M. C., Corazza M., Lalli C., Matteini M., Moles A., Nencetti P., Nepoti M. R., Trosti Ferroni R. 1995, *Il San Giovanni Battista del Ghiberti: studi sullo stato di conservazione della superficie bronzea*, «OPD Restauro».
- Berti S., Bertolini Cestari C., Macchioni N., Zanuttini R. 1999, *Quale manutenzione per gli antichi pavimenti di legno?*, in AA.VV., *Ripensare alla manutenzione*, Atti del XV convegno di studi, Bressanone, Arcadia ricerche, Padova.
- Bertoldi M. 1996, *Lastrico alla napoletana*, in Carbonara G. (a cura di), *Trattato di Restauro architettonico*, vol. II, Utet, Torino.
- Bertolini C., Del Senno M., Macchioni N. 1995, *La pulitura dei decori e dei rivestimenti lignei in architettura: indagini tecnologiche e tecnologie di intervento*, in Biscontin G., Driussi, G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Bertoncello G. 2000, *Note tecniche e metodologiche sulla ricostruzione virtuale della Pala di S. Giobbe*, in Goffen R., Nepi Scirè G. (a cura di), *Il colore ritrovato - Bellini a Venezia*, Catalogo della mostra, Electa, Venezia, 2000.
- Bezoari G., Monti C., Selvini A. 1992, *La fotogrammetria per l'architettura*, Liguori, Napoli.
- Bianchi G., Mazza F. 1980, *Corrosione e protezione dei metalli*, Massa Italia, Milano.
- Bianchi P. 1994, *Umidità nei fabbricati, analisi tecniche di prevenzione e risanamento*, Be-Ma, Milano.

- Bidorini S., Brini A. 1983, *Caratteristiche e metodi di impiego dei materiali utilizzati nel restauro del rame, delle sue leghe e del ferro*, Firenze, Opificio delle pietre dure, Tesi di diploma.
- Binda L., Anzani A., Modena C. 1997, *Investigation for the design and repair of an historical stone masonry wall*, in *7th Int. Conf. Structural Faults & Repair*, Edimburg.
- Binda L., Modena C., Baronio G. 1993, *Strengthening of masonries by injection technique*, in *6th North American Masonry Conference*, Philadelphia.
- Binker G. 1995, *Insektenfallen gegen Anobienbefall*, in «Restauro», n. 6.
- Biscontin G. 1982, *Interventi conservativi sui materiali lapidei*, in F. Galloni (a cura di), *Il restauro delle costruzioni in muratura: problemi metodologici e tecniche di consolidamento*, Atti del II corso di informazione Assirco, Venezia 21-23 maggio 1980, Kappa, Roma.
- Biscontin G. 1983, *La conservazione dei materiali lapidei: trattamenti conservativi*, in *La pietra: interventi, conservazione e restauro*, Atti del convegno internazionale Lecce 1981, Congedo Editore, Galatina.
- Biscontin G. (a cura di) 1986, *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone 24-27 giugno 1986, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G. (a cura di) 2001, *Lo stucco, Cultura, Tecnologia, Conoscenza*, Atti del convegno di studi, Bressanone.
- Biscontin G., Bakolas A., Longega G., Moropoulou A., et alii, 1994, *Proposta di una metodologia per la valutazione della pulitura di superfici lapidee*, in Fassina V., Ott H., Zezza F., *La conservazione dei monumenti nel bacino del Mediterraneo*, Atti del 3° simposio internazionale, Venezia, 22-25 giugno 1994, Soprintendenza ai beni artistici e storici di Venezia, Venezia.
- Biscontin G., Bakolas A., Maravelaki P., Zendri E. 1992, *Indagini sulle azioni chimico-fisiche dell'ambiente sui laterizi*, in Biscontin G. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G., Botteghi C., Dalla Vecchia C., Driussi G., Moretti G., Valle A. 1986, *Studio della stabilità delle resine silconiche impiegate nella conservazione dei materiali lapidei*, in Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G., Cecchi R. 1987, *Progetto e intervento di consolidamento sui materiali litoidi. Considerazioni e proposte operative per un nuovo cantiere*, del «Bollettino d'arte», supplemento al n. 41 vol. II.
- Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995, *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 2000, *La prova del tempo: verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 27-30 giugno 2000, Arcadia ricerche, Venezia.
- Biscontin G., Driussi G., Ferrari G., Zendri E. 1992, *La protezione delle murature in mattone con silani: le mura di Ferrara*, in Biscontin G. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi, Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G., Mietto D. (a cura di) 1991, *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G., Nicola G. L., Zendri E. 1991, *Controllo e valutazione di interventi sottovuoto su manufatti lapidei*, in G. Biscontin, D. Mietto (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G., Zendri E., Bakolas A., Polloni R., et alii, 1995, *Valutazione degli effetti della pulitura mediante laser su alcuni supporti lapidei carbonatici*, in Biscontin G., (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Biscontin G., Zendri E., Schionato A. 1991, *Protettivi acrilici nella conservazione della pietra*, in «Materiali e Strutture. Problemi di conservazione», n. 3.
- Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1999, *Ripensare alla manutenzione: ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 29 giugno-2 luglio 1999, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1997, *Lacune in architettura: aspetti teorici ed operativi*. Atti del convegno di studi, Bressanone, 1-4 luglio 1997, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Biscontin G., Driussi G. (a cura di) 1995, *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Boaga G. (a cura di) 1998, *Dizionario dei materiali e dei prodotti*, Utet, Torino.
- Boato A., Decri A. 1999, *Porte e finestre, trasformazione e manutenzione*, in *Ripensare alla manutenzione - Ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Bocchieri F. 1987, *Il progetto di consolidamento del settecentesco scalone esterno del palazzo Pallavicini a Genova-Rivarolo*, in Biscontin G., Angeletti R. (a cura di), *Conoscenze e sviluppi teorici per la conservazione di sistemi costruttivi tradizionali in muratura*, Atti del convegno di studi, Bressanone 23-26 giugno 1987, Libreria Progetto, Padova.
- Boccia Paterakis A. 1999, *The search for an ideal: reversibility in ceramic conservation*, in Oddy A., Carroll S. (a cura di), *Reversibility: does it exist?* British Museum, London.
- Bonetti S. 1995, *Materiali e tecniche di integrazione per la ceramica. Il caso della maiolica: esperienze a confronto*, Tesi di diploma del settore terrecotte dell'Opificio delle pietre dure, Firenze.
- Bonetti S., Lanterna G., Michelucci M., Tosini I. 2000, *Il restauro dei bacini ceramici del duomo di San Miniato in Pisa. Tecniche e metodi di integrazione per la ceramica*, in «OPD Restauro», n. 12.

- Bonollo M. 1992, *La costruzione del vedere. Simulazione visiva, realtà virtuale e costruzione del mondo*, Nuovo Progetto, Vicenza.
- Borasi V. 1983, *Restauro o aumento della capacità portante, di strutture lignee, mediante protesi a base di resine sintetiche*, in Tampone G. (a cura di) *Legno nel restauro e restauro del legno*, Palutan, Milano.
- Borasi V. 1985, *Confronti tecnologici tra le diverse tecniche per il recupero di strutture portanti in legno*, in AA.VV., *Riabitat. Tecniche e tecnologie del recupero*, Sagep, Genova.
- Bortolotti I. 1999, *Grafica al computer per il restauratore*, Il Prato, Padova.
- Botticelli G. 1987, *Metodologia di pulitura per pitture murali e di consolidamento con un materiale minerale (bario idrato)*, in *Il restauro nelle opere d'arte*, Accademia nazionale virgiliana, Mantova.
- Botticelli G. 1996, *Metodologia di restauro delle pitture murali*, Centro Di, Firenze.
- Botticelli G., Danti C., Giovannoni S. 1984, *Twenty years of barium application on mural painting. Methodology of application*, in Icom, Committee for Conservation, 7th Triennial Meeting, Copenhagen.
- Brandi C. 1956, *Nota sulle tecniche dei mosaici parietali in relazione al restauro e alle datazioni*, «Bollettino dell'Istituto Centrale del Restauro», nn. 25-26.
- Brandi C. 1996, *In Situ*, in «Settecittà».
- Brino G. 1986, *Le tinte a calce, ad affresco a secco, nel restauro delle facciate. Esperienze e problemi*, in Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione*, Atti del convegno di studi Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Brivio E. 1981, *Il restauro conservativo delle vetrate del Duomo di Milano*, in Dezzi Bardeschi M., Sorlini C. (a cura di), *La conservazione del costruito*, Clup, Milano.
- Brivio E. 1995, *Il restauro conservativo delle vetrate storiche: l'esperienza vissuta al Duomo di Milano*, in «I Beni Culturali», n. 3.
- Broccolo A. 2000, *Malte, intonaci e paste nelle costruzioni e nel recupero*, Carocci, Roma.
- Brunetto A., Rava A. 1997, *Intervento di pulitura mediante sistema laser: le statue della facciata della chiesa dei SS. Martiri a Torino*, in «Progetto restauro», n. 5.
- Brusati G., Laner F. 1992, *Innovazione dal recupero* in «Recuperare», n. 5.
- Bulgarella Westerman M. 1987, *Interventi conservativi sulle tappezzerie di Palazzo Pitti*, in AA.VV., *Le tappezzerie nelle dimore storiche. Studi e metodi di conservazione*, Allemandi U., Firenze.
- Burrini F., Dolcini L. 1994, *Un bronzo del Giambologna del museo di Capodimonte*, in «OPD Restauro».
- Burrini F., Nencetti P. 1988, *La tecnica dell'intervento*, in Dolcini L. (a cura di), *Donatello e il restauro della Giuditta*, palazzo Vecchio sala dei Gigli, 15 maggio-31 ottobre 1988, Centro Di, Firenze.
- Burrini F., Nencetti P. 1992, *Il restauro delle figure bronzee di Cristo e di San Tommaso*, in Dolcini L. (a cura di), *Il maestro di Leonardo. Il restauro dell'incredulità di San Tommaso di Andrea del Verrocchio*, Silvana Editoriale, Firenze.
- Butazzoni N., Casoli A., Cremonesi P., Rossi P. 2000, *Preparazione e utilizzo di gel enzimatici, reagenti per la pulitura di opere policrome* in «Progetto restauro», n. 16, pp. 11-19.
- Ccaicrom 1986, *La Conservazione sullo Scavo Archeologico*, Roma.
- Cagiano de Azevedo M. 1992, *Restauri a porte di bronzo*, in «Bollettino dell'Istituto Centrale del Restauro», nn. 9-10.
- Calcagno G. 1997, *Laser per la pulitura delle croste nere*, in «Recupero & Conservazione», n. 15.
- Caleca L., De Vecchi A. 1990, *Tecnologie di consolidamento delle strutture murarie*, Flaccovio, Palermo.
- Calza G. 1930, *Restauro di antichi edifici in Ostia*, in «Bollettino d'Arte», VII, serie II, 1930.
- Camaiti M. 2000, *Consolidamento e protezione dei materiali inorganici: considerazioni generali sui prodotti sulle tecniche di applicazione*, in: *Consolidanti e protettivi in uso sui materiali inorganici porosi di interesse artistico ed archeologico*, Atti del convegno, Trento, 25-27 febbraio 1999, Provincia autonoma di Trento. Servizio beni culturali, pp. 10-47.
- Camaiti M., Botticelli S., Scala A., Piacenti F., Biscontin G., Mietto D. 1991, *Sintesi e sperimentazione di nuovi perfluoropolietteri funzionalizzati da impiegare quali protettivi di materiali lapidei*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991 Libreria Progetto Editore, Padova.
- Camaiti M., Granato A., Giusti E., Manganelli del Fà C., et alii, 1995, *Pulitura del cotto per pavimentazione*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto Padova.
- Camaiti M., Ingoglia R., Moggi G., Pasetti A., Scala A., 1991, *Controllo della reversibilità di trattamenti protettivi effettuati con polimeri fluorurati su materiali lapidei*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le Pietre nell'Architettura. Strutture e Superfici*, Atti del convegno di studi di Bressanone, 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Campanella C. 1994, *Umidità: un aggiornamento sulle tecniche*, in «Ananke», n. 5.
- Cancellieri S. 1998, *La tecnica della risarcitura muraria*, in Biscontin G. e Driussi G. (a cura di), *Progettare i restauri. Orientamenti e metodi - Indagini e Materiali*, Atti del convegno di studi di Bressanone, 30 giugno-3 luglio 1998, Arcadia ricerche, Marghera, pagg. 331-399.
- Caneva G. 1985, *Ruolo della vegetazione nella degradazione di murature ed intonaci*, in Caneva G., Nugari M. P., Salvadori O. 1994, *La biologia nel restauro*, Nardini, Firenze.
- Caneva G., Nugari M. P., Salvadori O. 1994, *La biologia nel restauro*, Nardini, Firenze.
- Caneva G., Nugari M. P., Pinna D., Salvadori O. 1996, *Il controllo del degrado biologico - I biocidi nel restauro dei materiali lapidei*, Nardini, Firenze.

- Caniato G., Dal Borgo M. 1990, *Le arti edili a Venezia*, Edilstampa s.r.l., Roma.
- Capponi G., Meucci C. 1987, *Il restauro del paramento lapideo della facciata della Chiesa di S. Croce a Lecce*, in «Bollettino d'Arte», supplemento al n. 41, *Materiali Lapidei*, vol. II.
- Carbonara G. (a cura di) 1996, *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino.
- Cardinale G. 1989, *Le strutture lignee di copertura e di impalcato nel Palazzo d'Arnolfo (secolo XIV-XV) in San Giovanni Valdarno: restauro e consolidamento*, in Tampone G. (a cura di), *Il restauro del legno*, Nardini, Firenze.
- Carotti P. 1991, *Il restauro del Dio Padre; problemi e tecniche d'intervento*, in «Bollettino d'Arte», n. 66.
- Carraro E. 2001, *I colori del Settecento. Il restauro di Villa Sanchioli ad Abbiategrasso (MI)*, in «Recuperare l'edilizia», n. 21.
- Carria F. (a cura di) 1991, *Tecnologie per un recupero*, in «Modulo» n. 173.
- Carria F. 1994, *Le facciate. Tecniche e materiali per il recupero*, Be-Ma, Milano.
- Carria F. 1999, *La manutenzione delle facciate. Tecnologie e metodi di conservazione*, Be-Ma Editrice, Milano.
- Casazza O. 1981, *Il restauro pittorico nell'unità di metodologia*, Nardini Editore, Firenze.
- Cassio A. 1982, *Detachement des mosaïques - Methode du puzzle*, in «Newsletter-cronique» n. 5.
- Cassio A. 1986, *Per una nuova tecnica di restauro musivo*, in *Metodologia e prassi della conservazione musiva*, Atti del I seminario di studi, Ravenna maggio 1983, Longo Editore, Ravenna.
- Castelli C., Ciatti M., Giovannini C., Parri M., Petrone P., Santacesaria A. 1998, *Il politico «duccesco» di Montalcino: tecnica d'esecuzione, vicende conservative e restauro*, in «OPD Restauro», n. 10.
- Castelli C., Gambetta A., Matteini M., Moles A., Orlandi E., Pandolfo A., Rizzi M., Sansoni M., Tosini I. 1989, *Studio sull'utilizzo di una formulazione a base di perimetrina per il trattamento dei manufatti lignei di interesse artistico*, in Tampone G. (a cura di), *Il restauro del legno*, vol. I, Nardini, Firenze.
- Castelli C., Parri M., Santacesaria A. 1992, *I supporti lignei: problemi di conservazione*, sta in Ciatti M. (a cura di), *Problemi di restauro. Riflessioni e ricerche. I sessant'anni di attività del laboratorio di restauro dei dipinti - 1932-1992*, Edifir, Firenze.
- Caterina G. 1989, *Tecnologia del recupero edilizio*, Utet, Torino.
- Caterina G. 1995, *Il recupero degli infissi*, Utet, Torino.
- Cattanei A. 1995, *L'umidità si ferma anche con l'elettricità*, in «Specializzata Edilizia», n. 46.
- Cavalletti R., Marchesini L., Strazzabosco G. 1979, *Tecnologie di consolidamento e di restauro figurativo di sculture in pietra tenera dei colli Berici*, in *Deterioramento e Conservazione della pietra*, Atti del 3° congresso internazionale, Venezia 24-27 ottobre 1979, Fondazione Giorgio Cini, Venezia.
- Ceccotti, L. Uzielli 1989, *Sul grado di affidabilità delle strutture lignee antiche*, in *Il restauro del legno*, Atti del convegno nazionale, Firenze, 1989, Firenze, Nardini Editore.
- Cerri M. G. 1976, *Esperienze sui materiali lapidei: la Basilica S. Andrea a Vercelli - il palazzo Madama a Torino*, in Rossi Manaresi (a cura di), *The conservation of stone I*, Proceedings of the International Symposium, Bologna, 1975, Centro per la conservazione delle sculture all'aperto, Bologna.
- Chellini L. 1997, *Attualità dei magisteri di riparazione delle capriate della chiesa di Ognissanti a Firenze*, in «Adrastea, Habitat Legno» n. 10.
- Cherido M., Fassina V., Fresa F. M. 2000, *Venezia. Verifica dell'efficacia dei trattamenti protettivi applicati nel corso del restauro di una facciata lapidea*, in Biscontin G., Driussi G., *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del Convegno di Studi, Bressanone 27-30 giugno 2000, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Cianetti E. 1987, *Vernici e pitture per il legno*, in Tampone G. (a cura di), *Legno nel restauro e restauro del legno*, Atti del I convegno, Palutan, Milano.
- Ciardelli F., Aglietto M., Castelvetro V. 1997, *Struttura e proprietà protettive di polimeri fluorurati filmabili*, in *La Superficie dell'Architettura*, Pisa 15-19 settembre 1997.
- Ciatti M., Lari R. 1997, *Paliotto in cuoio decorato e dipinto*, in «OPD Restauro», n. 9.
- Cigni G. 1977, *Murature degradate dall'umidità e dall'inquinamento ambientale*, Kappa, Roma.
- Cigni G. 1978, *Il consolidamento murario*, Edizioni Kappa, Roma.
- Cigni G. 1981, *Nuove tecniche di consolidamento di travi in legno*, Kappa, Roma.
- Cigni G., Codacci-Pisanelli B. 1987, *Umidità e degrado negli edifici, diagnosi e rimedi*, Kappa, Roma.
- Ciliento B., Sasseti M. 1991, *I Succhi d'erba di Palazzo reale di Genova*, in «Kermes, Arte e Tecnica del restauro», n. 12.
- Cilla M., Sabelli R. 1997, *La reintegrazione nel consolidamento di edifici antichi: alcuni esempi a Vulci*, in Segarra Lagunes M. M. (a cura di), *La reintegrazione nel restauro dell'antico. La protezione del patrimonio a rischio sismico*, Atti del seminario di studi di Paestum 11-12 aprile 1997, Gangemi Editore, Roma.
- Codello R. 1995, *La pulitura degli intonaci*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto Padova.
- Cole F. W. 1989, *Stained glass conservation at Canterbury Cathedral*, in «Occasional Papers», n. 9.
- Cole F. W. 1981, *The restoration of stained glass in Canterbury*, in *Conservation and preservation of stained glass*, Atti della conferenza internazionale, Luntern.
- Collepari M. 1997, *Gli intonaci macroporosi - Una tecnica di risanamento per le murature umide*, in «Enco Journal», n. 4.
- Collepari M. 1997, *Trattamenti idrofobizzanti a base silanica: invisibili e impalpabili, ma funzionano*, in «Enco Journal», n. 6.

- Collepari M., Coppola L. 1991, *Il risanamento degli edifici storici: situazione attuale e prospettive nella ricerca*, in «L'edilizia», settembre 1991.
- Collepari M., Coppola L., Pistolesi C. 1993, *Materiali e tecnologie per il restauro delle opere in calcestruzzo*, in *Calcestruzzi Antichi e Moderni: Storia, Cultura e Tecnologia*, Atti del convegno di scienza e beni culturali, Bressanone 1993, Libreria Progetto, Padova.
- Collepari M., Coppola L., Pistolesi C. 1993, *Materiali e tecnologie per il restauro delle opere in calcestruzzo*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Calcestruzzi Antichi e Moderni: Storia, Cultura e Tecnologia*, Atti del convegno di scienza e beni culturali, Bressanone 1993, Libreria Progetto, Padova.
- Conti A. 1996, *Manuale di restauro*, a cura di Marina Romiti Conti, Einaudi, Torino.
- Conti C. 1986, *Il consolidamento della pietra nella dimensione del grande cantiere: metodi inorganici ed organici su superfici marmoree*, in Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione ed innovazione*, Atti del convegno di studi, Bressanone 24-27 giugno 1986, Libreria Progetto, Padova.
- Conti C., Martines G. 1996, *I mosaici*, in *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino.
- Conti C., Martines G., Usai C. 1996, *Interventi su materiali e superfici*, in Carbonara G. (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, Utet, Torino, vol. III.
- Conti S. (a cura di) 1995, *Borsa per il corporale. Scheda di restauro*, in «OPD Restauro», n. 7.
- Conti S. 1996, *Pulitura dei tessili antichi. Microaspirazione controllata, presentazione di un nuovo apparecchio*, in «OPD Restauro», n. 8.
- Conti S., Dolcini L. 1989, *Un decalogo per il consolidamento ad ago: la casula in seta sassanide di Abbazia S. Salvatore*, in «OPD Restauro», n. 1.
- Coppola L. 1996, *Umidità nelle costruzioni: diagnosi e rimedi*, in *Sintesi tecnica del convegno: Manutenzione e recupero, l'umidità negli edifici*, Mapei.
- Corallini A., Bertuzzi V. 1994, *Il restauro delle vetrate*, Firenze, Nardini.
- Cordaro M. 1985, *Il problema delle lacune nei mosaici*, in *Mosaïque n. 3, Conservation in situ*, Aquileia 1983, Iccrom, Roma.
- Cosentino M. C., Terranova F., Margiotta G., Doria N., Pellegrino L., Mannuccia F. 1991, *Restauro Conservativo del prospetto lapideo della chiesa del collegio dei gesuiti di Trapani*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Costanzi Cobau A. 1985, *La pittura a calce: osservazioni*, in Biscontin G. (a cura di), *L'intonaco: storia cultura e tecnologia*, Atti del convegno di studi Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Contrait J. P. 1996, *Les secrets du vernissage*, Editions d'Art Charles Moreau, Paris.
- Contrait J. P. 1998, *Trucs et procédés du bois*, Editions d'Art Charles Moreau, Paris.
- Cremonesi P. 1995, *Nuovi materiali e metodi per la pulitura dei dipinti*, Phase, Firenze.
- Cremonesi P. 1999, *L'uso degli enzimi nella pulitura di opere policrome*, Il Prato, Padova.
- Croce S., Galimberti V. 1992, *Impermeabilizzazione di costruzioni interrato*, Pirola, Milano.
- Crovato A. 1989, *I pavimenti alla veneziana*, L'altra Riva, Venezia.
- Cruickshank P., Morgan H. 1995, *An innovative cold-lining technique: the conservation of the Shroud of Resti*, in AA.VV., *Starch and Carbohydrate adhesives for use in textile conservation*, London.
- Dal Bianco M. P., Campanino G., Cinquetti P. M., Ronchetta M. 1995, *Palazzo Bricherasio*, Lybra Immagine, Milano.
- Damien A. 1994, *Application des phénomènes électrocinétiques a l'assèchement des murs*, in Atti del convegno *Le remontée d'eau du sol dans les maçonneries*, Icomos, Parigi.
- Danti C., Matteini M., Moles A. (a cura di) 1990, *Le pitture murali, tecniche, problemi, conservazione*, Centro Di, Firenze.
- Danti C., Giovannoni S., Lalli C., Lanfranchi M. R., Matteini, Moles A., Nepoti M. R. 1997, *Il restauro della facciata dipinta da Giovanni Stalf su disegno di Francesco Salviati nel Palazzo Mellini Fossi a Firenze*, in «OPD Restauro».
- De Angelis d'Ossat G. 1978, *Schemi di corretta integrazione delle lacune murarie*, in De Angelis D'Ossat G., *Sul restauro dei monumenti architettonici. Concetti, operatività, didattica*, Bonsignori, Roma, 1995.
- De Carolis E., Esposito F. 1997, *Il restauro dei mosaici parietali nel ninfeo della Casa dello scheletro e di pavimenti in opus sectile di Ercolano*, in Guidobaldi F., Paribeni A (a cura di), *Atti del V colloquio dell'Associazione italiana per lo studio e la conservazione del mosaico*, Roma, 3-6 novembre 1997, Edizioni del Girasole, Ravenna.
- De Mayerne T. T. 1995, *Pittura, scultura e delle arti minori*, De Rubens, Anzio.
- De Monte M. G. 1992, *Consolidanti e protettivi: esperienze e risultati degli ultimi anni sui monumenti in pietra all'aperto*, in *La pulitura, il consolidamento e la protezione della pietra: problemi applicativi*, in Atti del I incontro tecnico nazionale tra restauratori, Pisa 9-10 maggio 1992.
- De Palma A. 1999, *Immagini digitali e simulazione del restauro*; in Torsello B. P. (a cura di), *Il castello di Rapallo - Progetto di Restauro*, Marsilio, Venezia.
- De Palma A. 2000, *L'uso dell'immagine processing per il controllo del risultato nell'intervento di restauro*, in «Anfione Zeto», n. 13.
- De Sivo B., Cito G., Giordano G., Iovino R. 1992, *Il recupero delle coperture*, Flaccovio, Palermo.
- De Tommaso F. 1984, *Il restauro di San Girolamo della Carità*, in «Bollettino d'Arte», n. 28.
- De Tommasi G. B. 1978, *Cento anni di restauri a Castel del Monte*, in «Continuità», Rassegna Tecnica Pugliese, n. 1.

- De Vita M., Gurrieri F., Suppressa A. 2000, *Il restauro di un luogo della fede. Il Battistero di S. Giovanni in Corte*, in «Recupero e Conservazione» n. 35.
- Dei L., Favaro M., Giorgi R., Portieri R. 2001, *Consolidamento di stucchi veneziani mediante dispersioni alcaliche di calce*, in *Lo Stucco – Cultura, Tecnologia, Conoscenza*, Atti del XVII convegno internazionale scienza e beni culturali, Bressanone, 10-13 luglio 2001, Arcadia Ricerche, Marghera-Venezia.
- Del Bufalo A. 1992, *Conservazione edilizia e tecnologia del restauro*, Edizioni Kappa, Roma.
- Del Pero M. 1971, voce *Chiodature*, in *Enciclopedia italiana delle scienze*, Istituto Geografico De Agostini, Novara.
- Delfini G., Cajano E., Mora P., Ruggieri G., Torraca G. 1991, *Il restauro conservativo della facciata di S. Andrea della Valle in Roma*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Di Francesco C., Bevilacqua F. 1990, *Le finiture di prospetti architettonici rinascimentali a Ferrara: osservazioni storico-critiche e restauro*, in Biscontin G., Volpin S. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: le finiture*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Di Francesco C., Bevilacqua F. 1992, *Il cotto nella decorazione architettonica a Ferrara: tradizione storica e problemi di restauro*, in Biscontin G. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Di Salvo M. A. 1995, *La pulitura delle superfici dell'architettura*, in «Recupero & Conservazione», n. 6.
- Diana S., Fiorentino P., Marabelli M., Santini M. 1981, *Prove di pulitura*, in AA.VV., *Il Restauro dei Cavalli di S. Marco*, Catalogo della mostra, Milano.
- Dinetti M., Gallo Orsi U. 1998, *Colombi e storni in città: manuale pratico di gestione*, Il verde Editoriale, Milano.
- Dini D., Scudieri M. 1990, *Gli affreschi di San Marco nella storia del restauro*, in Danti C., Matteini M., Moles A. (a cura di), *Le pitture murali – Tecniche, problemi, conservazione*, Centro Di, Firenze.
- Doganis Y., Galands A. 1991, *Calcium oxalate patina for new white marble infills*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di) 1991, *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Doglionni F. (a cura di) 2000, *Codice di pratica (linee guida) per la progettazione degli interventi di riparazione, miglioramento sismico e restauro dei beni architettonici danneggiati dal terremoto umbro-marchigiano del 1997*, B.U. – Regione Marche, edizione straordinaria n. 15, Ancona.
- Dolcini L. 1980, *Integrazione delle lacune negli arazzi: etica ed unità metodologica*, in AA.VV., *Conservazione e restauro dei tessuti*, Como.
- Dolcini L. 1996, *Coprileggio millefiori con San Giovanni Battista*, in «OPD Restauro», n. 8, pp. 211-215.
- Dolcini L., Canuti V. 1999, *Il restauro delle poltrone del finimento Pisani*, in «OPD Restauro», n. 11.
- Domaslowski W. 1971, *Rinforzamento strutturale delle opere d'arte in pietra*, in Rossi Manaresi F., Riccomini E. (a cura di), *La conservazione delle sculture all'aperto*, Atti del convegno internazionale, Bologna 23/26 ottobre 1969, Steb, Bologna.
- Domenica G. 1994, *Le tecniche per il recupero edilizio*, NIS, Roma.
- Donati F. 1995, *Trattamenti di superficie e tecniche di manutenzione dei bronzi antichi*, in *Miscellanea in memoria di Giuliano Cremonesi*, Firenze.
- D'Urbano M. S., Giovannone C., Governale P., Pandolfi A., et alii 1994, *La pulitura laser di superfici lapidee: messa a punto di una metodologia standardizzata per il controllo degli effetti*, in Fassina V., Ott H., Zezza F. (a cura di), *La conservazione dei monumenti nel bacino del Mediterraneo*, Atti del 3° simposio internazionale, Venezia, 22-25 giugno 1994, Soprintendenza ai beni artistici e storici di Venezia, Venezia.
- Errico M. 2000, *Un parquet «rivitalizzato»*, in *Professional Parquet*, n. 5.
- Ertag 1982, *Tecnica e pratica del recupero edilizio*, Alinea, Firenze 1982.
- Fabbri B., Ravanelli Guidotti C. 1993, *Il restauro della ceramica*, Firenze, Nardini.
- Fabiani F., Pini R., Salimbeni R., Siano S. 2000, *La tecnica laser nel restauro conservativo: una risposta innovativa alle problematiche della pulitura delle superfici lapidee*, in «Bollettino ingegneri», n. 4.
- Fascina V. 1991, *Il risanamento delle murature. Un esperimento di desalinizzazione a Venezia*, in *Recupero edilizio* n. 6, *Umidità. Tecniche e prodotti per il risanamento*, Alinea, Firenze, 1991.
- Fedeli A. 1989, *Interventi di restauro all'altare ligneo della chiesa del Rosario a Tramutola*, in Tampone G. (a cura di), *Legno e Restauro. Ricerche e restauri su architetture e manufatti lignei*, Atti del 2° convegno *Restauro del legno*, Messaggerie Toscane, Firenze.
- Feiffer C. (a cura di) 1997, *La conservazione delle superfici intonacate*, Skira, Milano.
- Feller R. L. 1975, *Studies on the photochemical stability of thermoplastic resins*, in Icom, 4th Triennial Meeting, Venezia, 75/22/3.
- Feller R. L. 1984, *Thermoplastic polymers currently in use as protective coatings and potential directions for further research*, «Iccom Bulletin», 10, pagg. 5-18.
- Feller R. L., Wilt M. 1990, *Evaluation of cellulose Ethers for conservation*, The Getty Conservation Institute.
- Fenicia M. 1989, *Il restauro del pulpito e dell'altare lignei nella chiesa di S. Antonio ai Cappuccini a Martina Franca (Taranto)*, sta in *Legno e Restauro. Ricerche e restauri su architetture e manufatti lignei*, in Tampone G. (a cura di), Atti del 2° convegno *Restauro del legno*, Messaggerie Toscane, Firenze.
- Fernandez Santiago A. N. 1995, *Metodologia di restauro delle pitture murali. problemi di consolidamento degli strati di intonaco. Aggiornamenti sull'argomento*, Tesi di diploma della scuola di restauro settore conservazione delle pitture murali, Opificio delle pietre dure e laboratori di restauro Firenze.



- Ferragni D., Forti M., Majlet J., Mora P., Teutonico J. M., Torraca G. 1984, *Traitement de peintures murales et de mosaïques par injection de coulis*, in *Adhesifs et Consolidants*, X Congrès International, Paris.
- Ferroni E. 1982, *Restauro chimico strutturale di affreschi solfatati*, in *Metodo e Scienza*, Catalogo della mostra, Sansoni, Firenze.
- Ferroni E., Dini D. 1981, *Chemical structural conservation of sulphatized marbles*, in *The conservation of stone*, Atti dell'International symposium, Bologna.
- Ferruccio R. G. 1999, *Il risanamento delle strutture murarie. Intonaci macroporosi per la bonifica delle murature umide*, in «Recuperare l'edilizia», n. 9.
- Fiette A. 1997, *Tapestry restoration: an historical and technical survey*, in «The Conservator», n. 21, pp. 28-35.
- Finadra E., Borasi V., Cappellino M. 2000, *I soffitti di gesso nel Basso Monferrato*, Parenza, Asti.
- Finch K. 1980, *Changing attitudes - New developments - Full circle*, in AA.VV., *Conservazione e restauro dei tessili*, Ed. Cisst, Como.
- Fiorentino P., Marabelli M., Matteini M., Moles A., 1982, *The Condition of the 'Door of Paradise' by L. Ghiberti. Test and Proposals for Cleaning*, in «Studies in Conservation», n. 4.
- Fiori C. 1989, *Ancoraggi ceramici per mosaici parietali con zone di distacco*, in Fiori C., Fiorentini Roncuzzi I. (a cura di), *Mosaico e restauro musivo*, Quaderni Irtec, vol. 2, C.N.R. - Irtec, Longo, Ravenna.
- Fiori C. 1996, *Mosaico e restauro musivo - Mosaico - Analisi dei materiali e problematiche di restauro, Parte seconda, Applicazione di metodologie analitiche, allo studio dei materiali musivi*, Quaderni Irtec, vol. 5, C.N.R. - Irtec, Longo, Ravenna, 1996.
- Fiori C., Donati F., Roncari E., Mambelli R., Racagni P., Fiori C., Mambelli, R. 1988, *Studio di un nucleo calcareo trattato con tre differenti tipi di resina (acrilica, siliconica, epossidica)*, in Fiori C., Mambelli R. (a cura di), *Mosaico e restauro musivo*, Faenza, C.N.R., Istituto di ricerche tecnologiche per la ceramica.
- Fiori C., Fiorentini Roncuzzi I. (a cura di) 1989, *Mosaico e restauro musivo*, Quaderni Irtec, vol. 2, C.N.R. - Irtec, Longo, Ravenna.
- Fiori C., Mascolino C. 1990, *Restauri ai mosaici della Basilica di San Vitale a Ravenna: l'arco presbiteriale*, C.N.R. - Irtec, Faenza.
- Folli L., Bugini R. 1999, *È ancora possibile la manutenzione?*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Ripensare alla manutenzione: ricerche, progettazione, materiali, tecniche per la cura del costruito*. Atti del convegno di studi, Bressanone, 29 giugno-2 luglio 1999, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Fondelli M. 1992, *Trattato di fotogrammetria urbana e architettonica*, Laterza, Roma-Bari.
- Fontana C. 1995, *Villa Andrea Ponti a Varese: conservazione e manutenzione*, in «Tema» n. 2.
- Forcellino A. 1989, *Glossario dei termini tecnici relativi ai rivestimenti degli edifici romani del XVI e XVII secolo*, in *Manuale del recupero del comune di Roma*, Dei, Roma.
- Forti G. 1984, *Antiche ricette di pittura murale*, Cierre, Verona.
- Forti G. 1993, *L'arte dello stucco*, Safra.
- Fortunati G., Del Bò A., Torresan I., Quarneti G. & A., Grigoletto M. 2000, *Gli intonaci deumidificanti macroporosi*, CD prodotto dalla MAC spa.
- Franchi R., Frediani P., Galli G., Manganelli Del Fa C., Matteoli U., Tiano P. 1979, *Use of fluorinated products as water repellents: study of their behaviour on stone material*, in *Deterioramento e Conservazione della Pietra*, Atti del 3° congresso internazionale di Venezia 24-27 ottobre 1979, pagg. 327-331.
- Franzoni E., Sandolini F. 1999, *Dati sperimentali sul nuovo sistema a barre polarizzate*, in «Tema», n. 2.
- Frison F. 1993, *Il riuso del Padiglione dei Santi*, in «Recuperare», anno 12, n. 2.
- Fumo G., Piana M. 1985, *Notizie sul consolidamento dei mosaici absidali di Torcello*, in AA.VV., *Mosaics n. 3, Conservation in situ*, Aquileia, Iccrom, Roma.
- Galbiati A. 2001, *Adesivi: l'ambiente e le nuove tecnologie*, in «Professional Parquet», n. 4, pp. 36-44.
- Galbiati S., Garavelli C. 2001, *Protezione antigraffito. I risultati di una ricerca sperimentale*, in «Recupero & Conservazione», n. 41.
- Galbiati S., Garavelli C. 2001, *Protezione antigraffito. Una ricerca sperimentale*, in «Recupero & Conservazione», n. 40.
- Gallo Colonna G. 1973, *Le tarsie in pietra*, in Maltese C. (a cura di), *Le tecniche artistiche*, Mursia, Milano.
- Gambetta A. 1983, *Biodegradamento e trattamento dei manufatti in legno*, in Tampone G. (a cura di), *Legno nel restauro e restauro del legno*, Palutan, Milano.
- Gambetta A., De Capua E. L., Mercandini M., Cicolani P. 2001, *Gas non tossici. La disinfestazione di manufatti lignei*, in «Recupero e Conservazione», n. 37.
- Garello G. 1999, *Il rilievo topografico - Il rilievo fotogrammetrico*, in Torsello B. P. (a cura di), *Il castello di Rapallo - Progetto di Restauro*, Marsilio, Venezia.
- Gasparoli P. 1997, *La manutenzione delle superfici edilizie*, Alinea, Firenze.
- Gassa L., Sfrecola S. 1991, *Chiesa di San Matteo (Ge): problematiche del restauro*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Geddo M., Marangoni R. 2001, *Le immagini digitali*, Hoepli, Milano.
- Gelsomino L. (a cura di) 1988, *Recupero edilizio 6. Umidità. Tecniche e prodotti per il risanamento*, Alinea, Firenze.
- Gessani P., Mancinelli E. 1993, *Interventi conservativi sui pavimenti in cotto dell'abbazia alto-medievale di San Vincenzo al Volturno*, in Masetti, Bitelli (a cura di), *Archeologia, recupero, conservazione*, Nardini, Firenze.
- Gheron G. 1983, *Criteri di intervento sulle strutture in legno*, in Del Piero G., *Il consolidamento delle costruzioni*, Cism, Udine.

- Giantomassi Zari D. 1990, *La chiodatura con tiranti in fibra sintetica effettuata per il restauro dei mosaici di S. Prassede in Roma*, in Iannucci A. M., Fiori C., Muscolino C. (a cura di) 1990, *Mosaici a San Vitale e altri restauri: il restauro in situ dei mosaici parietali*, Atti del convegno nazionale sul restauro *in situ* dei mosaici parietali, Ravenna 1-3 ottobre 1990, Longo, Ravenna.
- Gieri V. 1994, *Restauro, risanamento, consolidamento e impermeabilizzazione edilizia*, Maggioli, Rimini.
- Gilberg M. 1989, *Inert atmosphere fumigation of museum objects*, in «Studies in Conservation» n. 34.
- Gilberg M. 1990, *Inert atmosphere disinfection using Ageless® oxygen scavenger*, sta in *Icom Committee for Conservation, 9th Triennial Meeting*, Dresden.
- Giordano G. 1974, *Tecnologia del legno*, Utet, Torino.
- Giordano G. 1993, *La tecnica delle costruzioni in legno*, Hoepli, Milano.
- Giovacchini E., 1994, *Arazzi a verdura «Collicola»*, in «OPD-Restauro», n. 6.
- Giovannoni S. 1990, *Restauri nel Refettorio della Santissima Annunziata in Firenze*, in Danti C., Matteini M., Moles A. (a cura di), *Le pitture murali – Tecniche, problemi, conservazione*, Centro Di, Firenze.
- Giuffrè A. 1993, *Sicurezza e conservazione dei centri storici – Il caso Ortigia*, Ed. G. Laterza & Figli, Bari.
- Giuliani M. 1990, *Trasformazione e comportamento previsionale di intonaci e loro protettivi*, in Biscontin G., Volpin S. (a cura di), *Superfici dell'architettura: le finiture*, Atti del convegno di Bressanone, Edizioni Progetto, Padova.
- Giuriato R. 1985, *Finitura e lucidatura nel restauro del mobile*, Il Castello, Milano.
- Giusberti P., Ungaro L., Rava A. 1992, *Intervento di restauro sulle cortine in laterizio dell'emiciclo dei mercati di Traiano a Roma*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi, Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Giusti A., Biliotti C., Samarelli C. 1996, *Alcuni casi di utilizzo del laser nella pulitura dei marmi*, in «OPD restauro», n. 8.
- Giusti A. M. 1986, *Scheda 8 – Officina Romana – Piano di tavola*, in *Capolavori e restauri*, Catalogo della mostra, Centro Mostre di Firenze, Cantini editore, Firenze, pp. 81-82.
- Giusti A. M. 2000, *Scheda di restauro: Coretto delle Gerarchie angeliche*, in «OPD Restauro», n. 12, pp. 207-210.
- Giusti A. M., Raddi G., Frizzi P. 1987, *Restauro di una lunetta a mosaico del Battistero di Firenze: proposte tecniche e metodologiche*, in «OPD Restauro», n. 2.
- Giusti L., Iaccarino A. 1996, *Il restauro del portone angioino della chiesa di S. Antonio Abate in Napoli: criteri e metodologia di intervento*, in «Kermes» n. 26.
- Gizzi S. 1988, *Le reintegrazioni nel restauro. Una verifica nell'Abruzzo aquilano*, Kappa, Roma.
- Gizzi S. 1992, *Reintegrazioni di superfici in pietra: una verifica in area romano-laziale*, in *Le Pietre nell'Architettura: Strutture e Superfici*, Atti del convegno di studi di Bressanone, 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto Editore, Padova, 1992.
- Gizzi S. 1997, *Modelli di comportamento per la reintegrazione delle lacune nel restauro archeologico in ambito mediterraneo*, in Segarra Lagunes M. M. (a cura di), *La reintegrazione nel restauro dell'antico. La protezione del patrimonio dal rischio sismico*, Atti del convegno ArCo, Gangemi, Roma.
- Gizzi, S. 1998, *Elogio e condanna del «sottosquadro»*, in *Restauro Storia e Tecnica*, «Quaderni ARCo», Gangemi, Roma.
- Gnudi C., Rossi Manaresi R., Nonfarmale O. 1979, *Notizie sul restauro della facciata di San Petronio*, Centro per la conservazione delle sculture all'aperto, Bologna.
- Goffi F. 2000, *Della Rovere Castle: from the diagnosis of structural performance to the upgrading system design of several wooden floors dating from the XVI century in Torino, Italy*, in *World Conference on Timber Engineering*, Atti della conferenza tenutasi a Whistler, B. C., Canada 31 luglio-3 agosto 2000, Department of wood science, University of British Columbia, Vancouver, B. C., Canada.
- Grattan D. W., Barclay R. L. 1988, *A study of gap-fillers for wooden objects*, in «Studies in Conservation», n. 33.
- Grossi A., Fabbri B. 1994, *Ulteriori ricerche ed esperienze circa l'uso di resine epossidiche per integrazione di maioliche* in «Faenza: bollettino del Museo internazionale delle ceramiche in Faenza».
- Guarisco G. 1993, *Restauro della palazzina reale e della stazione di S. Maria Novella*, in «Tema», n. 1.
- Guffredi A., Iemmi F., Cigarini C. 1991, *Il cantiere di restauro*, Alinea, Firenze.
- Guida G., Marabelli M., Marano A., 1991, *Analisi e prove non distruttive per il restauro della 'Porta di Bonanno' del Duomo di Pisa*, «OPD Restauro».
- Gurrieri F. (a cura di) 1999, *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici – Regione dell'Umbria*, Dei Tipografia del Genio Civile, Roma.
- Guzzoni G., Storace G., 1964, *Corrosione dei metalli e la loro protezione*, Hoepli, Milano.
- Hayward C. H. 1993, *Il restauro dei mobili antichi*, Il Castello, Milano.
- Hayward C. H. 1995, *Il manuale del falegname*, Il Castello, Milano.
- Heinrich P. 1995, *Metallrestaurierung*, Callwey, Monaco.
- Hempel K., Moncrieff A. 1972, *Summary of work on marble conservation at the Victoria and Albert Museum Conservation Department up to august 1971*, in Rossi-Manaresi R., Torraca G. (a cura di) *The Treatment of Stone*, Proceedings of the Meeting of the Joint Committee for the Conservation of Stone, Bologna 1-3 ottobre 1971, Centro per la Conservazione delle sculture all'aperto, Bologna.
- Hempel K., Moncrieff A. 1979, *Il degrado e le fasi del restauro*, in AA.VV., *La Porta della Carta: i restauri*, Ministero dei beni culturali, Soprintendenza ai BB.AA.AA. di Venezia, Venezia.
- Hempel K., Moncrieff A., 1972, *Report on work since last meeting in Bologna, October 1971*, in Rossi Manaresi R., Torraca G. (a cura di) *The treatment of stone*, Proc. of int. symposium, Bologna.

- Hillyer L., Tinker Z., Singer P. 1997, *Evaluating the use of adhesives in textiles conservation. Part I. An overview and surveys of current use*, in «The Conservator», n. 21.
- Houwink R., Salomon G. 1967, *Adhesion and adhesives*, 2 voll., Elsevier Pub. Co., Amsterdam.
- Iannucci A. M. 1983, *I mosaici pavimentali di San Vitale: cronotassi e criteri di restauro*, in *XXX Corso di cultura sull'arte ravennate e bizantina – Seminario giustiniano*, Ravenna 6-14 marzo 1983, Edizioni del Girasole, Ravenna, pp. 345-378.
- Iannucci A. M., Fiori C., Muscolino C. (a cura di) 1992, *Mosaici a San Vitale e altri restauri: il restauro in situ dei mosaici parietali*, Atti del convegno nazionale sul restauro *in situ* dei mosaici parietali, Ravenna 1-3 ottobre 1990, Longo Editore, Ravenna.
- Iccrom 1977, *Mosaïque I, Deterioration et conservation*, Atti del convegno internazionale, 1976, Roma.
- Iccrom 1985, *Mosaïque III Conservation In Situ* Atti del convegno internazionale di Aquileia 1983, Roma.
- Iccrom 1986, *Mosaïque IV Conservation In Situ*, Atti del convegno internazionale, Roma.
- Ingoglia R., Seala A., Netti S., Bolognesi P., Pasetti A., Moggi G. 1992, *Protezione del laterizio con polimeri fluorurati*, in Biscontin G. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. Caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Jackson A., Day D. 2001, *Riparazioni e migliorie*, Fabbri editori, Milano.
- Koestler R. J. 1993, *Insect eradication using controlled atmospheres and Ftir measurement for insect activity*, in *Icom Committee for conservation*, Washington.
- Kosinka J. 1985, *Intervento del restauro nel sacello di San Vittore in Ciel d'oro presso la basilica di Sant'Ambrogio a Milano*, in AA.VV., *Mosaics n. 3, Conservation in situ*, Aquileia, Iccrom, Roma.
- Kosinka J. 1990, *La cappella di San Vittore in Ciel d'oro a Milano nella basilica di Sant'Ambrogio. Il restauro dei mosaici*, in Iannucci A. M., Fiori C., Muscolino C. (a cura di), *Mosaici a San Vitale e altri restauri: il restauro in situ dei mosaici parietali*, Atti del convegno nazionale sul restauro *in situ* dei mosaici parietali, Ravenna 1-3 ottobre 1990, Longo, Ravenna.
- Kunzelman D. 1995, *Dal restauro, nuove conoscenze per l'ancona con la «Maestà» di Montici*, in «OPD Restauro», n. 7.
- Lagomarsino S. 1999, *Il consolidamento statico*, in Torsello B. P. (a cura di), *Il castello di Rapallo – Progetto di Restauro*, Marsilio, Venezia.
- Lagomarsino S., Podestà S., Tavaroli F., Torre A., 2001, *Sull'efficacia dei diatoni nel miglioramento sismico delle costruzioni in pietra*, Atti del X convegno nazionale «L'ingegneria sismica in Italia», Potenza.
- Lamanna L. F., Bellucci A. 1998, *L'umidità nelle murature. Analisi, tecniche e materiali per il risanamento*, Carocci, Roma.
- Landi S. 1988, *The arguments for and against the use of synthetic fibres for sewing in textile conservation*, in AA.VV., *20th century materials, testing and textile conservation*, Harpers Ferry Regional Textile Group, Washington.
- Landi S. 1998, *The textile conservator's manual*, Oxford.
- Laner F., Ortolani V. 1992, *Le relazioni strutturali*, in «Recuperare», n. 8.
- Lannuti C., Broccoli A. 1996, *I prodotti vernicianti in edilizia*, Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Lari R. 1997, *Paliotto in cuoio decorato e dipinto*, in «OPD Restauro».
- Laurenzi Tabasso M. 1982, *Tecniche di pulitura dei materiali*, in *Il Restauro delle costruzioni in muratura. Problemi metodologici e tecniche di consolidamento*, Atti del 3° corso di informazione Assircco, Palermo, 22-25 ottobre 1980, Kappa, Roma.
- Laurenzi Tabasso M. 1984, *Trattamenti di conservazione sul marmo*, in Dolci E. (a cura di), *Marmo restauro: situazione e prospettive*, Atti del convegno Carrara 31 maggio 1983, ed. Internazionale Marmi e Macchine, Carrara.
- Laurenzi Tabasso M. 1989, *La pulitura dei materiali lapidei*, in *Metodologia e prassi della conservazione musiva*, Atti del II seminario di studi, Ravenna, 22-23 gennaio 1986, vol. 2, Longo, Ravenna.
- Laurenzi Tabasso M., Jacobitti A. 1986, *Sistema di pulitura con acqua trattata con resine scambiatrici di ione HCO (brevetto Pouchain): valutazione dell'efficacia e dell'effetto solvente sul CaCO<sub>3</sub>*, in *Restoration of the portals of the Basilica of St. Nicholas in Bari = Il restauro dei portali della basilica di San Nicola di Bari*, Pouchain s.r.l., Roma.
- Lazzarini L. 1981, *La pulitura dei materiali lapidei da costruzione e scultura: metodi industriali e di restauro*, Cedam, Padova.
- Lazzarini L. 1986, *L'impiego delle resine epossidiche nel restauro della pietra*, in *Metodologia e prassi della conservazione musiva*, 2, Longo Edizioni, Ravenna.
- Legante per boiacche da iniezione* 1994, in «Recupero edilizio» n. 9.
- Leone R. 2001, *Il restauro dei serramenti di palazzo Rosso e di palazzo Bianco*, in «Arkos», numero speciale sui restauri realizzati a Genova in occasione del Vertice dei G8.
- Leoni M. 1981, *Vecchi e nuovi cavalli di S. Marco*, in «Atlante», IX.
- Leoni M. 1984, *Elementi di metallurgia applicata al restauro delle opere d'arte. Corrosione e conservazione dei manufatti metallici*, Opus Libri, Firenze.
- Lewin S. Z. 1971, *Recent experience with chemical techniques of stone conservation*, in Rossi Manaresi F., Riccomini E. (a cura di), *La conservazione delle sculture all'aperto*, Atti del convegno internazionale, Bologna 23-26 ottobre 1969, Steb, Bologna.
- Lewin S. Z., Baer N. S. 1974, *Rationale of the Barium Hydroxide Urea Treatment of Decayed Stone*, in «Studies in Conservation», vol. 19.

- Liotta G. 1991, *Gli insetti e i danni del legno, problemi di restauro*, Nardini, Firenze.
- Lo Giudice R., Cristaudo A. 1995, *Biodeteriogeni vegetali dei complessi monumentali e archeologici della città di Enna (Sicilia centrale)*, in «Quaderni di botanica ambientale applicata», n. 6, pp. 167-180.
- Macleod I. D., 1987, *Conservation of corroded copper alloys: a comparison of new and traditional methods for removing chloride ions*, in «Studies in Conservation», n. 1, pp. 25-40.
- Macri U., Biscontin, G. 1986, *Intonaci e coloriture: tecniche e materiali appropriati nell'intervento di manutenzione delle facciate degli edifici*, in Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione ed innovazione*. Atti del convegno di studi. Bressanone, 24-27 giugno 1986, Libreria Progetto, Padova.
- Maltese C. (a cura di) 1990, *I supporti nelle arti pittoriche - Storia, tecnica, restauro*, Mursia, Milano.
- Maltese C. (a cura di) 1993, *Preparazione e finitura delle opere pittoriche*, Mursia, Milano.
- Mambelli R., Racagni P., Donati F., Fiori C. s.d., *Influenza del Trattamento con alcuni biocidi su tessere provenienti da mosaici della villa di Casignana*, Quaderni Irtec vol. II.
- Manfron V., Siviero E. (a cura di), *Manutenzione delle costruzioni: progetto e gestione*, Utet, Torino.
- Manganelli Del Fa C., Tiano P., Matteoli U., Frediani P., Piacenti F. 1983, *Perfluoropolietteri come idrorepellenti per la protezione del materiale lapideo, III = Perfluoropolyethers as water repellents for protection of stone, III*, in *La pietra: interventi, conservazione, restauro*, atti del convegno internazionale, Lecce 6-8 novembre 1981, Congedo Editore, Lecce, pp. 89-100.
- Marabelli M. 1995, *Conservazione e restauro dei metalli d'arte*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma.
- Marabelli M., Mazzeo R., Morigi G. 1991, *Caratterizzazione dei prodotti di alterazione e della vernice nera dei bronzi della Fontana del Nettuno*, Atti della giornata d'incontro in occasione del restauro della «Incredulità di San Tommaso» del Verrocchio, Firenze 10 maggio 1991, OPD, Firenze.
- Marabelli M., Napolitano G. 1991, *Nuovi sistemi protettivi applicabili su opere e manufatti in bronzo esposti all'aperto*, «Materiali e strutture», n. 2.
- Marabelli M., s.d., *Conservazione di bronzi corrosi*, in Urbani G. (a cura di), *Problemi di conservazione*, Editrice Compositori, Bologna.
- Maraschini V. 1989, *L'uso della polifilla nel restauro di alcuni reperti fittili del Museo Nazionale di Taranto*, in «Kermes» n. 5, pagg. 18-21.
- Marchini G., 2001, *Relazione sui risultati delle prove di compressione di pilastri fasciati con il sistema Carboniar* (manoscritto non pubblicato), Rovigo.
- Marini Calvani M., Maioli M. G. (a cura di) 1995, *I mosaici di Via D'Azeglio in Ravenna*, Longo Editore, Ravenna.
- Marino L. 1992, *Tecniche di intervento per la conservazione delle preesistenze archeologiche di murature in laterizio*, in Biscontin G. (a cura di), *Le superfici dell'architettura: il cotto. caratterizzazione e trattamenti*, Atti del convegno di studi di Bressanone 30 giugno-3 luglio 1992, Libreria Progetto, Padova.
- Marino L. 1993, *La conservazione di manufatti edili ridotti allo stato di rudere: protezione delle creste dei muri e integrazione delle lacune*, in Masetti Bitelli L. (a cura di), *Archeologia recupero e conservazione*, Nardini Editore, Firenze.
- Mark H. F. 1979, *Cohesive and adhesive strength of polymers*, Part. 1°, in «Adhesives Age», n. 22.
- Marradi P., Messina C., Paolini L. 1989, *Recupero di strutture in legno mediante armature parzialmente pre-sollecitate*, in Tampone G., *Il restauro del legno*, vol. I, Nardini, Firenze.
- Marti G. 1987, *I tessuti della stanza dell'Imperatrice nel palazzo ducale di Mantova, con la allegata Relazione tecnica di L. Nucci*, in AA.VV., *Le tappezzerie nelle dimore storiche. Studi e metodi di conservazione*, Firenze, pp. 31-42.
- Masetti Bitelli L. (a cura di), 1993, *Archeologia recupero e conservazione*, Nardini, Firenze.
- Massa V., Pertegato F., Tornatore M., 1991, *Polimerizzazione da monomeri aeriformi nella conservazione di un tessile archeologico*, in «Kermes», n. 10.
- Massari G., Massari I. 1985, *Risanamento igienico dei locali umidi*, Hoepli, Milano.
- Massari G. 1996, *Il rilievo come conoscenza. Una forma di «sim-patia» tra opera e interprete*, in «Tema», nn. 3-4.
- Massari I. 1999, *La barriera per il taglio meccanico: riflessioni sulle esperienze compiute*, in «Tema», n. 2.
- Masschelein-Kleiner L. 1980, *Conservation of very brittle textile*, in AA.VV., *Conservazione e restauro dei tessuti*, Cisst, Como.
- Masschelein-Kleiner L. 1994, *Vingt cinq ans de restauration des textiles a l'Institut Royal du Patrimoine Artistique de Bruxelles*, in AA.VV., *La conservation des textiles anciens*, Angers.
- Masschelein-Kleiner L., Bergiers F. 1984, *Influence of adhesives on the conservation of textiles*, in AA.VV., *Adhesives and consolidants*, Parigi.
- Mastrodicasa S. 1974, *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Hoepli, Milano.
- Matteini M. 1979, *Il metodo del bario nel restauro degli affreschi*, in «Critica d'arte», nn. 166-168.
- Matteini M. 1988, *Le problematiche generali per il consolidamento e l'adesione nel restauro di pitture su supporti diversi*, Quaderni di Skill-Enaip Lombardia pp. 20-31.
- Matteini M. 1998, *Revisione critica dei metodi di pulitura delle pitture murali e dei manufatti lapidei: meccanismi d'azione e limiti dei materiali oggi utilizzati*, in *Biotechnology and the preservation of cultural artifacts, cleaning procedures of works of art: critical approach and field experiences = Prospettive nell'utilizzo di nuove tecnologie per la pulitura dei manufatti artistici, approccio critico ed esperienze applicative*, Torino, 10-11 settembre 1998, Fondazione per le biotecnologie, Phase, Bologna.
- Matteini M. 1999, *Consolidanti e protettivi di natura minerale in uso sui manufatti di interesse artistico ed archeologico costituiti da materiali porosi*, in Congresso Trento «Incontri di Restauro 3», Trento.

- Matteini M. 1999, *Gli ossalati artificiali nella conservazione dei dipinti murali e dei manufatti lapidei di natura calcarea*, in «OPD Restauro», n. 11.
- Matteini M., Lanterna G., Raddi A., Moles A. 1986, *Proposta di uno stucco adesivo ad espansione per la ricollocazione di mosaici su nuovo supporto*, in «OPD Restauro», n. 1.
- Matteini M., Moles A. 1983, *Lorenzo Ghiberti Storie di Giuseppe e di Beniamino, storie di Adamo ed Eva*, in Umberto Baldini (a cura di), *Metodo e scienza. Operatività e ricerca nel restauro*, Firenze 23 giugno 1982-6 gennaio 1983, Firenze, Sansoni.
- Matteini M., Moles A., Giovannoni S. 1994, *Calcium oxalate as a protective mineral system for wall paintings: methodology and analyses*, in «Atti del 3rd International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean Basin», Venice June 1994, Sbas Venezia.
- Matteini M., Moles A., Giovannoni S. 1994, *Un sistema protettivo minerale per le pitture murali a base di calcio ossalato: proposta di un metodo e verifiche analitiche*, in «OPD Restauro», 1994, Centro Di, ed. Firenze, pp. 7-15.
- Matteini M., Moles A., Lanterna G., Nepoti M. R. 1996, *Preliminary monitoring on painted plasters and marble surfaces of a mineral protective treatment based on artificially formed calcium oxalate*, in «Atti del II International Symposium – The oxalate films in the conservation of works of art», Milan, March 25-27, 1996, Editeam s.a.s. Milano.
- Matteini M., Moles A., Oeter M., Tosini I. 1995, *Resine a scambio ionico nella pulitura dei manufatti lapidei e delle pitture murali: verifiche sperimentali e applicazioni*, in Biscontini G., Driussi, G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Matteini M., Moles M. 1987, *La metodologia del «Bario» in relazione ai problemi di solfatazione e decoesione che interessano i dipinti murali*, in *Il restauro delle opere d'arte*, Accademia Nazionale Virgiliana, Mantova.
- Matteini M., Moles M. 1990, *Aspetti critici del trattamento fondato sull'impiego di idrato di bario*, in Danti C., Matteini M., Moles M., (a cura di), *Le pitture murali – Tecniche, problemi, conservazione*, Centro Di, Firenze.
- Matteini M., Nepoti M. R. 1996, *Controllo analitico dei metodi di desolfatazione per la rimozione del gesso nelle pitture murali e in altri manufatti litici*, in «OPD Restauro», n. 8.
- Matteini M., Rizzi M., Mairani A. 2000, *Il trattamento di protezione ad «ossalato di calcio artificiale» della statua marmorea l'«Eterno Padre» di Baccio Bandinelli: fondamenti e tecniche*, in «OPD Restauro», n. 12.
- Medri L. 1991, *Il restauro della statua della Dovizia di Giambologna e Pietro Tacca: un esempio di conservazione di arredo scultoreo nel Giardino di Boboli*, in «Notizie di Cantiere 3», Soprintendenza BB.AA.AA. per le province di Firenze, Pistoia e Prato – Ministero BB.CC.AA., Firenze.
- Mello E. 1984, *Dalla diagnosi all'intervento: il caso delle formelle del Ghiberti*, in *Chimica e Restauro. La Scienza per la Conservazione*, Venezia, Marsilio.
- Melucco A. 1972, *Materiali vitrei*, in Urbani G. (a cura di), *Problemi di conservazione*, Bologna, Compositori.
- Melucco Vaccaro A. 1989, *Il monumento equestre di Marco Aurelio: restauro e riuso*, in Melucco Vaccaro A., Mura Sommella A. (a cura di), *Marco Aurelio Storia di un monumento e del suo restauro*, Roma, Silvana Editoriale.
- Melucco Vaccaro A. 1989, *Archeologia e Restauro*, Il Saggiatore, Milano.
- Menicali U. 1990, *Le scaglie della Serenissima*, in «Costruire», n. 89.
- Messina C., Paolini L. 1983, *Sistemi misti nel consolidamento di strutture di legno: il legno-calcestruzzo per i solai*, in Tampone G. (a cura di), *Il Restauro del Legno*, Palutan, Milano.
- Messina C., Paolini L. 1986, *Savona. Il teatro Gabriello Chiabrera*, in *Principi di progettazione e rassegna di interventi*, Collana «Acciaio e riuso edilizio», Italsider, Genova.
- Micocci F., Pulcin G. 1991, *Gli intonaci, materiali, tipologie, tecniche di posatura e finitura, degrado e recupero*, Nis, Roma.
- Modena C., Pineschi F., Valluzzi M. R. (a cura di) 2000, *Valutazione della vulnerabilità sismica di alcune classi di strutture esistenti: sviluppo e valutazione di metodi di rinforzo*, CNR-Gruppo nazionale per la difesa dai terremoti, Roma.
- Montagni C. 1990, *Costruire in Liguria*, Sagep, Genova.
- Montagni C. 1993, *Il legno e il ferro*, Sagep, Genova.
- Montagni C. (a cura di) 2000, *Materiali per il restauro*, Utet, Torino.
- Monte M. 1991, *La lichenologia applicata alla conservazione dei monumenti in pietra esposti all'aperto: problemi e prospettive*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Montiani Bensi M. R., Bensi P. 1986, *La cera e la paraffina nella pratica della conservazione dei dipinti murali nel XIX e XX secolo*, in Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione ed innovazione*, Atti del convegno internazionale di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Mora L., Mora P., Philippot P. 1977, *La conservation des peintures murales*, Compositori, Bologna.
- Mora P., Mora L., Philippot P. 1999, *La conservazione delle pitture murali*, Compositori, Bologna.
- Mora P. 1969, *Consolidamento provvisorio di un marmo in stato di avanzata degradazione*, in *La Conservazione delle Sculture all'aperto*, Atti del convegno Int., Bologna.
- Mora P., Mora L. 1984, *Le superfici architettoniche, materiale e colore*, in «Bollettino d'Arte», supplemento al n. 6, *Il colore nell'edilizia storica*.
- Morigi G. 1973, *Due procedimenti per il trattamento del cancro del bronzo. Restauro di laminati metallici con resine epossidiche e tessuto di vetro*, in *Preistoria Alpina*. Rendiconti, vol. 9.

- Morris K., Krueger J. W. 1979, *The use of wet penning in the conservation of outdoor bronze sculpture*, in «Studies in conservation», n. 1.
- Munafò P. (a cura di) 1990, *Recupero dei solai in legno*, Flaccovio, Palermo.
- Mundula I., Tubi N. 1999, *Umidità e risanamento negli edifici in muratura. Diagnosi, Tecniche di intervento, prevenzione*, Maggioli, Rimini.
- Musso S. F., Franco G. 2000, *Guida alla manutenzione e al recupero dell'edilizia e dei manufatti rurali*, Marsilio, Venezia.
- Nakhla S. M. 1986, *A Comparative study of resins for the consolidation of wooden objects*, in «Studies in Conservation», n. 31.
- Napoleone G. 1991, *I chiostri dell'abbazia di Pontida: alterazione dei materiali lapidei ed indagini preliminari all'intervento*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Napoleone L., Sozzi N. 2001, *Gli strumenti del progetto e l'innovazione tecnologica*, in «Recuperare l'edilizia», n. 20.
- Navone A., Sganzerla S., Folli L. 2000, *La protezione degli intonaci con resine organiche: valutazione dello stato di conservazione*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del convegno di studi, Bressanone 27-30 giugno 2000, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Newton R. 1987, *Caring for stained glass*, Easa, London.
- Newton R., Davison S. 1989, *Conservation of glass*, Butterworths & Co, Publishers Ltd, London.
- Nimis P. L., Pinna D., Salvatori O. 1992, *Licheni e conservazione dei monumenti*, Clueb, Bologna.
- Nimmo M. (a cura di) 1996, *Cuoio dorato e dipinto, materiali d'intervento*, ICR, Roma.
- Nonfarmale O. 1976, *A method of consolidation and restoration for decayed sandstone*, in Rossi Manaresi (a cura di), *The conservation of stone I*, Proceedings of the International Symposium, Bologna, 1975, Centro per la conservazione delle sculture all'aperto, Bologna, pp. 401-410.
- Nonfarmale O. 1982, *La grande vetrata di S. Giovanni e Paolo. Storia, iconologia, restauro*, Marsilio, Venezia.
- Oliveira M. Mendonça de Santiago C. C., Amaral A. M. 1995, *Alternative con impacchi per la pulitura delle superfici*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, libreria Progetto, Padova.
- Olivero B. 1998, *Intonaci contro l'umidità*, in «Specializzata Edilizia», n. 74.
- Ordoñez C., Ordoñez L., Del Mar Rotaache M. 1996, *Il mobile. Conservazione e restauro*, Nardini, Firenze.
- Packard E. 1970, *Consolidation of decayed wood sculpture*, in *Conservation of stone and wooden objects*, vol. II, New York Conference.
- Pain S. 1991, *La déchloruration des alliages cuivreux par électrolyse à faible polarisation dans le sesquicarbonate de sodium*, in «Studies in Conservation», n. 36.
- Palazzi S. 1995, *Colorimetria, La scienza del colore nell'arte e nella tecnica*, Nardini, Firenze.
- Paleni A., Curri S. B. 1981, *La pulitura delle sculture per adsorbimento con attapulgite*, in *Atti del convegno sul restauro delle opere d'arte*, Firenze, 2-7 novembre 1976, Edizioni Polistampa, Firenze.
- Palestra G. W. 1991, *L'intonaco: una superficie di sacrificio*, Etaslibri, Milano.
- Palmonari, C. Ficali 1971, *Relazione sui risultati di esperienze di laboratorio effettuate allo scopo di mettere a punto un metodo per la conservazione delle sculture all'aperto*, in Rossi Manaresi F., Riccomini E. (a cura di), *La conservazione delle sculture all'aperto*, Atti del convegno internazionale, Bologna, 1969, Steb, Bologna.
- Paris M. 2001, *Manufatti in cuoio. Conservazione e restauro*, Silvia, Roma.
- Paris M., Nimmo M., Rissotto L. s.d., *Cuoio dorato e dipinto. Materiali d'intervento*, Istituto centrale per il restauro, Sezione per la conservazione e il restauro dei manufatti in pelle e cuoio, Roma.
- Pasetti A. 1984, *Una nuova classe di protettivi per i materiali corticali lapidei: i Perfluoropolietteri*, in «Recuperare», n. 11.
- Pasetti A., Ingoglia R., Netti S., Moggi G. 1993, *Protezione del calcestruzzo e delle malte cementizie con polimeri fluorurati in Calcestruzzi Antichi e Moderni: Storia, Cultura e Tecnologia*, Atti del convegno di scienza e beni culturali, Bressanone 1993, Libreria Progetto, Padova, pp. 338-345.
- Paternoster M. 1997, *Il consolidamento al bario applicato ai manufatti lapidei*, Tesi di Diploma dell'Opificio delle pietre dure.
- Pedeli C., Appolonia L. 1998, *Tecniche di pulitura applicate alle ceramiche antiche*, Museo internazionale delle ceramiche, Faenza.
- Pennini Alessandri M. 1986, *Un atomizzatore d'acqua per la pulitura dei materiali lapidei*, in «Ricerche di storia dell'arte», n. 27.
- Pennini Alessandri M. 1991, *L'intervento sulla facciata*, in AA.VV., *La chiesa di S. Atanasio dei Greci: il restauro della facciata*, in «Bollettino d'arte», n. 66.
- Perinetti R., Pulga S. 1988, *I siti archeologici della Valle d'Aosta: problemi ed esperienze*, in Amendolea B., Cazella R., Indrio L. (a cura di), *I siti archeologici, un problema di musealizzazione all'aperto*, atti del primo Seminario di studi, Multigrafica, Roma.
- Pertegato F. (a cura di) 1980, *Conservazione e restauro dei tessili*, Atti del convegno internazionale, Como, 1980, Cisst (Centro italiano per lo studio della storia del tessuto, Sezione Lombardia c/o Civiche raccolte), Milano.
- Pertegato F. 1983-1984, *I seggioloni Venier di Andrea Brustolon a Ca' Rezzonico. Restauro conservativo delle tappezzerie ricamate*, in «Bollettino. Civici Musei veneziani d'arte e di storia», nn. 1-4, pp. 62-69.
- Pertegato F. 1985, *Il restauro dei materiali tessili*, in «Notizie Cisst», voll. V-VI.

- Pertegato F. 1987, *Il trattamento delle sete friabili nei tessili storici d'arredo*, in AA.VV., *Le tappezzerie nelle dimore storiche. Studi e metodi di conservazione*, Firenze, Allemandi.
- Pertegato F. 1988, *Alcune questioni di metodo nel restauro dei manufatti tessili storici: nuove tecnologie per il trattamento delle sete friabili*, in AA.VV., *Problemi del restauro in Italia*, Campanotto editore, Udine.
- Pertegato F. 1988, *Tecnica di realizzazione del ricamo e procedimenti di restauro*, in AA.VV., *Botticelli e il ricamo del Poldi Pezzoli. Storia di un restauro*, Milano.
- Pertegato F. 1992, *Il restauro di un ricamo dipinto*, in AA.VV., *Restauro del Gonfalone della Confraternita della Beata Vergine Maria del Gonfalone*, Broni.
- Pertegato F. 1993, *I tessili. Degradato e restauro*, Nardini, Firenze.
- Perusini G. 1989, *Il restauro dei dipinti e delle sculture lignee. Storia, teorie, tecniche*, Del Bianco, Udine.
- Petschek C. 1995, *The treatment of painted and embroidered pictures (Klucel Gee It works)*, in AA.VV., *Starch and other carbohydrate adhesives for use in textile conservation*, London.
- Philippot P. 1977, *Le problème des lacunes dans les mosaïques*, in *Mosaïque Détérioration et Conservation n. 1*, Novembre 1976, Iccrom, Roma.
- Philippot P. 1992, *Problemes theoriques et ethiques de la dépose*, trad. it. *Problemi teorici ed etici dello stacco*, in Philippot P., *Saggi sul restauro e dintorni. Antologia a cura di Paolo Fancelli, Bonsignori*, Roma, 1998.
- Phillips M. W., Selwyn J. E. 1978, *Epoxies for Wood Repairs in Historic Buildings*, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Piacenti F., Luppichini E., Pierattini P., Giusti E., Granato A. 1997, *Cotto, terracotte e materiali lapidei. 2. Efficacia dei trattamenti conservativi in relazione alle proprietà dei materiali* in «Cer. Acta», n. 1.
- Piacenti F., Manganelli Del Fa C., Matteoli U., Tiano P., Scala A. 1986, *Protezione dei materiali lapidei: derivati funzionalizzati di perfluoropolietere*, in Biscontin G. (a cura di), *Manutenzione e Conservazione del Costruito fra Tradizione e Innovazione*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova, pp. 473-483.
- Piacenti F., Tiano P., Manganelli Del Fa C., Scala A., Medri L. 1991, *Un caso di protezione del marmo. Controllo dell'efficacia del trattamento nel tempo*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova, 1991, pp. 797-803.
- Piazza M. 1993, *Sulle strutture composte legno-legno*, Proceedings of the first Italian Workshop on «Composite Structures», 1993, University of Trento, Trento.
- Piazza M. 1994, *Restoration of Timber Floors via a Composite Timber-Timber Solution*, in 48th General Council of Rilem, *Timber: a Structural Material from the Past to the Future*, Proceedings, 1995, University of Trento, Trento.
- Piazza M., Turrini G. 1996, *Sulle strutture composte legno-legno*, in Atti del Corso di Specializzazione in *Recupero del manufatto in legno nell'architettura*, Milano, 8-30 novembre 1996, Area della ricerca di Milano, CNR, Milano.
- Pierantonelli L., Matè D., Scala F. 1984/85, *Restauro di documenti d'archivio in seta*, in «Bollettino ICPL», anno 39.
- Pini R., Salimbeni R. 2001, *Tecniche e sistemi laser per il restauro dei beni culturali*, Supplemento a «Kermes», n. 41.
- Pini R., Siano S., Salimbeni R., et alii 1999, *La pulitura laser nel restauro conservativo dei manufatti lapidei*, in «Kermes», n. 34.
- Pirina C. (a cura di) 1986, *Le vetrate del Duomo di Milano dai Visconti agli Sforza*, in «Corpus Vitrearum Medii Aevi», vol. IV.
- Pittaluga D. 2001, *Pavimento alla veneziana*, voce in Franco G., Galliani G., Mor G., Musso. F. (a cura di), *Dizionario degli elementi costruttivi*, Utet, Torino.
- Pizzi A., 1991, *Vetrate: arte e restauro*, Milano.
- Pizzi G., Formica L. 1994, *La conservazione delle facciate di Casa Campanini a Milano*, in «Tema», n. 3.
- Pizzigoni G., Massa, V., Falcone E. 1995, *Pulitura di superfici lapidee e pittoriche mediante resine scambio-ioniche*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Pizzigoni G., Giovannoni S., Parrini P. L., Biscontin G., Dal Colle M., Volpin S. 1989, *Pulitura degli affreschi della Cappella Brancacci* in Biscontin G., Dal Colle M., Volpin S. (a cura di), *Il Cantiere della Conoscenza. Il Cantiere del Restauro*. Atti del convegno di studi, Bressanone 27-30 giugno 1989, Libreria Progetto Editore, Padova.
- Pizzorno D. 1997, *Le pavimentazioni a mosaico in ciottoli nell'area ligure: tradizione e attualità nelle tecniche di integrazione delle lacune*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *Lacune in architettura. Aspetti teorici ed operativi*, Atti del convegno di studi, Bressanone 1-4 luglio 1997, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Plebani T. 1998, *La disinfestazione da tarli*, in «Biblioteca Marciana newsletter», n. 1.
- Plenderleith H. J., Werner A. E. A. 1986, *Il restauro e la conservazione degli oggetti d'arte e d'antiquariato*, Mursia, Milano.
- Plunderleith H. J., Werner A. E. A. 1986, *La conservazione delle antichità e degli oggetti di antiquariato*, Mursia, Milano.
- Podestà S., Magenes G., Lemme A. 2001, *Il nuovo costruito storico: la vulnerabilità a seguito degli interventi*, Atti del X convegno Anidis, Potenza.
- Polverino F. 1991, *Il battuto nelle antiche pratiche costruttive*, in *Le mutazioni dell'Habitat – Una nuova cultura per il recupero*, Atti del convegno di studi, Napoli 4-5 ottobre 1991, Cuen, Napoli.
- Powers R. 1992, *Water soak cleaning of limestone*, in «Preservation tech notes. Masonry», n. 3, pp. 1-6.

- Pretzel B. 1997, *Evaluating the use of adhesives in textiles conservation, Part II. Tests and evaluation matrix*, in «The conservator», n. 21.
- Price G. A., *Stone Conservation, An Overview of Current Research*, The Getty Conservation Institute, New York.
- Rava A. 1991, *Metodologia di intervento per il restauro delle arenarie di facciata della chiesa abbaziale di Vezzolano*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova.
- Rava A. 1998, *Prospettive nell'utilizzo della tecnologia laser per la pulitura di manufatti artistici*, in *Biotechnology and the preservation of cultural artifacts, cleaning procedures of works of art: critical approach and field experiences = Prospettive nell'utilizzo di nuove tecnologie per la pulitura dei manufatti artistici, approccio critico ed esperienze applicative*, Torino, 10-11 settembre 1998, Fondazione per le biotecnologie, Phase, Bologna.
- Realini M. 1996, *Le pellicole ad ossalato sulle superfici lapidee*, in «Tema», n. 1.
- Reichmuth C., Ungers W. e A. 1991, *Stickstoff zur Bekämpfung holzerstörender Insekten in Kunstwerken*, sta in «Restauro» n. 4.
- Ricci M. 1985, *Le caratteristiche qualitative e quantitative del mercato della pulitura delle facciate degli edifici e i problemi di restauro*, in Ricci M. (a cura di), *Manutenzione e restauro. Conservazione e consolidamento dei materiali lapidei*, Giuffrè, Milano.
- Risso R. 1999, *Il rilievo fotografico*, in Torsello B. P. (a cura di), *Il castello di Rapallo - Progetto di Restauro*, Marsilio, Venezia.
- Riva G., Bettio C., Modena C. 1997, *The use of sonic wave technique for estimating the efficiency of masonry consolidation by injection*, in *11th Int. Brick/Block Masonry Conference*, Shanghai.
- Rizzini M., 1991, *Natura morta con fiori*, in AA.VV., *Ricamata pittura*, Catalogo della mostra, Milano.
- Rocchi P. 1980, *Consolidamento di elementi lignei*, in *Il restauro delle costruzioni in muratura*, Atti di informazione del III corso ASSI.R.C.CO., Edizioni Kappa, Roma.
- Rocchi P., Nicchiarelli F., Turlò A.R. 2000, *Manuale del risanamento. La difesa dall'umidità nella pratica edificatoria*, Kappa, Roma, Tomo II.
- Rodd J. 1976, *Restauro e manutenzione dei mobili antichi*, Fratelli Melita editori, La Spezia.
- Rodrigo Rodriguez S. L. 1998, *Esame tecnico-scientifico e intervento di restauro di un dipinto su cuoio del XVI secolo*, in «Kermes», n. 33.
- Ronchi M. (a cura di) s.d., *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza Archeologica della Toscana, Centro di restauro, s.l.
- Ronchi M. (a cura di) s.d., *Guida al restauro archeologico di materiali metallici*, Soprintendenza Archeologica della Toscana, Centro di restauro.
- Roncuzzi Fiorentini I. 1980, *Il mosaico. Materiali e tecniche*, Longo, Ravenna.
- Rossi Manaresi R. 1976, *Trattamenti per il consolidamento di un arenaria*, in Rossi Manaresi F. (a cura di), *The conservation of stone I*, Proceedings of the International Symposium, Bologna, 1975, Centro per la Conservazione delle sculture all'aperto, Bologna, pp. 123-148.
- Rossi Manaresi R. 1980, *La conservazione dei materiali lapidei*, in AA.VV., *Il restauro tra metodo e prassi. Materiali di lavoro del Corso regionale di aggiornamento 1978*, Documenti 13, Istituto Beni Culturali, Bologna.
- Rossi Manaresi R. 1992, *Il pavimento alla veneziana a Bologna*, in «Bollettino d'Arte».
- Rota Rossi Doria P., Laurenzi Tabasso M., Torraca G. 1981, *Nota sui trattamenti conservativi dei manufatti lapidei*, in *Sulla conservazione delle pietre*, Relazione della Commissione nazionale per le opere d'arte all'aperto, in «Quaderni 2», Roma.
- Rota Rossi-Doria P. s.d., *Procedimenti e prodotti innovativi per intonaci su murature preesistenti*, in Gelsomino L. (a cura di), *L'immagine del recupero*, Alinea, Firenze.
- Rothberg H. W. von 1990, *Thermische Vermichtung holzerstörender Insekten*, sta in «Restauro» n. 2.
- Ruschi P. 1996, *Le coperture piane e inclinate*, in Carbonara G., *Trattato di Restauro architettonico*, vol. III, Utet, Torino.
- Sala G., Valentini M. 1996, *Verifica in campo di un sistema di deumidificazione delle murature: il sistema ad elettrosmosi*, in *Umidità ascendente: risultati sperimentali, esperienze, mercato*, Atti del convegno, Bari.
- Sandwith H., Stainton S. 1993, *Manuale di Restauro*, in collaborazione con il National Trust London, United Kingdom, MEB, Padova.
- Sansonetti A. 1998, *Un intervento di pulitura sulla pietra di Moltrasio*, in «Arkos», n. 5.
- Sansonetti A. 1999, *I metalli in architettura e il loro degrado*, in «Recuperare l'edilizia», n. 10.
- Sansonetti A., Toniolo L. 1999, *Il laser nella pulitura delle superfici: sperimentazione, problemi e prospettive* in «Ananke», n. 25.
- Santopadre P. 1998, *Prove di pulitura e di consolidamento degli intonaci*, in «Progetto restauro», n. 9, pp. 37-38.
- Santori Merzagora A. 1987, *Studio di fattibilità per un'indagine sull'efficacia di interventi di consolidamento e pulitura di materiali: una proposta operativa*, in «Bollettino d'arte», supplemento al n. 41.
- Saracino M. T. 1979, *Il trattamento della pietra nel restauro del Torrazzo di Cremona*, in *Deterioramento e conservazione della pietra*, Atti del 3° congresso internazionale, Fondazione Cini, Venezia.
- Sartori P. 1996, *Gli enzimi nella pulitura dei dipinti*, in «Progetto restauro», n. 2.
- Sayre E. V. 1970, *Direct deposition of barium sulfate from homogeneous solution within porous stone*, in Atti del convegno *Conservation of stones and Wooden Objects*, New York.
- Sayre E. V. 1971, *Direct deposition of Barium Sulfate from Homogeneous Solution within Porous Stone*, in *1970 New York Conference of Conservation on Stone and Wooden Objects*, Garry Thomson Ed., International Institut for Conservation, London.



- Scala F. 1990, *Il risanamento del cemento armato*, in «Verniciature e decorazioni», n. 5.
- Scarzella P. 2000, *Rappazzatura di intonaci requisiti, modelli di comportamento, principi costitutivi e realizzativi*, in *Malte a vista con sabbie locali nella conservazione degli edifici storici*, Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria dei sistemi edilizi e territoriali, Seminario con dimostrazioni pratiche e di laboratorio, Torino, 6-8 luglio 2000, Sirea, Torino.
- Scarzella P., Trivella L., Broggi D., Gasparoli P., Melzi M. 1990, *Riferimenti tecnologici per il progetto delle ricoloriture degli edifici storici: dati coloristici, mezzi disponibili, indicazioni sperimentali di compatibilità e durabilità*, in Biscontin G. (a cura di), *Superfici dell'Architettura: le finiture*, Atti del convegno di studi di Bressanone, Libreria Progetto, Padova.
- Scheda di restauro n. 10923 – *Abbazia di Passignano*, Archivio Gabinetto di restauro dell'Opificio delle pietre dure, Direzione restauro Annamaria Giusti.
- Scheda di restauro n. 11155 – *La chiesa degli Apostoli di Madaba in Giordania*, Archivio Gabinetto di restauro dell'Opificio delle pietre dure, 1998.
- Schleichter B. 1989, *Il restauro della statua lignea di «Nostra Donna» nella pieve di Cercina*, sta in *Legno e Restauro. Ricerche e restauri su architetture e manufatti lignei*, in Tampone G. (a cura di), *Restauro del legno*, Firenze, Messaggerie Toscane.
- Schnabel L. 1992, *Evaluation of barium hydroxide-urea consolidation method*, in *International Congress of Restoration and Conservation of Stone-Proceedings*, Lisbona, Portogallo 15-18 giugno 1992.
- Schulitz H. C., Sobek W., Habermann K. J. 1999, *Atlante dell'acciaio*, Utet, Torino.
- Scotti B. I. 1992, *Il restauro della ceramica*, Faenza Editrice, Faenza.
- Segarra Lagunes M. M. (a cura di) 1997, *La reintegrazione nel restauro dell'antico. La protezione del patrimonio dal rischio sismico*, Atti del convegno ArCo, Gangemi, Roma.
- Segarra Lagunes M. M. 1995, *Pulitura e manutenzione delle superfici architettoniche*, in Biscontin G. Driussi G. (a cura di), *La pulitura delle superfici dell'architettura*, Atti del convegno di studi, Bressanone, 3-6 luglio 1995, Libreria Progetto, Padova.
- Serafini G. 1991, *Alcune considerazioni sul degrado strutturale di elementi lapidei causato da una esecuzione impropria delle impermeature: un esempio d'intervento nella chiesa abbaziale di Nonantola*, in Biscontin G., Mietto D. (a cura di), *Le pietre nell'architettura: struttura e superfici*, Atti del convegno di studi, Bressanone 25-28 giugno 1991, Libreria Progetto, Padova, 1991.
- Simon L. R. 1998, *Esame tecnico-scientifico e intervento di restauro di un dipinto su cuoio del XVI secolo*, in «Kermes», n. 33.
- Singer P., Wylie A. 1997, *The resurrection of the Uppark State bed*, in AA.VV., *Textiles in trust: proceedings of the symposium*, Norfolk, 1995, London.
- Sistema consolidante Hilti*, 1992, in «Recuperare», n. 5.
- Skeist I. 1977, *Handbook of Adhesives*, 2nd ed., Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- Soprintendenza per i Beni Artistici e Storici di Roma 1987, *Ricerca finalizzata alla messa a punto di Malte e Tecniche di chiodatura per il miglioramento delle prestazioni di risposta sismica di superfici musive*, Roma.
- Spampinato M. 1990, *Consolidamento di superfici lapidee con idrossido di bario. Sperimentazioni di laboratorio ed esempi di applicazione sul monumento funebre della Gherardesca*, Relazione non pubblicata redatta per La Soprintendenza ai beni A.A.A.S. di Pisa.
- Spinelli P. 1992, *Un metodo semplificato per il progetto di elementi strutturali legno-calcestruzzo*, in «Bollettino Ingegneri», n. 10.
- Tampone G. (a cura di) 1983, *Legno nel restauro e restauro del legno*, Palutan, Milano.
- Tampone G. (a cura di) 1989, *Legno e restauro. Ricerche e restauri su architetture e manufatti lignei*, Messaggerie Toscane, Firenze.
- Tampone G. 1989, *Restauro strutturale con lamine metalliche dei solai lignei della sede del Genio Civile di Firenze*, in Tampone G. (a cura di), *Il restauro del legno*, Atti del 2° Congresso nazionale, Nardini, Firenze, vol. 1, pp. 263-281.
- Tampone G. 1989, *Sostruzione e lamine metalliche per il consolidamento di una capriata nella Sala di scherma della Fortezza da basso a Firenze*, in Tampone G. (a cura di), *Il restauro del legno*, Atti del 2° congresso nazionale, Nardini Editore, Firenze, 1° vol.
- Tampone G. 1994, *Brevetto per il consolidamento delle travi lignee inflesse mediante l'inserimento di lamine metalliche*, in «Bollettino degli Ingegneri», nn. 7-8.
- Tampone G. 1996, *Il restauro delle strutture di legno*, Hoepli, Milano.
- Tampone G. 1999, *Strutture di legno. Collegamenti. Degradazioni e restauro*, in «Recupero & Conservazione» n. 30.
- Tampone G. 1999, *Testate degradate di travi, tiranti e incavallature. Provvedimenti di restauro*, in «Recupero & Conservazione», n. 29, pp. 28-41.
- Tampone G. 2000, *Solai. Degradazioni generali e restauro*, in «Recupero & Conservazione», nn. 31 e 33.
- Tampone G. 2000, *Strutture di legno. Solai. Decorazione e restauro*, in «Recupero & Conservazione», n. 32.
- Tampone G., 2000, *Copertura e controsoffitto ligneo tardo ottocenteschi del salone delle feste di Villa Demidoff a Firenze*, in «Recupero & Conservazione», n. 36.
- Thummel E. 1981, *Impiego delle resine nel consolidamento delle sculture lignee*, Tesi di diploma, OPD, Firenze.
- Tiano P. 1991, *Problemi biologici nella conservazione del patrimonio culturale*, in «Kermes», n. 10.
- Tiano P., Manganelli Del Fa C., Matteoli U., Fratini F., Piacenti F. 1984, *duomo di Prato. Stato di conservazione, restauro e protezione*, in «La prefabbricazione», n. 12.

- Tinutin C. 1985, *Discussione sul problema del consolidamento delle opere lignee: imbottimento e risanamento*, Tesi di Diploma, Firenze.
- Tinutin C. 1985, *Discussione sul problema del consolidamento delle opere lignee: imbottimento e risanamento*, Tesi di diploma, Opificio delle pietre dure, Firenze.
- Toniolo L., Rampazzi L. 2000, *Valutazione del ruolo protettivo delle pellicole ad ossalato*, in Biscontin G., Driussi G., *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del convegno di studi, Bressanone 27-30 giugno 2000, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Torraca G. 1979, *Phisico-chemical deterioration of porous rigid building materials, Notes for a general model*, in Atti del convegno *Il mattone di Venezia*, Venezia.
- Torraca G. 1986, *Materiaux de construction poreux, science des materiaux pour la conservation architecturale*, ed. Iccrom, Rome.
- Torraca G. 1986, *Momenti nella storia della conservazione del marmo. Metodi e attitudini in varie epoche*, in «OPD Restauro», n. monografico: *Restauro del Marmo/Opere e problemi*.
- Torsello A. 1997, *La conoscenza delle cromie*, in Cesare Feiffer, *La conservazione delle superfici intonacate*, Skira, Milano.
- Torsello A. 2001, *Strumenti e metodi per il rilievo*, in «Recupero & Conservazione», nn. 39-40-41.
- Torsello B. P. (a cura di) 1999, *Il castello di Rapallo – Progetto di Restauro*, Marsilio, Venezia.
- Tranchina P. 1985, *Il restauro dei supporti lignei*, in Urbani G. (a cura di), *Il restauro tra metodo e prassi*, Regione Emilia-Romagna.
- Trevisan M., Ragazzo E. 1991, *Guida al restauro dei mobili antichi*, De Vecchi, Milano.
- Trivella F. 1999, *Umidità capillare e barriere chimiche*, in «Recuperare l'edilizia», n. 8.
- Tubi N., Vinci R. 1992, *Il risanamento e la qualità*, in «Recuperare», n. 9.
- Tufani A. 1989, *Le malte nel restauro*, Ediart, Todi.
- Turco A. 1985, *Coloritura, verniciatura e laccatura del legno*, Hoepli, Milano.
- Turco A. 1990, *Il gesso: lavorazione, trasformazione impieghi: forme, stampi, impronte, marmo artificiale, conglomerati leggeri, gesso espanso, lastre e pannelli, intonaci per l'edilizia, prefabbricati, pavimentazioni, bassorilievi, stucchi*, Hoepli, Milano.
- Turgoose S. 1985, *The corrosion of archeological iron during burial and treatment*, in «Studies in Conservation», n. 1.
- Turrini G., Piazza M. 1983, *Il comportamento statico della struttura mista legno-calcestruzzo*, in «Recuperare», n. 5.
- Turrini G., Piazza M. 1983, *Il recupero dei solai in legno, Esperienze e realizzazioni*, in «Recuperare», n. 7.
- Twilley J. 1984, *The Relationship of microstructure to treatment variables in the consolidation of limenstone with barium compounds*, da A.I.C. – Preprints of papers presented at the twelfth annual Meeting, Los Angeles, California, 15-20 maggio 1984.
- Urbani G. (a cura di) 1986, *Problemi di Conservazione*, Editrice Compositori, Roma.
- Urbani G., Mora P., Torraca G. 1965, *Nuovi supporti per affreschi staccati*, in «Bollettino dell'ICR».
- Usai C. 1991, *Strumenti per eseguire fori di precisione su sculture lapidee*, in «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», I.
- Uzielli L. 1992, *Valutazione della capacità portante degli elementi strutturali lignei*, in «L'Edilizia», n. 12.
- Uzielli L. 1995, *Restoring timber structures. Repair and strengthening*, in *Timber Engineering*, Step 2, Centrum Hout, Olanda.
- Vaccari M. G., Conti S. 1996, *I 'veli' bizantini del museo Marciano di Venezia. La pulitura: problemi, sperimentazioni, risultati*, in «OPD Restauro», n. 8.
- Valentin N. 1990, *Insect eradication in museums and archives by oxygen replacement, a pilot project*, in *Icom Committe for Conservation, 9th Triennial Meeting*, Dresden.
- Valentin N., Preusser F. 1990, *Insect control by inert gases in museums, archives and libraries*, sta in «Restaurator» n. 11.
- Valentini M. 1999, *Rassegna delle tecniche di risanamento delle murature dall'umidità*, in «Tema», n. 2.
- Valentini M. 1999, *Sistema ad elettrosmosi: piccolo è meglio*, in «Tema», n. 2.
- Vantandoli L. 1991, *Il contenimento della salinità nelle murature. Sistemi per garantire l'equilibrio asciutto degli intonaci*, in *Recupero edilizio* n. 6, Umidità. Tecniche e prodotti per il risanamento, Alinea, Firenze.
- Varoli Piazza R. 1990, *Conservazione e restauro dei manufatti tessili antichi. Indicazioni di metodo*, in AA.VV., *Tessili, conservazione e restauro. Laboratorio aperto*, Treviso.
- Varoli-Piazza R. (a cura di) 1991, *Il paliotto di Sisto IV ad Assisi – Indagini e intervento conservativo*, Casa Editrice Francescana, Assisi.
- Vassallo E., Cecchi R., Di Biase C., Sette M. P. (a cura di) 1989, *Restauro: la ricerca progettuale*, Padova.
- Vassallo R., 1983, *Un procedimento per risanare definitivamente il legno d'arte*, in Tampone G. (a cura di), *Legno nel restauro e restauro del legno*, Palutan, Milano.
- Verdelli M., Presenti N., Goretti M. 2000, *Tecniche avanzate di sottovuoto nel restauro dei dipinti. Ricerche, sperimentazioni, applicazioni*, Edifir.
- Vergès-Belmin I., Bromblet, P. 2000, *Le nettoyage de la pierre*, in «Monumental», numero annuale.
- Vigo T. 1982, *Protection of textiles from biodeterioration*, in *Conservazione e restauro dei tessili*, convegno internazionale Como 1980, Centro italiano studio e storia del tessuto, sezione Lombardia, Milano.
- Villa A. 1993, *Restauro dei paramenti lapidei del palazzo dei Giureconsulti a Milano*, in «Tema» n. 4.
- Vilucchi S. 2000, *Vitrum: la materia, il degrado, il restauro*, Firenze.
- Vinci R. 1992, *L'umidità ascendente nelle murature*, in «Recuperare» n. 2.

- Vinod D., Maekawa S., Preusser F. D. 1993, *Nitrogen Fumigation: a viable alternative*, in *Icom Committee for Conservation*, Washington.
- Watchman A. L. 1991, *Age and composition of oxalate-rich crusts in the Northern Territory, Australia*, in «*Studies in Conservation*», 36:1.
- Waterer J. W. 1972, *A guide to the conservation of objects made wholly or in part of leather*, G. Bells & Sons, London.
- Weaver M. E. 1993, *Restoring and repairing old wooden structures*, in *Conserving Buildings. Guide to techniques and materials*, John Wiley and Sons, New York.
- Young D. (a cura di) 1974, *Il restauro di cose antiche*, Longanesi, Milano.
- Zappalà Plossi M. 1976-77, *Indagine su adesivi per il restauro dei documenti cartacei*, in «*Bollettino Icpl*» n. 34.
- Zendri E., Biscontin G., Longega G., Battagliarin M. 2000, *Valutazione del comportamento nel tempo di trattamenti protettivi a base di polimeri acrilici*, in Biscontin G., Driussi G. (a cura di), *La prova del tempo. Verifiche degli interventi per la conservazione del costruito*, Atti del convegno di studi, Bressanone 27-30 giugno 2000, Arcadia ricerche, Marghera-Venezia.
- Zuffi S., Ferrari Da Passano C. s.d., *Così ho sfrattato i piccioni dal duomo di Milano*, «*Rassegna dei beni culturali*», 2.

## **Reg. (CE) 16-12-2008 n. 1272/2008**

REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006 (Testo rilevante ai fini del SEE)

Publicato nella G.U.U.E. 31 dicembre 2008, n. L 353.

### **Articolo 3** Sostanze e miscele pericolose e specificazione delle classi di pericolo

Una sostanza o miscela che corrisponde ai criteri relativi ai pericoli fisici, per la salute o per l'ambiente definiti nelle parti da 2 a 5 dell'allegato I è considerata pericolosa ed è classificata nelle rispettive classi di pericolo contemplate in detto allegato.

Qualora nell'allegato I le classi di pericolo siano differenziate in base alla via di esposizione o alla natura degli effetti, la sostanza o miscela è classificata secondo tale differenziazione.

### **Articolo 4** Obblighi generali di classificazione, etichettatura e imballaggio

1. I fabbricanti, gli importatori e gli utilizzatori a valle classificano le sostanze e le miscele in conformità del titolo II prima di immetterle sul mercato.

2. Fatte salve le prescrizioni del paragrafo 1, i fabbricanti, i produttori di articoli e gli importatori classificano le sostanze non immesse sul mercato in conformità del titolo II quando:

a) l'articolo 6, l'articolo 7, paragrafo 1 o 5, l'articolo 17 o l'articolo 18 del regolamento (CE) n. 1907/2006 prevedono la registrazione di una sostanza;

b) l'articolo 7, paragrafo 2, o l'articolo 9 del regolamento (CE) n. 1907/2006 prevedono la notifica.

3. Se una sostanza è soggetta a classificazione ed etichettatura armonizzate in conformità del titolo V mediante una voce dell'allegato VI, parte 3, tale sostanza è classificata conformemente a tale voce e una classificazione di tale sostanza secondo il titolo II non è effettuata per le classi di pericolo o relative differenziazioni figuranti in tale voce.

Tuttavia, se la sostanza rientra anche in una o più classi di pericolo o relative differenziazioni non figuranti in una voce dell'allegato VI, parte 3, per tali classi di pericolo o differenziazioni è effettuata una classificazione secondo il titolo II.

4. Se una sostanza o miscela è classificata come pericolosa, i fornitori assicurano che tale sostanza o miscela sia etichettata e imballata conformemente ai titoli III e IV prima di immetterla sul mercato.

5. Nell'adempimento delle responsabilità di cui al paragrafo 4, i distributori possono utilizzare la classificazione di una sostanza o una miscela derivata in conformità del titolo II da un attore della catena d'approvvigionamento.

6. Nell'adempimento delle responsabilità di cui ai paragrafi 1 e 4, gli utilizzatori a valle possono utilizzare la classificazione di una sostanza o una miscela derivata in conformità del titolo II da un attore della catena d'approvvigionamento, a condizione che non ne modifichino la composizione.

7. Una miscela di cui alla parte 2 dell'allegato II contenente una sostanza classificata come pericolosa non è immessa sul mercato, a meno che non sia etichettata in conformità del titolo III.

8. Ai fini del presente regolamento, gli articoli di cui alla sezione 2.1 dell'allegato I sono classificati, etichettati e imballati in conformità delle disposizioni che si applicano alle sostanze e alle miscele prima dell'immissione sul mercato.

9. I fornitori di una catena d'approvvigionamento cooperano per soddisfare i requisiti in materia di classificazione, etichettatura e imballaggio del presente regolamento.

10. Le sostanze e le miscele sono immesse sul mercato solo se rispettano il presente regolamento.

#### **Articolo 5** Identificazione ed esame delle informazioni disponibili sulle sostanze

1. I fabbricanti, gli importatori e gli utilizzatori a valle di una sostanza identificano le informazioni disponibili al fine di determinare se la sostanza comporti uno dei pericoli fisici, per la salute o per l'ambiente di cui all'allegato I, in particolare:

- a) i dati prodotti secondo uno dei metodi di cui all'articolo 8, paragrafo 3;
- b) i dati epidemiologici e l'esperienza riguardanti gli effetti sull'uomo, quali i dati relativi a malattie professionali e quelli ricavati da banche dati sugli infortuni;
- c) ogni altra informazione acquisita conformemente all'allegato XI, sezione 1, del regolamento (CE) n. 1907/2006;
- d) qualsiasi nuova informazione scientifica;
- e) qualsiasi altra informazione acquisita nell'ambito di programmi in materia di sostanze chimiche riconosciuti a livello internazionale.

Le informazioni si riferiscono alla sostanza nelle forme o negli stati fisici in cui è immessa sul mercato e in cui si può ragionevolmente prevedere che sarà utilizzata

2. I fabbricanti, gli importatori e gli utilizzatori a valle esaminano le informazioni di cui al paragrafo 1 per stabilire se siano adeguate, attendibili e scientificamente valide ai fini della valutazione da effettuarsi ai sensi del capo 2 del presente titolo.

#### **Articolo 6** Identificazione ed esame delle informazioni disponibili sulle miscele

1. I fabbricanti, gli importatori e gli utilizzatori a valle di una miscela identificano le informazioni disponibili su una miscela o sulle sostanze che la compongono al fine di determinare se la miscela stessa comporti uno dei pericoli fisici, per la salute o per l'ambiente di cui all'allegato I, in particolare:

- a) i dati prodotti secondo uno dei metodi di cui all'articolo 8, paragrafo 3, relativi alla miscela stessa o alle sostanze che la compongono;
- b) i dati epidemiologici e l'esperienza riguardanti gli effetti sull'uomo per la miscela stessa o le sostanze che la compongono, quali i dati relativi a malattie professionali o quelli ricavati da banche dati sugli infortuni;
- c) qualsiasi informazione acquisita conformemente all'allegato XI, sezione 1, del regolamento (CE) n. 1907/2006, riguardante la miscela stessa o le sostanze che la compongono;
- d) qualsiasi altra informazione acquisita nell'ambito di programmi internazionalmente riconosciuti in materia di sostanze chimiche, riguardante la miscela stessa o le sostanze che la compongono.

Le informazioni si riferiscono alla miscela nelle forme o negli stati fisici in cui è immessa sul mercato e, se del caso, in cui si può ragionevolmente prevedere che sarà utilizzata.

2. Fatti salvi i paragrafi 3 e 4, quando le informazioni di cui al paragrafo 1 sono disponibili per la miscela stessa, il fabbricante, l'importatore o l'utilizzatore a valle, se hanno accertato che tali informazioni sono adeguate e attendibili e, se del caso, scientificamente valide, le utilizzano ai fini della valutazione da effettuarsi ai sensi del capo 2 del presente titolo.

3. Per la valutazione delle miscele ai sensi del capo 2 del presente titolo in relazione alle classi di pericolo «mutagenicità sulle cellule germinali», «cancerogenicità» e «tossicità per la riproduzione» di cui all'allegato I, punti 3.5.3.1, 3.6.3.1 e 3.7.3.1, il fabbricante, l'importatore o l'utilizzatore a valle utilizzano soltanto le informazioni disponibili di cui al paragrafo 1 riguardanti le sostanze contenute nella miscela. Inoltre, sono presi in considerazione anche i dati sperimentali disponibili sulla miscela stessa che dimostrino effetti mutageni sulle cellule germinali, cancerogeni o tossici per la riproduzione che le informazioni sulle singole sostanze non hanno permesso di individuare.

4. Per la valutazione delle miscele da effettuarsi ai sensi del capo 2 del presente titolo in relazione alle proprietà di «biodegradazione e bioaccumulazione» nella classe di pericolo «pericoloso per l'ambiente acquatico» di cui all'allegato I, punti 4.1.2.8 e 4.1.2.9, il fabbricante, l'importatore o l'utilizzatore a valle utilizzano soltanto le informazioni disponibili di cui al paragrafo 1 riguardanti le sostanze contenute nella miscela.

5. Quando i dati sperimentali sulla miscela stessa del tipo di quelli indicati al paragrafo 1 non sono disponibili o sono inadeguati, il fabbricante, l'importatore o l'utilizzatore a valle utilizzano altre informazioni disponibili sulle singole sostanze e su miscele analoghe già sottoposte a prove che possono essere considerate utili anche per determinare se la miscela sia pericolosa, purché il fabbricante, l'importatore o l'utilizzatore a valle abbiano accertato che tali informazioni sono adeguate e attendibili ai fini della valutazione di cui all'articolo 9, paragrafo 4.

## **Allegato I**

### **Disposizioni relative alla classificazione e all'etichettatura delle sostanze e delle miscele pericolose**

Il presente allegato enuncia i criteri per la classificazione delle sostanze e delle miscele nelle classi di pericolo e nelle loro differenziazioni e fissa disposizioni aggiuntive sulle modalità di applicazione di tali criteri.

#### 1. PARTE 1: PRINCIPI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE E L'ETICHETTATURA

##### 1.0. Definizioni

Per "gas" si intende una sostanza che:

- i) a 50 °C ha una tensione di vapore (assoluta) superiore a 300 kPa; o
- ii) è completamente gassosa a 20 °C alla tensione standard di 101,3 kPa.

Per "liquido" si intende una sostanza o miscela che:

- i) a 50 °C, ha una tensione di vapore non superiore a 300 kPa (3 bar);
- ii) non è completamente gassosa a 20 °C alla pressione standard di 101,3 kPa, e
- iii) ha un punto di fusione o un punto iniziale di fusione uguale o inferiore a 20 °C alla pressione standard di 101,3 kPa.

Per "solido" si intende una sostanza o miscela che non corrisponde alle definizioni di liquido o gas.

##### 1.1. Classificazione delle sostanze e delle miscele

###### 1.1.0. Cooperazione finalizzata al soddisfacimento delle prescrizioni del presente regolamento

I fornitori di una catena di approvvigionamento cooperano al fine di soddisfare le prescrizioni del presente regolamento in materia di classificazione, etichettatura e imballaggio.

I fornitori di un comparto industriale possono cooperare ai fini della gestione delle disposizioni transitorie di cui all'articolo 61 per le sostanze e le miscele immesse sul mercato.

Nel classificare le sostanze e le miscele in conformità al titolo II del presente regolamento, i fornitori di un comparto industriale possono cooperare costituendo una rete o con altri mezzi al fine di condividere dati e conoscenze. In tal caso i fornitori di un comparto industriale documentano approfonditamente la base su cui sono assunte le decisioni inerenti alla classificazione e mettono a disposizione delle autorità competenti e, a richiesta, delle pertinenti autorità preposte all'esecuzione la documentazione, corredata dei dati e delle informazioni su cui si basano le classificazioni. Tuttavia, allorché i fornitori di un comparto industriale cooperano in tal modo, ogni fornitore resta pienamente responsabile della classificazione, dell'etichettatura e dell'imballaggio delle sostanze e miscele che immette sul mercato, nonché del rispetto di qualsiasi altra prescrizione del presente regolamento.

La rete può altresì essere utilizzata per scambiare informazioni e migliori prassi allo scopo di rendere più semplice ottemperare agli obblighi in materia di notifica.

###### 1.1.1. Ruolo e applicazione del giudizio di esperti e determinazione della forza probante

1.1.1.1. Se i criteri non possono essere applicati direttamente alle informazioni identificate disponibili, o se solo le informazioni di cui all'articolo 6, paragrafo 5, sono disponibili, la forza probante dei dati è

determinata ricorrendo al giudizio di esperti, come disposto rispettivamente dall'articolo 9, paragrafo 3 o dall'articolo 9, paragrafo 4.

1.1.1.2. In relazione alla classificazione delle miscele, l'approccio può comprendere anche l'applicazione del giudizio di esperti in svariati settori al fine di assicurare che le informazioni esistenti possano essere utilizzate per quante più miscele possibili al fine di proteggere la salute umana e l'ambiente. Il giudizio di esperti può essere altresì richiesto per interpretare i dati ai fini della classificazione della pericolosità delle sostanze, specialmente laddove sia necessario determinare la forza probante.

1.1.1.3. La determinazione della forza probante implica che siano prese in considerazione congiuntamente tutte le informazioni disponibili riguardanti la determinazione del pericolo: risultati di appropriati studi in vitro, dati pertinenti sugli animali, informazioni tratte dall'applicazione dell'approccio per categorie (raggruppamento, metodo del "read-across"), risultati basati sui metodi (Q)SAR, esperienza umana basata su dati relativi a malattie professionali e infortuni, studi epidemiologici e clinici e studi di casi e osservazioni ben documentati. Alla qualità e alla coerenza dei dati è attribuita la dovuta importanza. Le informazioni relative alle sostanze o miscele da classificare sono prese in opportuna considerazione, così come i risultati degli studi sul sito d'azione e sul meccanismo o le modalità di azione. I risultati, negativi e positivi, sono valutati complessivamente per determinare la forza probante dei dati.

1.1.1.4. Ai fini della classificazione dei pericoli per la salute (parte 3) gli effetti pericolosi accertati osservati in appropriati studi sugli animali o risultanti dall'esperienza umana che corrispondono ai criteri di classificazione giustificano di norma la classificazione. Quando esistono dati derivanti sia da studi sull'uomo sia da studi sugli animali, ma con risultati divergenti, la qualità e l'attendibilità dei dati provenienti da entrambe le fonti sono valutate per stabilire la classificazione. In genere, dati sull'uomo appropriati, attendibili e rappresentativi (studi epidemiologici, studi di casi scientificamente validi, come specificato nel presente allegato, o dati sperimentali corroborati da dati statistici) prevalgono su altri dati. Tuttavia, anche nel caso di studi epidemiologici ben concepiti e correttamente realizzati il numero dei soggetti può non essere sufficiente a individuare effetti relativamente rari, ma significativi, o a discernere possibili fattori confondenti. Pertanto, risultati positivi ottenuti da studi su animali correttamente realizzati non sono necessariamente invalidati dall'assenza di dati positivi sull'uomo, ma richiedono una valutazione della fondatezza, della qualità e della validità statistica sia dei dati relativi all'uomo, sia dei dati relativi ad animali.

1.1.1.5. Ai fini della classificazione dei pericoli per la salute (parte 3), la via d'esposizione, le informazioni sui meccanismi e gli studi sul metabolismo sono utili per determinare la rilevanza di un effetto sull'uomo. Se tali informazioni suscitano dubbi quanto alla loro rilevanza per l'uomo, per quanto la fondatezza e la qualità dei dati siano incontestabili, può essere giustificata una classificazione inferiore. Quando è scientificamente provato che il meccanismo o il modo d'azione non è rilevante per l'uomo, la sostanza o la miscela non devono essere classificate.

1.1.2. Limiti di concentrazione specifici, fattori moltiplicatori e valori soglia generici

1.1.2.1. I limiti di concentrazione specifici o i fattori moltiplicatori sono applicati conformemente all'articolo 10.

1.1.2.2. Valori soglia

1.1.2.2.1. I valori soglia indicano quando la presenza di una sostanza deve essere presa in considerazione ai fini della classificazione di una sostanza o di una miscela contenente tale sostanza pericolosa, sia essa in forma di impurezza identificata, di additivo o di singolo costituente (vedasi l'articolo 11).

1.1.2.2.2. I valori soglia di cui all'articolo 11 sono i seguenti:

a) in relazione ai pericoli per la salute e per l'ambiente di cui alle parti 3, 4 e 5 del presente allegato:

i) per le sostanze per le quali è fissato un limite di concentrazione specifico per la pertinente classe di pericolo o differenziazione nella parte 3 dell'allegato VI o nell'inventario delle classificazioni e delle etichettature di cui all'articolo 42 e se la classe di pericolo o la differenziazione sono menzionate nella tabella 1.1, il valore più basso tra il limite di concentrazione specifico e il corrispondente valore soglia generico figurante nella tabella 1.1; oppure



ii) per le sostanze per le quali è fissato un limite di concentrazione specifico per la pertinente classe di pericolo o differenziazione nella parte 3 dell'allegato VI o nell' inventario delle classificazioni e delle etichettature di cui all'articolo 42 e se la classe di pericolo o la differenziazione non sono menzionate nella tabella 1.1, il limite di concentrazione specifico fissato nella parte 3 dell'allegato VI o nell' inventario delle classificazioni e delle etichettature; oppure

iii) per le sostanze per le quali non è fissato un limite di concentrazione specifico per la pertinente classe di pericolo o differenziazione nella parte 3 dell'allegato VI o nell'inventario delle classificazioni e delle etichettature di cui all'articolo 42 e se la classe di pericolo o la differenziazione sono menzionate nella tabella 1.1, il pertinente valore soglia generico fissato nella suddetta tabella; oppure

iv) per le sostanze per le quali non è fissato un limite di concentrazione specifico per la pertinente classe di pericolo o differenziazione nella parte 3 dell'allegato VI o nell'inventario delle classificazioni e delle etichettature di cui all'articolo 42 e se la classe di pericolo o la differenziazione non sono menzionate nella tabella 1.1, il limite di concentrazione generico per la classificazione nelle pertinenti sezioni delle parti 3, 4 e 5 del presente allegato.

b) In relazione ai pericoli per l'ambiente acquatico di cui alla sezione 4.1 del presente allegato:

i) per le sostanze per le quali è stato fissato un fattore M moltiplicatore per la pertinente categoria di pericolo nella parte 3 dell'allegato VI o nell'inventario delle classificazioni e delle etichettature di cui all'articolo 42, il valore soglia generico figurante nella tabella 1.1, adeguato applicando il calcolo specificato nella sezione 4.1 del presente allegato, ovvero

ii) per le sostanze per le quali non è stato fissato un fattore moltiplicatore per la pertinente categoria di pericolo nella parte 3 dell'allegato VI o nell'inventario delle classificazioni e delle etichettature di cui all'articolo 42, il pertinente valore soglia generico figurante nella tabella 1.1.

Tabella 1.1

Valori soglia generici

Classe di pericolo	Valori soglia generici da prendere in considerazione
<b>Tossicità acuta:</b>	
— Categoria 1-3	0,1 %
— Categoria 4	1 %
<b>Corrosione/irritazione della pelle</b>	1 % <sup>(1)</sup>
<b>Gravi danni oculari/irritazione oculare</b>	1 % <sup>(2)</sup>
<b>Nocivo per l'ambiente acquatico</b>	
— tossicità acuta 1, categoria 1	0,1 % <sup>(3)</sup>
— tossicità cronica, categoria 1	0,1 % <sup>(3)</sup>
— tossicità cronica, categorie 2-4	1 %

<sup>(1)</sup> 0 < 1 % se pertinente, cfr. 3.2.3.3.1.

<sup>(2)</sup> 0 < 1 % se pertinente, cfr. 3.3.3.3.1.

<sup>(3)</sup> 0 < 0,1 % se pertinente cfr. 4.1.3.1.

Nota:

I valori soglia generici sono espressi in percentuale in peso, tranne che per le miscele gassose per quelle classi di pericolo per le quali i valori soglia generici possono essere espressi in modo ottimale indicando la percentuale in volume.

1.1.3. Principi ponte per la classificazione delle miscele quando non sono disponibili dati sperimentali per la miscela in quanto tale

Quando la miscela stessa non è stata sottoposta a prove per determinarne le proprietà pericolose, ma esistono dati sufficienti su miscele analoghe già sottoposte a prove e sulle singole sostanze pericolose che compongono la miscela che consentono di caratterizzare adeguatamente i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati applicando i seguenti principi ponte cui è fatto riferimento all'articolo 9, paragrafo 4, per

ciascuna delle singole classi di pericolo figuranti nella parte 3 e nella parte 4 del presente allegato, fatte salve le disposizioni specifiche relative alle miscele di ciascuna classe di pericolo.

#### 1.1.3.1. Diluizione

Se una miscela sottoposta a test è diluita con una sostanza (diluente) appartenente a una categoria di pericolo equivalente o inferiore a quella del componente meno pericoloso e che si ritiene non debba alterare la classificazione di altri componenti,

- la nuova miscela è classificata come equivalente alla miscela originale; o
- è applicato il metodo di classificazione delle miscele specificato in ciascuna sezione della parte 3 e della parte 4 quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi; o
- in caso di tossicità acuta, il metodo di classificazione delle miscele basato sui loro componenti (formula di additività).

#### 1.1.3.2. Lotti di fabbricazione

La categoria di pericolo di un lotto di fabbricazione di una miscela sottoposto a test può essere considerata sostanzialmente equivalente a quella di un altro lotto dello stesso prodotto commerciale non sottoposto a test, fabbricato da o sotto il controllo dello stesso fornitore, a meno che vi sia ragione di ritenere che vi sono variazioni significative tali da modificare la classificazione di pericolo del lotto non sottoposto a test. In tal caso, occorre procedere a una nuova valutazione.

#### 1.1.3.3. Concentrazione di miscele altamente pericolose

Nel caso della classificazione delle miscele di cui ai punti 3.1, 3.2, 3.3, 3.8, 3.9, 3.10 e 4.1, se una miscela sottoposta a test è classificata nella categoria o sottocategoria di pericolo più elevata e la concentrazione dei componenti della miscela sottoposta a test appartenenti a tale categoria o sottocategoria è aumentata, la nuova miscela risultante, non sottoposta a test, deve essere classificata in tale categoria o sottocategoria, senza prove supplementari

#### 1.1.3.4. Interpolazione all'interno di una categoria di tossicità

Nel caso della classificazione di miscele di cui ai punti 3.1, 3.2, 3.3, 3.8, 3.9, 3.10 e 4.1, se di tre miscele (A, B e C) i cui componenti sono identici le miscele A e B sono state sottoposte a test e appartengono alla stessa categoria di pericolo e la miscela C non è stata sottoposta a test e contiene gli stessi componenti pericolosi delle miscele A e B ma in concentrazioni intermedie rispetto alle concentrazioni nelle miscele A e B, la miscela C è considerata appartenente alla stessa categoria di pericolo delle miscele A e B.

#### 1.1.3.5. Miscele sostanzialmente simili

Nel seguente caso:

a) due miscele contenenti ciascuna due componenti:

i) A + B

ii) C + B;

b) la concentrazione del componente B è essenzialmente la stessa in entrambe le miscele;

c) la concentrazione del componente A nella miscela i) è uguale a quella del componente C nella miscela ii);

d) per A e C si dispone di dati relativi ai pericoli sostanzialmente equivalenti, ossia A e C appartengono alla stessa categoria di pericolo e non si ritiene che possano influire sulla classificazione dei pericoli di B.

Se la miscela i) o ii) è già classificata in base ai dati ottenuti tramite il test, l'altra miscela va classificata nella stessa categoria di pericolo.

#### 1.1.3.6. Revisione della classificazione qualora la composizione di una miscela sia mutata

Sono definite le seguenti variazioni della concentrazione iniziale per l'applicazione dell'articolo 15, paragrafo 2, lettera a):

Tabella 1.2

Principio ponte per le modifiche della composizione di una miscela

Intervallo di concentrazione iniziale del componente	Variazione ammessa della concentrazione iniziale del componente
$\leq 2,5 \%$	$\pm 30 \%$
$2,5 < C \leq 10 \%$	$\pm 20 \%$
$10 < C \leq 25 \%$	$\pm 10 \%$
$25 < C \leq 100 \%$	$\pm 5 \%$

#### 1.1.3.7. Aerosol

In caso di classificazione delle miscele di cui alle sezioni 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.8 e 3.9, una miscela sotto forma di aerosol è classificata nella stessa categoria di pericolo della miscela in altra forma, a condizione che il gas propellente aggiunto non alteri le proprietà pericolose della miscela al momento della vaporizzazione e sia scientificamente dimostrato che la pericolosità della sostanza, sotto forma di aerosol, non risulta aumentata.

### 1.2. Etichettatura

#### 1.2.1. Disposizioni generali relative all'apposizione delle etichette a norma dell'articolo 31

1.2.1.1. I pittogrammi di pericolo hanno la forma di un quadrato poggiante su una punta.

1.2.1.2. I pittogrammi di pericolo riportati nell'allegato V sono costituiti da un simbolo nero su fondo bianco, con un bordo rosso sufficientemente largo da risultare chiaramente visibile.

1.2.1.3. Ogni pittogramma di pericolo copre almeno un quindicesimo della superficie minima dell'etichetta contenente le informazioni di cui all'articolo 17. La superficie minima di ogni pittogramma di pericolo non misura meno di 1 cm<sup>2</sup>.

1.2.1.4. Le dimensioni dell'etichetta e di ogni pittogramma sono le seguenti:

Tabella 1.3

Dimensioni minime delle etichette e dei pittogrammi

Capacità dell'imballaggio	Dimensioni dell'etichetta (in millimetri) per le informazioni di cui all'articolo 17	Dimensioni di ogni pittogramma (in millimetri)
Non superiore a 3 litri:	Possibilmente almeno 52 × 74	Non inferiori a 10 × 10 Possibilmente almeno 16 × 16
Superiore a 3 litri, ma non superiore a 50 litri:	Almeno 74 × 105	Almeno 23 × 23
Superiore a 50 litri, ma non superiore a 500 litri:	Almeno 105 × 148	Almeno 32 × 32
Superiore a 500 litri:	Almeno 148 × 210	Almeno 46 × 46»;

### 1.3. Deroghe alle disposizioni relative all'etichettatura in casi particolari

Ai sensi dell'articolo 23, si applicano le seguenti deroghe:

#### 1.3.1. Bombole del gas trasportabili

Per le bombole di gas trasportabili con una capacità d'acqua non superiore a 150 litri è consentita una delle seguenti alternative:

a) Formato e dimensioni secondo le prescrizioni dell'edizione in vigore della norma ISO 7225 "Bombole del gas - Etichettatura precauzionale". In tal caso, l'etichetta può recare il nome generico o la denominazione industriale o commerciale della sostanza o miscela, a condizione che le sostanze pericolose della miscela siano indicate sul corpo della bombola in maniera chiara e indelebile.

b) Le informazioni di cui all'articolo 17 sono fornite su un disco o un'etichetta durevoli saldamente fissati alla bombola.

#### 1.3.2. Bombole del gas per propano, butano o gas di petrolio liquefatto (GPL).

1.3.2.1. Se il propano, il butano e il gas di petrolio liquefatto (GPL) o una miscela contenente queste sostanze, classificate secondo i criteri del presente allegato, sono immessi sul mercato in bombole chiuse ricaricabili o in cartucce non ricaricabili conformi alla norma EN 417 come gas combustibili che vengono liberati unicamente in vista della loro combustione (EN 417, ediz. in vigore: "Cartucce metalliche non ricaricabili per gas di petrolio liquefatto, con o senza valvola, destinate ad apparecchiature portatili; costruzione, ispezione, collaudo e marcatura"), queste bombole o cartucce sono etichettate soltanto con il pittogramma appropriato, le indicazioni di pericolo e i consigli di prudenza riguardanti l'inflammabilità.

1.3.2.2. L'etichetta non riporta necessariamente informazioni concernenti gli effetti sulla salute umana e l'ambiente. Il fornitore comunica però agli utilizzatori a valle o ai distributori, nella scheda dei dati di sicurezza (SDS), le informazioni riguardanti gli effetti sulla salute umana e l'ambiente.

1.3.2.3. Ai consumatori sono comunicate informazioni sufficienti a permettere loro di adottare tutte le misure necessarie per la tutela della salute e della sicurezza.

#### 1.3.3. Aerosol e contenitori muniti di un dispositivo sigillato di nebulizzazione e contenenti sostanze o miscele classificate come pericolose in caso di aspirazione

Per quanto concerne l'applicazione del punto 3.10.4, le sostanze o miscele classificate secondo i criteri di cui ai punti 3.10.2 e 3.10.3 non recano necessariamente sull'etichetta indicazioni relative a tale pericolo quando sono immesse sul mercato in contenitori aerosol o in contenitori muniti di un dispositivo sigillato di nebulizzazione.

#### 1.3.4. Metalli in forma massiva, leghe, miscele contenenti polimeri, miscele contenenti elastomeri

1.3.4.1. I metalli in forma massiva, le leghe, le miscele contenenti polimeri e quelle contenenti elastomeri, anche se classificati come pericolosi secondo i criteri del presente allegato, non richiedono un'etichetta conforme al presente allegato se non presentano un pericolo né per la salute umana a seguito di inalazione, ingestione o contatto con la pelle né per l'ambiente acquatico nella forma in cui sono immessi sul mercato.

1.3.4.2. Il fornitore comunica però le informazioni agli utilizzatori a valle o ai distributori nella SDS.

#### 1.3.5. Esplosivi immessi sul mercato destinati a produrre effetti esplosivi o pirotecnici

Gli esplosivi, di cui al punto 2.1, immessi sul mercato destinati a produrre effetti esplosivi o pirotecnici sono etichettati e imballati esclusivamente in conformità alle disposizioni relative agli esplosivi.

#### 1.4. Richiesta di utilizzare una denominazione chimica alternativa

1.4.1. Le richieste di utilizzare una denominazione chimica alternativa a norma dell'articolo 24 possono essere soddisfatte soltanto se

I) alla sostanza non è stato attribuito un limite comunitario di esposizione sul luogo di lavoro e

II) il fabbricante, l'importatore o l'utilizzatore a valle può dimostrare che l'uso della denominazione chimica alternativa soddisfa la necessità di fornire informazioni sufficienti per poter adottare nel luogo di lavoro le necessarie precauzioni ai fini della tutela della salute e della sicurezza e la necessità di assicurare che possano essere controllati i rischi connessi alla manipolazione della miscela, e

III) la sostanza è classificata esclusivamente in una o più delle seguenti categorie di pericolo:

a) una delle categorie di pericolo cui è fatto riferimento nella parte 2 del presente allegato;

b) tossicità acuta, categoria 4;

c) corrosione/irritazione della pelle, categoria 2;

d) gravi danni oculari/irritazione oculare, categoria 2;

e) tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione singola, categoria 2 o 3;

f) tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione ripetuta, categoria 2;

g) nocivo per l'ambiente acquatico - tossicità cronica, categoria 3 o 4.

1.4.2. Scelta della o delle denominazioni chimiche per le miscele destinate all'industria profumiera

Per le sostanze esistenti in natura possono essere utilizzate una denominazione o denominazioni chimiche del tipo "olio essenziale di..." o "estratto di ..." anziché le denominazioni chimiche dei componenti di tale olio essenziale o estratto di cui all'articolo 18, paragrafo 3, lettera b).

1.5. Esenzioni dalle prescrizioni in materia di etichettatura e imballaggio

1.5.1. Esenzioni dall'articolo 31 [(Articolo 29, paragrafo 1)]

1.5.1.1. Se si applica l'articolo 29, paragrafo 1, lettera a), gli elementi dell'etichetta menzionati all'articolo 17 possono essere forniti in uno dei modi seguenti:

a) su etichette pieghevoli; ovvero

b) su cartellini pendenti; ovvero

c) su un imballaggio esterno.

1.5.1.2. L'etichetta apposta su un imballaggio interno riporta quantomeno pittogrammi di pericolo, l'identificatore del prodotto di cui all'articolo 18 e il nome e il numero di telefono del fornitore della sostanza o miscela.

1.5.2. Esenzioni dall'articolo 17 [(Articolo 29, paragrafo 2)]

1.5.2.1. Etichettatura di imballaggi che non contengono una quantità superiore a 125 ml

1.5.2.1.1. Le indicazioni di pericolo e i consigli di prudenza collegati alle categorie di pericolo elencate in appresso possono non figurare tra gli elementi dell'etichetta prescritti all'articolo 17 se:

a) la quantità contenuta nell'imballaggio non è superiore a 125 ml; e

b) la sostanza o miscela è classificata in una o più delle seguenti categorie di pericolo:

- 1) Gas comburenti di categoria 1;
- 2) Gas sotto pressione;
- 3) Liquidi infiammabili di categoria 2 o 3;
- 4) Solidi infiammabili di categoria 1 o 2;
- 5) Sostanze o miscele auto-reattive dei tipi da C a F;
- 6) Sostanze o miscele auto-riscaldanti di categoria 2;
- 7) Sostanze e miscele che, a contatto con l'acqua, sviluppano gas infiammabili di categoria 1, 2 o 3;
- 8) Liquidi comburenti di categoria 2 o 3;
- 9) Solidi comburenti di categoria 2 o 3;
- 10) Perossido organico dei tipi da C a F;
- 11) Tossicità acuta della categoria 4, se le sostanze o miscele non sono fornite al pubblico;
- 12) Irritazione cutanea di categoria 2;
- 13) Irritazione oculare di categoria 2;
- 14) Tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione singola di categoria 2 o 3, se la sostanza o miscela non sono fornite al pubblico;
- 15) Tossicità specifica per organi bersaglio - esposizione ripetuta di categoria 2, se la sostanza o miscela non sono fornite al pubblico;
- 16) Nocivo per l'ambiente acquatico - Tossicità acuta di categoria 1;
- 17) Nocivo per l'ambiente acquatico - Tossicità cronica di categoria 1 o 2.

Le esenzioni relative all'etichettatura di piccoli imballaggi di aerosol come infiammabili stabilite nella direttiva 75/324/CEE si applicano ai generatori di aerosol.

1.5.2.1.2. I consigli di prudenza collegati alle categorie di pericolo elencate in appresso possono non figurare tra gli elementi dell'etichetta prescritti all'articolo 17 se:

- a) La quantità contenuta nell'imballaggio non è superiore a 125 ml; e
- b) La sostanza o miscela sono classificate in una o più delle seguenti categorie di pericolo:
  - 1) Gas infiammabili della categoria 2;
  - 2) Tossicità sulla riproduzione: effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento;
  - 3) Nocivo per l'ambiente acquatico - Tossicità cronica della categoria 3 o 4.

1.5.2.1.3. Il pittogramma, l'avvertenza, l'indicazione di pericolo e il consiglio di prudenza associati alle categorie di pericolo elencate qui di seguito possono non figurare tra gli elementi dell'etichetta prescritti all'articolo 17 se:

- a) la quantità contenuta nell'imballaggio non è superiore a 125 ml; e
- b) la sostanza o miscela è classificata in una o più delle seguenti categorie di pericolo:
  - 1) Corrosivo per i metalli.

#### 1.5.2.2. Etichettatura di imballaggi solubili monouso

Gli elementi dell'etichetta prescritti all'articolo 17 possono non figurare sugli imballaggi solubili monouso se:

- a) la quantità contenuta in ciascun imballaggio solubile non è superiore a 25 ml;
- b) la classificazione del contenuto dell'imballaggio solubile è esclusivamente una o più delle categorie di pericolo elencate ai punti 1.5.2.1.1, lettera b), 1.5.2.1.2, lettera b), oppure 1.5.2.1.3, lettera b); e
- c) l'imballaggio solubile è contenuto in un imballaggio esterno che soddisfa integralmente le prescrizioni dell'articolo 17. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

1.5.2.3. La sezione 1.5.2.2 non si applica alle sostanze o miscele che rientrano nel campo di applicazione della direttiva 91/414/CEE o della direttiva 98/8/CE.

## 2. PARTE 2: PERICOLI FISICI

### 2.1. Esplosivi

#### 2.1.1. Definizioni

2.1.1.1. La classe degli esplosivi comprende:

- a) le sostanze e miscele esplosive;
- b) gli articoli esplosivi, ad eccezione dei dispositivi contenenti sostanze o miscele esplosive in quantità tali o di natura tale che la loro accensione o il loro innesco involontari o accidentali non causano alcun effetto esterno al dispositivo consistente in proiezione, incendio, fumo, calore o forte rumore;
- c) le sostanze, le miscele e gli articoli non menzionati alle lettere a) e b) che siano fabbricati al fine di produrre un effetto pratico esplosivo o pirotecnico.

2.1.1.2. Ai fini del presente regolamento, s'intende per:

sostanza o miscela esplosiva, una sostanza solida o liquida (o una miscela di sostanze) che può, per reazione chimica, sviluppare gas a una temperatura, una pressione e una velocità tali da causare danni nell'area circostante. Le sostanze pirotecniche sono comprese in questa definizione anche se non sviluppano gas;

sostanza o miscela pirotecnica, una sostanza o miscela di sostanze destinata a produrre un effetto calorifico, luminoso, sonoro, gassoso o fumogeno o una combinazione di tali effetti, a seguito di reazioni chimiche esotermiche automantenute non detonanti;

esplosivo instabile, una sostanza o miscela esplosiva termicamente instabile e/o troppo sensibile per essere manipolata, trasportata e utilizzata in condizioni normali;

articolo esplosivo, un oggetto contenente una o più sostanze o miscele esplosive;

articolo pirotecnico, un oggetto contenente una o più sostanze o miscele pirotecniche;

esplosivo intenzionale, una sostanza, una miscela o un articolo fabbricati con lo scopo di produrre un effetto pratico, esplosivo o pirotecnico.

## 2.1.2. Criteri di classificazione

2.1.2.1. Le sostanze, le miscele e gli articoli appartenenti a questa classe sono classificati come esplosivi instabili sulla base del diagramma alla tabella 2.1.2. I metodi di prova sono descritti nella parte I delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri.

2.1.2.2. Le sostanze, le miscele e gli articoli appartenenti a questa classe che non sono classificati come esplosivi instabili sono assegnati a una delle seguenti sei divisioni, secondo il tipo di pericolo che presentano:

a) Divisione 1.1 Sostanze, miscele e articoli che presentano un pericolo di esplosione di massa (un'esplosione di massa è un'esplosione che interessa in modo praticamente istantaneo la quasi totalità della quantità presente);

b) Divisione 1.2 Sostanze, miscele e articoli che presentano un pericolo di proiezione senza pericolo di esplosione di massa;

c) Divisione 1.3 Sostanze, miscele e articoli che presentano un pericolo di incendio con leggero pericolo di spostamento di aria o di proiezione o di entrambi, ma senza pericolo di esplosione di massa:

i) la cui combustione dà luogo a un considerevole irraggiamento termico;

ii) che bruciano gli uni dopo gli altri con effetti ridotti di spostamento di aria o di proiezione o di entrambi;

d) Divisione 1.4 Sostanze, miscele e articoli che non presentano un pericolo significativo:

- sostanze, miscele e articoli che presentano solo un pericolo minore in caso di accensione o innesco. Gli effetti sono essenzialmente limitati al collo e di norma non danno luogo alla proiezione di frammenti di dimensioni significative o a distanza significativa. Un incendio esterno non deve causare l'esplosione praticamente istantanea della quasi totalità del contenuto del collo;

e) Divisione 1.5 Sostanze o miscele molto poco sensibili che presentano un pericolo di esplosione di massa:

- sostanze e miscele che presentano un pericolo di esplosione di massa ma che sono così poco sensibili che la probabilità di innesco o di passaggio dalla combustione alla detonazione è molto ridotta in condizioni normali;

f) Divisione 1.6 Articoli estremamente poco sensibili che non presentano un pericolo di esplosione di massa:

- articoli contenenti solo sostanze o miscele detonanti estremamente poco sensibili e per i quali la probabilità di innesco o di propagazione accidentale è trascurabile.

2.1.2.3. Gli esplosivi che non sono classificati come esplosivi instabili sono classificati in una delle sei divisioni di cui al punto 2.1.2.2 del presente allegato sulla base delle prove delle serie da 2 a 8 descritte nella parte I delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, secondo i risultati delle prove indicate nella tabella 2.1.1:

Tabella 2.1.1

### Criteri di classificazione degli esplosivi

Categoria	Criteri
	Per gli esplosivi delle divisioni da 1.1 a 1.6, devono essere effettuate le seguenti prove di base:
	Esposibilità: prove della serie 2 di cui alla sezione 12 delle Raccomandazioni delle



Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri. Gli esplosivi intenzionali (1) non sono sottoposti alle prove della serie 2 delle Nazioni Unite;

Esplosivi instabili o esplosivi delle divisioni da 1.1 a 1.6

Sensibilità: prove della serie 3 di cui alla sezione 13 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri.

Stabilità termica: prove della serie 3 c) di cui alla sottosezione 13.6.1 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri. Ulteriori prove sono necessarie per l'assegnazione alla divisione appropriata.

(1) Comprendono le sostanze, le miscele e gli oggetti che sono fabbricati al fine di produrre un effetto pratico esplosivo o pirotecnico.

2.1.2.4. Gli esplosivi non imballati o reimballati in imballaggio diverso da quello originale o da imballaggio simile a quello originale sono sottoposti a una nuova prova.

### 2.1.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze, delle miscele e degli articoli che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.1.2.






NOTA alla tabella 2.1.2: per gli esplosivi non imballati o reimballati in imballaggio diverso da quello originale o da imballaggio simile a quello originale, l'etichetta include tutti i seguenti elementi:

- a) il pittogramma: bomba che esplode;
- b) l'avvertenza: "Pericolo";
- c) l'indicazione di pericolo: "Esplosivo; pericolo di esplosione di massa",

a meno che il pericolo corrisponda a una delle categorie di pericolo figuranti nella tabella 2.1.2, nel qual caso sono attribuiti il pittogramma, l'avvertenza e/o l'indicazione di pericolo corrispondenti.

Tabella 2.1.2

### Esplosivi - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Esplosivo instabile	Divisione 1.1	Divisione 1.2	Divisione 1.3	Divisione 1.4	Divisione 1.5	Divisione 1.6
Pittogrammi GHS							
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Pericolo	Pericolo	Attenzione	Pericolo	Nessuna avvertenza
Indicazione di pericolo	H200: Esplosivo instabile	H201: Esplosivo; pericolo di esplosione di massa	H202: Esplosivo; grave pericolo di proiezione	H203: Esplosivo; pericolo di incendio, di spostamento d'aria o di proiezione	H204: Pericolo di incendio o di proiezione	H205: Pericolo di esplosione di massa in caso di incendio	Nessuna indicazione di pericolo
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P201 P202 P281	P210 P230 P240 P250 P280	P210 P230 P240 P250 P280	P210 P230 P240 P250 P280	P210 P240 P250 P280	P210 P230 P240 P250 P280	Nessun consiglio di prudenza
Consiglio di prudenza — Reazione	P372 P373 P380	P370+P380 P372 P373	P370+P380 P372 P373	P370+P380 P372 P373	P370+P380 P372 P373	P370+P380 P372 P373	Nessun consiglio di prudenza
Consiglio di prudenza — Conservazione	P401	P401	P401	P401	P401	P401	Nessun consiglio di prudenza
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501	P501	P501	P501	Nessun consiglio di prudenza

### 2.1.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.1.4.1. La classificazione di sostanze, miscele e articoli nella classe di pericolo degli esplosivi e la loro successiva assegnazione a una divisione avviene secondo una procedura in tre fasi molto complessa. È

necessario fare riferimento alla parte I delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri.

La prima fase consiste nel determinare se la sostanza o miscela ha effetti esplosivi (prove della serie 1). La seconda fase consiste nella procedura di accettazione (prove della serie da 2 a 4) e la terza fase consiste nell'assegnazione a una divisione (prove della serie da 5 a 7). La valutazione se una sostanza che può essere classificata come "emulsione, sospensione o gel di nitrato di ammonio, prodotto intermedio per la fabbricazione di esplosivi detonanti (ANE)" sia sufficientemente poco sensibile per essere classificata come un liquido comburente (sezione 2.13) o come un solido comburente (sezione 2.14) è effettuata mediante le prove della serie 8.

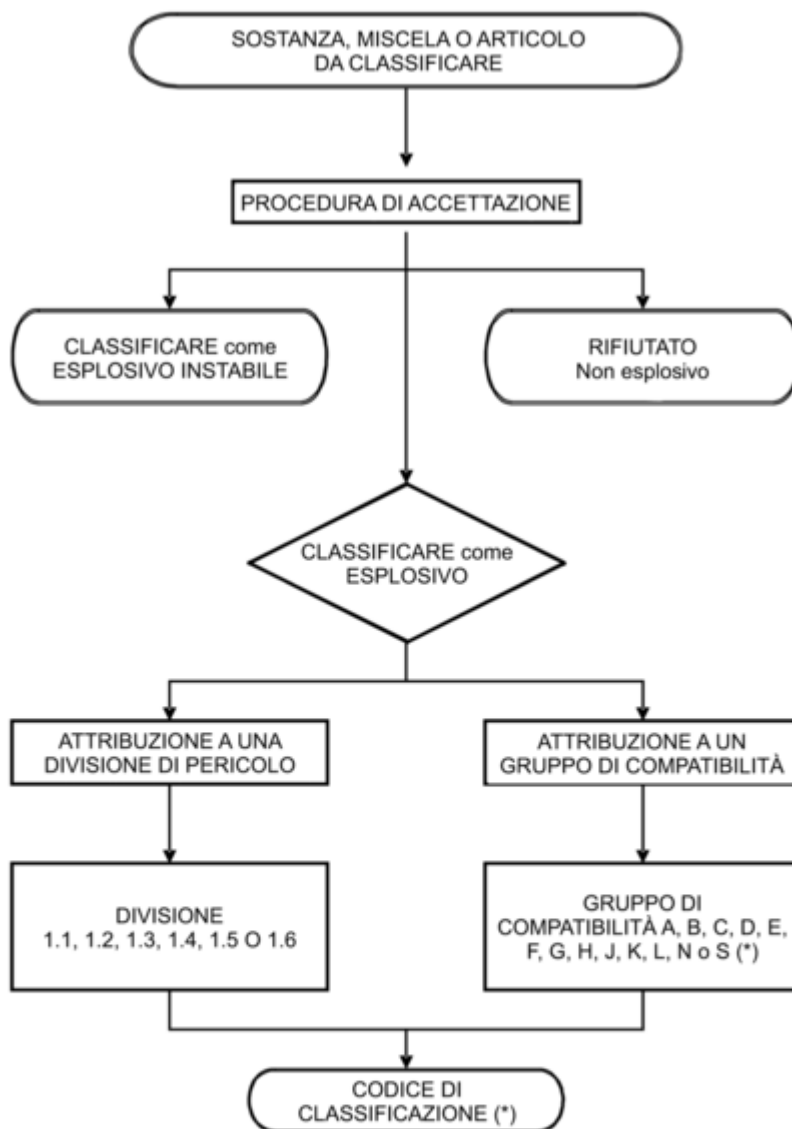
Le sostanze e le miscele esplosive bagnate con acqua o alcoli, o diluite con altre sostanze per neutralizzarne le proprietà esplosive, possono essere trattate diversamente ai fini della classificazione e ad esse si possono applicare altre classi di pericolo in base alle loro proprietà fisiche (cfr. anche allegato II, sezione 1.1).

Taluni pericoli fisici (dovuti a proprietà esplosive) sono modificati dalla diluizione, come nel caso degli esplosivi desensibilizzati, dall'inclusione in una miscela o in un articolo, dall'imballaggio o da altri fattori.

La procedura di classificazione è illustrata nel seguente schema di decisione (cfr. figure da 2.1.1 a 2.1.4).

Figura 2.1.1

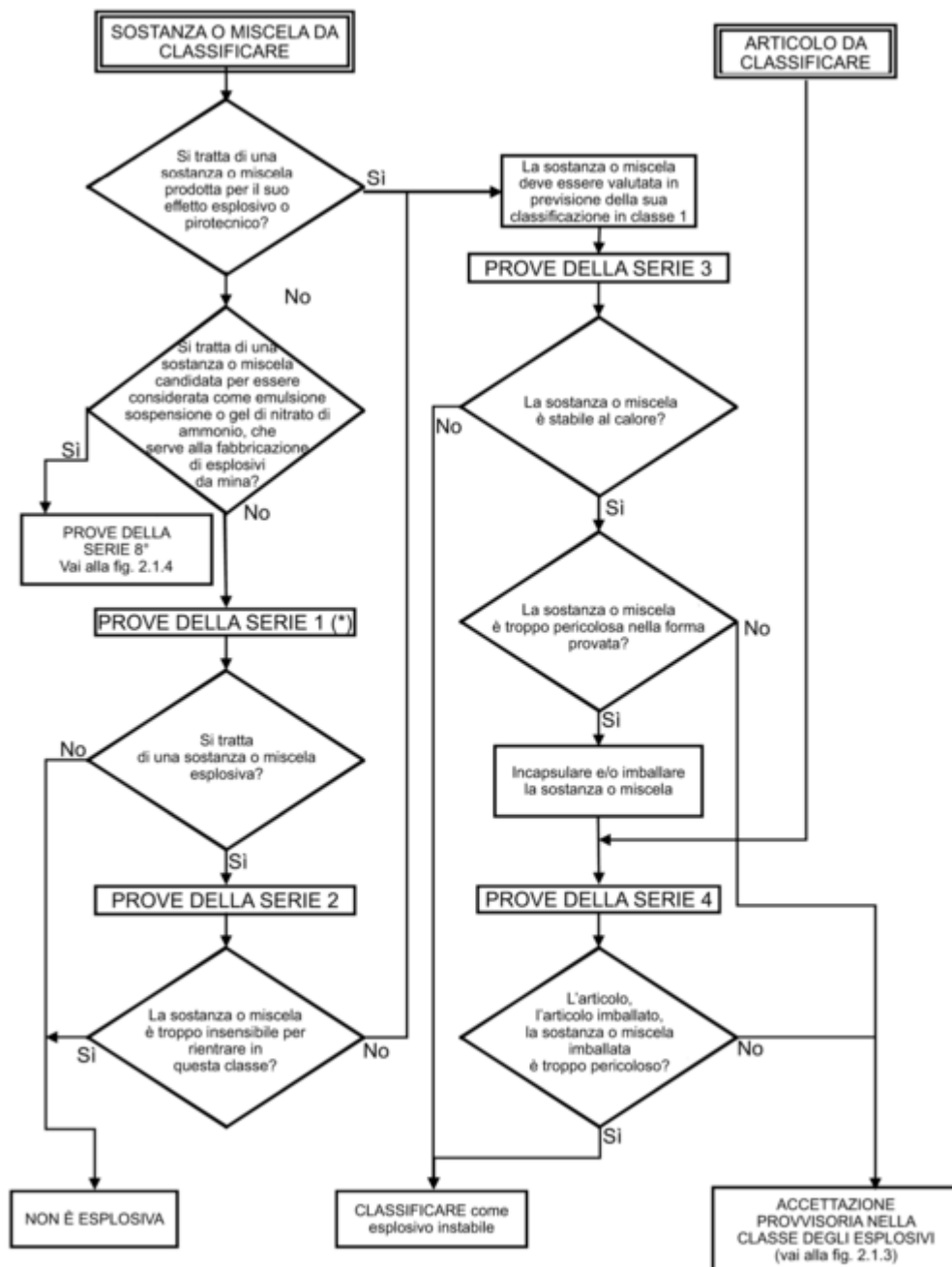
Schema generale della procedura di classificazione di una sostanza, di una miscela o di un articolo nella classe degli esplosivi (classe 1 per il trasporto)



(\*) cfr. Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Regolamento tipo, 15ª edizione rivista, sottosezione 2.1.2.

Figura 2.1.2

Procedura di accettazione provvisoria di una sostanza, di una miscela o di un articolo nella classe degli esplosivi (classe 1 per il trasporto)



(\*) Ai fini della classificazione, iniziare con le prove della serie 2.

Figura 2.1.3

Procedura per l'assegnazione a una divisione nella classe degli esplosivi (classe 1 per il trasporto)


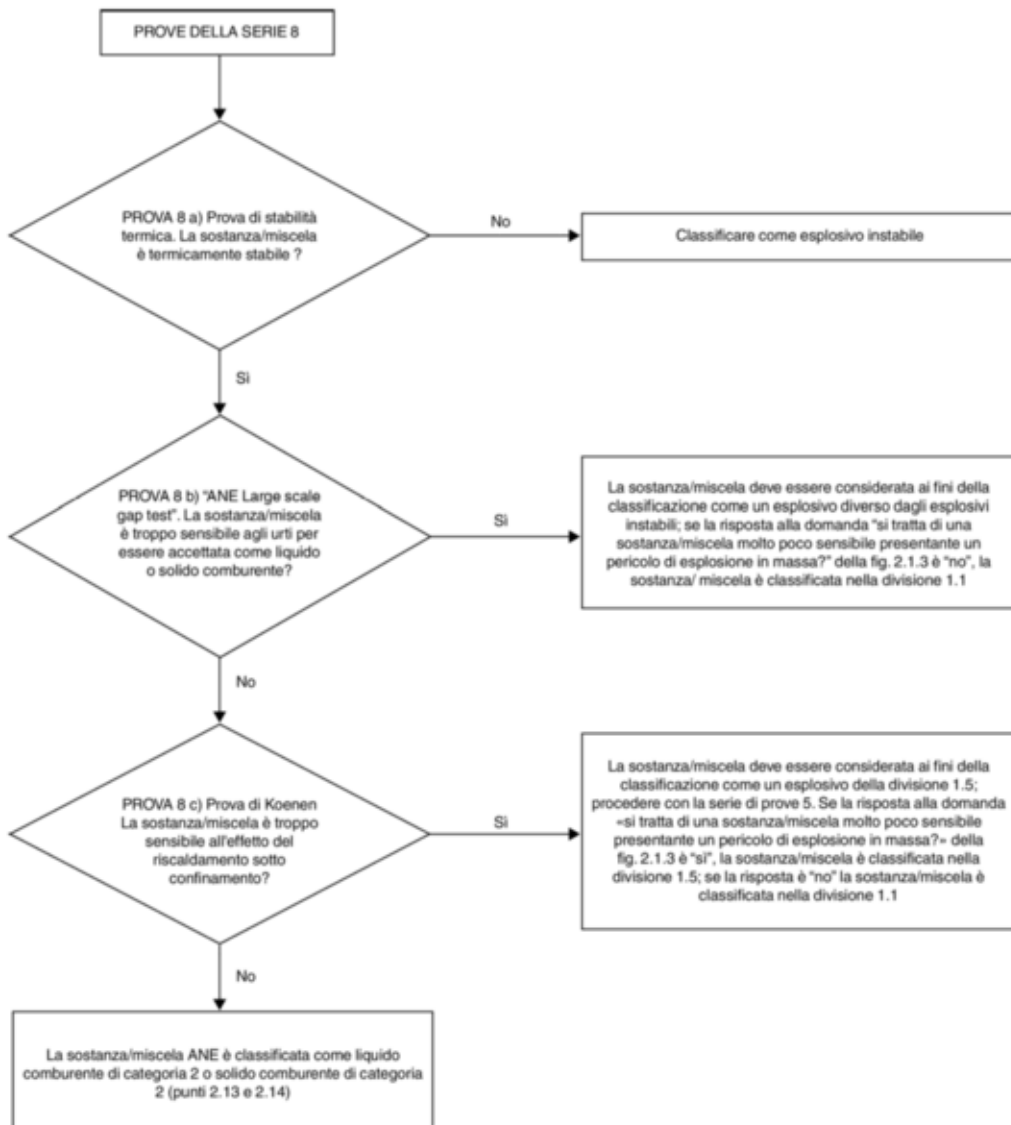
Classificazione	Categoria 1A o categoria 1B	Categoria 2	Avente effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento (categoria supplementare)
Pittogrammi GHS			Nessun pittogramma
Avvertenza	Pericolo	Attenzione	Nessuna avvertenza
Indicazione di pericolo	H360: Può nuocere alla fertilità o al feto (indicare l'effetto specifico, se noto) (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H361: Sospettato di nuocere alla fertilità o al feto (indicare l'effetto specifico, se noto) (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H362: Può essere nocivo per i lattanti allattati al seno
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P201 P202 P281	P201 P202 P281	P201 P260 P263 P264 P270
Consiglio di prudenza — Reazione	P308 + P313	P308 + P313	P308 + P313
Consiglio di prudenza — Conservazione	P405	P405	
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	

Figura 2.1.4

Procedura per la classificazione di emulsioni, sospensioni o gel di nitrato di ammonio (ANE)



#### 2.1.4.2. Procedura di screening

Le proprietà esplosive sono associate alla presenza in una molecola di taluni gruppi chimici che possono reagire producendo un aumento molto rapido della temperatura o della pressione. La procedura di screening è finalizzata a individuare la presenza di questi gruppi reattivi e la loro capacità di liberare rapidamente energia. Se la procedura di screening indica che la sostanza o la miscela è potenzialmente esplosiva, la sostanza o miscela deve essere sottoposta alla procedura di accettazione (cfr. la sezione 10.3 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri).

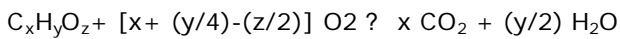
Nota:

Se l'energia di decomposizione esotermica delle sostanze organiche è inferiore a 800 J/g, non è necessario effettuare una prova di propagazione della detonazione della serie 1, tipo a) né una prova di sensibilità all'onda d'urto della serie 2, tipo a). Per sostanze organiche e miscele di sostanze organiche con energia di decomposizione esotermica pari o superiore a 800 J/g, non è necessario effettuare i test 1 a) e 2 a) se il risultato del test del mortaio balistico Mk.III d (F.1) o del test del mortaio balistico (F.2) o del test BAM Trauzl (F.3) iniziati con detonatore standard n. 8 (cfr. appendice delle UN RTDG, Manuale delle prove e dei criteri) è "no". In tal caso si presume che i risultati delle prove 1 a) e 2 a) siano "-".  
<http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

2.1.4.3. Una sostanza o miscela non è classificata come esplosiva:

- a) se la molecola non contiene alcun gruppo chimico associato a proprietà esplosive. Esempi di gruppi che possono indicare proprietà esplosive figurano nella tabella A6.1 all'appendice 6 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri,
- b) se la sostanza contiene gruppi chimici associati a proprietà esplosive e comprendenti ossigeno e se il bilancio d'ossigeno calcolato è inferiore a - 200;

Il bilancio d'ossigeno è calcolato per la reazione chimica:



utilizzando la formula:

$$\text{Bilancio d'ossigeno} = -1600 [2x + (y/2) - z] / \text{peso molecolare};$$

- c) se la sostanza organica o una miscela omogenea di sostanze organiche contiene gruppi chimici associati a proprietà esplosive, ma l'energia di decomposizione esotermica è inferiore a 500 J/g e la temperatura iniziale di decomposizione esotermica è inferiore a 500°C. L'energia di decomposizione esotermica può essere determinata utilizzando un'appropriata tecnica calorimetria, o
- d) se, per le miscele di sostanze comburenti inorganiche con materie organiche, la concentrazione della sostanza comburente inorganica è:

- inferiore al 15% in massa, nel caso di una sostanza comburente di categoria 1 o 2;
- inferiore al 30% in massa, nel caso di una sostanza comburente di categoria 3.

2.1.4.4. Nel caso di miscele contenenti sostanze esplosive note, deve essere applicata la procedura di accettazione.

## 2.2. Gas infiammabili

### 2.2.1. Definizione

Per gas infiammabile s'intende un gas o una miscela di gas con un campo di infiammabilità con l'aria a 20 °C e a una pressione normale di 101,3 kPa.

### 2.2.2. Criteri di classificazione

2.2.2.1. Un gas infiammabile è classificato in questa classe in base alla tabella 2.2.1.

Tabella 2.2.1

#### Criteri di classificazione dei gas infiammabili

Categoria	Criteri
1	Gas che, a una temperatura di 20 °C e alla pressione normale di 101,3 kPa: a) sono infiammabili quando sono in miscela al 13% o meno (in volume) con l'aria; or b) hanno un campo di infiammabilità con l'aria di almeno 12 punti percentuali, qualunque sia il loro limite inferiore di infiammabilità.
2	Gas diversi da quelli della categoria 1 che, a una temperatura di 20 °C e alla pressione normale di 101,3 kPa, hanno un campo di infiammabilità se mescolati con l'aria.

Nota:


Gli aerosol non vanno classificati come gas infiammabili; cfr. punto 2.3. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

### 2.2.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.2.2.

Tabella 2.2.2

Gas infiammabili - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2
Pittogramma GHS		Nessun pittogramma
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H220: Gas altamente infiammabile	H221: Gas infiammabile
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210	P210
Consiglio di prudenza — Reazione	P377 P381	P377 P381
Consiglio di prudenza — Conservazione	P403	P403
Consiglio di prudenza — Smaltimento		

### 2.2.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.2.4.1. L'infiammabilità è determinata mediante prove o, nel caso di miscele per le quali sono disponibili dati sufficienti, mediante calcoli effettuati secondo metodi approvati dall'ISO (cfr. la norma ISO 10156 modificata: Gas e miscele di gas - Determinazione del potenziale di infiammabilità e della capacità ossidante per la scelta dei raccordi di uscita delle valvole per bombole). Se i dati disponibili non permettono di utilizzare questi metodi, può essere utilizzato il metodo di prova EN 1839 (Determinazione dei limiti di esplosività dei gas e dei vapori) modificato.

## 2.3. Aerosol infiammabili

### 2.3.1. Definizioni

Gli aerosol, vale a dire i generatori di aerosol, sono recipienti non ricaricabili in metallo, vetro o materia plastica, contenenti un gas compresso, liquefatto o disciolto sotto pressione, con o senza liquido, pasta o polvere e muniti di un dispositivo di dispersione che permette di espellere il contenuto sotto forma di particelle solide o liquide in sospensione in un gas, sotto forma di schiuma, pasta o polvere, o allo stato liquido o gassoso.

### 2.3.2. Criteri di classificazione

2.3.2.1. Gli aerosol sono sottoposti alle procedure di classificazione relative agli aerosol infiammabili di cui al punto 2.3.2.2 se contengono un componente classificato come infiammabile in base ai criteri enunciati in questa parte, ossia:

- liquidi con un punto di infiammabilità  $\geq 93$  °C, che includono i liquidi infiammabili in base alla sezione 2.6;

- gas infiammabili (cfr. 2.2);



- solidi infiammabili (cfr. 2.7).

Nota 1

Tra i componenti infiammabili non sono comprese le sostanze o le miscele piroforiche, autoriscaldanti o idroreattive, poiché tali componenti non sono mai utilizzati come contenuti di aerosol.

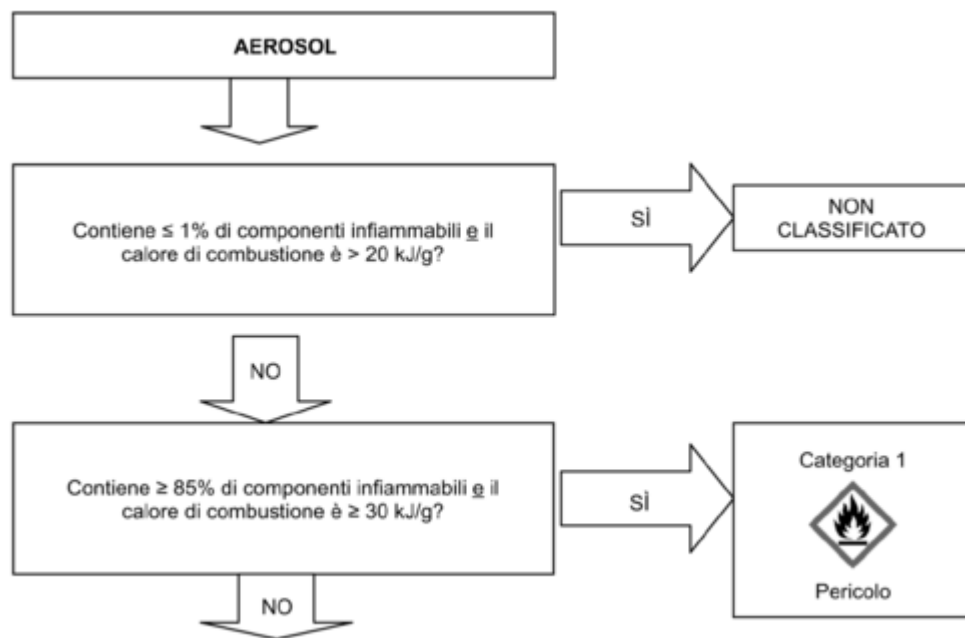
Nota 2

Gli aerosol infiammabili non rientrano nell'ambito dei punti 2.2 (gas infiammabili), 2.6 (liquidi infiammabili) o 2.7 (solidi infiammabili). <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142&-15>

2.3.2.2. Un aerosol infiammabile è classificato in una delle due categorie di questa classe in funzione dei suoi componenti, del suo calore chimico di combustione e, se del caso, dei risultati della prova di infiammabilità delle schiume (per gli aerosol schiuma) e delle prove di distanza di accensione e di accensione in spazio chiuso (per gli aerosol spray) secondo la figura 2.3.1 e le Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, parte III, sottosezioni 31.4, 31.5 e 31.6.

Figura 2.3.1

Figura 2.3.1 (a) per gli aerosol infiammabili



Per gli aerosol spray, seguire lo schema di decisione rappresentato nella figura 2.3.1 (b);

Per gli aerosol schiuma, seguire lo schema di decisione rappresentato nella figura 2.3.1 (c)

Figura 2.3.1 (b) per gli aerosol spray

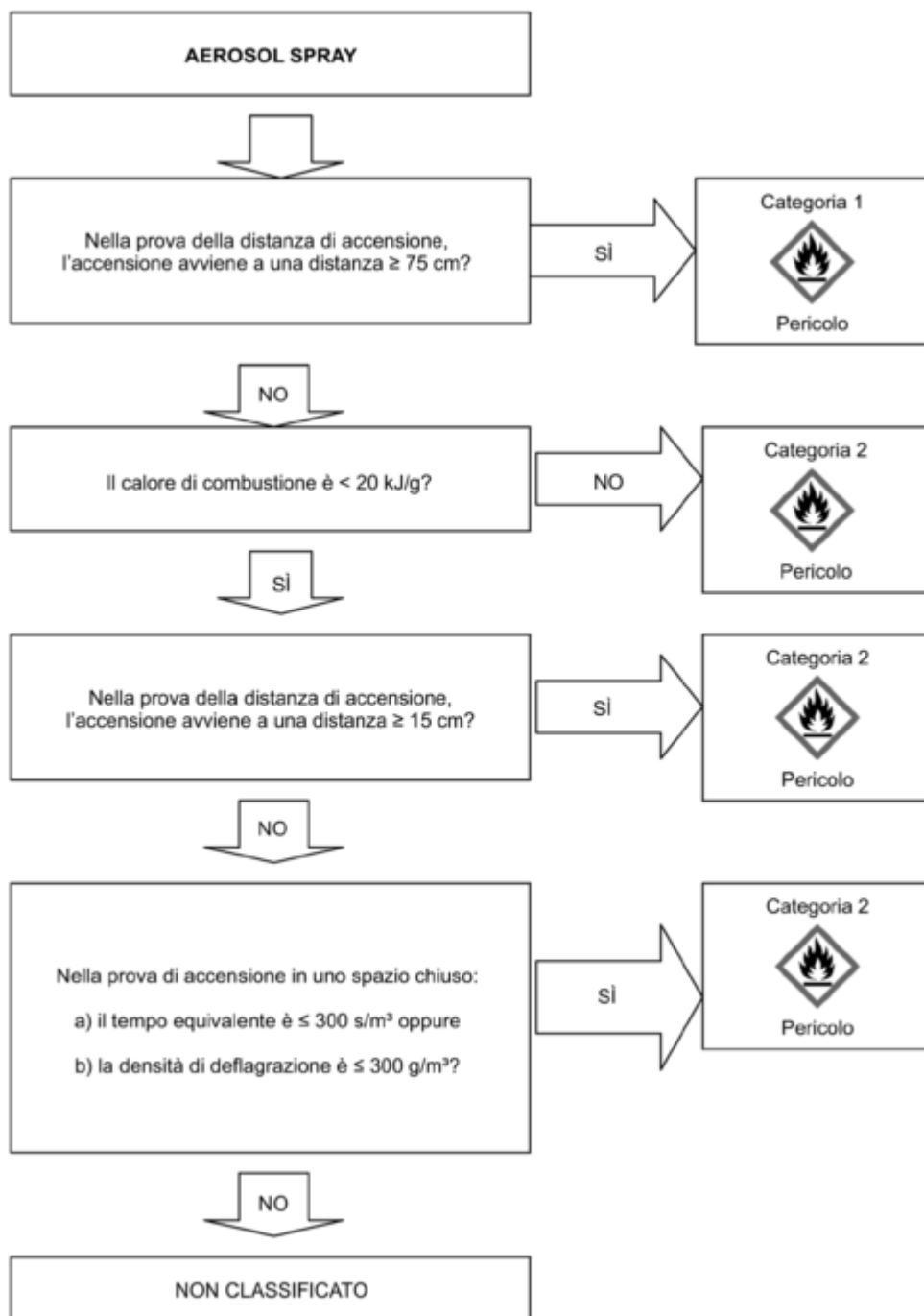
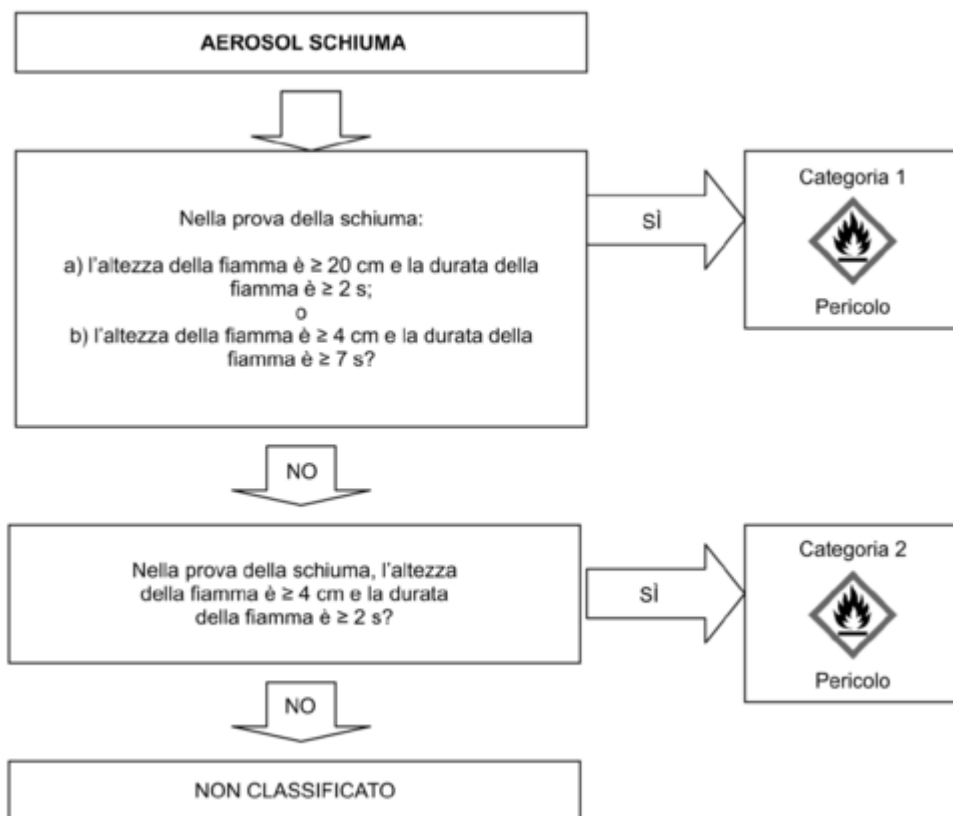


Figura 2.3.1 (c) per gli aerosol schiuma



Nota



Gli aerosol non soggetti alle procedure di classificazione in base all'infiammabilità della presente sezione devono essere classificati come aerosol infiammabili di categoria 1. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

### 2.3.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.3.2.

Tabella 2.3.2

Aerosol infiammabili - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H222: Aerosol altamente infiammabile	H223: Aerosol infiammabile
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P211 P251	P210 P211 P251
Consiglio di prudenza — Reazione		
Consiglio di prudenza — Conservazione	P410 + P412	P410 + P412
Consiglio di prudenza — Smaltimento		

#### 2.3.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.3.4.1. Il calore chimico di combustione ( $\Delta H_c$ ), espresso in Kilojoule per grammo (kJ/g), è il prodotto del calore teorico di combustione ( $\Delta H_{comb}$ ) e del coefficiente di rendimento della combustione, in generale inferiore a 1,0 (il valore più frequente è dell'ordine di 0,95 o 95%).

Per un aerosol comprendente più componenti il calore chimico di combustione è la somma dei valori ponderati dei calori di combustione per i singoli componenti, come segue:

$$\Delta H_c (\text{product}) = \sum_i \Delta H_{c(i)} [w_i \% \times \Delta H_{c(i)}]$$

dove:

$\Delta H_c$  = calore chimico di combustione (kJ/g);

$w_i$  % = frazione in massa del componente i nel prodotto;

$\Delta H_{c(i)}$  = calore specifico di combustione (kJ/g) del componente i nel prodotto.

I valori del calore chimico di combustione possono essere ricavati dalla letteratura, calcolati o determinati mediante prove (cfr. le norme Astm D 240 modificata - Standard Test Methods for Heat of Combustion of Liquid Hydrocarbon Fuels by Bomb Calorimeter, EN/ISO 13943 modificata, punti da 86.1 a 86.3 - Sicurezza antincendio - Vocabolario, e NFPA 30B modificata - Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products).

#### 2.4. Gas comburenti

##### 2.4.1. Definizioni

Per "gas comburente" s'intende un gas o una miscela di gas capace, in genere per apporto di ossigeno, di provocare o favorire più dell'aria la combustione di altre materie.

##### 2.4.2. Criteri di classificazione

2.4.2.1. Un gas comburente è classificato nell'unica categoria di questa classe secondo la tabella 2.4.1:

Tabella 2.4.1

Criteri di classificazione dei gas comburenti

Categoria	Criteri
1	Un gas capace, in genere per apporto di ossigeno, di provocare o favorire più dell'aria la combustione di altre materie.

Nota:

Per "gas che causano o favoriscono, più dell'aria, la combustione d'altre materie" s'intendono gas puri o miscele di gas con un potere comburente superiore al 23,5% determinato con un metodo contenuto nella norma ISO 10156 modificata o nella norma 10156-2 modificata. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

#### 2.4.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.4.2.

Tabella 2.4.2

Gas comburenti - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1
Pittogramma GHS	

Classificazione	Categoria 1
Avvertenza	Pericolo
Indicazione di pericolo	H270: Può provocare o aggravare un incendio; comburente
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P220 P244
Consiglio di prudenza — Reazione	P370 + P376
Consiglio di prudenza — Conservazione	P403
Consiglio di prudenza — Smaltimento	

#### 2.4.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

Per classificare un gas comburente è necessario disporre di dati ottenuti mediante prove o calcoli effettuati secondo i metodi descritti nella norma ISO 10156 modificata (Gas e miscele di gas - Determinazione del potenziale di infiammabilità e della capacità ossidante per la scelta dei raccordi di uscita delle valvole per bombole) e nella norma ISO 10156-2 modificata (Bombole del gas - Gas e miscele di gas - Determinazione della capacità ossidante dei gas e delle miscele di gas tossici e corrosivi).

#### 2.5. Gas sotto pressione

##### 2.5.1. Definizione

2.5.1.1. Per gas sotto pressione s'intendono i gas contenuti in un recipiente a una pressione relativa pari o superiore a 200 kPa o sotto forma di gas liquefatti o di gas liquefatti e refrigerati.

Questi gas comprendono i gas compressi, i gas liquefatti, i gas disciolti e i gas liquefatti refrigerati.

2.5.1.2. La temperatura critica è la temperatura al di sopra della quale un gas puro non può essere liquefatto, quale che sia il grado di compressione.

### 2.5.2. Criteri di classificazione

I gas sono classificati, in funzione del loro stato fisico quando sono imballati, in uno dei quattro gruppi della tabella 2.5.1:

Tabella 2.5.1

#### Criteri di classificazione dei gas sotto pressione





Gruppo	Criteri
Gas sotto pressione (capitolo 2.5)	Un gas che, imballato sotto pressione, è interamente gassoso a - 50 °C; sono compresi tutti i gas aventi una temperatura critica = - 50 °C.
Gas compresso	Un gas che, imballato sotto pressione, è parzialmente liquido a temperature superiori a - 50 °C. Si distinguono: i) gas liquefatto ad alta pressione: un gas avente una temperatura critica compresa tra - 50 °C e + 65 °C, e ii) gas liquefatto a bassa pressione: un gas avente una temperatura critica superiore a + 65 °C.
Gas liquefatto refrigerato	Un gas che, imballato, è parzialmente liquido a causa della bassa temperatura.
Gas liquefatto	Un gas che, imballato, è disciolto in un solvente in fase liquida.

### 2.5.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.5.2.

Tabella 2.5.2

#### Gas sotto pressione - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Gas sotto pressione (capitolo 2.5)	Gas compresso	Gas liquefatto refrigerato	Gas liquefatto
Pittogrammi GHS				
Avvertenza	Attenzione	Attenzione	Attenzione	Attenzione
Indicazione di pericolo	H280: Contiene gas sotto pressione: può esplodere se riscaldato	H280: Contiene gas sotto pressione: può esplodere se riscaldato	H281: Contiene gas refrigerato: può provocare ustioni o lesioni criogeniche	H280: Contiene gas sotto pressione: può esplodere se riscaldato
Consiglio di prudenza — Prevenzione			P282	
Consiglio di prudenza — Reazione			P336 P315	
Consiglio di prudenza — Conservazione	P410 + P403	P410 + P403	P403	P410 + P403
Consiglio di prudenza — Smaltimento				

Nota:

Il pittogramma GHS04 non è necessario per i gas sotto pressione se viene utilizzato il pittogramma GHS02 o il pittogramma GHS06. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

#### 2.5.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

Per questo gruppo di gas è necessario disporre delle seguenti informazioni:

- la pressione di vapore a 50 °C;
- lo stato fisico a 20 °C a una pressione normale;
- la temperatura critica.

Questi dati possono essere ricavati dalla letteratura, calcolati o ottenuti mediante prove. La maggior parte dei gas puri sono già classificati nelle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Regolamento tipo.

#### 2.6. Liquidi infiammabili

##### 2.6.1. Definizione

Per liquido infiammabile s'intende un liquido avente un punto di infiammabilità non superiore a 60 °C.

##### 2.6.2. Criteri di classificazione

2.6.2.1. Un liquido infiammabile è classificato in una delle tre categorie di questa classe, secondo la tabella 2.6.1:

Tabella 2.6.1

##### Criteri di classificazione dei liquidi infiammabili

Categoria	Criteri
1	Punto di infiammabilità < 23 °C e punto iniziale di ebollizione = 35 °C
2	Punto di infiammabilità < 23 °C e punto iniziale di ebollizione > 35 °C
3	Flash point = 23 °C and = 60 °C (1)

(1) Ai fini del presente regolamento, i gasoli, i carburanti diesel e gli oli da riscaldamento leggeri il cui punto di infiammabilità è compreso tra 55 °C e 75 °C possono essere considerati come appartenenti alla categoria 3.

##### Nota




Gli aerosol non vanno classificati come liquidi infiammabili; cfr. punto 2.3. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

##### 2.6.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.6.2.

Tabella 2.6.2

Liquidi infiammabili - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Pittogrammi GHS			
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H224: Liquido e vapore altamente infiammabili	H225: Liquido e vapore facilmente infiammabili	H226: Liquido e vapore infiammabili
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P233 P240 P241 P242 P243 P280	P210 P233 P240 P241 P242 P243 P280	P210 P233 P240 P241 P242 P243 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P303 + P361 + P353 P370 + P378	P303 + P361 + P353 P370 + P378	P303 + P361 + P353 P370 + P378
Consiglio di prudenza — Conservazione	P403 + P235	P403 + P235	P403 + P235
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501

#### 2.6.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.6.4.1. Per la classificazione dei liquidi infiammabili è necessario disporre di dati sul punto di infiammabilità e sul punto iniziale di ebollizione. Questi dati possono essere ottenuti mediante prove, ricavati dalla letteratura o calcolati. Se non sono disponibili dati, il punto di infiammabilità e il punto iniziale di ebollizione sono determinati mediante prove. Il punto di infiammabilità è determinato mediante prove in vaso chiuso.

2.6.4.2. Nel caso di miscele <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142&-6> contenenti liquidi infiammabili noti in concentrazioni definite, anche se possono contenere componenti non volatili come polimeri e additivi, non è necessario determinare il punto di infiammabilità mediante prove se il punto di infiammabilità della miscela, calcolato secondo il metodo descritto al punto 2.6.4.3, supera di almeno 5°C <sup>(7)</sup> il pertinente criterio di classificazione (23 °C e 60 °C, rispettivamente) e a condizione che:

- la composizione della miscela sia conosciuta con precisione (se la composizione può variare entro limiti specificati, è scelta per essere valutata la composizione con il punto di infiammabilità calcolato più basso);
- il limite di esplosività inferiore di ciascun componente sia conosciuto (una correlazione appropriata deve essere applicata per l'estrapolazione di questi dati a temperature diverse da quelle delle condizioni di prova), come pure un metodo per determinare il limite di esplosività inferiore della miscela;
- La relazione con la temperatura della tensione di vapore saturo e del coefficiente di attività sia conosciuta per ciascun componente presente nella miscela ;
- la fase liquida sia omogenea. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142&-15>

2.6.4.3. Un metodo idoneo è descritto in Gmehling and Rasmussen [Ind. Eng. Fundament, 21, 186, (1982)]. Per una miscela contenente componenti non volatili il punto di infiammabilità è calcolato in base ai componenti volatili. Si considera che un componente non volatile diminuisca di poco la pressione parziale dei solventi e che il punto di infiammabilità calcolato sia di poco inferiore al valore misurato.

2.6.4.4. Possibili metodi di prova per la determinazione del punto di infiammabilità dei liquidi infiammabili sono riportati nella tabella 2.6.3.



### Tabella 2.6.3

#### Metodi per la determinazione del punto di infiammabilità dei liquidi infiammabili

Norme europee:	EN ISO 1516 modificata Determinazione del punto di infiammabilità passa/non passa - Metodo dell'equilibrio in vaso chiuso EN ISO 1523 modificata Determinazione del punto di infiammabilità - Metodo dell'equilibrio in vaso chiuso EN ISO 2719 modificata Determinazione del punto di infiammabilità - Metodo Pensky Martens in vaso chiuso EN ISO 3679 modificata Determinazione del punto di infiammabilità - Metodo rapido all'equilibrio in vaso chiuso EN ISO 3680 modificata Determinazione del punto di infiammabilità del tipo passa/non passa - Metodo rapido all'equilibrio in vaso chiuso EN ISO 13736 modificata Prodotti petroliferi ed altri liquidi - Determinazione del punto di infiammabilità - Metodo Abel in vaso chiuso
Norme nazionali:	
Association française de normalisation, AFNOR:	NF M07-036 modificata Determinazione del punto di infiammabilità - Metodo Abel-Pensky in vaso chiuso (identica alla DIN 51755)
Deutsches Institut für Normung	DIN 51755 (punti di infiammabilità inferiori a 65 °C) modificata Prodotti petroliferi ed altri liquidi - Determinazione del punto di infiammabilità - Metodo Abel in vaso chiuso (identica alla norma NF M07-036)

<http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

2.6.4.5. Non è necessario classificare nella categoria 3 i liquidi con un punto di infiammabilità superiore a 35 °C e pari o inferiore a 60 °C se si sono ottenuti risultati negativi nella prova di mantenimento della combustione L.2, parte III, sezione 32 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

2.6.4.6. Possibili metodi di prova per la determinazione del punto iniziale di ebollizione dei liquidi infiammabili sono riportati nella tabella 2.6.4.

### Tabella 2.6.4

#### Metodi per la determinazione del punto iniziale di ebollizione dei liquidi infiammabili

Norme europee	EN ISO 3405 modificata Prodotti petroliferi - Determinazione delle caratteristiche di distillazione a pressione atmosferica EN ISO 3924 modificata Prodotti petroliferi - Determinazione della distribuzione dell'intervallo di ebollizione - Metodo gas cromato grafico EN ISO 4626 modificata Liquidi organici volatili - Determinazione dell'intervallo di ebollizione dei solventi organici utilizzati come materie prime
Regolamento (CE) n. 440/2008 (*)	Metodo A.2, descritto nella parte A dell'allegato al regolamento (CE) n. 440/2008
(*) GU L 142 del 31.5.2008, pag. 1.	

## 2.7. Solidi infiammabili

### 2.7.1. Definizione

2.7.1.1. Per solido infiammabile s'intende un solido facilmente infiammabile o che può provocare o favorire un incendio per sfregamento.

I solidi facilmente infiammabili sono sostanze o miscele in polvere, granulari o pastose, che sono pericolose se possono prendere fuoco facilmente per breve contatto con una sorgente d'accensione, come un fiammifero che brucia, e se la fiamma si propaga rapidamente.

## 2.7.2. Criteri di classificazione

2.7.2.1. Le sostanze o le miscele in polvere, granulari o pastose (ad eccezione delle polveri di metalli o di leghe metalliche, cfr. punto 2.7.2.2) sono classificate come solidi facilmente infiammabili se la durata di combustione in una o più prove effettuate conformemente al metodo di prova o descritto nella parte III, sottosezione 33.2.1, delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri è inferiore a 45 secondi o se la velocità di combustione è superiore a 2,2 mm/s.

2.7.2.2. Le polveri di metalli o di leghe metalliche sono classificate come solidi infiammabili quando si ha un'accensione e se la reazione si propaga su tutta la lunghezza del campione in dieci minuti o meno.

2.7.2.3. Un solido infiammabile è classificato in una delle due categorie di questa classe secondo i risultati ottenuti con il metodo di prova N.1 descritto nella sezione 33.2.1 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, conformemente alla tabella 2.7.1:

Tabella 2.7.1

### Criteri di classificazione dei solidi infiammabili

Categoria	Criteri
1	Prova di velocità di combustione Sostanze e miscele diverse dalle polveri metalliche: a) la zona umidificata non arresta la propagazione della fiamma b) la durata di combustione è < 45 secondi o la velocità di combustione è > 2,2 mm/s Polveri metalliche La durata di combustione è = 5 minuti
2	Prova di velocità di combustione Sostanze e miscele diverse dalle polveri metalliche: a) la zona umidificata arresta la propagazione della fiamma per almeno 4 minuti e b) la durata di combustione è < 45 secondi o la velocità di combustione è > 2,2 mm/s Polveri metalliche La durata di combustione è > 5 minuti e = 10 minuti

#### «Nota 1

La prova è eseguita sulla sostanza o miscela nella forma fisica in cui si presenta. Se, ad esempio, ai fini della fornitura o del trasporto, la stessa sostanza chimica deve essere presentata in una forma fisica diversa da quella sulla quale è stata eseguita la prova e tale forma è suscettibile di alterare materialmente il suo comportamento in una prova di classificazione, la sostanza sarà sottoposta a una prova anche nella nuova forma.

#### Nota 2



Gli aerosol non vanno classificati come solidi infiammabili; cfr. punto 2.3. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

## 2.7.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.7.2.

Tabella 2.7.2

### Solidi infiammabili - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H228: Solido infiammabile	H228: Solido infiammabile
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P240 P241 P280	P210 P240 P241 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P370 + P378	P370 + P378
Consiglio di prudenza — Conservazione		
Consiglio di prudenza — Smaltimento		

## 2.8. Sostanze e miscele autoreattive

### 2.8.1. Definizione

2.8.1.1. Le sostanze o miscele autoreattive sono sostanze o miscele liquide o solide termicamente instabili, che possono subire una decomposizione fortemente esotermica, anche in assenza di ossigeno (aria). Questa definizione esclude le sostanze e miscele classificate, conformemente a questa parte, come esplosivi, perossidi organici o comburenti.

2.8.1.2. Si considera che una sostanza o miscela autoreattiva possiede proprietà esplosive se, durante le prove di laboratorio, si rivela in grado di detonare, deflagrare rapidamente o reagire violentemente al riscaldamento sotto confinamento.

### 2.8.2. Criteri di classificazione

2.8.2.1. Ogni sostanza o miscela autoreattiva è sottoposta alla procedura di classificazione in questa classe a meno che:

- sia un esplosivo secondo i criteri di cui al punto 2.1;
- sia un liquido o solido comburente secondo i criteri di cui ai punti 2.13 o 2.14, ad eccezione delle miscele di sostanze comburenti contenenti almeno il 5% di sostanze organiche combustibili, che sono classificate come sostanze autoreattive secondo la procedura di cui al punto 2.8.2.2;
- sia un perossido organico secondo i criteri di cui al punto 2.15;
- abbia un calore di decomposizione inferiore a 300 J/g, oppure
- abbia una temperatura di decomposizione autoaccelerata (T<sub>daa</sub>) superiore a 75 °C per un collo di 50 kg.

2.8.2.2. Le miscele di sostanze comburenti che corrispondono ai criteri di classificazione come sostanze comburenti contenenti almeno il 5% di sostanze organiche combustibili ma non ai criteri di cui al punto 2.8.2.1, lettere a), c), d) o e), sono sottoposte alla procedura di classificazione delle sostanze autoreattive.

Le miscele che presentano le proprietà delle sostanze autoreattive dei tipi da B a F (cfr. punto 2.8.2.3) sono classificate come sostanze autoreattive.

Se la prova è eseguita su colli, qualora l'imballaggio sia modificato una nuova prova è eseguita se si ritiene che tale modifica possa influire sul risultato della prova.

2.8.2.3. Le sostanze e le miscele autoreattive sono classificate in una delle sette categorie (tipi da A a G) di questa classe secondo i seguenti principi:

a) ogni sostanza o miscela autoreattiva che, imballata, può detonare o deflagrare rapidamente è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO A;

b) ogni sostanza o miscela autoreattiva con proprietà esplosive che, imballata, non detona né deflagra rapidamente, ma può esplodere sotto l'effetto del calore nell'imballaggio è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO B;

c) ogni sostanza o miscela autoreattiva con proprietà esplosive che, imballata, non detona né deflagra rapidamente né può esplodere sotto l'effetto del calore è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO C;

d) ogni sostanza o miscela autoreattiva che, durante le prove di laboratorio:

i) detona parzialmente, non deflagra rapidamente e non reagisce violentemente al riscaldamento sotto confinamento, o

ii) non detona, deflagra lentamente e non reagisce violentemente al riscaldamento sotto confinamento, o

iii) non detona né deflagra e reagisce moderatamente al riscaldamento sotto confinamento

è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO D;

e) ogni sostanza o miscela autoreattiva che, durante le prove di laboratorio, non detona né deflagra e reagisce debolmente o non reagisce al riscaldamento sotto confinamento è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO E;

f) ogni sostanza o miscela autoreattiva che, durante le prove di laboratorio, non detona in stato di cavitazione, non deflagra e reagisce debolmente o non reagisce al riscaldamento sotto confinamento e la cui potenza esplosiva è debole o nulla è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO F;

g) ogni sostanza o miscela autoreattiva che, durante le prove di laboratorio, non detona in stato di cavitazione, non deflagra e non reagisce al riscaldamento sotto confinamento e la cui potenza esplosiva è nulla, a condizione che sia termicamente stabile (TDAA compresa tra 60 °C e 75 °C per un collo di 50 kg) e a condizione che, per le miscele liquide, sia utilizzato per la desensibilizzazione un diluente con punto di ebollizione inferiore a 150 °C, è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO G. Se la miscela non è termicamente stabile o il diluente utilizzato per la desensibilizzazione ha un punto di ebollizione inferiore a 150 °C, la miscela è classificata come sostanza autoreattiva di TIPO F.

Se la prova è eseguita su colli, qualora l'imballaggio sia modificato una nuova prova è eseguita se si ritiene che tale modifica possa influire sul risultato della prova.

2.8.2.4. Criteri per il controllo della temperatura





Le sostanze autoreattive sono sottoposte a un controllo della temperatura se la loro TDAA è pari o inferiore a 55 °C. I metodi di prova che permettono di determinare la TDAA e dedurre la temperatura di controllo e la temperatura critica sono descritti nella parte II, sezione 28, delle Raccomandazioni sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri delle Nazioni Unite. La prova scelta è eseguita in modo da essere rappresentativa del collo per quanto concerne le dimensioni e il materiale.

2.8.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.8.1.

Tabella 2.8.1

Sostanze e miscele autoreattive - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Tipo A	Tipo B	Tipo C e D	Tipo E e F	Tipo G
Pittogrammi GHS					Non vi sono elementi specifici per questa categoria di pericolo
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Pericolo	Attenzione	
Indicazione di pericolo	H240: Rischio di esplosione per riscaldamento	H241: Rischio di incendio o di esplosione per riscaldamento	H242: Rischio di incendio per riscaldamento	H242: Rischio di incendio per riscaldamento	
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P220 P234 P280	P210 P220 P234 P280	P210 P220 P234 P280	P210 P220 P234 P280	
Consiglio di prudenza — Reazione	P370 + P378 P370 + P380 + P375	P370 + P378 P370 + P380 + P375	P370 + P378	P370 + P378	
Consiglio di prudenza — Conservazione	P403 + P235 P411 P420	P403 + P235 P411 P420	P403 + P235 P411 P420	P403 + P235 P411 P420	
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501	P501	

Al TIPO G non sono attribuiti elementi di comunicazione del pericolo, ma esso è considerato per le proprietà che appartengono ad altre classi di pericolo.

2.8.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.8.4.1. Le proprietà delle sostanze o miscele autoreattive che sono decisive per la classificazione sono determinate mediante prove. La classificazione di una sostanza o miscela autoreattiva è effettuata conformemente alle serie di prove da A a H descritte nella parte II delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri. La procedura di classificazione è descritta nella figura 2.8.1.

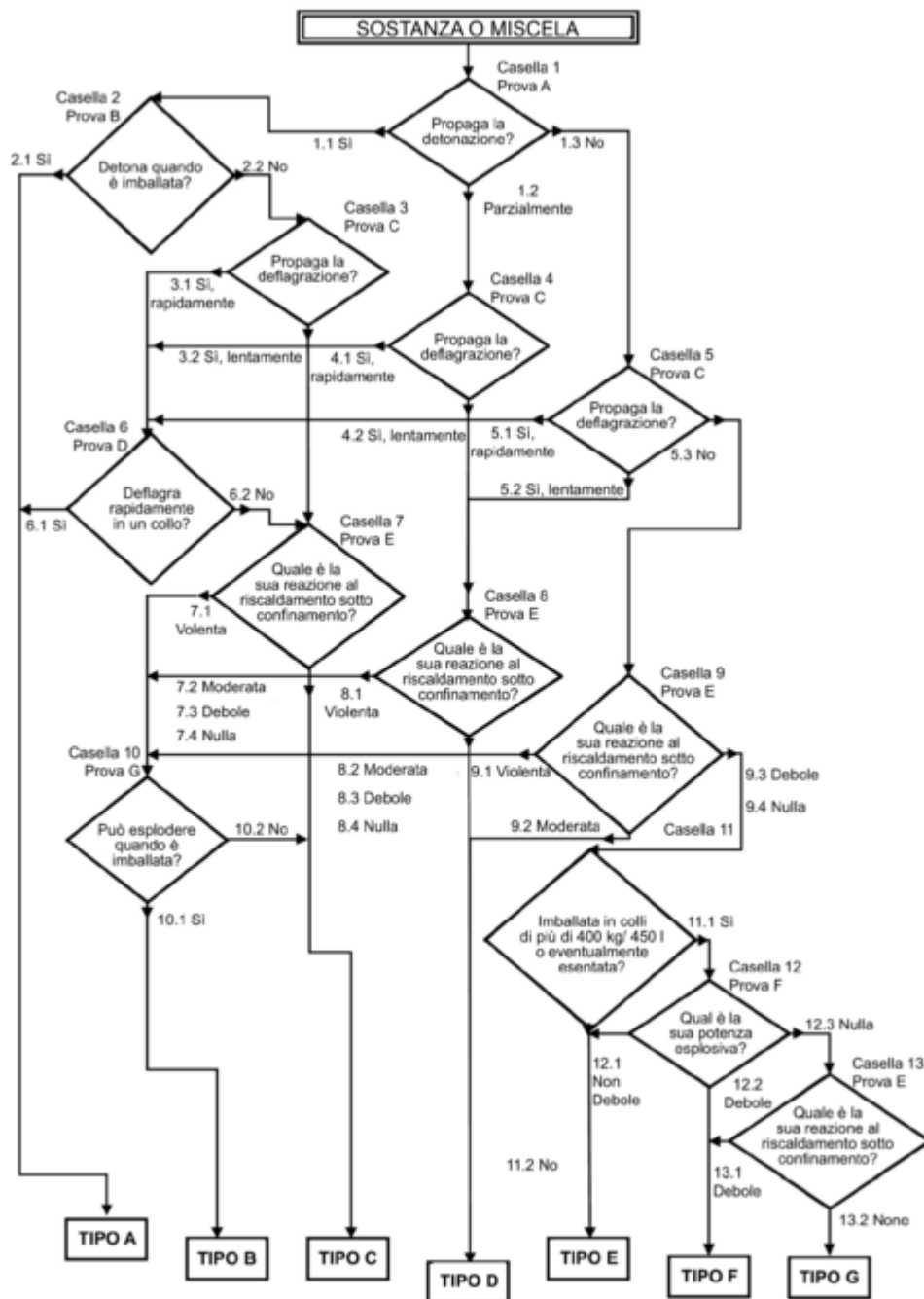
2.8.4.2. Non è necessario applicare le procedure di classificazione per le sostanze e le miscele autoreattive se:

a) non ci sono nella molecola gruppi chimici associati a proprietà esplosive o autoreattive. Esempi di tali gruppi figurano nelle tabelle A6.1 e A6.2 all'Appendice 6 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri; o

b) per una sostanza organica o una miscela omogenea di sostanze organiche la TDAA stimata per un collo di 50 kg è superiore a 75 °C o l'energia di decomposizione esotermica è inferiore a 300J/g. La temperatura iniziale e l'energia di decomposizione possono essere stimate utilizzando una tecnica calorimetrica appropriata (cfr. parte II, sottosezione 20.3.3.3 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri).

Figura 2.8.1

Sostanze e miscele autoreattive



## 2.9. Liquidi piroforici

### 2.9.1. Definizione

Per liquido piroforico s'intende una sostanza o miscela liquida che, anche in piccole quantità, può infiammarsi in meno di cinque minuti quando entra in contatto con l'aria.

### 2.9.2. Criteri di classificazione

2.9.2.1. Un liquido piroforico è classificato nell'unica categoria di questa classe secondo i risultati della prova N.3 descritta nella parte III, sottosezione 33.3.1.5 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, conformemente alla tabella 2.9.1.

Tabella 2.9.1

## Criteria di classificazione dei liquidi piroforici


Categoria	Criteri
1	Il liquido si accende in meno di cinque minuti quando è versato su un supporto inerte ed esposto all'aria o, quando è deposto su una carta da filtro al contatto con l'aria, ne causa l'accensione o la combustione senza fiamma in meno di cinque minuti.

### 2.9.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.9.2.

Tabella 2.9.2

#### Liquidi piroforici - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1
Pittogramma GHS	
Avvertenza	Pericolo
Indicazione di pericolo	H250: Spontaneamente infiammabile all'aria
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P222 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P302 + P334 P370 + P378
Consiglio di prudenza — Conservazione	P422
Consiglio di prudenza — Smaltimento	

### 2.9.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.9.4.1. Non è necessario applicare la procedura di classificazione per i liquidi piroforici quando l'esperienza acquisita nella fabbricazione o nella manipolazione mostra che la sostanza o miscela non si accende spontaneamente in contatto con l'aria a temperatura normale, ossia la sostanza è notoriamente stabile a temperatura ambiente durante un periodo prolungato (giorni).

## 2.10. Solidi piroforici

### 2.10.1. Definizione

Per solido piroforico s'intende una sostanza o miscela solida che, anche in piccole quantità, può accendersi in meno di cinque minuti quando entra in contatto con l'aria.

### 2.10.2. Criteri di classificazione

2.10.2.1. Un solido piroforico è classificato nell'unica categoria di questa classe secondo i risultati della prova N.2 descritta nella parte III, sottosezione 33.3.1.4 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, conformemente alla tabella 2.10.1.

Tabella 2.10.1

## Criteria di classificazione dei solidi piroforici

Categoria	Criteri
1	Il solido si accende in meno di cinque minuti quando entra in contatto con l'aria.

Nota:


La prova è eseguita sulla sostanza o miscela nella forma fisica in cui si presenta. Se, ad esempio, ai fini della fornitura o del trasporto, la stessa sostanza chimica deve essere presentata in una forma fisica diversa da quella sulla quale è stata eseguita la prova e tale forma è suscettibile di alterare materialmente la sua performance in una prova di classificazione, la sostanza sarà sottoposta a una prova anche nella nuova forma.

### 2.10.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.10.2.

Tabella 2.10.2

#### Solidi piroforici - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1
Pittogramma GHS	
Avvertenza	Pericolo
Indicazione di pericolo	H250: Spontaneamente infiammabile all'aria
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P222 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P335 + P334 P370 +P378
Consiglio di prudenza — Conservazione	P422
Consiglio di prudenza — Smaltimento	

### 2.10.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.10.4.1. Non è necessario applicare la procedura di classificazione per i solidi piroforici quando l'esperienza acquisita nella fabbricazione o nella manipolazione mostra che la sostanza o miscela non si accende spontaneamente in contatto con l'aria a temperatura normale, ossia la sostanza è notoriamente stabile a temperatura ambiente durante un periodo prolungato (giorni).

### 2.11. Sostanze e miscele autoriscaldanti

#### 2.11.1. Definizione

2.11.1.1. Per sostanza o miscela autoriscaldante s'intende una sostanza o miscela liquida o solida diversa da un liquido o solido piroforico che, per reazione con l'aria e senza apporto di energia, può autoriscaldarsi. Una tale sostanza o miscela differisce da un liquido o solido piroforico per il fatto che si accende solo se in grande quantità (chilogrammi) e dopo un lungo lasso di tempo (ore o giorni).

2.11.1.2. L'autoriscaldamento di sostanze o miscele è un processo in cui la sostanza o la miscela reagisce gradualmente con l'ossigeno (dell'aria) e genera calore. Se il tasso di produzione di calore eccede il tasso di perdita di calore, la temperatura della sostanza o della miscela sale e, dopo un periodo di induzione, si



può giungere all'autoaccensione e alla combustione. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

#### 2.11.2. Criteri di classificazione

2.11.2.1. Una sostanza o miscela è classificata come sostanza o miscela autoriscaldante di questa classe se nelle prove eseguite conformemente al metodo di prova descritto nelle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, parte III, sottosezione 33.3.1.6:

- a) si ottiene un risultato positivo su un campione cubico di 25 mm a una temperatura di 140 °C;
- b) si ottiene un risultato positivo su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 140 °C e si ottiene un risultato negativo in una prova su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 120 °C e la sostanza o la miscela deve essere imballata in colli di un volume superiore a 3 m<sup>3</sup>;
- c) si ottiene un risultato positivo su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 140 °C e si ottiene un risultato negativo su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 100 °C e la sostanza o la miscela deve essere imballata in colli di un volume superiore a 450 litri;
- d) si ottiene un risultato positivo su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 140 °C e si ottiene un risultato negativo su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 100 °C.

2.11.2.2. Le sostanze o miscele autoriscaldanti sono classificate in una delle due categorie di questa classe se, nella prova eseguita conformemente al metodo di prova N.4 descritto nella parte III, sottosezione 33.3.1.6, delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, il risultato corrisponde ai criteri elencati nella tabella 2.11.1:

Tabella 2.11.1

#### Criteri di classificazione delle sostanze e miscele autoriscaldanti

Categoria	Criteri
1	Si ottiene un risultato positivo su un campione cubico di 25 mm a una temperatura di 140 °C a) Si ottiene un risultato positivo su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 140 °C e si ottiene un risultato negativo su un campione cubico di 25 mm a una temperatura di 140 °C e la sostanza o miscela deve essere imballata in colli di un volume superiore a 3 m <sup>3</sup> ; o
2	b) Si ottiene un risultato positivo su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 140 °C e si ottiene un risultato negativo su un campione cubico di 25 mm a una temperatura di 140 °C, si ottiene un risultato positivo in una prova effettuata su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 120 °C e la sostanza o miscela deve essere imballata in colli di un volume superiore a 450 litri; o c) Si ottiene un risultato positivo in una prova effettuata su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 140 °C e si ottiene un risultato negativo in una prova effettuata su un campione cubico di 25 mm a una temperatura di 140 °C e si ottiene un risultato positivo in una prova effettuata su un campione cubico di 100 mm a una temperatura di 100 °C.

Nota:

La prova è eseguita sulla sostanza o miscela nella forma fisica in cui si presenta. Se, ad esempio, ai fini della fornitura o del trasporto, la stessa sostanza chimica deve essere presentata in una forma fisica diversa da quella sulla quale è stata eseguita la prova e tale forma è suscettibile di alterare materialmente la sua performance in una prova di classificazione, la sostanza sarà sottoposta a una prova anche nella nuova forma.

2.11.2.3. Le sostanze e le miscele la cui temperatura di combustione spontanea è superiore a 50 °C per un volume di 27 m<sup>3</sup> non sono classificate come sostanze o miscele autoriscaldanti.



2.11.2.4. Le sostanze e le miscele la cui temperatura di accensione spontanea è superiore a 50 °C per un volume di 450 litri non sono classificate nella categoria 1 di questa classe.

### 2.11.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.11.2.

Tabella 2.11.2

#### Sostanze e miscele autoriscaldanti - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H251: Sostanza autoriscaldante: può infiammarsi	H252: Sostanza autoriscaldante in grandi quantità: può infiammarsi
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P235 + P410 P280	P235 + P410 P280
Consiglio di prudenza — Reazione		
Consiglio di prudenza — Conservazione	P407 P413 P420	P407 P413 P420
Consiglio di prudenza — Smaltimento		

### 2.11.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.11.4.1. La procedura di decisione per la classificazione e per le prove da eseguire per determinare le diverse categorie è schematizzata nella figura 2.11.1.

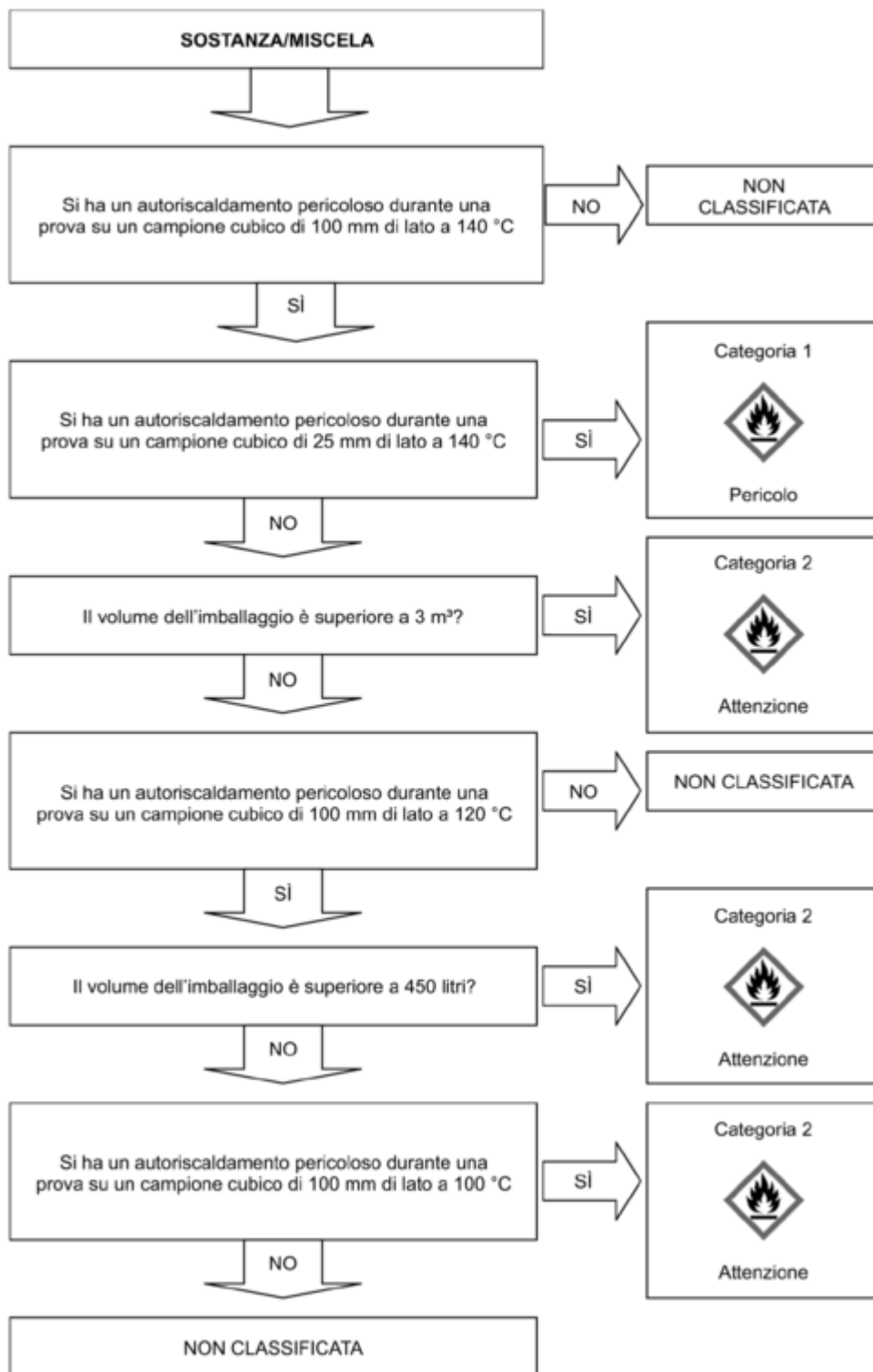
2.11.4.2. Non è necessario applicare la procedura di classificazione per le sostanze o miscele autoriscaldanti se i risultati di un test di screening possono essere adeguatamente correlati alla prova di classificazione e se è applicato un margine di sicurezza appropriato. Esempi di test di screening sono:

(a) test del forno Grewer (VDI guideline 2263, part 1, 1990, Test methods for the Determination of the Safety Characteristics of Dusts) con temperatura iniziale di 80 K sopra la temperatura di riferimento per un volume di 1 l;

(b) test di screening per polveri alla rinfusa (Gibson, N., Harper, D.J., Rogers, R., Evaluation of the fire and explosion risks in drying powders, Plant Operations Progress, 4 (3), 181-189, 1985) con temperatura iniziale di 60 K sopra la temperatura di riferimento per un volume di 1 l.

Figura 2.11.1.

Sostanze e miscele autoriscaldanti



## 2.12. Sostanze e miscele che, a contatto con l'acqua, sviluppano gas infiammabili

### 2.12.1. Definizione

Per sostanze o miscele che, a contatto con l'acqua, sviluppano gas infiammabili s'intendono le sostanze o miscele solide o liquide che, per interazione con l'acqua, possono diventare spontaneamente infiammabili o sviluppare gas infiammabili in quantità pericolose.

### 2.12.2. Criteri di classificazione

2.12.2.1. Una sostanza o miscela che, a contatto con l'acqua, sviluppa gas infiammabili è classificata in una delle tre categorie di questa classe secondo i risultati della prova N.5 descritta nella parte III, sottosezione 33.4.1.4, delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, conformemente alla seguente tabella 2.12.1:

Tabella 2.12.1

Criteri di classificazione delle sostanze o miscele che, a contatto con l'acqua, sviluppano gas infiammabili

Categoria	Criteri
1	Ogni sostanza o miscela che reagisce energicamente con l'acqua a temperatura ambiente sviluppando un gas che in generale tende ad accendersi spontaneamente o che reagisce facilmente con l'acqua a temperatura ambiente sviluppando un gas infiammabile in quantità pari o superiore a 10 litri al minuto per chilogrammo di sostanza.
2	Ogni sostanza o miscela che reagisce facilmente con l'acqua a temperatura ambiente sviluppando un gas infiammabile in quantità pari o superiore a 20 litri all'ora per chilogrammo di sostanza, e che non corrisponde ai criteri di classificazione nella categoria 1.
3	Ogni sostanza o miscela che reagisce lentamente con l'acqua a temperatura ambiente sviluppando un gas infiammabile in quantità pari o superiore a 1 litro all'ora per chilogrammo di sostanza, e che non corrisponde ai criteri di classificazione nelle categorie 1 e 2.

Nota:

La prova è eseguita sulla sostanza o miscela nella forma fisica in cui si presenta. Se, ad esempio, a fini di fornitura o di trasporto, lo stesso prodotto chimico deve essere presentato in una forma fisica diversa da quella che ha formato oggetto della prova e che si ritiene possa verosimilmente modificarne in modo sostanziale la prestazione in una prova di classificazione, la sostanza deve essere sottoposta a prova anche nella nuova forma.

2.12.2.2. Una sostanza o miscela è classificata come una sostanza o miscela che, a contatto con l'acqua, sviluppa gas infiammabili se si verifica un'accensione spontanea in una fase qualsiasi della procedura di prova.

### 2.12.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.12.2.

Tabella 2.12.2

Sostanze o miscele che, a contatto con l'acqua, sviluppano gas infiammabili - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Pittogrammi GHS			
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H260: A contatto con l'acqua libera gas infiammabili che possono infiammarsi spontaneamente	H261: A contatto con l'acqua libera gas infiammabili	H261: A contatto con l'acqua libera gas infiammabili
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P223 P231 + P232 P280	P223 P231 + P232 P280	P231 + P232 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P335 + P334 P370 + P378	P335 + P334 P370 + P378	P370 + P378
Consiglio di prudenza — Conservazione	P402 + P404	P402 + P404	P402 + P404

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501

#### 2.12.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.12.4.1. Non è necessario applicare la procedura di classificazione per questa classe se:

- la struttura chimica della sostanza o della miscela non contiene metalli o metalloidi;
- l'esperienza di fabbricazione o manipolazione dimostra che la sostanza o miscela non reagisce con l'acqua, per esempio se la sostanza è fabbricata con aggiunta di acqua o è lavata con acqua; o
- la sostanza o miscela è notoriamente solubile in acqua, con la quale forma una miscela stabile.

#### 2.13. Liquidi comburenti

##### 2.13.1. Definizione

Per liquido comburente s'intende una sostanza o miscela liquida che, pur non essendo di per sé necessariamente combustibile, può - generalmente cedendo ossigeno - causare o favorire la combustione di altre materie.

##### 2.13.2. Criteri di classificazione

2.13.2.1. Un liquido comburente è classificato in una delle tre categorie di questa classe secondo i risultati della prova O.2 descritta nella parte III, sottosezione 34.4.2 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, conformemente alla tabella 2.13.1:

Tabella 2.13.1

##### Criteri di classificazione dei liquidi comburenti


Categoria	Criteri
1	Ogni sostanza o miscela che, in una prova in miscela 1:1 (in massa) con la cellulosa, si accende spontaneamente o ha un tempo medio di aumento di pressione inferiore a quello di una miscela 1:1 (in massa) di acido perclorico al 50% e cellulosa.
2	Ogni sostanza o miscela che, in una prova in miscela 1:1 (in massa) con la cellulosa, ha un tempo medio di aumento di pressione inferiore o uguale a quello di una miscela 1:1 (in massa) di clorato di sodio in soluzione acquosa al 40% e cellulosa e non corrisponde ai criteri di classificazione nella categoria 1.
3	Ogni sostanza o miscela che, in una prova in miscela 1:1 (in massa) con la cellulosa, ha un tempo medio d'aumento di pressione inferiore o uguale a quello di una miscela 1:1 (in massa) di acido nitrico in soluzione acquosa al 65% e cellulosa e non corrisponde ai criteri di classificazione nelle categorie 1 e 2.

##### 2.13.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.13.2.

Tabella 2.13.2

##### Liquidi comburenti - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Pittogrammi GHS			

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H271: Può provocare un incendio o un'esplosione; molto comburente	H272: Può aggravare un incendio; comburente	H272: Può aggravare un incendio; comburente
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P220 P221 P280 P283	P210 P220 P221 P280	P210 P220 P221 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P306 + P360 P371 + P380 + P375 P370 + P378	P370 + P378	P370 + P378
Consiglio di prudenza — Conservazione			
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501

#### 2.13.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.13.4.1. Per le sostanze o miscele organiche la procedura di classificazione per questa classe non si applica se:

- la sostanza o miscela non contiene ossigeno, fluoro o cloro, o
- la sostanza o miscela contiene ossigeno, fluoro o cloro e questi elementi sono chimicamente legati soltanto al carbonio o all'idrogeno.

2.13.4.2. La procedura di classificazione per questa classe non si applica per le sostanze o miscele inorganiche che non contengono atomi di ossigeno o di alogeni.

2.13.4.3. In caso di divergenza tra i risultati delle prove e l'esperienza acquisita nella manipolazione e nell'uso delle sostanze o miscele che ne dimostri le proprietà comburenti, i giudizi fondati sull'esperienza nota prevalgono sui risultati delle prove.

2.13.4.4. Qualora le sostanze o miscele producano un aumento di pressione (troppo forte o troppo debole) a causa di reazioni chimiche che non sono in rapporto con le proprietà comburenti della sostanza o miscela, la prova descritta nella parte III, sottosezione 34.4.2 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri è ripetuta utilizzando una sostanza inerte, per esempio la diatomite (Kieselguhr), in luogo della cellulosa, in modo da chiarire la natura della reazione e individuare un risultato positivo falso.

#### 2.14. Solidi comburenti

##### 2.14.1. Definizione

Per solido comburente s'intende una sostanza o miscela solida che, pur non essendo di per sé necessariamente combustibile, può - generalmente cedendo ossigeno - causare o favorire la combustione di altre materie.

##### 2.14.2. Criteri di classificazione

2.14.2.1. Un solido comburente è classificato in una delle tre categorie di questa classe secondo i risultati della prova O.1 descritta nella Parte III, sottosezione 34.4.1 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, conformemente alla tabella 2.14.1:

Tabella 2.14.1

#### Criteri di classificazione dei solidi comburenti

Categoria	Criteri
1	Ogni sostanza o miscela che, in una prova in miscela 4:1 o 1:1 (in massa) con la cellulosa, ha una durata media di combustione inferiore a quella di una miscela 3:2 (in massa) di bromato di potassio e cellulosa.
2	Ogni sostanza o miscela che, in una prova in miscela 4:1 o 1:1 (in massa) con la cellulosa, ha una durata media di combustione uguale o inferiore a quella di una miscela 2:3 (in massa) di bromato di potassio e cellulosa, e non corrisponde ai criteri di classificazione nella categoria 1.
3	Ogni sostanza o miscela che, in una prova in miscela 4:1 o 1:1 (in massa) con la cellulosa, ha una durata media di combustione uguale o inferiore a quella di una miscela 3:7 (in massa) di bromato di potassio e cellulosa, e non corrisponde ai criteri di classificazione nelle categorie 1 e 2.

#### Nota 1:

Alcuni solidi comburenti presentano anche un pericolo di esplosione in certe condizioni (quando sono immagazzinati in grandi quantità). Determinati tipi di nitrato d'ammonio possono comportare un pericolo di esplosione in condizioni estreme; per valutare questo pericolo può essere utilizzata la "prova di resistenza alla detonazione" (BC Code, Annex 3, Test 5). Nell' SDS sono riportate le opportune informazioni.

#### Nota 2:




La prova è eseguita sulla sostanza o miscela nella forma fisica in cui si presenta. Se, ad esempio, ai fini della fornitura o del trasporto, la stessa sostanza chimica deve essere presentata in una forma fisica diversa da quella sulla quale è stata eseguita la prova e tale forma è suscettibile di alterare materialmente la sua performance in una prova di classificazione, la sostanza sarà sottoposta a una prova anche nella nuova forma.

#### 2.14.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.14.2.

Tabella 2.14.2

#### Solidi comburenti - Elementi dell'etichetta

	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Pittogrammi GHS			
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H271: Può provocare un incendio o un'esplosione: molto comburente	H272: Può aggravare un incendio: comburente	H272: Può aggravare un incendio: comburente
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P220 P221 P280 P283	P210 P220 P221 P280	P210 P220 P221 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P306 + P360 P371 + P380 + P375 P370 + P378	P370 + P378	P370 + P378
Consiglio di prudenza — Conservazione			

	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501

#### 2.14.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.14.4.1. Per le sostanze o miscele organiche la procedura di classificazione per questa classe non si applica se:

- la sostanza o miscela non contiene ossigeno, fluoro o cloro, o
- la sostanza o miscela contiene ossigeno, fluoro o cloro e questi elementi sono chimicamente legati soltanto al carbonio o all'idrogeno.

2.14.4.2. La procedura di classificazione per questa classe non si applica per le sostanze o miscele inorganiche che non contengono atomi di ossigeno o di alogeni.

2.14.4.3. In caso di divergenza tra i risultati delle prove e l'esperienza acquisita nella manipolazione e nell'uso delle sostanze o miscele che ne dimostri le proprietà comburenti, i giudizi fondati sull'esperienza nota prevalgono sui risultati delle prove.

#### 2.15. Perossidi organici

##### 2.15.1. Definizione

2.15.1.1. I perossidi organici sono sostanze organiche liquide o solide che contengono la struttura bivalente -O-O- e possono quindi essere considerate come derivati del perossido d'idrogeno, nei quali uno o due atomi di idrogeno sono sostituiti da radicali organici. Sotto questa denominazione sono comprese anche le miscele (formulazioni) di perossidi organici contenenti almeno un perossido organico. I perossidi organici sono sostanze o miscele termicamente instabili che possono subire una decomposizione esotermica autoaccelerata. Inoltre, possono avere una o più delle seguenti proprietà:

- sono soggetti a decomposizione esplosiva;
- bruciano rapidamente;
- sono sensibili agli urti e agli sfregamenti;



iv) reagiscono pericolosamente al contatto con altre sostanze.

2.15.1.2. Si considera che un perossido organico possiede proprietà esplosive se, durante le prove di laboratorio, la miscela (formulazione) si rivela in grado di detonare, deflagrare rapidamente o reagire violentemente al riscaldamento sotto confinamento.

## 2.15.2. Criteri di classificazione

2.15.2.1. Ogni perossido organico è sottoposto alla procedura di classificazione in questa classe, a meno che contenga:

a) non più dell'1,0% di ossigeno disponibile dai perossidi organici se contiene al massimo l'1,0% di perossido d'idrogeno, o

b) non più dello 0,5% di ossigeno disponibile dai perossidi organici se contiene più dell'1,0%, ma al massimo il 7,0% di perossido d'idrogeno.

Nota:

Il tenore di ossigeno disponibile (%) di una miscela di perossido organico è dato dalla formula:

$$16 \times \sum_i^n \left( \frac{n_i \times c_i}{m_i} \right)$$

dove:

$n_i$  = numero dei gruppi perossidici per molecola del perossido organico i-esimo;

$c_i$  = concentrazione (% in massa) del perossido organico i-esimo;

$m_i$  = massa molecolare del perossido organico i-esimo.

2.15.2.2. I perossidi organici sono classificati in una delle sette categorie (tipi da A a G) di questa classe secondo i seguenti principi:

a) un perossido organico che, imballato, può detonare o deflagrare rapidamente è classificato come perossido organico di TIPO A;

b) un perossido organico avente proprietà esplosive che, imballato, non detona né deflagra rapidamente, ma può esplodere sotto l'effetto del calore nell'imballaggio è classificato come perossido organico di TIPO B;

c) un perossido organico avente proprietà esplosive che, imballato, non detona né deflagra rapidamente né può esplodere sotto l'effetto del calore è classificato come perossido organico di TIPO C;

d) Un perossido organico che, durante le prove di laboratorio:

i) detona parzialmente, non deflagra rapidamente e non reagisce violentemente al riscaldamento sotto confinamento, o

ii) non detona, deflagra lentamente e non reagisce violentemente al riscaldamento sotto confinamento, o

iii) non detona né deflagra e reagisce moderatamente al riscaldamento sotto confinamento

è classificato come perossido organico di TIPO D;

e) un perossido organico che, durante le prove di laboratorio, non detona né deflagra e reagisce debolmente o non reagisce al riscaldamento sotto confinamento è classificato come perossido organico di TIPO E;

f) un perossido organico che, durante le prove di laboratorio, non detona in stato di cavitazione, non deflagra e reagisce debolmente o non reagisce al riscaldamento sotto confinamento e ha una potenza esplosiva debole o nulla, è classificato come perossido organico di TIPO F;

g) un perossido organico che, durante le prove di laboratorio, non detona in stato di cavitazione, non deflagra e non reagisce al riscaldamento sotto confinamento e la cui potenza esplosiva è nulla, a condizione che sia termicamente stabile (TDAA compresa tra 60 °C e 75 °C per un collo di 50 kg), e a condizione che, per le miscele liquide, sia utilizzato per la desensibilizzazione un diluente con punto di ebollizione inferiore a 150 °C, è classificato come perossido organico di TIPO G. Se il perossido organico non è termicamente stabile o il diluente utilizzato per la desensibilizzazione ha un punto di ebollizione inferiore a 150 °C, il perossido organico è classificato come perossido organico di TIPO F.

Se la prova è eseguita su colli, qualora l'imballaggio sia modificato una nuova prova è eseguita se si ritiene che tale modifica possa influire sul risultato della prova.

#### 2.15.2.3. Criteri per il controllo della temperatura

I seguenti perossidi organici devono essere sottoposti a controllo della temperatura:

a) i perossidi organici dei tipi B e C con una TDAA = 50 °C;

b) i perossidi organici del tipo D che reagiscono moderatamente al riscaldamento sotto confinamento (2) (2) Come determinato dalla serie di prove E prevista dal Manuale delle prove e dei criteri, Parte II. con una TDAA = 50 °C o reagiscono debolmente o non reagiscono al riscaldamento sotto confinamento con una TDAA = 45 °C, e

c) i perossidi organici dei tipi E e F con una TDAA = 45 °C.






I metodi di prova che permettono di determinare la Tdaa e di dedurre la temperatura di controllo e la temperatura critica sono descritti nella parte II, sezione 28 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri. La prova scelta è eseguita in modo da essere rappresentativa del collo per quanto concerne le dimensioni e il materiale.

#### 2.15.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.15.1.

##### Tabella 2.15.1

Perossidi organici - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Tipo A	Tipo B	Tipo C e D	Tipo E e F	Tipo G
Pittogrammi GHS		 			Non vi sono elementi specifici per questa categoria di pericolo
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Pericolo	Attenzione	
Indicazione di pericolo	H240: Rischio di esplosione per riscaldamento	H241: Rischio di incendio o di esplosione per riscaldamento	H242: Rischio di incendio per riscaldamento	H242: Rischio di incendio per riscaldamento	
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P210 P220 P234 P280	P210 P220 P234 P280	P210 P220 P234 P280	P210 P220 P234 P280	
Consiglio di prudenza — Reazione					
Consiglio di prudenza — Conservazione	P411 + P235 P410 P420	P411 + P235 P410 P420	P411 + P235 P410 P420	P411 + P235 P410 P420	
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501	P501	

Al TIPO G non sono attribuiti elementi di comunicazione del pericolo, ma esso è considerato per le proprietà che appartengono ad altre classi di pericolo.

#### 2.15.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

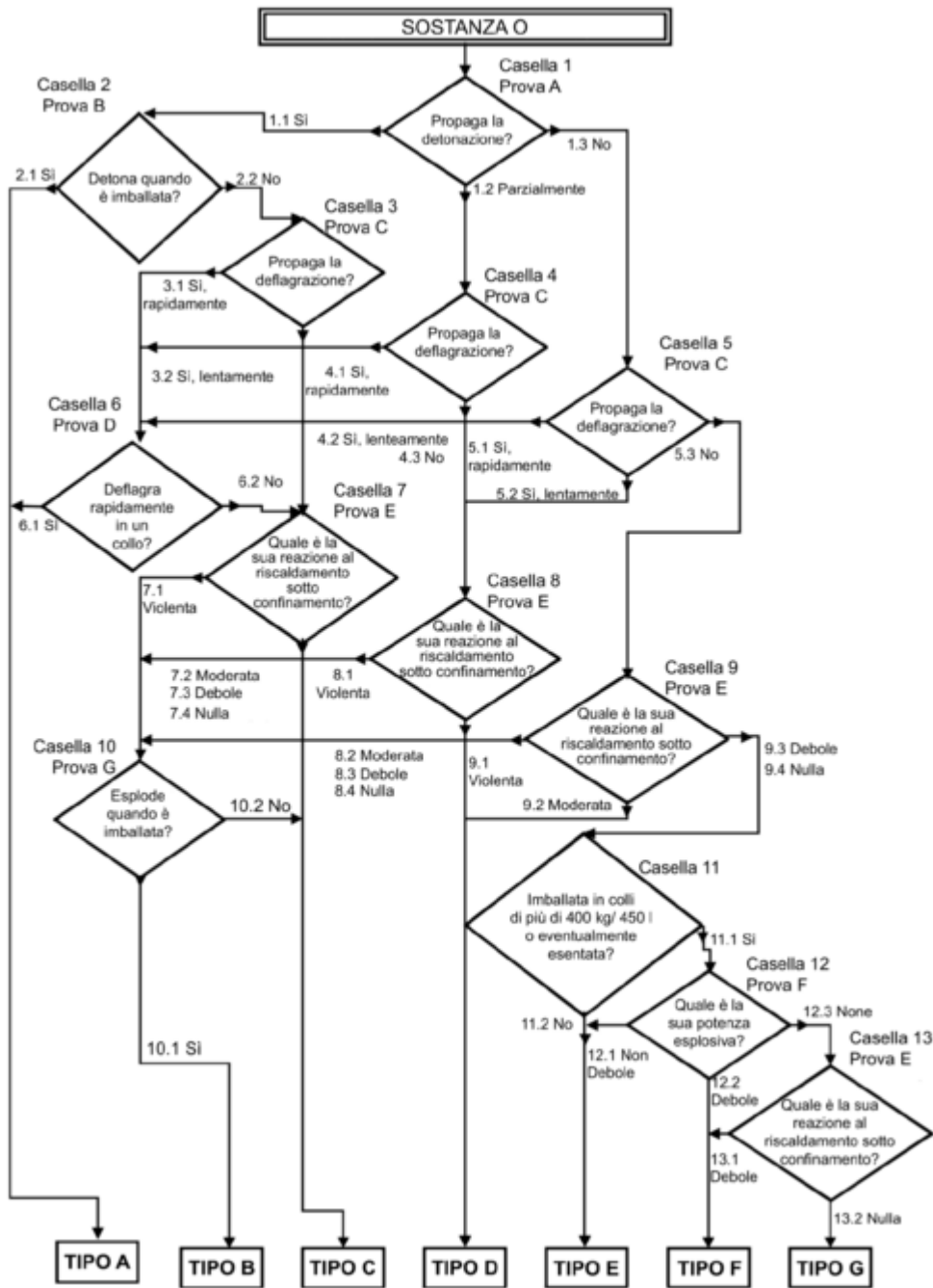
2.15.4.1. I perossidi organici sono classificati, per definizione, in base alla loro struttura chimica e al tenore di ossigeno disponibile e di perossido di idrogeno della miscela (cfr. punto 2.15.2.1). Le proprietà dei perossidi organici che sono decisive per la classificazione sono determinate mediante prove. La classificazione dei perossidi organici è effettuata conformemente alle serie di prove da A alla H descritte nella parte II delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri. La procedura di classificazione è descritta nella figura 2.15.1.

2.15.4.2. Le miscele di perossidi organici già classificati possono essere classificate come il tipo di perossido organico che è il componente più pericoloso. Tuttavia, poiché due componenti stabili possono formare una miscela termicamente meno stabile, deve essere determinata la TDAA.

Nota: La somma delle singole parti può essere più pericolosa dei singoli componenti.

Figura 2.15.1

Perossidi organici



## 2.16. Sostanze o miscele corrosive per i metalli

### 2.16.1. Definizione

Una sostanza o miscela corrosiva per i metalli è una sostanza o miscela che, per azione chimica, può attaccare o distruggere i metalli.

### 2.16.2. Criteri di classificazione

2.16.2.1. Una sostanza o miscela corrosiva per i metalli è classificata nell'unica categoria di questa classe, sulla base della prova descritta nella parte III, sottosezione 37.4 delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri, conformemente alla tabella 2.16.1.

Tabella 2.16.1

## Criteri di classificazione delle sostanze e miscele corrosive per i metalli

Categoria 1	Criteri Velocità di corrosione su superfici in acciaio o in alluminio superiore a 6,25 mm all'anno a una temperatura di prova di 55 °C e se la prova è eseguita su entrambi i materiali.
----------------	---

Nota:


Se una prima prova eseguita su acciaio o su alluminio indica che la sostanza o miscela è corrosiva, non è necessario eseguire un'ulteriore prova sull'altro metallo.

### 2.16.3. Comunicazione del pericolo

Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 2.16.2.

Tabella 2.16.2

### Sostanze e miscele corrosive per i metalli - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1
Pittogramma GHS	
Avvertenza	Attenzione
Indicazione di pericolo	H290: Può essere corrosivo per i metalli
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P234
Consiglio di prudenza — Reazione	P390
Consiglio di prudenza — Conservazione	P406
Consiglio di prudenza — Smaltimento	

### 2.16.4. Altre considerazioni relative alla classificazione

2.16.4.1. La velocità di corrosione può essere misurata con il metodo di prova descritto nella parte III, sottosezione 37.4, delle Raccomandazioni delle Nazioni Unite sul trasporto di merci pericolose, Manuale delle prove e dei criteri. Il campione da utilizzare per la prova è composto dei seguenti materiali:

a) per le prove sull'acciaio, i tipi:

- S235JR+CR (1.0037 risp. St 37-2),

- S275J2G3+CR (1.0144 risp. St 44-3), ISO 3574 modificata, Unified Numbering System (UNS) G 10200, o SAE 1020;

b) per le prove sull'alluminio, i tipi non rivestiti 7075-T6 o AZ5GU-T6.

## 3. PARTE 3: PERICOLI PER LA SALUTE

### 3.1. Tossicità acuta

### 3.1.1. Definizioni

3.1.1.1. Per tossicità acuta s'intende la proprietà di una sostanza o miscela di produrre effetti nocivi che si manifestano in seguito alla somministrazione per via orale o cutanea di una dose unica o di più dosi ripartite nell'arco di 24 ore, o in seguito ad una esposizione per inalazione di 4 ore.

3.1.1.2. La classe di pericolo "Tossicità acuta" è differenziata in:

- tossicità acuta per via orale;
- tossicità acuta per via cutanea;
- tossicità acuta per inalazione.

### 3.1.2. Criteri di classificazione delle sostanze

3.1.2.1. le sostanze possono essere classificate in una delle quattro categorie di tossicità basate sulla tossicità acuta per via orale, via cutanea o inalazione in base ai criteri numerici indicati nella tabella 3.1.1. I valori di tossicità acuta sono espressi in valori (approssimati) di  $DL_{50}$  (orale, cutanea) o  $CL_{50}$  (inalazione) o in stime della tossicità acuta (STA). La tabella 3.1.1 è seguita da alcune note esplicative.

Tabella 3.1.1

Categorie di pericolo di tossicità acuta e stime di tossicità acuta (STA) che definiscono le rispettive categorie

Via di esposizione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4
Orale (mg/kg di peso corporeo) Cfr.: nota a) nota b)	$STA \leq 5$	$5 < STA \leq 50$	$50 < STA \leq 300$	$300 < STA \leq 2\,000$
Cutanea (mg/kg di peso corporeo) Cfr.: nota a) nota b)	$STA \leq 50$	$50 < STA \leq 200$	$200 < STA \leq 1\,000$	$1\,000 < STA \leq 2\,000$
Gas [ppmV (*)] Cfr.: nota a) nota b) nota c)	$STA \leq 100$	$100 < STA \leq 500$	$500 < STA \leq 2\,500$	$2\,500 < STA \leq 20\,000$
Vapori (mg/l) Cfr.: nota a) nota b) nota c) nota d)	$STA \leq 0,5$	$0,5 < STA \leq 2,0$	$2,0 < STA \leq 10,0$	$10,0 < STA \leq 20,0$
Polveri e nebbie (mg/l) Cfr.: nota a) nota b) nota c)	$STA \leq 0,05$	$0,05 < STA \leq 0,5$	$0,5 < STA \leq 1,0$	$1,0 < STA \leq 5,0$

(\*) Le concentrazioni di gas sono espresse in parti per milione per volume (ppmV).

Note alla tabella 3.1.1;

a) La stima di tossicità acuta (STA) per la classificazione di una sostanza è derivata usando la  $DL_{50}/CL_{50}$ , se disponibile.

b) La stima di tossicità acuta (STA) per la classificazione di una sostanza di una miscela è derivata usando:

- la DL<sub>50</sub>/CL<sub>50</sub>, se i dati sono disponibili,
- il valore di conversione appropriato, desunto dalla tabella 3.1.2, che fa riferimento ai risultati di una prova che fornisce un intervallo di valori, o
- il valore di conversione appropriato, desunto dalla tabella 3.1.2, che fa riferimento a una categoria di classificazione.

c) I limiti di concentrazione generici per la tossicità per inalazione che figurano nella tabella sono basati su esposizioni della durata di 4 ore. È possibile convertire i dati ottenuti da un'esposizione della durata di un'ora dividendoli per un fattore 2 per i gas e i vapori e per un fattore 4 per le polveri e le nebbie.

d) Per talune sostanze o miscele l'atmosfera di prova non è soltanto allo stato di vapore, ma è costituita da una miscela di fasi liquide e di vapore. Per altre sostanze l'atmosfera di prova può essere costituita da un vapore prossimo alla fase gassosa. In questi ultimi casi, la classificazione (in ppmV) è la seguente: categoria 1 (100 ppmV), categoria 2 (500 ppmV), categoria 3 (2.500 ppmV), categoria 4 (20.000 ppmV).

I termini "polvere", "nebbia" e "vapore" sono così definiti:

- polvere: particelle solide di una sostanza o di una miscela in sospensione in un gas (generalmente l'aria),

- nebbia: goccioline liquide di una sostanza o di una miscela in sospensione in un gas (generalmente l'aria),

- vapore: forma gassosa di una sostanza o di una miscela liberata a partire dal suo stato liquido o solido.

La formazione di polvere risulta generalmente da un processo meccanico. La formazione di nebbia risulta generalmente da una condensazione di vapori soprasaturi o da una asportazione fisica di liquidi. La dimensione delle particelle di polvere o di nebbia varia generalmente da meno di 1 µm a circa 100 µm.  
<http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.1.2.2. Considerazioni particolari relative alla classificazione delle sostanze come sostanze che presentano un pericolo di tossicità acuta

3.1.2.2.1. La specie animale raccomandata per la valutazione della tossicità acuta per via orale o per inalazione è il ratto; per la tossicità acuta per via cutanea, il ratto o il coniglio. Se esistono dati sperimentali sulla tossicità acuta riferiti a più specie animali, per la scelta del valore DL50 più appropriato tra i risultati di prove valide e correttamente eseguite si ricorre al giudizio scientifico.

3.1.2.3. Considerazioni particolari relative alla classificazione delle sostanze come sostanze che presentano un pericolo di tossicità acuta inalatoria

3.1.2.3.1. Le unità di tossicità per inalazione dipendono dal tipo di materia inalata. Per le polveri e le nebbie sono espresse in mg/l e per i gas in ppm in volume. Tenendo conto delle difficoltà delle prove con i vapori, che sono talvolta miscele di fasi liquide e gassose, l'unità utilizzata nella tabella è il mg/l. Tuttavia, per i vapori prossimi allo stato gassoso, la classificazione è basata sui ppm in volume.

3.1.2.3.2. Per le polveri e le nebbie delle categorie di tossicità elevata è particolarmente importante utilizzare, ai fini della classificazione, valori bene espressi. Le particelle inalate che hanno un diametro aerodinamico medio (DAM) da 1 a 4 micron si depositano in tutti i compartimenti dell'apparato respiratorio del ratto. Questa gamma di dimensioni di particelle corrisponde ad una dose massima di circa 2 mg/l. Per poter applicare gli esperimenti sugli animali all'esposizione umana, sarebbe auspicabile sottoporre a prove polveri e nebbie in questa gamma sui ratti.

3.1.2.3.3. Oltre alla classificazione in relazione alla tossicità per inalazione, se si dispone di dati indicanti che il meccanismo di tossicità è la corrosività, la sostanza o miscela è anche etichettata come "corrosiva

per le vie respiratorie" (cfr. la nota 1 al punto 3.1.4.1). La corrosione delle vie respiratorie è definita come la distruzione dei tessuti delle vie respiratorie dopo un solo periodo di esposizione limitato, analogamente alla corrosione cutanea; essa comprende la distruzione delle mucose. La valutazione della corrosività può fondarsi sul parere di esperti basato su dati relativi all'uomo e ad animali, dati (in vitro) esistenti, valori del pH, informazioni concernenti sostanze simili od ogni altro dato pertinente.

### 3.1.3. Criteri di classificazione delle miscele

3.1.3.1. I criteri di classificazione delle sostanze che presentano un pericolo di tossicità acuta descritti nella sezione 3.1.2 si basano su dati di letalità (sperimentali o derivati). Per la classificazione delle miscele, è necessario ottenere o derivare informazioni che consentano di applicare tali criteri. Per classificare una miscela in relazione al pericolo di tossicità acuta si procede per tappe successive, in funzione delle informazioni disponibili per la miscela stessa e per i suoi componenti. La procedura da seguire è descritta dal diagramma della figura 3.1.1.

3.1.3.2 Per la classificazione di miscele che presentano un pericolo di tossicità acuta è presa in considerazione ciascuna via di esposizione, ma una sola via di esposizione è necessaria quando tale via è seguita (in base a stime o a dati sperimentali) per tutti i componenti e non esiste alcuna evidenza pertinente che indichi una tossicità acuta per vie di esposizione multiple. Qualora esista evidenza pertinente di tossicità per vie di esposizione multiple, va effettuata la classificazione per ogni via di esposizione pertinente. A tal fine vanno prese in considerazione tutte le informazioni disponibili. Il pittogramma e l'avvertenza impiegati devono rispecchiare la categoria di pericolo più severa e tutte le indicazioni di pericolo pertinenti vanno menzionate. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142&-15>

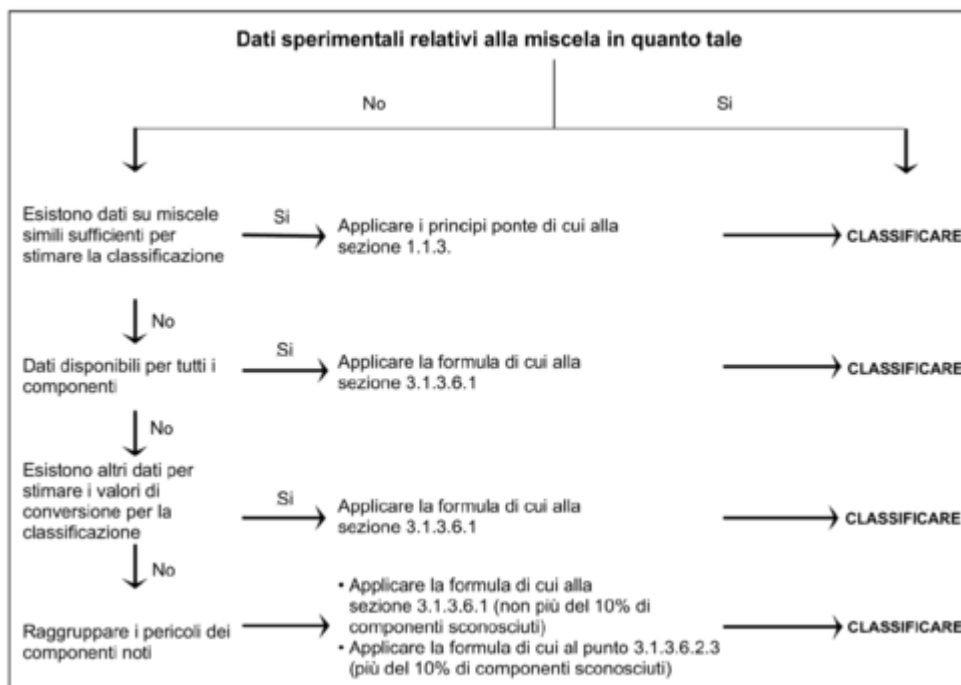
3.1.3.3. Per utilizzare tutti i dati disponibili ai fini della classificazione dei pericoli delle miscele sono state formulate ipotesi che sono applicate, se del caso, nella procedura per tappe successive:

- a) i "componenti rilevanti" di una miscela sono quelli che sono presenti in concentrazioni dell'1% o più (in p/p per solidi, liquidi, polveri, nebbie e vapori e in v/v per i gas), a meno che si possa supporre che una concentrazione inferiore all'1% sia ancora rilevante per classificare la miscela per la tossicità acuta (cfr. tabella 1.1).
- b) quando una miscela classificata è utilizzata come componente di un'altra miscela, la stima della sua tossicità acuta (ATE) effettiva o derivata può essere utilizzata per determinare la classificazione della nuova miscela per mezzo delle formule indicate alla sezione 3.1.3.6.1 e al punto 3.1.3.6.2.3.
- c) Se le stime puntuali di tossicità acuta convertite di tutte i componenti di una miscela si trovano nella stessa categoria, la miscela deve essere classificata in tale categoria.
- d) Se per i componenti di una miscela sono disponibili solo dati in forma d'intervallo (oppure informazioni sulla categoria di pericolo associata alla tossicità acuta), essi possono essere convertiti in stime puntuali secondo la tabella 3.1.2 quando si calcola la classificazione della nuova miscela applicando le formule di cui ai punti 3.1.3.6.1 e 3.1.3.6.2.3.

#### Figura 3.1.1

Fasi della procedura di classificazione delle miscele classificate per la tossicità acuta





<http://bd07.leggiditali>

<http://bd07.leggiditali.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

### 3.1.3.4. Classificazione quando esistono dati sulla miscela in quanto tale

3.1.3.4.1. Se la miscela in quanto tale è stata sottoposta a prove per determinarne la tossicità acuta, è classificata in base agli stessi criteri applicati per le sostanze (cfr. la tabella 3.1.1). Se non esistono dati sperimentali per la miscela, è seguita la procedura descritta alle sezioni 3.1.3.5 e 3.1.3.6.

### 3.1.3.5. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.1.3.5.1. Se la miscela in quanto tale non è stata sottoposta a prove per determinarne la tossicità acuta, ma esistono dati sui singoli componenti e su miscele simili sufficienti a caratterizzare i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati applicando i principi ponte di cui alla sezione 1.1.3.

3.1.3.5.2. Se una miscela sottoposta a prova viene diluita con un diluente la cui classificazione di tossicità è equivalente o inferiore rispetto al meno tossico dei componenti originali, e che non si ritiene possa influire sulla tossicità di altri componenti, la nuova miscela diluita può essere classificata come equivalente alla miscela originale sottoposta a prova. Come alternativa, si può applicare la formula illustrata al punto 3.1.3.6.1. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

### 3.1.3.6. Classificazione delle miscele in base ai componenti (formula di additività)

#### 3.1.3.6.1. Dati disponibili per tutti i componenti

Per garantire una corretta classificazione della miscela e per effettuare il calcolo una sola volta per tutti i sistemi, i settori e le categorie, la stima della tossicità acuta (STA) dei componenti è effettuata nel seguente modo:

a) sono presi in considerazione i componenti con una tossicità acuta nota classificati in una delle categorie di tossicità acuta elencate nella tabella 3.1.1;

b) i componenti che si suppone non presentino un pericolo di tossicità acuta (per esempio, acqua, zucchero) sono ignorati;

c) ignorare i componenti se i dati disponibili provengono da una prova sulla dose limite (alla soglia superiore per la categoria 4 per la via di esposizione appropriata come stabilito nella tabella 3.1.1) e non indicano tossicità acuta.

I componenti che rientrano nell'ambito del presente punto sono considerati come aventi una stima di tossicità acuta (STA) nota. Cfr. nota b) della tabella 3.1.1 e punto 3.1.3.3 per l'applicazione adeguata dei dati disponibili all'equazione seguente, nonché punto 3.1.3.6.2.3.

La STA per via orale, per via cutanea o per inalazione della miscela è calcolata partendo dai valori della STA di tutti i componenti rilevanti, applicando la formula:

$$\frac{100}{ATE_{mix}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ATE_i}$$

dove

$C_i$  = concentrazione del componente  $i$  (% w/w o % v/v)

$i$  = singolo componente da 1 a  $n$

$n$  = numero dei componenti

$ATE_i$  = stima della tossicità acuta del componente  $i$  <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142&-15>

#### 3.1.3.6.2. Dati non disponibili per tutti i componenti

3.1.3.6.2.1. Quando per uno dei componenti della miscela non si dispone di una STA, ma si hanno informazioni come quelle di seguito elencate da cui è possibile dedurre un valore di conversione derivato come quelli indicati nella tabella 3.1.2, è applicata la formula di cui alla sezione 3.1.3.6.1.

Le informazioni comprendono:

- l'estrapolazione delle stime di tossicità acuta per via orale, per via cutanea o per inalazione. Per questa valutazione possono essere necessari dati farmacodinamici e farmacocinetici appropriati;
- dati basati su casi di esposizione umana indicanti effetti tossici, ma non la dose letale;
- dati ottenuti mediante altre prove tossicologiche indicanti effetti tossici acuti, ma non necessariamente la dose letale;
- dati su sostanze strettamente analoghe ottenuti applicando relazioni del tipo struttura-attività.

Questa procedura richiede in genere informazioni tecniche supplementari sostanziali e uno specialista altamente qualificato ed esperto (giudizio di esperti, cfr. 1.1.1) per ottenere una stima attendibile della tossicità acuta. Se non si dispone di tali informazioni, si veda quanto indicato al punto 3.1.3.6.2.3. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142&-15>

3.1.3.6.2.2. Se in una miscela un componente per il quale non esistono informazioni valide ai fini della classificazione è presente in una concentrazione pari o superiore all'1%, non è possibile attribuire a tale miscela una stima di tossicità acuta definitiva. In tale situazione la miscela va classificata basandosi solo sui componenti noti, indicando sull'etichetta e nella scheda di dati di sicurezza anche quanto segue: "× % della miscela è costituito da componenti la cui tossicità non è nota". <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142&-15>

3.1.3.6.2.3. Se la concentrazione complessiva dei componenti di tossicità acuta ignota è = 10%, si applica la formula di cui alla sezione 3.1.3.6.1. Se la concentrazione complessiva dei componenti di

tossicità ignota è > 10%, tale formula è modificata come segue, per tener conto della percentuale totale dei componenti di tossicità ignota:

$$\frac{100 - (\sum C_{\text{unknown if}} > 10\%)}{ATE_{\text{mix}}} = \sum \frac{C_i}{n ATE_i}$$

Tabella 3.1.2

Conversione a partire da intervalli di valori sperimentali di tossicità acuta (o da categorie di pericolo per la tossicità acuta) a stime puntuali di tossicità acuta da impiegare nelle formule per la classificazione di miscele

Via di esposizione	Categoria di pericolo o intervallo di valori sperimentali di tossicità acuta	Conversione in stima puntuale della tossicità acuta (cfr. nota 1)
Orale (mg/kg di peso corporeo)	0 < categoria 1 = 5	0,5
	5 < categoria 2 = 50	5
	50 < categoria 3 = 300	100
	300 < categoria 4 = 2000	500
Cutanea (mg/kg di peso corporeo)	0 < categoria 1 = 50	5
	50 < categoria 2 = 200	50
	200 < categoria 3 = 1000	300
	1000 < categoria 4 = 2000	1100
Gas (ppmV)	0 < categoria 1 = 100	10
	100 < categoria 2 = 500	100
	500 < categoria 3 = 2500	700
	2500 < categoria 4 = 20000	45000
Vapori (mg/l)	0 < Categoria 1 = 0,5	0,05
	0,5 < Categoria 2 = 2,0	0,5
	2,0 < Categoria 3 = 10,0	3
	10,0 < Categoria 4 = 20,0	11
Polveri/nebbie (mg/l)	0 < Categoria 1 = 0,05	0,005
	0,05 < Categoria 2 = 0,5	0,05
	0,5 < Categoria 3 = 1,0	0,5
	1,0 < Categoria 4 = 5,0	1,5

Nota 1:





Questi valori sono destinati a essere utilizzati nel calcolo della STA per la classificazione di una miscela a partire dai suoi componenti e non costituiscono risultati di prove. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

### 3.1.4. Comunicazione del pericolo

3.1.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.1.3.

Tabella 3.1.3

Tossicità acuta - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3	Categoria 4
Pittogrammi GHS				
Avvertenza	Pericolo	Pericolo	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo: — via orale	H300: Letale se ingerito	H300: Letale se ingerito	H301: Tossico se ingerito	H302: Nocivo se ingerito
— per via cutanea	H310: Letale a contatto con la pelle	H310: Letale a contatto con la pelle	H311: Tossico a contatto con la pelle	H312: Nocivo a contatto con la pelle
— per inalazione (cfr. la nota 1)	H330: Letale se inalato	H330: Letale se inalato	H331: Tossico se inalato	H332: Nocivo se inalato
Consigli di prudenza — Prevenzione (tossicità per via orale)	P264 P270	P264 P270	P264 P270	P264 P270
Consigli di prudenza — Reazione (tossicità per via orale)	P301 + P310 P321 P330	P301 + P310 P321 P330	P301 + P310 P321 P330	P301 + P312 P330
Consigli di prudenza — Conservazione (tossicità per via orale)	P405	P405	P405	
Consigli di prudenza — Smaltimento (tossicità per via orale)	P501	P501	P501	P501
Consigli di prudenza — Prevenzione (tossicità per via cutanea)	P262 P264 P270 P280	P262 P264 P270 P280	P280	P280
Consigli di prudenza — Reazione (tossicità per via cutanea)	P302 + P350 P310 P322 P361 P363	P302 + P350 P310 P322 P361 P363	P302 + P352 P312 P322 P361 P363	P302 + P352 P312 P322 P363
Consigli di prudenza — Conservazione (tossicità per via cutanea)	P405	P405	P405	
Consigli di prudenza — Smaltimento (tossicità per via cutanea)	P501	P501	P501	P501
Consigli di prudenza — Prevenzione (tossicità per inalazione)	P260 P271 P284	P260 P271 P284	P261 P271	P261 P271
Consigli di prudenza — Reazione (tossicità per inalazione)	P304 + P340 P310 P320	P304 + P340 P310 P320	P304 + P340 P311 P321	P304 + P340 P312
Consigli di prudenza — Conservazione (tossicità per inalazione)	P403 + P233 P405	P403 + P233 P405	P403 + P233 P405	
Consigli di prudenza — Smaltimento (tossicità per inalazione)	P501	P501	P501	

Nota 1:

Oltre alla classificazione in relazione alla tossicità per inalazione, se si dispone di dati indicanti che il meccanismo di tossicità è la corrosività, la sostanza o miscela è anche etichettata come EUH071: "corrosiva per le vie respiratorie" (cfr. punto 3.1.2.3.3.). Al pittogramma appropriato per la tossicità

acuta possono essere aggiunti un pittogramma di corrosività (utilizzato per la corrosività cutanea e oculare) e un'indicazione "corrosivo per le vie respiratorie".

Nota 2:

Se in una miscela un componente per il quale non esistono informazioni valide è presente in una concentrazione pari o superiore all'1%, sull'etichetta di tale miscela figura la menzione supplementare: "x% della miscela è costituito di componenti di tossicità ignota" - cfr. punto 3.1.3.6.2.2.

Fermo restando l'articolo 27, possono essere impiegate indicazioni di pericolo combinate, in conformità dell'allegato III. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

## 3.2. Corrosione/irritazione della pelle

### 3.2.1. Definizioni

3.2.1.1. Per corrosione della pelle s'intende la produzione di lesioni irreversibili della pelle, quali una necrosi visibile attraverso l'epidermide e nel derma, a seguito dell'applicazione di una sostanza di prova per una durata massima di quattro ore. Gli effetti tipici della corrosione sono ulcere, sanguinamento, croste sanguinolente e, al termine di un periodo di osservazione di 14 giorni, depigmentazione cutanea dovuta all'effetto sbiancante, chiazze di alopecia e cicatrici. Per valutare le lesioni dubbie può essere necessario ricorrere a un esame istopatologico.

Per irritazione della pelle s'intende la produzione di lesioni reversibili della pelle a seguito dell'applicazione di una sostanza prova per una durata massima di 4 ore.

### 3.2.2. Criteri di classificazione delle sostanze

3.2.2.1. Per determinare il potenziale di corrosione e irritazione delle sostanze occorre, prima di procedere alla prova, prendere in considerazione una serie di fattori. Sostanze solide (polveri) possono diventare corrosive o irritanti se umidificate o se poste in contatto con la pelle umida o le membrane mucose. L'analisi si basa su dati sperimentali relativi all'uomo e agli animali, in relazione a esposizioni singole o ripetute, che forniscono informazioni direttamente rilevanti per gli effetti sulla pelle. Può inoltre essere utile, ai fini della classificazione, il ricorso a metodi alternativi in vitro convalidati e accettati (cfr. articolo 5). In alcuni casi, possono essere disponibili informazioni sufficienti su sostanze strutturalmente analoghe per procedere alla classificazione.

3.2.2.2. Similmente, pH estremi come  $= 2$  e  $= 11,5$  possono indicare la causa potenziale di effetti cutanei, soprattutto se è nota una capacità tampone, sebbene la correlazione non sia perfetta. In genere si ritiene che queste sostanze producano effetti cutanei significativi. Se tale riserva indica che la sostanza in questione potrebbe non essere corrosiva, nonostante il pH basso o elevato, sono effettuate ulteriori prove per ottenere dati di conferma, di preferenza ricorrendo a un adeguato saggio in vitro convalidato.

3.2.2.3. Se una sostanza è molto tossica per via cutanea non possono essere effettuate prove per determinarne il pericolo di corrosione/irritazione della pelle, poiché la quantità di sostanza da applicare è nettamente superiore alla dose tossica e di conseguenza provoca la morte delle cavie. Se durante gli studi sulla tossicità acuta si osservano effetti di corrosione/irritazione della pelle fino alla dose limite, non è necessario eseguire altri test, sempre che le diluizioni e le specie utilizzate per le prove siano equivalenti.

3.2.2.4. Tutte le informazioni di cui sopra disponibili per una sostanza sono prese in considerazione per stabilire se sia necessario ricorrere a test di irritazione cutanea in vivo.

Benché sia possibile ottenere informazioni dalla valutazione di un solo parametro (cfr. punto 3.2.2.5; per esempio, gli alcali caustici con un pH estremo sono considerati corrosivi per la pelle), è opportuno valutare tutte le informazioni esistenti e determinarne la forza probante complessiva, in particolare quando si hanno informazioni solo su alcuni parametri. In generale, in primo luogo sono da prendere in considerazione i dati empirici e altre informazioni concernenti l'uomo, quindi i dati empirici e sperimentali relativi agli animali e infine le altre fonti di informazione, ma sempre procedendo caso per caso.

3.2.2.5. Può essere effettuata, se del caso, una valutazione per tappe successive delle informazioni iniziali, tenendo presente che in taluni casi non tutti gli elementi sono necessariamente pertinenti.

### 3.2.2.6. Corrosione

3.2.2.6.1. Una sostanza è classificata come corrosiva in base ai risultati delle prove eseguite su animali, come mostrato nella tabella 3.2.1. Una sostanza corrosiva causa la distruzione del tessuto cutaneo, ossia una necrosi visibile dell'epidermide e di parte del derma, in almeno un animale dopo un'esposizione della durata massima di quattro ore. Gli effetti tipici della corrosione sono ulcere, sanguinamento, croste sanguinolente e, al termine di un periodo di osservazione di 14 giorni, depigmentazione cutanea dovuta all'effetto sbiancante, chiazze di alopecia e cicatrici. Per valutare le lesioni dubbie può essere necessario ricorrere a un esame istopatologico.

3.2.2.6.2. La categoria "corrosione della pelle" è suddivisa in tre sottocategorie: la sottocategoria 1A (reazioni dopo al massimo tre minuti di esposizione e al massimo un'ora di osservazione), la sottocategoria 1B (reazioni dopo un'esposizione compresa tra tre minuti e un'ora e osservazioni fino a 14 giorni) e la sottocategoria 1C (reazioni dopo esposizioni comprese tra una e quattro ore e osservazioni fino a 14 giorni).

3.2.2.6.3. L'uso di dati sull'uomo è discusso ai punti 3.2.2.1 e 3.2.2.4 e ai punti 1.1.1.3, 1.1.1.4 e 1.1.1.5.

Tabella 3.2.1

#### Categoria e sottocategorie "Corrosione della pelle"

	Sottocategorie di corrosione	Corrosivo per almeno 1 animale su 3 Esposizione	Osservazione
Categoria 1: corrosivo	1A	< 3 minuti	< 1 ora
	1B	> 3 minuti-< 1 ora	< 14 giorni
	1C	> 1 ora-< 4 ore	< 14 giorni

### 3.2.2.7. Irritazione

3.2.2.7.1. Nella tabella 3.2.2 è riportata un'unica categoria "irritazione della pelle" (categoria 2), determinata in funzione dei risultati ottenuti da prove eseguite su animali. L'uso di dati ottenuti mediante studi sull'uomo è discusso ai punti 3.2.2.1 e 3.2.2.4 e ai punti 1.1.1.3, 1.1.1.4 e 1.1.1.5. Il principale criterio per la categoria "irritazione" è che almeno due animali su tre sottoposti al test presentino una reazione media compresa tra 2,3 e 4,0.

Tabella 3.2.2

#### Categoria "Irritazione della pelle"

Categoria	Criteri
Categoria 2: Irritante	(1) Valore medio compreso tra 2,3 e 4,0 per eritema/escara o edema in almeno due animali su tre a 24, 48 e 72 ore dalla rimozione del cerotto o, in caso di reazioni ritardate, nel corso di un periodo di osservazione di tre giorni consecutivi dopo la comparsa delle reazioni cutanee, o (2) infiammazione persistente fino alla fine del periodo di osservazione (di norma 14 giorni) in almeno due animali (in particolare alopecia locale, ipercheratosi, iperplasia e desquamazione), o (3) quando le reazioni variano fortemente da un animale all'altro, effetti positivi molto netti in relazione a un'esposizione chimica in un solo animale, ma di minore entità rispetto ai criteri di cui sopra.

### 3.2.2.8. Osservazioni sulle reazioni ottenute nei test di irritazione cutanea eseguiti su animali

3.2.2.8.1. Le reazioni irritative osservate negli animali durante un test possono variare notevolmente, come nel caso della corrosione. Il principale criterio per la classificazione di una sostanza come irritante per la pelle, come indicato al punto 3.2.2.7.1, è il valore medio rilevato per gli eritemi e le escare o gli

edemi in almeno due animali su tre sottoposti al test. Un criterio distinto permette di considerare i casi in cui si osserva una reazione irritativa significativa, ma inferiore al valore medio di un test positivo. Ad esempio, una sostanza in esame può essere definita irritante se almeno in un animale su tre sottoposti al test si rileva un valore medio molto elevato durante tutto lo studio, comprese lesioni persistenti alla fine di un periodo di osservazione pari, di norma, a 14 giorni. Anche altre reazioni potrebbero soddisfare questo criterio. Occorre tuttavia accertare che le reazioni siano il risultato di un'esposizione chimica.

3.2.2.8.2. La reversibilità delle lesioni cutanee è un altro aspetto preso in considerazione nella valutazione delle reazioni irritative. Se l'infiammazione (in particolare alopecia locale, ipercheratosi, iperplasia e desquamazione) persiste fino al termine del periodo di osservazione in 2 o più animali, la sostanza è da considerarsi irritante.

### 3.2.3. Criteri di classificazione delle miscele

#### 3.2.3.1. Classificazione quando esistono dati sulla miscela in quanto tale

3.2.3.1.1. La miscela è classificata in base ai criteri utilizzati per le sostanze, tenendo conto delle strategie di prova e di valutazione applicate per ottenere dati relativi a queste classi di pericolo.

3.2.3.1.2. Diversamente da quanto avviene per altre classi di pericolo, per certi tipi di sostanze e miscele esistono test di corrosività cutanea, semplici e relativamente poco costosi, che permettono una classificazione precisa. Per i test da effettuare sulle miscele, è da preferire una strategia per tappe successive basata sulla forza probante dei dati, come quella che fa parte dei criteri di classificazione delle sostanze come corrosive e irritanti per la pelle (punto 3.2.2.5), in modo da ottenere una classificazione esatta ed evitare inutili test su animali. Una miscela è considerata corrosiva per la pelle (corrosiva per la pelle categoria 1) se il suo pH è pari o inferiore a 2 o pari o superiore a 11,5. Se la riserva acida-alcalina lascia supporre che la sostanza o miscela in questione non sia corrosiva, nonostante un pH basso o elevato, sono effettuate ulteriori prove per ottenere dati di conferma, di preferenza ricorrendo a un saggio in vitro appropriato e convalidato.

#### 3.2.3.2. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.2.3.2.1. Se non sono state effettuate prove per determinare il pericolo di corrosione/irritazione cutanea della miscela, ma esistono dati sui singoli componenti della miscela e su miscele analoghe sufficienti per individuare adeguatamente i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati conformemente ai principi ponte di cui alla sezione 1.1.3.

#### 3.2.3.3. Classificazione quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi

3.2.3.3.1. Per utilizzare tutti i dati disponibili ai fini della classificazione dei pericoli di irritazione/corrosione della pelle delle miscele, è stata formulata la seguente ipotesi, che è applicata, se del caso, nella procedura per tappe successive:

i "componenti rilevanti" di una miscela sono quelli che sono presenti in concentrazioni dell'1% o più (in p/p per solidi, liquidi, polveri, nebbie e vapori e in v/v per i gas), a meno che si possa supporre che una concentrazione inferiore all'1% sia ancora rilevante per la classificazione della miscela come corrosiva/irritante per la pelle.

3.2.3.3.2. In generale, la classificazione delle miscele come irritanti o corrosive per la pelle nel caso in cui siano disponibili dati sui componenti, ma non sulla miscela in quanto tale, si fonda sulla teoria dell'additività, secondo la quale ciascun componente corrosivo o irritante contribuisce alle proprietà corrosive o irritanti complessive della miscela proporzionalmente alla sua potenza e alla sua concentrazione. Un fattore di ponderazione di 10 è applicato per i componenti corrosivi presenti in concentrazioni inferiori al limite di concentrazione generico per la classificazione nella categoria 1, ma tali da contribuire alla classificazione della miscela come irritante. La miscela è classificata come corrosiva o irritante se la somma delle concentrazioni di tali componenti eccede un limite di concentrazione.

3.2.3.3.3. Nella tabella 3.2.3 sono riportati i limiti di concentrazione generici che determinano la classificazione della miscela come corrosiva o irritante per la pelle.

3.2.3.3.4.1. Occorre particolare cautela nella classificazione di taluni tipi di miscele contenenti sostanze come acidi, basi, sali inorganici, aldeidi, fenoli e surfattanti. L'approccio descritto ai punti 3.2.3.3.1 e 3.2.3.3.2 può non essere applicabile, in quanto molte di queste sostanze sono corrosive o irritanti in concentrazioni inferiori all'1%.

3.2.3.3.4.2. Per le miscele contenenti acidi o basi forti si usa come criterio di classificazione il pH (cfr. punto 3.2.3.1.2), che è un indicatore della corrosione migliore rispetto ai limiti di concentrazione indicati nella tabella 3.2.3.

3.2.3.3.4.3. Una miscela contenente componenti corrosivi o irritanti per la pelle e che non può essere classificata in base al metodo dell'additività (tabella 3.2.3) a motivo delle sue caratteristiche chimiche è classificata come corrosiva per la pelle nelle categorie 1A, 1B o 1C se la concentrazione di un componente classificato nella categoria 1A, 1B o 1C è pari o superiore all'1%, o nella categoria 2 se la concentrazione di un componente irritante è pari o superiore al 3%. La classificazione delle miscele ai cui componenti non si applica l'approccio della tabella 3.2.3 è sintetizzata nella tabella 3.2.4.

3.2.3.3.5. In alcuni casi, dati attendibili possono indicare che il pericolo di corrosione/irritazione della pelle di un componente non è evidente se quest'ultimo è presente a un livello superiore ai limiti di concentrazione generici indicati nelle tabelle 3.2.3 e 3.2.4. In questi casi la miscela può essere classificata in base a questi dati (cfr. anche articoli 10 e 11). In altri casi, quando si prevede che il pericolo di corrosione/irritazione della pelle di un componente non sarà evidente se quest'ultimo è presente a un livello superiore ai limiti di concentrazione generici indicati nelle tabelle 3.2.3 e 3.2.4, è presa in considerazione l'effettuazione di test sulla miscela. In questi casi si applica la strategia per tappe successive in base alla forza probante dei dati descritta al punto 3.2.2.5.

3.2.3.3.6. Se dati indicano che uno o più componenti possono essere corrosivi o irritanti a una concentrazione inferiore all'1% (corrosivi) o al 3% (irritanti), la miscela è classificata di conseguenza.

Tabella 3.2.3

Limiti di concentrazione generici di componenti classificati come corrosivi o irritanti per la pelle (categoria 1 o 2) che determinano la classificazione come corrosivo o irritante per la pelle

Somma dei componenti classificati come:	Concentrazione che determina la classificazione di una miscela come:	
	Corrosivo per la pelle	Irritante per la pelle
	Categoria 1 (cfr. la nota seguente)	Categoria 2
Corrosivi per la pelle, categorie 1A, 1B, 1C	= 5%	= 1% ma < 5%
Irritanti per la pelle, categoria 2		= 10%
(10 × corrosivi per la pelle di categoria 1A, 1B, 1C) + irritanti per la pelle di categoria 2		= 10%

Nota:

La somma di tutti i componenti di una miscela classificati come corrosivi per la pelle nelle categorie 1A, 1B o 1C deve essere pari o superiore al 5% per ciascuna categoria perché la miscela sia classificata come corrosiva per la pelle di categoria 1A, 1B o 1C. Se la somma dei componenti classificati come corrosivi per la pelle di categoria 1A è inferiore al 5%, ma la somma dei componenti delle categorie 1A e 1B è pari o superiore al 5%, la miscela è classificata come corrosiva per la pelle di categoria 1B. Analogamente, se la somma dei componenti classificati come corrosivi per la pelle delle categorie 1A e 1B è inferiore al 5%, ma la somma dei componenti delle categorie 1A, 1B e 1C è pari o superiore al 5%, la miscela è classificata come corrosiva per la pelle di categoria 1C.

Tabella 3.2.4

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela ai quali non si applica la regola dell'additività che determinano la classificazione della miscela come corrosiva o irritante per la pelle

Componente:	Concentrazione:	Miscela classificata come
-------------	-----------------	---------------------------





Acido con pH = 2	= 1%	corrosiva o irritante per la pelle
Base con pH = 11,5	= 1%	Categoria 1
Altri componenti corrosivi (categorie 1A, 1B, 1C) ai quali non si applica la regola dell'additività	= 1%	Categoria 1
Altri componenti irritanti (categoria 2) ai quali non si applica la regola dell'additività, compresi acidi e basi	= 3%	Categoria 2

### 3.2.4. Comunicazione del pericolo

3.2.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.2.5.

Tabella 3.2.5

Corrosione/irritazione della pelle - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1A/1B/1C	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H314: Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari	H315: Provoca irritazione cutanea
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P260 P264 P280	P264 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P301 + P330 + P331 P303 + P361 + P353 P363 P304 + P340 P310 P321 P305 + P351 + P338	P302 + P352 P321 P332 + P313 P362
Consiglio di prudenza — Conservazione	P405	
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	

### 3.3. Gravi lesioni oculari/irritazione oculare

#### 3.3.1. Definizioni

3.3.1.1. Per gravi lesioni oculari s'intendono lesioni dei tessuti oculari o un grave deterioramento della vista conseguenti all'applicazione di una sostanza di prova sulla superficie anteriore dell'occhio, non totalmente reversibili entro 21 giorni dall'applicazione.

Per irritazione oculare s'intende un'alterazione dell'occhio conseguente all'applicazione di sostanze di prova sulla superficie anteriore dell'occhio, totalmente reversibile entro 21 giorni dall'applicazione.

#### 3.3.2. Criteri di classificazione delle sostanze

3.3.2.1. La classificazione delle sostanze si basa su un sistema di prove e valutazioni per tappe successive che combina informazioni preesistenti relative a lesioni oculari gravi e all'irritazione oculare (compresi dati empirici sull'uomo e su animali), considerazioni sulle (Q)RSA e i risultati di test in vitro convalidati, in modo da evitare inutili sperimentazioni sugli animali.

3.3.2.2. Prima di realizzare test in vivo per saggiare la capacità di produrre gravi lesioni oculari o irritazione oculare, è opportuno esaminare tutte le informazioni esistenti sulla sostanza in questione. Sulla base dei dati esistenti è spesso possibile determinare se una sostanza provocherà o no lesioni oculari gravi (ossia irreversibili). Se la sostanza può essere classificata in base a questi dati, non è necessario effettuare prove.

3.3.2.3. Per determinare la capacità di una sostanza di causare gravi lesioni oculari o irritazione oculare, è necessario, prima di effettuare prove, prendere in considerazione una serie di fattori. L'analisi si basa sui dati sperimentali relativi all'uomo e agli animali che forniscono informazioni direttamente rilevanti per gli effetti subiti dagli occhi. In alcuni casi le informazioni disponibili su sostanze strutturalmente analoghe possono essere sufficienti per procedere alla classificazione. Similmente, pH estremi come  $= 2$  e  $= 11,5$  possono produrre gravi lesioni oculari, soprattutto se sono associati a una capacità tampone rilevante. Tali sostanze possono avere effetti gravi sugli occhi. L'eventualità che la sostanza possa causare una corrosione cutanea deve essere valutata prima di considerare il pericolo di gravi lesioni oculari o di irritazione oculare, per evitare test destinati a determinare gli effetti locali sugli occhi di sostanze corrosive per la pelle. Le sostanze corrosive per la pelle sono considerate come in grado di provocare anche gravi lesioni oculari (categoria 1), mentre le sostanze irritanti per la pelle possono essere considerate come in grado di provocare irritazioni oculari (categoria 2). Può essere utile ai fini della classificazione il ricorso a metodi alternativi in vitro convalidati e accettati (cfr. articolo 5).

3.3.2.4. Tutte le informazioni di cui sopra disponibili per una sostanza o miscela sono prese in considerazione per stabilire se sia necessario ricorrere a test in vivo di irritazione oculare. Benché sia possibile ottenere informazioni dalla valutazione di un solo parametro (per esempio, gli alcali caustici con un pH estremo sono considerati corrosivi locali), è opportuno valutare tutte le informazioni esistenti e determinarne la forza probante complessiva, in particolare quando si hanno informazioni solo su alcuni parametri. In generale, in primo luogo si prenderà in considerazione il giudizio di esperti, tenendo conto degli effetti noti sull'uomo della sostanza in questione, quindi i risultati dei test di irritazione cutanea e di altri metodi convalidati. I test sugli animali con sostanze o miscele corrosive sono per quanto possibile evitati.

3.3.2.5. È presa in considerazione, se del caso, una valutazione per tappe successive delle informazioni iniziali, tenendo presente che in taluni casi non tutti gli elementi sono necessariamente pertinenti.

3.3.2.6. Effetti irreversibili sugli occhi/gravi lesioni oculari (categoria 1).

3.3.2.6. Le sostanze che possono causare gravi lesioni oculari sono classificate nella categoria 1 (effetti irreversibili sugli occhi). Le sostanze sono classificate in questa categoria di pericolo in base ai risultati di test effettuati su animali, secondo i criteri elencati nella tabella 3.3.1. Le osservazioni riguardano animali che presentano lesioni di grado 4 della cornea e altre reazioni gravi (per esempio, distruzione della cornea) rilevate in qualsiasi momento durante la prova, opacità persistente della cornea, colorazione della cornea dovuta a una sostanza colorante, aderenze, panno corneale, interferenze con la funzione iridea o altri effetti che compromettono la vista. In questo contesto, si considerano lesioni persistenti quelle non totalmente reversibili entro il periodo di osservazione normale di 21 giorni. Sono inoltre classificate nella categoria 1 le sostanze che causano un'opacità della cornea  $= 3$  o un'infiammazione dell'iride (irite)  $> 1,5$  osservate in un test di Draize eseguito sull'occhio del coniglio, posto che tali gravi lesioni generalmente non sono reversibili entro un periodo di osservazione di 21 giorni.

Tabella 3.3.1

#### Categoria di effetti irreversibili sugli occhi

Categoria	Criteri
Effetti irreversibili sugli occhi (categoria 1)	Una sostanza, applicata sull'occhio di un animale, produce: <ul style="list-style-type: none"><li>- in almeno un animale effetti sulla cornea, l'iride o la congiuntiva che si prevedono irreversibili o che sono risultati non totalmente reversibili entro un periodo di osservazione normalmente di 21 giorni, e/o</li><li>- in almeno due dei tre animali saggiati una reazione positiva di:<ul style="list-style-type: none"><li>- opacità della cornea <math>= 3</math> e/o</li><li>- irite <math>&gt; 1,5</math></li></ul></li></ul> calcolata come media dei risultati registrati 24, 48 e 72 ore dopo l'instillazione della sostanza in esame.

3.3.2.6.2. L'uso di dati relativi all'uomo è trattato ai punti 3.3.2.1, 3.3.2.4 e ai punti 1.1.1.3, 1.1.1.4 e 1.1.1.5.

3.3.2.7. Effetti reversibili sugli occhi (categoria 2)

3.3.2.7.1. Le sostanze che possono provocare un'irritazione oculare reversibile sono classificate nella categoria 2 (irritanti per gli occhi).

Tabella 3.3.2

Categoria di effetti reversibili sugli occhi

Categoria	Criteri
Irritante per gli occhi (categoria 2)	Una sostanza, applicata sull'occhio di un animale, produce:
	- in almeno due dei tre animali saggiati una reazione positiva di:
	- opacità della cornea = 1, e/o
	- irite = 1, e/o
	- arrossamento congiuntivale > 2
	- edema congiuntivale (chemosi) > 2
	- calcolata come media dei risultati registrati 24, 48 e 72 dopo l'instillazione della sostanza in esame, e totalmente reversibile entro un periodo di osservazione di 21 giorni

3.3.2.7.2. Quando le reazioni provocate dalla sostanza negli animali presentano una marcata variabilità, si tiene conto di tali informazioni nella classificazione.

3.3.3. Criteri di classificazione delle miscele

3.3.3.1. Classificazione quando esistono dati sulla miscela in quanto tale

3.3.3.1.1. La miscela è classificata in base ai criteri utilizzati per le sostanze, tenendo conto delle strategie di prova e di valutazione impiegate per produrre dati per queste classi di pericolo.

3.3.3.1.2. Diversamente che per altre classi di pericolo, esistono per certi tipi di miscele test alternativi di corrosività per la pelle che permettono una classificazione precisa, pur essendo semplici da eseguire e relativamente poco costosi. Quando si intende effettuare test su miscele, è consigliabile ricorrere a una strategia per tappe successive basata sulla forza probante dei dati, come indicato nei criteri di classificazione delle sostanze per la corrosione della pelle, le gravi lesioni oculari e l'irritazione oculare, in modo da ottenere una classificazione precisa ed evitare inutili test su animali. Una miscela è considerata causa di gravi lesioni oculari (categoria 1) se il suo pH è = 2,0 o = 11,5. Se la riserva acida/alcalina lascia supporre che la miscela non rischia di causare gravi lesioni oculari, nonostante un pH basso o elevato, occorre procedere a ulteriori prove per ottenere una conferma, di preferenza ricorrendo a un appropriato test in vitro convalidato.

3.3.3.2. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.3.3.2.1. Se la miscela in quanto tale non è stata oggetto di prove per determinare se è corrosiva per la pelle o rischia di causare gravi danni oculari o un'irritazione oculare, ma esistono dati sui singoli componenti e su miscele simili sufficiente per caratterizzare i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui alla sezione 1.1.3.

3.3.3.3. Classificazione quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi

3.3.3.3.1. Per utilizzare tutti i dati disponibili ai fini della classificazione dei pericoli di irritazione oculare/gravi lesioni oculari delle miscele, è stata formulata la seguente ipotesi, che è applicata, se del caso, nella procedura per tappe successive:

Ipotesi: i "componenti rilevanti" di una miscela sono quelli che sono presenti in concentrazioni dell'1% o più (in p/p per solidi, liquidi, polveri, nebbie e vapori e in v/v per i gas), a meno che si possa supporre (ad esempio nel caso di componenti corrosivi) che una concentrazione inferiore all'1% sia ancora rilevante per la classificazione della miscela come causante irritazione oculare/gravi lesioni oculari.

3.3.3.3.2. In generale, la classificazione delle miscele come in grado di provocare irritazione oculare/gravi lesioni oculari nel caso in cui siano disponibili dati sui componenti, ma non sulla miscela in quanto tale, si fonda sulla teoria dell'additività, secondo la quale ciascun componente corrosivo o irritante contribuisce alle proprietà corrosive o irritanti complessive della miscela proporzionalmente alla sua potenza e alla sua concentrazione. Un fattore di ponderazione di 10 è applicato per i componenti corrosivi presenti in concentrazioni inferiori al limite di concentrazione generico per la classificazione nella categoria 1, ma tali da contribuire alla classificazione della miscela come irritante. La miscela è classificata come causante irritazione oculare/gravi lesioni oculari se la somma delle concentrazioni di tali componenti eccede un limite di concentrazione.

3.3.3.3.3. Nella tabella 3.3.3 sono riportati i limiti di concentrazione generici che determinano la classificazione della miscela come causante irritazione oculare/gravi lesioni oculari.

3.3.3.3.4.1. Occorre particolare cautela nella classificazione di taluni tipi di miscele contenenti sostanze come acidi, basi, sali inorganici, aldeidi, fenoli e tensioattivi. L'approccio descritto ai punti 3.3.3.3.1 e 3.3.3.3.2 può non essere applicabile, in quanto molte di queste sostanze sono corrosive o irritanti in concentrazioni inferiori all'1%.

3.3.3.3.4.2. Per le miscele contenenti acidi o basi forti si usa come criterio di classificazione il pH (cfr. punto 3.3.2.3), che è un indicatore di gravi danni oculari migliore rispetto ai limiti di concentrazione generici indicati nella tabella 3.3.3.

3.3.3.3.4.3. Una miscela contenente componenti corrosivi o irritanti e che non può essere classificata in base al metodo dell'additività (tabella 3.3.3) a causa delle sue caratteristiche chimiche è classificata nella categoria 1 (effetti sugli occhi) se la concentrazione di un componente corrosivo è pari o superiore all'1%, e nella categoria 2 se la concentrazione di un componente irritante è pari o superiore al 3%. La classificazione delle miscele ai cui componenti non si applica l'approccio della tabella 3.3.3 è sintetizzata nella tabella 3.3.4.

3.3.3.3.5. In alcuni casi, dati attendibili possono indicare che gli effetti reversibili/irreversibili sugli occhi di un componente non sono evidenti se quest'ultimo è presente a un livello superiore ai limiti di concentrazione generici indicati nelle tabelle 3.3.3 e 3.3.4. In questi casi la miscela è classificata in base a questi dati. In altri casi, quando si prevede che il pericolo di corrosione/irritazione della pelle o gli effetti reversibili/irreversibili sugli occhi di un componente non saranno evidenti se quest'ultimo è presente a un livello superiore ai limiti di concentrazione generici indicati nelle tabelle 3.3.3 e 3.3.4, è presa in considerazione l'effettuazione di saggi sulla miscela. In questi casi si applica la strategia per tappe successive in base alla forza probante dei dati.

3.3.3.3.6. Se vi sono dati che dimostrano che uno o più componenti possono essere corrosivi o irritanti a una concentrazione < 1% (corrosivo) o < 3% (irritante), la miscela è classificata di conseguenza.

Tabella 3.3.3

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela classificati come corrosivi per la pelle di categoria 1 e/o come aventi effetti sugli occhi di categoria 1 o 2 che determinano la classificazione della miscela come avente effetti sugli occhi (categoria 1 o 2)

Somma dei componenti classificati come:	Concentrazione che determina la classificazione della miscela	
	Effetti sugli occhi irreversibili Categoria 1	Effetti sugli occhi reversibili Categoria 2
Effetti sugli occhi, categoria 1 o corrosione della pelle, categorie 1A, 1B, 1C	= 3%	= 1% ma < 3%
Effetti sugli occhi, categoria 2		= 10%
(10 × effetti sugli occhi, categoria 1) + effetti sugli occhi, categoria 2		= 10%
Corrosione della pelle, categorie 1A, 1B, 1C + effetti sugli occhi, categoria 1	= 3%	= 1% ma < 3%

10 × (corrosione della pelle, categorie 1A, 1B, 1C + effetti sugli occhi, categoria 1) + effetti sugli occhi, categoria 2 = 10%

Tabella 3.3.4

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela per i quali non si applica la regola dell'additività che determinano la classificazione della miscela come pericolosa per gli occhi



Componente	Concentrazione	Miscela classificata come: Effetti sugli occhi
Acido con pH = 2	= 1%	categoria 1
Base con pH = 11,5	= 1%	categoria 1
Altri componenti corrosivi (categoria 1) ai quali non si applica l'additività	= 1%	categoria 1
Altri componenti irritanti (categoria 2) ai quali non si applica l'additività, compresi acidi e basi	= 3%	catégorie 2

### 3.3.4. Comunicazione del pericolo

3.3.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.3.5.

Tabella 3.3.5

Gravi lesioni oculari/irritazione oculare - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H318: Provoca gravi lesioni oculari	H319: Provoca grave irritazione oculare
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P280	P264 P280
Consiglio di prudenza — Reazione	P305 + P351 + P338 P310	P305 + P351 + P338 P337 + P313
Consiglio di prudenza — Conservazione		
Consiglio di prudenza — Smaltimento		

### 3.4. Sensibilizzazione delle vie respiratorie o della pelle

#### 3.4.1. Definizioni e considerazioni generali

3.4.1.1. Per sostanza sensibilizzante delle vie respiratorie s'intende una sostanza che, se inalata, provoca un'ipersensibilità delle vie respiratorie.

3.4.1.2. Per sostanza sensibilizzante della pelle s'intende una sostanza che, a contatto con la pelle, provoca una reazione allergica.

3.4.1.3. Ai fini della sezione 3.4, la sensibilizzazione è suddivisa in due fasi: la prima consiste nell'induzione di una memoria immunologica specializzata in una persona esposta a un allergene, la seconda nella produzione di una reazione allergica mediata da cellule o da anticorpi quando una persona sensibilizzata è esposta a un allergene.

3.4.1.4. Le due fasi si presentano sia nella sensibilizzazione delle vie respiratorie, sia nella sensibilizzazione della pelle. Nel caso della sensibilizzazione della pelle è necessaria una fase di induzione in cui il sistema immunitario impara a reagire all'allergene; sintomi clinici possono poi apparire quando l'esposizione successiva è sufficiente per scatenare una reazione cutanea visibile (fase di scatenamento). Di conseguenza, i test predittivi seguono solitamente questo schema, in cui vi è una fase di induzione, la reazione alla quale è misurata da una fase di scatenamento standardizzata, in cui si ricorre in generale a un test epicutaneo. Il test sui linfonodi locali, che misura direttamente la reazione di induzione, rappresenta un'eccezione. La sensibilizzazione cutanea nell'uomo è accertata solitamente mediante un test epicutaneo diagnostico.

3.4.1.5. In genere, sia per la sensibilizzazione della pelle sia per quella delle vie respiratorie, per lo scatenamento sono sufficienti livelli inferiori a quelli richiesti dall'induzione. Le indicazioni di cui all'allegato II, punto 2.8. sono destinate ad avvertire le persone sensibilizzate della presenza in una miscela di un particolare sensibilizzante. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.1.6. La classe di pericolo "Sensibilizzazione delle vie respiratorie e della pelle" è suddivisa in:

- sensibilizzazione delle vie respiratorie

- sensibilizzazione della pelle. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2. Criteri di classificazione delle sostanze <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1. Sensibilizzanti delle vie respiratorie <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.1. Classi di pericolo <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.1.1. I sensibilizzanti delle vie respiratorie devono essere classificati nella categoria 1 se i dati non sono sufficienti per classificarli in una sottocategoria. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.1.2. Se i dati sono sufficienti, effettuando una valutazione più dettagliata secondo il punto 3.4.2.1.1.3 i sensibilizzanti delle vie respiratorie possono essere classificati nella sottocategoria 1A, sensibilizzanti forti, o nella sottocategoria 1B, altri sensibilizzanti delle vie respiratorie. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.1.3. La classificazione normalmente si basa sulla forza probante degli effetti osservati nell'uomo o negli animali per i sensibilizzanti delle vie respiratorie. Le sostanze possono essere classificate in una delle due sottocategorie 1A o 1B, utilizzando un approccio basato sulla forza probante secondo i criteri della tabella 3.4.1 e basandosi su dati attendibili e di buona qualità derivanti da studi di casi sull'uomo o da studi epidemiologici e/o su osservazioni da studi adeguati su animali da laboratorio. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.1.4. Le sostanze sono classificate come sensibilizzanti delle vie respiratorie in base ai criteri di cui alla tabella 3.4.1:

Tabella 3.4.1

Categorie e sottocategorie di pericolo per i sensibilizzanti delle vie respiratorie

Categoria	Criteri
Categoria 1	Le sostanze sono classificate come sensibilizzanti delle vie respiratorie (categoria 1) se i dati non sono sufficienti per classificarle in una sottocategoria in base ai seguenti criteri:

- a) esiste evidenza che la sostanza può provocare un'ipersensibilità respiratoria specifica nell'uomo; e/o  
b) esperimenti appropriati condotti su animali hanno dato risultati positivi.
- Sottocategoria 1A Sostanze che evidenziano una frequenza elevata di caso di sensibilizzazione nell'uomo oppure una probabilità di un tasso elevato di sensibilizzazione nell'uomo, in base a prove sugli animali o altre prove (\*). Può essere presa in considerazione anche la gravità della reazione.
- Sottocategoria 1B Sostanze che evidenziano una frequenza da bassa a moderata di casi di sensibilizzazione oppure una probabilità di un tasso di sensibilizzazione da basso a moderato nell'uomo, in base a prove sugli animali o altre prove (\*). Può essere presa in considerazione anche la gravità della reazione.

(\*) Per il momento non sono disponibili modelli animali riconosciuti e validati per saggiare l'ipersensibilità respiratoria. In determinate circostanze, i dati ottenuti da studi su animali possono fornire informazioni valide ai fini della valutazione basata sulla forza probante. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.2. Evidenza nell'uomo <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.2.1. La dimostrazione che una sostanza può indurre un'ipersensibilità respiratoria specifica è di norma basata su esperienze sull'uomo. In questo contesto l'ipersensibilità si manifesta in genere sotto forma di asma, ma sono prese in considerazione anche altre reazioni di ipersensibilità come rinite/congiuntivite e alveolite. Il sintomo deve avere il carattere clinico di una reazione allergica. Non è tuttavia necessario dimostrare l'implicazione di meccanismi immunologici. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.2.2. Quando si esaminano i dati relativi all'uomo, per decidere in merito alla classificazione occorre anche tener conto:

- a) della dimensione della popolazione esposta;
- b) dell'ampiezza dell'esposizione.

L'uso di dati relativi all'uomo è trattato ai punti 1.1.1.3, 1.1.1.4 e 1.1.1.5. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.2.3. I dati di cui sopra possono essere:

a) la storia clinica e dati provenienti da prove appropriate di funzionalità polmonare in relazione a un'esposizione alla sostanza, confermati da altri dati, quali:

- i) un test immunologico in vivo (per esempio, prick test cutaneo);
- ii) un test immunologico in vitro (per esempio, un'analisi serologica);
- iii) studi che evidenzino altre reazioni di ipersensibilità specifica quando l'esistenza di meccanismi d'azione immunologica non è stata dimostrata, ad esempio una leggera irritazione ricorrente o effetti indotti da farmaci;
- iv) una struttura chimica analoga a quella di sostanze di cui è accertato che causano un'ipersensibilità respiratoria;

b) risultati positivi di uno o più test di provocazione bronchiale effettuati secondo linee guida accettate per la determinazione di una reazione di ipersensibilità specifica. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.2.4. La storia clinica comprende gli antecedenti medici e professionali, di modo che sia possibile determinare una relazione tra l'esposizione a una data sostanza e l'insorgenza di un'ipersensibilità

respiratoria. Le informazioni pertinenti includono fattori aggravanti nell'abitazione e nel luogo di lavoro, la comparsa e l'evoluzione dei sintomi e gli antecedenti familiari e medici del paziente. Tra gli antecedenti medici devono essere presi in considerazione anche gli altri disturbi allergici o respiratori osservati sin dall'infanzia e gli antecedenti legati al tabagismo. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.2.5. I risultati positivi di test di provocazione bronchiale sono considerati sufficienti per la classificazione. S'intende però che, in pratica, molti degli esami sopraelencati saranno già stati effettuati. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.3. Studi su animali <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.1.3.1. I dati ottenuti da studi appropriati su animali che possono indicare il potenziale di una sostanza di provocare una sensibilizzazione per inalazione nell'uomo possono comprendere:

a) la misura dell'immunoglobulina E (IgE) e di altri parametri immunologici specifici nei topi;

b) risposte polmonari specifiche nelle cavie. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2. Sensibilizzanti della pelle <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.1. Categorie di pericolo <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.1.1. I sensibilizzanti della pelle devono essere classificati nella categoria 1 se i dati non sono sufficienti per classificarli in una sottocategoria. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.1.2. Se i dati sono sufficienti, effettuando una valutazione più dettagliata secondo il punto 3.4.2.2.1.3 i sensibilizzanti della pelle possono essere classificati nella sottocategoria 1A, sensibilizzanti forti, o nella sottocategoria 1B, altri sensibilizzanti della pelle. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.1.3. La classificazione normalmente si basa sulla forza probante degli effetti osservati nell'uomo o negli animali per i sensibilizzanti della pelle come descritto al punto 3.4.2.2.2. Le sostanze possono essere classificate in una delle due sottocategorie 1A o 1B, utilizzando un approccio basato sulla forza probante secondo i criteri della tabella 3.4.2 e basandosi su dati attendibili e di buona qualità derivanti da studi di casi sull'uomo o da studi epidemiologici e/o su osservazioni da studi adeguati su animali da laboratorio secondo i valori indicativi forniti ai punti 3.4.2.2.2.1 e 3.4.2.2.3.2 per la sottocategoria 1A e ai punti 3.4.2.2.2.2 e 3.4.2.2.3.3 per la sottocategoria 1B. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.1.4. Le sostanze sono classificate come sensibilizzanti della pelle secondo i criteri della tabella 3.4.2.

Tabella 3.4.2

Categorie e sottocategorie di pericolo per i sensibilizzanti della pelle

Categoria	Criteri
Categoria 1	Le sostanze sono classificate come sensibilizzanti della pelle (categoria 1) se i dati non sono sufficienti per classificarle in una sottocategoria in base ai seguenti criteri: a) esiste evidenza nell'uomo che la sostanza può indurre una sensibilizzazione per contatto con la pelle in un numero elevato di persone; o



b) esperimenti appropriati condotti su animali hanno dato risultati positivi (cfr. i criteri specifici di cui al punto 3.4.2.2.4.1).

Sottocategoria 1A Per sostanze che evidenziano un'elevata frequenza di casi di sensibilizzazione nell'uomo e/o una potenza elevata negli animali si può presumere che abbiano il potenziale di causare una sensibilizzazione significativa nell'uomo. Può essere presa in considerazione anche la gravità della reazione.

Sottocategoria 1B Per sostanze che evidenziano una frequenza da bassa a moderata di casi di sensibilizzazione nell'uomo e/o una potenza da bassa a moderata negli animali si può presumere che abbiano il potenziale di causare sensibilizzazione nell'uomo. Può essere presa in considerazione anche la gravità della reazione. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.2. Evidenza nell'uomo <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.2.1 L'evidenza nell'uomo per la sottocategoria 1A può comprendere:

a) risposte positive a  $= 500 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (HRIPT, HMT - soglia di induzione);

b) risultati di test epicutanei diagnostici qualora vi sia un'incidenza relativamente alta e sostanziale di reazioni in una popolazione definita in relazione a un'esposizione relativamente bassa;

c) ulteriore evidenza epidemiologica qualora vi sia un'incidenza relativamente alta e sostanziale di dermatite allergica da contatto in relazione a un'esposizione relativamente bassa. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.2.2 L'evidenza nell'uomo per la sottocategoria 1B può comprendere:

a) risposte positive a  $> 500 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (HRIPT, HMT - soglia di induzione);

b) risultati di test epicutanei diagnostici qualora vi sia un'incidenza relativamente bassa ma sostanziale di reazioni in una popolazione definita in relazione a un'esposizione relativamente alta;

c) altri dati epidemiologici qualora vi sia un'incidenza relativamente bassa ma sostanziale di dermatite allergica da contatto in relazione a un'esposizione relativamente elevata.

L'uso di dati relativi all'uomo è trattato ai punti 1.1.1.3, 1.1.1.4 e 1.1.1.5. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.3. Studi su animali <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.3.1 Per la categoria 1, quando è utilizzato un metodo di prova con adiuvante per la sensibilizzazione della pelle, è considerata positiva una risposta di almeno il 30% degli animali. Per un metodo di prova su cavie senza adiuvante, è considerata positiva una risposta di almeno il 15% degli animali. Per la categoria 1, nel test sui linfonodi locali è considerata una risposta positiva un indice di stimolazione pari o superiore a tre. I metodi di prova per la sensibilizzazione della pelle sono descritti nella linea guida OCSE 406 (Guinea Pig Maximisation test e Buehler guinea test) e nella linea guida 429 (test sui linfonodi locali). Si possono usare altri metodi a condizione che siano ben validati e che sia fornita una giustificazione scientifica. Ad esempio, il Mouse Ear Swelling Test (MEST) potrebbe essere un test di screening affidabile per rilevare sensibilizzanti da moderati a forti e potrebbe essere impiegato nella prima fase della valutazione del potenziale di sensibilizzazione della pelle. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.3.2 I risultati dei test sugli animali per la sottocategoria 1A possono comprendere dati con i valori indicati nella tabella 3.4.3

Tabella 3.4.3

### Risultati dei test sugli animali per la sottocategoria 1A

Test	Criteri
Test sui linfonodi locali	valore EC3 = 2%
Test di massimizzazione sui porcellini d'India	= 30% risponde a = 0,1% della dose di induzione intradermica oppure = 60% risponde a > 0,1% fino a = 1% della dose di induzione intradermica
Test di Buehler	=15% risponde a = 0,2% della dose di induzione topica oppure = 60% risponde a > 0,2% fino a = 20% della dose di induzione topica <a href="http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&amp;NOTXT=1&amp;KEY=07LX0000637977ART142&amp; - 15">http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&amp;NOTXT=1&amp;KEY=07LX0000637977ART142&amp; - 15</a>

3.4.2.2.3.3 I risultati dei test sugli animali per la sottocategoria 1B possono comprendere dati con i valori indicati nella tabella 3.4.4 qui di seguito:

Tabella 3.4.4

### Risultati dei test sugli animali per la sottocategoria 1B

Test	Criteri
Test sui linfonodi locali	valore EC3 > 2%
Test di massimizzazione sui porcellini d'India	= 30% fino a < 60% risponde a > 0,1% fino a = 1% della dose di induzione intradermica oppure = 30% risponde a > 1% della dose di induzione intradermica
Test di Buehler	= 15% fino a < 60% risponde a > 0,2% fino a = 20% della dose di induzione topica oppure = 15% risponde a > 20% della dose di induzione topica <a href="http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&amp;NOTXT=1&amp;KEY=07LX0000637977ART142&amp; - 15">http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&amp;NOTXT=1&amp;KEY=07LX0000637977ART142&amp; - 15</a>

3.4.2.2.4. Considerazioni particolari <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.4.1 Per la classificazione di una sostanza l'evidenza deve comprendere uno qualsiasi o tutti i punti seguenti, adottando il metodo della forza probante:

- risultati positivi di test epicutanei, di norma ottenuti in più cliniche dermatologiche;
- studi epidemiologici indicanti che la sostanza causa dermatiti allergiche da contatto. Le situazioni in cui una proporzione elevata di persone esposte presentano sintomi caratteristici devono essere esaminate con particolare attenzione, anche se il numero dei casi è ridotto;
- risultati positivi di studi appropriati su animali;
- dati positivi provenienti da studi sperimentali nell'uomo (cfr. punto 1.3.2.4.7);
- episodi ben documentati di dermatite allergica da contatto, di norma osservati in più cliniche dermatologiche;
- Può essere presa in considerazione anche la gravità della reazione. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.4.2 L'evidenza proveniente da studi su animali è solitamente molto più attendibile di quella proveniente dall'esposizione umana. Tuttavia, in presenza di dati umani e animali contraddittori, occorre valutare la qualità e l'attendibilità dei dati provenienti da entrambe le fonti per decidere in merito alla classificazione caso per caso. In genere, i dati sull'uomo non provengono da esperimenti controllati su volontari ai fini della classificazione di pericolo, ma dalla valutazione dei rischi effettuata per confermare l'assenza di effetti constatata nelle prove su animali. Di conseguenza, i dati positivi riferiti all'uomo sulla sensibilizzazione della pelle provengono in genere da studi caso-controllo o da altri studi, non altrimenti specificati. I dati sull'uomo devono quindi essere valutati con cautela, poiché la frequenza dei casi riflette, oltre alle proprietà intrinseche delle sostanze, anche fattori quali circostanze dell'esposizione, la biodisponibilità, la predisposizione individuale e le misure di prevenzione adottate. Di norma i risultati negativi ottenuti sull'uomo non possono essere utilizzati per infirmare i risultati positivi di studi su animali. Sia per i risultati sull'uomo che per quelli sugli animali, va tenuto in considerazione l'impatto del veicolo. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.4.2.2.4.3 Se nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la sostanza non è classificata come sensibilizzante della pelle. Tuttavia, la combinazione di due o più indicatori di sensibilizzazione della pelle elencati qui di seguito può influire sulla decisione, che deve essere presa caso per caso:

- a) episodi isolati di dermatite allergica da contatto;
- b) studi epidemiologici di potere limitato, per esempio in cui non sia stato possibile escludere con un ragionevole grado di confidenza casualità, bias o fattori confondenti;
- c) dati ottenuti da studi su animali eseguiti in conformità a linee guida che, anche se non soddisfano i criteri per un risultato positivo di cui al punto 3.4.2.2.3, sono sufficientemente vicini ai valori limite per essere considerati significativi;
- d) dati positivi ottenuti con metodi non normalizzati;
- e) risultati positivi relativi ad analoghi strutturali stretti.

#### 3.4.2.2.4.4 Orticaria immunologica da contatto

Le sostanze che rispondono ai criteri di classificazione come sensibilizzanti delle vie respiratorie possono provocare anche un'orticaria immunologica da contatto. Per tali sostanze è opportuno prendere in considerazione anche la classificazione come sensibilizzanti della pelle. Le sostanze che provocano orticaria immunologica da contatto ma non rispondono ai criteri di classificazione come sensibilizzanti delle vie respiratorie vanno prese in considerazione anche per la classificazione come sensibilizzanti della pelle.

Non esistono modelli animali riconosciuti per individuare le sostanze che causano orticaria immunologica da contatto. Pertanto, la classificazione si baserà di norma sull'evidenza nell'uomo che sarà simile a quella relativa alla sensibilizzazione cutanea.

### 3.4.3. Criteri di classificazione delle miscele

#### 3.4.3.1. Classificazione quando esistono dati per la miscela in quanto tale

3.4.3.1.1. Quando esistono sulla miscela dati attendibili e di buona qualità provenienti da esperienze umane o da studi appropriati su animali secondo i criteri applicabili alle sostanze, la miscela può essere classificata in base alla forza probante di tali dati. Nel valutare i dati sulle miscele occorre accertarsi che la dose utilizzata non renda i risultati inconcludenti.

#### 3.4.3.2. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.4.3.2.1. Se la miscela non è stata oggetto di prove per determinarne le proprietà sensibilizzanti, ma esistono dati sui singoli componenti e su miscele simili sufficienti per caratterizzare i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui alla sezione 1.1.3.

3.4.3.3. Classificazione quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi.

3.4.3.3.1. La miscela è classificata come sensibilizzante delle vie respiratorie o della pelle se contiene almeno un componente classificato come sensibilizzante delle vie respiratorie o della pelle in concentrazione pari o superiore al limite di concentrazione generico appropriato indicato nella tabella 3.4.5 rispettivamente per i solidi/liquidi e i gas.

3.4.3.3.2. Anche quando sono presenti in una miscela in quantità inferiori alle concentrazioni indicate nella tabella 3.4.5, alcune sostanze classificate come sensibilizzanti possono provocare una reazione in persone già sensibilizzate alla sostanza o miscela (cfr. la nota 1 della tabella 3.4.6).

Tabella 3.4.5

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela classificati come sensibilizzanti delle vie respiratorie o della pelle che determinano la classificazione di una miscela

Componenti classificati come:	Limiti di concentrazione generici che determinano la classificazione di una miscela come:		
	Sensibilizzante delle vie respiratorie Categoria 1		Sensibilizzante della pelle Categoria 1
	Solido/liquido	Gas	Tutti gli stati fisici
Sensibilizzante delle vie respiratorie Categoria 1	≥ 1,0 %	≥ 0,2 %	
Sensibilizzante delle vie respiratorie Sottocategoria 1A	≥ 0,1 %	≥ 0,1 %	
Sensibilizzante delle vie respiratorie Sottocategoria 1B	≥ 1,0 %	≥ 0,2 %	
Sensibilizzante della pelle Categoria 1			≥ 1,0 %
Sensibilizzante della pelle Sottocategoria 1A			≥ 0,1 %
Sensibilizzante della pelle Sottocategoria 1B			≥ 1,0 %;

Tabella 3.4.6

Limiti di concentrazione dei componenti di una miscela per lo scatenamento

Componenti classificati come:	Limiti di concentrazione per lo scatenamento		
	Sensibilizzante delle vie respiratorie Categoria 1		Sensibilizzante della pelle Categoria 1
	Solido/liquido	Gas	Tutti gli stati fisici
Sensibilizzante delle vie respiratorie Categoria 1	≥ 0,1 % (Nota 1)	≥ 0,1 % (Nota 1)	
Sensibilizzante delle vie respiratorie Sottocategoria 1A	≥ 0,01 % (Nota 1)	≥ 0,01 % (Nota 1)	
Sensibilizzante delle vie respiratorie Sottocategoria 1B	≥ 0,1 % (Nota 1)	≥ 0,1 % (Nota 1)	
Sensibilizzante della pelle Categoria 1			≥ 0,1 % (Nota 1)
Sensibilizzante della pelle Sottocategoria 1A			≥ 0,01 % (Nota 1)
Sensibilizzante della pelle Sottocategoria 1B			≥ 0,1 % (Nota 1)

Nota 1:



Questo limite di concentrazione per lo scatenamento è utilizzato per l'applicazione delle prescrizioni particolari per l'etichettatura di cui all'allegato II, punto 2.8, per proteggere persone già sensibilizzate. Per le miscele contenenti un componente in concentrazione superiore a questo limite è richiesta una scheda di dati di sicurezza. Per le sostanze sensibilizzanti il cui limite specifico di concentrazione è inferiore a 0,1%, il limite di concentrazione per lo scatenamento deve essere fissato a un decimo del limite di concentrazione specifico.

#### 3.4.4. Comunicazione di rischio

3.4.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.4.7.

Tabella 3.4.7

Sensibilizzazione delle vie respiratorie o della pelle - Elementi dell'etichetta.

Classificazione	Sensibilizzazione delle vie respiratorie	Sensibilizzazione della pelle
	Categoria 1 e sottocategorie 1A e 1B	Categoria 1 e sottocategorie 1A e 1B
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H334: Può provocare sintomi allergici o asmatici o difficoltà respiratorie se inalato.	H317: Può provocare una reazione allergica della pelle
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P261 P285	P261 P272 P280
Consiglio di prudenza — Risposta	P304 + P341 P342 + P311	P302 + P352 P333 + P313 P321 P363
Consiglio di prudenza — Conservazione		
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501 <sup>c</sup>

<http://bd07.leggiditalia.it/>

[cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15](#)

### 3.5. Mutagenicità sulle cellule germinali

#### 3.5.1. Definizioni e considerazioni generali

3.5.1.1. Per mutazione s'intende una variazione permanente della quantità o della struttura del materiale genetico di una cellula. Il termine "mutazione" designa sia i mutamenti genetici ereditari che possono manifestarsi a livello fenotipico, sia le modificazioni sottostanti del DNA, se note (comprese le modificazioni di specifiche coppie di basi e le traslocazioni cromosomiche). Il termine "mutageno" designa gli agenti che aumentano la frequenza delle mutazioni in popolazioni di cellule e/o di organismi.

3.5.1.2. I termini più generali "genotossico" e "genotossicità" si riferiscono ad agenti o processi che modificano la struttura, il contenuto di informazioni o la segregazione del DNA, compresi quelli che danneggiano il DNA interferendo con i normali processi di replicazione o che alterano la replicazione del DNA in maniera non fisiologica (temporanea). I risultati dei test di genotossicità servono in generale come indicatori per gli effetti mutageni.

#### 3.5.2. Criteri di classificazione delle sostanze

3.5.2.1. Questa classe di pericolo riguarda principalmente le sostanze che possono causare mutazioni nelle cellule germinali umane trasmissibili alla progenie. Tuttavia, per la classificazione delle sostanze e delle miscele in questa classe di pericolo sono presi in considerazione anche i risultati dei test di mutagenicità o genotossicità in vitro e su cellule somatiche di mammiferi in vivo.

3.5.2.2. Ai fini della classificazione in funzione della mutagenicità sulle cellule germinali, le sostanze sono suddivise nelle due categorie indicate nella tabella 3.5.1.

Tabella 3.5.1

## Categoria di rischio Categorie di pericolo per le sostanze mutagene delle cellule germinali

Categorie	Criteri
CATEGORIA 1:	Sostanze di cui è accertata la capacità di causare mutazioni ereditarie o da considerare come capaci di causare mutazioni ereditarie nelle cellule germinali umane. Sostanze di cui è accertata la capacità di causare mutazioni ereditarie nelle cellule germinali umane.
Categoria 1A:	La classificazione nella categoria 1A si basa su risultati positivi di studi epidemiologici sull'uomo. Sostanze da considerare come capaci di causare mutazioni ereditarie nelle cellule germinali umane.
Categoria 1B:	La classificazione nella categoria 1B si basa su: <ul style="list-style-type: none"><li>- risultati positivi di test in vivo di mutagenicità su cellule germinali di mammiferi, o</li><li>- risultati positivi di test in vivo di mutagenicità su cellule somatiche di mammiferi, associati a dati che dimostrano che la sostanza può causare mutazioni nelle cellule germinali. Questi dati supplementari possono provenire da test in vivo di mutagenicità/genotossicità su cellule germinali o dimostrare la capacità della sostanza o dei suoi metaboliti di interagire con il materiale genetico delle cellule germinali, o</li><li>- risultati positivi di test che dimostrano effetti mutageni in cellule germinali umane, ma non la trasmissione delle mutazioni alla progenie; per esempio, un aumento della frequenza dell'aneuploidia negli spermatozoi dei soggetti esposti.</li></ul>
CATEGORIA 2:	Sostanze che destano preoccupazione per il fatto che potrebbero causare mutazioni ereditarie nelle cellule germinali umane La classificazione nella categoria 2 si basa su: <ul style="list-style-type: none"><li>- risultati positivi di esperimenti su mammiferi e/o in taluni casi di esperimenti in vitro, ottenuti per mezzo di:<ul style="list-style-type: none"><li>- test in vivo di mutagenicità su cellule somatiche di mammiferi, o</li><li>- altri test in vivo di genotossicità su cellule somatiche confermati da risultati positivi di test in vitro di mutagenicità.</li></ul></li></ul> <p>Nota: Le sostanze che danno risultati positivi in test in vitro di mutagenicità su mammiferi e che presentano un'analogia nella relazione struttura chimica-attività con sostanze di cui è accertata la mutagenicità sulle cellule germinali sono prese in considerazione per la classificazione come sostanze mutagene di categoria 2.</p>

### 3.5.2.3. Considerazioni particolari relative alla classificazione delle sostanze come mutagene sulle cellule germinali

3.5.2.3.1. La classificazione si basa sui risultati di prove che dimostrano la presenza di effetti mutageni e/o genotossici nelle cellule germinali e/o somatiche di animali esposti. Sono inoltre presi in considerazione i risultati di test in vitro che dimostrano la presenza di effetti mutageni e/o genotossici.

3.5.2.3.2. Il sistema è basato sul concetto di pericolo e classifica le sostanze in base alla loro capacità intrinseca di causare mutazioni nelle cellule germinali. Non intende quindi dare una valutazione (quantitativa) del rischio delle sostanze.

3.5.2.3.3. La classificazione delle sostanze in funzione dei loro effetti ereditari sulle cellule germinali umane si basa su prove correttamente eseguite e debitamente convalidate, di preferenza conformi al regolamento (CE) n. 440/2008 adottato ai sensi dell'articolo 13, paragrafo 3, del regolamento (CE) n. 1907/2008 ("regolamento sui metodi di prova"), come quelle elencate nei paragrafi seguenti. La valutazione dei risultati delle prove si basa sul giudizio di esperti e la classificazione tiene conto del peso rispettivo di tutti i dati disponibili.

3.5.2.3.4. Prove in vivo di mutagenicità ereditabile delle cellule germinali come:

- saggio di mutazione letale dominante;
- saggio di traslocazione ereditabile.

3.5.2.3.5. Prove in vivo di mutagenicità delle cellule somatiche come:

- prova di aberrazione cromosomica in vivo nel midollo osseo dei mammiferi;
- spot test su cavie;

- test micronucleare di eritrocita di mammifero.

3.5.2.3.6. Prove di mutagenicità/genotossicità delle cellule germinali come:

a) Prove di mutagenicità:

- test di aberrazione cromosomica sugli spermatozoi di mammifero;

- test micronucleare di cellula sessuale;

b) Prove di genotossicità:

- test di scambio fra cromosomi fratelli SCE negli spermatozoi;

- test di riparazione di DNA (Unscheduled DNA synthesis) in cellule testicolari.

3.5.2.3.7. Prove di genotossicità nelle cellule germinali come:

- in vivo test di riparazione di DNA (Unscheduled DNA synthesis);

- prova di scambio fra cromosomi fratelli (SCE) nel midollo osseo di mammiferi.

3.5.2.3.8. Prove in vitro di mutagenicità come:

- prova di aberrazione cromosomica in vivo nel midollo osseo di mammiferi;

- prova in vitro di mutazione genetica cellulare di mammiferi;

- test di reversione della mutazione batterica.

3.5.2.3.9. La classificazione delle singole sostanze si basa sul peso complessivo dei dati disponibili e sul giudizio di esperti (cfr. 1.1.1). Se la classificazione si basa su una sola prova correttamente eseguita, questa deve fornire risultati positivi chiari e privi di ambiguità. Se nuovi test sono debitamente convalidati, possono essere utilizzati nel peso complessivo dei dati disponibili da considerare. È tenuto conto anche della pertinenza della via di esposizione utilizzata nello studio sulla sostanza rispetto alla via di esposizione per l'uomo.

3.5.3. Criteri di classificazione delle miscele

3.5.3.1. Classificazione quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi.

3.5.3.1.1. La miscela è classificata come mutagena se contiene almeno un componente classificato come mutagena di categoria 1A, 1B o 2 in concentrazione pari o superiore al limite di concentrazione generico appropriato riportato nella tabella 3.5.2, rispettivamente per le categorie 1A, 1B e 2.

Tabella 3.5.2

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela classificati come mutageni sulle cellule germinali che determinano la classificazione della miscela

Componente classificato come:	Limiti di concentrazione che determinano la classificazione della miscela come:		
	Mutagena di categoria 1A	Mutagena di categoria 1B	Mutagena di categoria 2
Mutagena di categoria 1A	= 0,1%	-	-
Mutagena di categoria 1B	-	= 0,1%	-
Mutagena di categoria 2	-	-	= 1,0%

Nota:



I limiti di concentrazione riportati nella tabella si riferiscono sia ai solidi e ai liquidi (unità peso/peso) sia ai gas (unità volume/volume).

### 3.5.3.2. Classificazione quando esistono dati per la miscela in quanto tale

3.5.3.2.1. La classificazione delle miscele si basa sui dati dei test disponibili per i singoli componenti della miscela utilizzando i limiti di concentrazione per i componenti classificati come mutageni di cellule germinali. Possono essere utilizzati ai fini della classificazione, caso per caso, dati sperimentali relativi alle miscele se tali dati dimostrano effetti che la valutazione effettuata in base ai singoli componenti non ha permesso di accertare. In questi casi, il carattere probante dei risultati delle prove relative alla miscela deve essere dimostrato tenendo conto della dose e di fattori quali la durata, le osservazioni, la sensibilità e l'analisi statistica dei sistemi di prova della mutagenicità sulle cellule germinali. Una documentazione adeguata giustificante la classificazione è conservata e messa a disposizione di chiunque chieda di esaminarla.

### 3.5.3.3. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte



3.5.3.3.1. Fatto salvo il punto 3.5.3.2.1, se la miscela non è stata sottoposta a prove per determinarne la mutagenicità sulle cellule germinali, ma esistono dati sui singoli componenti e su miscele simili oggetto di prove sufficienti a caratterizzare i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui al punto 1.1.3.

### 3.5.4. Comunicazione di rischio

3.5.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.5.3.

Tabella 3.5.3

#### Mutagenicità sulle cellule germinali - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1A o categoria 1B	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H340: Può provocare alterazioni genetiche (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H341: Sospettato di provocare alterazioni genetiche (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P201 P202 P281	P201 P202 P281
Consiglio di prudenza — Reazione	P308 + P313	P308 + P313
Consiglio di prudenza — Conservazione	P405	P405
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501

### 3.5.5. Ulteriori considerazioni relative alla classificazione

Viene sempre più accettato che il processo di oncogenesi indotto chimicamente negli esseri umani e negli animali coinvolge cambiamenti genetici, per esempio geni soppressori protooncogeni e/o tumorali delle cellule somatiche. Pertanto la dimostrazione delle proprietà mutagene di sostanze in cellule somatiche e/o germinali di mammiferi in vivo può avere implicazioni sulla classificazione potenziale di dette sostanze in quanto cancerogene (cfr. anche Cancerogenicità, sezione 3.6, paragrafo 3.6.2.2.6).

### 3.6. Cancerogenicità

#### 3.6.1. Definizione

3.6.1.1. È cancerogena una sostanza o una miscela di sostanze che causa il cancro o ne aumenta l'incidenza. Le sostanze che hanno causato l'insorgenza di tumori benigni o maligni nel corso di studi sperimentali correttamente eseguiti su animali sono anche considerate cancerogene presunte o sospette per l'uomo, a meno che non sia chiaramente dimostrato che il meccanismo della formazione del tumore non è rilevante per l'uomo.

#### 3.6.2. Criteri di classificazione delle sostanze

3.6.2.1. Ai fini della classificazione come cancerogene, le sostanze sono suddivise in due categorie secondo la forza probante dei dati e in base ad altre considerazioni. In alcuni casi è prevista una classificazione specifica in funzione della via di esposizione, qualora sia possibile comprovare in modo conclusivo che altre vie di esposizione non presentano il rischio.

Tabella 3.6.1

#### Categorie di pericolo per le sostanze cancerogene

Categorie	Criteri
CATEGORIA 1:	Sostanze cancerogene per l'uomo accertate o presunte  La classificazione di una sostanza come cancerogena di categoria 1 avviene sulla base di dati epidemiologici e/o di dati ottenuti con sperimentazioni su animali. La classificazione di una sostanza come cancerogena di:
Categoria 1A:	categoria 1 A può avvenire ove ne siano noti effetti cancerogeni per l'uomo sulla base di studi sull'uomo, oppure di
Categoria 1B:	Categoria 1B per le sostanze di cui si presumono effetti cancerogeni per l'uomo, prevalentemente sulla base di studi su animali. La classificazione di una sostanza nelle categorie 1A e 1B si basa sulla forza probante dei dati e su altre considerazioni (cfr. punto 3.6.2.2). I dati possono provenire da: - studi condotti sull'uomo da cui risulta un rapporto di causalità tra l'esposizione umana a una sostanza e l'insorgenza di un cancro (sostanze di cui sono accertati effetti cancerogeni per l'uomo); o - sperimentazioni animali i cui risultati (1) permettono di dimostrare effetti cancerogeni per gli animali (sostanze di cui si presumono effetti cancerogeni per l'uomo). Inoltre, caso per caso, in base a una valutazione scientifica può essere deciso di considerare una sostanza come presunta sostanza cancerogena se esistono studi che dimostrano la presenza di effetti cancerogeni limitati per l'uomo e per gli animali.
CATEGORIA 2:	Sostanze di cui si sospettano effetti cancerogeni per l'uomo  La classificazione di una sostanza nella categoria 2 si basa sui risultati di studi sull'uomo e/o su animali non sufficientemente convincenti per giustificare la classificazione della sostanza nelle categorie 1A o 1B, tenendo conto della forza probante dei dati e di altre considerazioni (cfr. punto 3.6.2.2). Tali dati possono essere tratti da studi che dimostrano la presenza di effetti cancerogeni limitati (1) per l'uomo o per gli animali.

(1) Nota: Cfr. 3.6.2.2.4.

#### 3.6.2.2. Considerazioni particolari relative alla classificazione delle sostanze come cancerogene

3.6.2.2.1. La classificazione di una sostanza come cancerogena si basa su studi ottenuti con metodi affidabili e accettabili e si applica alle sostanze dotate della proprietà intrinseca di provocare il cancro. Le valutazioni si basano su tutti i dati esistenti, su studi pubblicati sottoposti a peer review e su altri dati accettabili.

3.6.2.2.2. La classificazione di una sostanza come cancerogena avviene tramite un processo che implica due operazioni tra loro collegate: la valutazione della forza probante dei dati e l'esame di tutte le altre informazioni utili al fine di classificare in categorie di pericolo le sostanze aventi proprietà cancerogene per l'uomo.

3.6.2.2.3. La valutazione della forza probante dei dati implica il censimento dei tumori individuati negli studi condotti sull'uomo e su animali e la determinazione del loro grado di significatività statistica. I dati relativi all'uomo sono considerati sufficienti quando dimostrano l'esistenza di un rapporto di causalità tra l'esposizione dell'uomo a una sostanza e l'insorgenza di un cancro; i dati sufficienti relativi ad animali dimostrano l'esistenza di un rapporto di causalità tra l'esposizione alla sostanza e un'accresciuta incidenza dei tumori. Dati di valore limitato relativi all'uomo si hanno quando è dimostrata una correlazione positiva tra esposizione e cancro, ma non un rapporto di causalità. I dati di valore limitato relativi ad animali sono quelli che lasciano supporre un effetto cancerogeno, ma sono meno che sufficienti. I termini "sufficiente" e "limitato" sono stati utilizzati in quanto sono stati definiti dall'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC) e vanno intesi come segue:

a) Cancerogenicità nell'uomo

Le prove pertinenti di cancerogenicità sulla base di studi sull'uomo sono classificate nelle categorie seguenti:

- prove sufficienti di cancerogenicità: è stato accertato un nesso causale tra esposizione alla sostanza e carcinoma umano. Ovvero è stato osservato un nesso positivo tra l'esposizione alla sostanza e il carcinoma in studi in cui il caso, le distorsioni o i sintomi equivoci sono stati esclusi con ragionevole certezza;

- prove di valore limitato di cancerogenicità: è stato osservato un legame positivo tra l'esposizione alla sostanza e il carcinoma in studi in cui l'interpretazione causale è considerata attendibile, però il caso, le distorsioni o i sintomi equivoci non sono stati esclusi con ragionevole certezza.

b) Cancerogenicità su animali da laboratorio

La cancerogenicità in animali da laboratorio può essere valutata utilizzando test biologici convenzionali, test biologici con l'impiego di animali geneticamente modificati e altri test biologici in vivo mirati a una o più fasi critiche della carcinogenesi. In mancanza di dati risultanti da test biologici convenzionali a lungo termine o da test con neoplasia in fase terminale, i risultati sostanzialmente positivi in differenti modelli riguardanti fasi diverse di un processo plurifase di carcinogenesi vanno esaminati valutando il grado di prova della cancerogenicità negli animali da laboratorio. Le prove pertinenti di cancerogenicità sulla base di studi sugli animali da laboratorio sono classificate nelle categorie seguenti:

- prove sufficienti di cancerogenicità: è stato stabilito un nesso di causalità tra l'agente e una maggiore incidenza del neoplasma maligno o di un'appropriata combinazione tra neoplasma benigno e maligno in (a) due o più specie animali o (b) due o più studi indipendenti su una specie effettuati in tempi diversi o in laboratori diversi o con protocolli diversi. Anche una maggiore incidenza di tumori nei due sessi di un'unica specie in uno studio eseguito correttamente, gestito in conformità delle prassi corrette di laboratorio, può produrre prove sufficienti. Un singolo studio su una specie e un sesso può essere considerato abbastanza probante per la cancerogenicità se neoplasmi maligni si verificano con frequenza insolita rispetto all'incidenza, la localizzazione, il tipo di tumore o l'età di inizio oppure se vi sono tracce radicate di tumore in varie localizzazioni;

- prove di valore limitato di cancerogenicità: i dati fanno ritenere un effetto cancerogenico, però sono limitati ai fini di una valutazione definitiva, per esempio perché (a) la prova è limitata a un singolo esperimento; (b) sussistono questioni irrisolte per quanto riguarda l'adeguatezza della concezione, realizzazione e interpretazione degli studi; (c) l'agente aumenta l'incidenza soltanto dei neoplasmi o benigni o delle lesioni con potenziale neoplastico non accertato; o (d) la prova della cancerogenicità è limitata a studi che dimostrano soltanto un effetto di stimolo delle attività in una gamma limitata di tessuti o organi.

3.6.2.2.4. Altre considerazioni [relative al metodo della forza probante dei dati, cfr. 1.1.1) peso dei dati]. Oltre alla determinazione della forza probante dei dati relativi alla cancerogenicità, devono essere presi in considerazione altri fattori che possono incidere sulla probabilità generale che una sostanza comporti un pericolo di cancerogenicità per l'uomo. I fattori che influiscono su questa probabilità sono numerosi; se ne indicano qui solo alcuni tra i più importanti.

3.6.2.2.5. Questi fattori possono accrescere o ridurre le ragioni di temere un pericolo di cancerogenicità per l'uomo. L'importanza relativa attribuita a ciascun fattore dipende dalla quantità e dalla coerenza dei dati relativi ad esso. In generale, per ridurre i timori sono necessarie più informazioni di quelle necessarie

per accrescerli. Considerazioni supplementari dovrebbero essere utilizzate quando si valutano caso per caso i risultati relativi ai tumori e gli altri fattori.

3.6.2.2.6. Alcuni importanti fattori che possono essere presi in considerazione nel valutare il livello generale di pericolo sono i seguenti:

- a) tipo di tumore e incidenza di base;
- b) risposte in più siti;
- c) evoluzione delle lesioni verso la malignità;
- d) riduzione della latenza tumorale.
- e) il fatto che le risposte si manifestino in uno o in entrambi i sessi;
- f) il fatto che si abbiano risposte in una sola o in più specie;
- g) l'esistenza di un'analogia strutturale con più sostanze di cui è accertata la cancerogenicità;
- h) le vie d'esposizione;
- i) il confronto dell'assorbimento, della distribuzione, del metabolismo e dell'escrezione tra gli animali saggiati e l'uomo;
- j) la possibilità che un'eccessiva tossicità delle dosi di prova porti a un'interpretazione erronea dei risultati;
- k) il modo d'azione e la sua pertinenza per l'uomo, per esempio la citotossicità con stimolazione della crescita, la mitogenesi, l'immunosoppressione e la mutagenicità.

Mutagenicità: è noto che i fenomeni genetici sono fondamentali nel processo generale di sviluppo del cancro. Pertanto, l'accertamento di un'attività mutagena in vivo può essere indicativa della potenziale cancerogenicità di una sostanza.

3.6.2.2.7. Una sostanza non sottoposta a studi di cancerogenicità può, in certi casi, essere classificata come cancerogena di categoria 1A, 1B o 2 sulla base di dati relativi a tumori causati da un analogo strutturale e tenendo conto di altri fattori importanti quali la formazione di metaboliti comuni significativi (per esempio, coloranti a base di congeneri di benzidina).

3.6.2.2.8. Ai fini della classificazione occorre considerare se la sostanza è assorbita attraverso una o più vie determinate, se esistono solo tumori locali nel sito di somministrazione per la via o le vie di esposizione studiate, e se l'assenza di cancerogenicità per altre vie importanti è dimostrata da prove appropriate.

3.6.2.2.9. È importante che tutte le conoscenze disponibili circa le proprietà fisico-chimiche, tossicocinetiche e tossicodinamiche delle sostanze e tutte le informazioni pertinenti sugli analoghi chimici (ossia sulla relazione struttura-attività) siano prese in considerazione ai fini della classificazione.

### 3.6.3. Criteri di classificazione delle miscele

3.6.3.1. Classificazione quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi.

3.6.3.1.1. La miscela è classificata come cancerogena se contiene almeno un componente classificato come cancerogeno di categoria 1A, 1B o 2 in concentrazione pari o superiore al limite di concentrazione generico appropriato riportato nella tabella 3.6.2, rispettivamente per le categorie 1A, 1B e 2.

Tabella 3.6.2

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela classificati come cancerogeni che determinano la classificazione della miscela

Componente classificato come:	Limiti generici di concentrazione che determinano la classificazione della miscela come:		
	Cancerogeno di categoria 1A	Cancerogeno di categoria 1B	Cancerogeno di categoria 2
Cancerogeno di categoria 1A	= 0,1%	-	-
Cancerogeno di categoria 1B	-	= 0,1%	-
Cancerogeno di categoria 2	-	-	= 1,0% [Nota 1]

Nota:

I limiti di concentrazione riportati nella tabella si riferiscono sia ai solidi e ai liquidi (unità peso/peso) sia ai gas (unità volume/volume).

Nota 1:

Se un a sostanza cancerogeno di categoria 2 è presente come componente nella miscela in concentrazione = 0,1%, per tale miscela deve essere disponibile su richiesta una scheda dati di sicurezza.

### 3.6.3.2. Classificazione quando esistono dati per la miscela in quanto tale

3.6.3.2.1. La classificazione delle miscele si basa sui dati dei test disponibili per i singoli componenti della miscela utilizzando i limiti di concentrazione per i componenti classificati come cancerogeni. Possono essere utilizzati ai fini della classificazione, caso per caso, dati sperimentali relativi alle miscele se tali dati dimostrano effetti che la valutazione effettuata in base ai singoli componenti non ha permesso di accertare. In questi casi, il carattere probante dei risultati delle prove relative alla miscela deve essere dimostrato tenendo conto della dose e di fattori quali la durata, le osservazioni la sensibilità e l'analisi statistica dei sistemi di prova della cancerogenicità. Una documentazione adeguata giustificante la classificazione è conservata e messa a disposizione di chiunque chieda di esaminarla

### 3.6.3.3. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte



3.6.3.3.1. Fatto salvo il punto 3.6.3.2.1, se la miscela non è stata sottoposta a prove per determinarne la cancerogenicità, ma esistono dati sui singoli componenti e su miscele simili oggetto di prove sufficienti a caratterizzare i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui al punto 1.1.3.

### 3.6.4. Comunicazione del pericolo

3.6.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.6.3.

Tabella 3.6.3

Cancerogenicità - elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1A o categoria 1B	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione
Indicazione di pericolo	H340: Può provocare il cancro (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H340: Sospettato di provocare il cancro (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P201 P202 P281	P201 P202 P281
Consiglio di prudenza — Reazione	P308 + P313	P308 + P313
Consiglio di prudenza — Conservazione	P405	P405
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501

### 3.7. Tossicità per la riproduzione

#### 3.7.1. Definizioni e considerazioni generali

3.7.1.1. Sono sostanze tossiche per la riproduzione le sostanze che hanno effetti nocivi sulla funzione sessuale e sulla fertilità degli uomini e delle donne adulti, nonché sullo sviluppo della progenie. Le definizioni riportate di seguito riprendono, con adattamenti, le definizioni figuranti nel documento IPCS/EHC n. 255, Principles for Evaluating Health Risks to Reproduction Associated with Exposure to Chemicals (Principi per la valutazione dei rischi sanitari per la riproduzione associati all'esposizione a sostanze chimiche). Ai fini della classificazione, gli effetti genetici ereditari osservati nella progenie sono trattati nella sezione 3.5 (Mutagenicità sulle cellule germinali), poiché nell'attuale sistema di classificazione si ritiene più appropriato inserire questi effetti nella classe di pericolo della mutagenicità sulle cellule germinali.

In questo sistema di classificazione, la tossicità per la riproduzione è suddivisa in due grandi categorie di effetti:

- a) effetti nocivi sulla funzione sessuale e la fertilità o sullo sviluppo;
- b) effetti nocivi sullo sviluppo della progenie

Non sempre gli effetti tossici per la riproduzione possono essere chiaramente classificati nell'una o nell'altra di queste categorie. Le sostanze che producono questi effetti o le miscele che le contengono sono comunque classificate come sostanze tossiche per la riproduzione.

3.7.1.2. Ai fini della classificazione, la classe di pericolo "Tossicità per la riproduzione" è così suddivisa:

- Effetti nocivi
- sulla funzione sessuale e la fertilità o
- sullo sviluppo;
- Effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento.

#### 3.7.1.3. Effetti nocivi sulla funzione sessuale e la fertilità

Gli effetti potenzialmente nocivi sulla funzione sessuale e sulla fertilità comprendono tutti gli effetti che possono interferire con la capacità di riproduzione, tra cui le alterazioni del sistema riproduttivo maschile e femminile, gli effetti nocivi per l'inizio della pubertà, la produzione e il trasporto dei gameti, il normale ciclo riproduttivo, il comportamento sessuale, la fertilità, il parto, l'esito della gravidanza, la senescenza riproduttiva prematura e le modificazioni di altre funzioni dipendenti dall'integrità del sistema riproduttivo.

#### 3.7.1.4. Effetti nocivi sullo sviluppo della progenie

La tossicità per lo sviluppo comprende, in senso lato, tutti gli effetti che interferiscono con lo sviluppo normale dell'organismo concepito prima e dopo la nascita e che sono causati dall'esposizione, prima del concepimento, di uno dei genitori o dall'esposizione della progenie nel corso dello sviluppo prenatale e postnatale fino alla maturità sessuale. La classificazione di una sostanza per la tossicità per lo sviluppo è però destinata principalmente a porre in guardia da tale pericolo le donne in gravidanza e gli uomini e le donne in età di procreare. Pertanto, ai fini pratici della classificazione la tossicità per lo sviluppo designa essenzialmente gli effetti nocivi che si producono durante la gravidanza o in conseguenza dell'esposizione di un genitore. Tali effetti possono manifestarsi in qualsiasi momento della vita di un organismo. Le principali manifestazioni della tossicità per lo sviluppo sono: 1) la morte dell'organismo in sviluppo; 2) anomalie strutturali; 3) alterazioni della crescita; 4) deficienze funzionali.

3.7.1.5. Sono compresi nella tossicità per la riproduzione anche gli effetti nocivi sull'allattamento o attraverso l'allattamento, che sono però trattati separatamente ai fini della classificazione [cfr. tabella 3.7.1 b)]. È infatti opportuno poter classificare in modo specifico le sostanze in funzione del loro effetto nocivo sull'allattamento, in modo da mettere in guardia le madri che allattano dal pericolo costituito da questo effetto particolare.

#### 3.7.2. Criteri di classificazione delle sostanze

##### 3.7.2.1. Classi di pericolo

3.7.2.1.1. Le sostanze classificate per la tossicità per la riproduzione sono suddivise in due categorie. In ciascuna categoria gli effetti sulla funzione sessuale e sulla fertilità e gli effetti sullo sviluppo sono considerati distintamente. Inoltre, gli effetti sull'allattamento costituiscono una categoria di pericolo distinta.

Tabella 3.7.1 (a)

Categorie di pericolo per le sostanze tossiche per la riproduzione

Categorie	Criteri
CATEGORIA 1	Sostanze di cui è accertata o presunta la tossicità per la riproduzione umana. Una sostanza è classificata nella categoria 1 di tossicità per la riproduzione se è accertato che ha un effetto nocivo sulla funzione sessuale e la fertilità o sullo sviluppo umano, o se sulla base di dati provenienti da studi su animali, eventualmente confermati da altre informazioni, esiste una forte presunzione che la sostanza possa interferire con la riproduzione umana. La categoria è ulteriormente distinta a seconda che la classificazione sia basata principalmente su dati relativi all'uomo (categoria 1A) o ad animali (categoria 1B).
Categoria 1A	Sostanze di cui è accertata la tossicità per la riproduzione umana. La classificazione di una sostanza nella categoria 1A si basa prevalentemente su dati relativi all'uomo.
Categoria 1B	Sostanze di cui è presunta la tossicità per la riproduzione umana. La classificazione di una sostanza nella categoria 1B si basa prevalentemente su dati relativi ad animali, che dimostrano chiaramente un effetto tossico sulla funzione sessuale e sulla fertilità o sullo sviluppo in assenza di altri effetti tossici; se l'effetto nocivo per la riproduzione si produce unitamente ad altri effetti tossici, non deve essere considerato una loro conseguenza secondaria non specifica. Tuttavia, se informazioni relative alla meccanica degli effetti fanno dubitare della rilevanza per l'uomo di tali effetti tossici, può essere più appropriata una classificazione della sostanza nella categoria 2.
CATEGORIA 2	Sostanze di cui si sospetta la tossicità per la riproduzione umana

Una sostanza è classificata nella categoria 2 di tossicità per la riproduzione quando esistono dati provenienti da studi sull'uomo o su animali, eventualmente confermati da altre informazioni, che lasciano sospettare un suo effetto nocivo sulla funzione sessuale e la fertilità o sullo sviluppo, ma non sono sufficientemente probanti per giustificare la classificazione nella categoria 1. Se lo studio presenta carenze che ne rendono meno probanti i risultati, la classificazione nella categoria 2 può essere più appropriata.

Questi effetti devono essere stati osservati in assenza di altri effetti tossici; se l'effetto nocivo per la riproduzione si produce unitamente ad altri effetti tossici, non deve essere considerato una loro conseguenza secondaria non specifica.

### Tabella 3.7.1 (b)

#### Categorie di pericolo relativa agli effetti sull'allattamento o attraverso la lattazione

##### EFFETTI SULL'ALLATTAMENTO O ATTRAVERSO L'ALLATTAMENTO

Gli effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento costituiscono una categoria distinta. Per numerose sostanze non si hanno informazioni circa gli effetti nocivi che potrebbero prodursi attraverso l'allattamento. Tuttavia, le sostanze assorbite dalla donna e di cui è stato dimostrato che interferiscono con l'allattamento o che possono essere presenti (compresi i metaboliti) nel latte materno in quantità tali da far sorgere timori per la salute del lattante sono classificati e recano sull'etichetta un'indicazione del pericolo che rappresentano per i bambini allattati al seno. La classificazione può basarsi su: a) dati relativi all'uomo indicanti l'esistenza di un pericolo per i lattanti durante il periodo di lattazione; e/ob) risultati di studi condotti su una o due generazioni di animali, dimostranti chiaramente l'esistenza di un effetto nocivo sulla progenie trasmessi dal latte o di un effetto nocivo sulla qualità del latte; e/oc) studi sull'assorbimento, il metabolismo, la distribuzione e l'escrezione, indicanti che è probabile che la sostanza sia presente nel latte materno in tenori potenzialmente tossici.

#### 3.7.2.2. Base della classificazione

3.7.2.2.1. La classificazione si basa sui criteri appropriati di cui sopra e su una valutazione della forza probante dell'insieme dei dati (cfr. punto 1.1.1). Sono classificate come tossiche per la riproduzione le sostanze che hanno la proprietà intrinseca e specifica di produrre un effetto nocivo per la riproduzione; non sono classificate come tali le sostanze che producono questo effetto solo come conseguenza secondaria non specifica di altri effetti tossici.

La classificazione di una sostanza è derivata dalle categorie di pericolo nel seguente ordine di precedenza: categoria 1A, categoria 1B, categoria 2 e categoria supplementare per gli effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento. Se una sostanza corrisponde ai criteri di classificazione nelle due categorie principali (per esempio categoria 1B per gli effetti sulla funzione sessuale e la riproduzione e anche la categoria 2 per lo sviluppo) nelle corrispondenti indicazioni di pericolo vanno comunicati i due rischi distinti. La classificazione nella categoria addizionale per gli effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento è considerata a prescindere della classificazione nella categoria 1A, 1B o 2.

3.7.2.2.2. Nel valutare gli effetti tossici sullo sviluppo della progenie è importante considerare il possibile influsso della tossicità materna (cfr. punto 3.7.2.4).

3.7.2.2.3. Una sostanza è classificata nella categoria 1A principalmente sulla base di studi sull'uomo quando esistono dati attendibili dimostranti un effetto nocivo sulla riproduzione umana. I dati utilizzati per la classificazione provengono di preferenza da studi epidemiologici correttamente realizzati, che siano stati sottoposti a controlli appropriati e a una valutazione equilibrata e in cui sia stato tenuto adeguatamente conto dei fattori di distorsione o confondenti. I risultati di studi sull'uomo ottenuti in condizioni meno rigorose sono integrati con dati idonei provenienti da sperimentazioni su animali e possono dar luogo a una classificazione nella categoria 1B.

#### 3.7.2.3. Forza probante dei dati

3.7.2.3.1. La classificazione di una sostanza come tossica per la riproduzione si basa su una valutazione della forza probante dell'insieme dei dati (cfr. punto 1.1.6). Sono congiuntamente prese in considerazione tutte le informazioni disponibili che permettono di determinare la tossicità per la riproduzione: studi epidemiologici e studi di casi sull'uomo e studi specifici sulla riproduzione, nonché studi subcronici, cronici e specifici su animali che forniscano informazioni pertinenti sulla tossicità per gli organi riproduttivi e i



connessi organi endocrini. La valutazione può anche comprendere le sostanze chimicamente affini alla sostanza oggetto di studio, soprattutto se le informazioni su quest'ultima sono scarse. La forza probante attribuita ai dati disponibili è influenzata da fattori come la qualità degli studi, la coerenza dei risultati, la natura e la gravità degli effetti, la presenza di tossicità materna negli studi su animali da esperimento, il grado di rilevanza statistica delle differenze tra gruppi, il numero di punti finali interessati, la pertinenza della via di somministrazione per l'uomo e l'assenza di distorsioni. La determinazione della forza probante dei dati si basa sull'esame di tutti i risultati, positivi e negativi. Risultati positivi, statisticamente e biologicamente significativi, ottenuti da un solo studio positivo realizzato secondo validi principi scientifici possono giustificare la classificazione (cfr. anche punto 3.7.2.2.3).

3.7.2.3.2. I risultati di studi tossicocinetici su animali e sull'uomo e di studi sul sito d'azione e sui meccanismi o i modi d'azione possono fornire informazioni utili, che riducono o accrescono i timori sui pericoli per la salute umana. Se è dimostrato in modo inconfutabile che il meccanismo o il modo d'azione chiaramente individuato non ha rilevanza per l'uomo o se le differenze tossicocinetiche sono così marcate che si può essere certi che la proprietà pericolosa non si manifesterà nell'uomo, una sostanza che produce un effetto nocivo per la riproduzione su animali da laboratorio non deve essere classificata.

3.7.2.3.3. Studi sulla tossicità per la riproduzione condotti su animali che rivelano soltanto effetti considerati di rilevanza tossicologica scarsa o minima non determinano necessariamente una classificazione. Si tratta di effetti quali lievi mutamenti nei parametri seminali, nell'incidenza delle anomalie spontanee del feto, nelle proporzioni delle variazioni fetali comuni osservate negli esami scheletrici o nel peso del feto, o leggere differenze nelle valutazioni dello sviluppo post-natale.

3.7.2.3.4. I dati provenienti da studi su animali devono dimostrare chiaramente una tossicità specifica per la riproduzione in assenza di altri effetti tossici sistemici. Tuttavia, se la tossicità per lo sviluppo si manifesta unitamente ad altri effetti tossici nella madre, è valutata nella misura del possibile l'influenza potenziale degli effetti nocivi generalizzati. È preferibile, per determinare la forza probante dei dati, considerare in primo luogo gli effetti nocivi sull'embrione e sul feto, quindi valutare la tossicità materna, unitamente a tutti gli altri fattori che possono aver influenzato tali effetti. In generale, gli effetti sullo sviluppo osservati a dosi tossiche per la madre non devono essere automaticamente trascurati; possono esserlo solo caso per caso, quando è stabilita o esclusa una relazione di causalità.

3.7.2.3.5. Se si hanno informazioni appropriate, è importante cercare di determinare se la tossicità per lo sviluppo è dovuta a un meccanismo specifico trasmesso dalla madre o a un meccanismo secondario non specifico, come lo stress materno e la rottura dell'omeostasi. In generale, la presenza di una tossicità materna non autorizza a trascurare gli effetti osservati sull'embrione o sul feto, a meno che si possa chiaramente dimostrare che si tratta di effetti secondari non specifici. Questo è il caso, in particolare, quando gli effetti sulla progenie sono significativi, per esempio quando sono effetti irreversibili quali malformazioni strutturali. In talune situazioni si può supporre che la tossicità per la riproduzione sia una conseguenza secondaria della tossicità materna e ignorare questi effetti, se la sostanza è tanto tossica da causare uno stato di deperimento e di grave inanizione nella madre, che non è più in grado di nutrire i cuccioli, è prostrata o moribonda.

#### 3.7.2.4. Tossicità materna

3.7.2.4.1. Lo sviluppo della progenie durante la gestazione e nelle prime fasi postnatali può essere influenzata da effetti tossici nella madre, sia attraverso meccanismi non specifici legati allo stress e alla rottura dell'omeostasi della madre, sia attraverso meccanismi specifici trasmessi dalla madre. Nell'interpretare il risultato dello sviluppo ai fini di una classificazione di una sostanza in funzione dei suoi effetti sullo sviluppo è importante considerare la possibile influenza della tossicità materna. La questione è complessa, date le incertezze che esistono sulla relazione tra la tossicità materna e le sue conseguenze per lo sviluppo. Per determinare il grado di influenza attribuibile alla tossicità materna, nell'interpretare i criteri per la classificazione di una sostanza in funzione dei suoi effetti sullo sviluppo ci si baserà sul giudizio di esperti e sulla forza probante di tutti gli studi disponibili. Nello stabilire la forza probante dei dati ai fini della classificazione, sono in primo luogo considerati gli effetti nocivi sull'embrione e sul feto, quindi la tossicità materna e ogni altro fattore che può aver influito su tali effetti.

3.7.2.4.2. Secondo l'osservazione pragmatica, la tossicità materna può, in funzione della gravità, influenzare lo sviluppo attraverso meccanismi secondari non specifici, producendo effetti come una diminuzione del peso fetale, un ritardo dell'ossificazione e probabilmente, in certi ceppi di alcune specie, riassorbimenti e malformazioni. Tuttavia, i pochi studi realizzati sulla relazione tra effetti sullo sviluppo e tossicità materna generale non hanno potuto dimostrare l'esistenza di un rapporto costante e riproducibile tra le specie. Gli effetti sullo sviluppo, anche in presenza di tossicità materna, sono

considerati indicativi di tossicità per lo sviluppo, a meno che possa essere dimostrato in modo inequivocabile, caso per caso, che tali effetti sono una conseguenza secondaria della tossicità materna. Inoltre, la classificazione è presa in considerazione se si osservano effetti tossici significativi nella progenie, ad esempio danni irreversibili come malformazioni strutturali, mortalità embrionale o fetale, significative deficienze funzionali postnatali.

3.7.2.4.3. La classificazione delle sostanze che producono effetti tossici sullo sviluppo solo in associazione a una tossicità materna non è automaticamente esclusa, anche se è stato dimostrato un meccanismo specifico trasmesso dalla madre. In tal caso può essere più appropriato classificare la sostanza nella categoria 2 che nella categoria 1. Tuttavia, se una sostanza è tanto tossica da provocare la morte della madre o uno stato di inanizione grave, o se la madre è prostrata e non in grado di nutrire i propri cuccioli, è ragionevole supporre che la tossicità per lo sviluppo è solo una conseguenza della tossicità materna e quindi non tener conto degli effetti sullo sviluppo. Variazioni dello sviluppo di minore rilevanza, quando si ha soltanto una lieve riduzione del peso del feto o del cucciolo o un ritardo dell'ossificazione, osservate in associazione con la tossicità materna, non conducono necessariamente alla classificazione della sostanza.

3.7.2.4.4. Sono riportati qui di seguito alcuni dei punti finali utilizzati per valutare gli effetti materni. I dati relativi a questi punti finali, se disponibili, devono essere valutati alla luce della loro rilevanza statistica o biologica e della relazione dose-risposta.

Mortalità materna:

un aumento dell'incidenza della mortalità tra le femmine trattate rispetto al gruppo di controllo è considerato indicativo di tossicità materna se l'aumento è proporzionale alla dose e può essere attribuito alla tossicità sistemica della sostanza saggiata. Una mortalità materna superiore al 10% è considerata eccessiva e i dati relativi a questo livello di dose non sono di norma oggetto di un'ulteriore valutazione.

Indice di accoppiamento

(numero di animali con tappo vaginale o sperma/n. di animali accoppiati × 100)

Indice di fertilità

(n. di animali con impianti/n. di accoppiamenti × 100)

Durata della gestazione

(se le femmine hanno avuto la possibilità di partorire)

Peso corporeo e variazione del peso corporeo:

nella valutazione della tossicità materna occorre tener conto della variazione e/o dell'aggiustamento (correzione) del peso corporeo della madre, se questi dati sono disponibili. Il calcolo della variazione del peso corporeo medio della madre aggiustato (corretto), che corrisponde alla differenza tra il peso corporeo iniziale e quello finale, meno il peso dell'utero gravido (o la somma dei pesi dei feti), può permettere di stabilire se l'effetto è materno o intrauterino. Nei conigli, un aumento di peso corporeo può non essere un indicatore valido della tossicità materna in ragione delle normali fluttuazioni del peso corporeo in gravidanza.

Consumo di cibo e acqua (se pertinente):

l'osservazione di un calo significativo del consumo medio di cibo e acqua nelle femmine trattate rispetto al gruppo di controllo è utile per valutare la tossicità materna, in particolare se la sostanza saggiata è somministrata col cibo o con l'acqua. Le variazioni del consumo di cibo o acqua devono essere valutate tenendo conto del peso corporeo della madre per determinare se gli effetti osservati sono indicativi di una tossicità materna o, più semplicemente, sono dovuti alla scarsa palatabilità della sostanza saggiata presente nel cibo o nell'acqua.

Valutazioni cliniche (segni clinici, marcatori, ematologia e studi di chimica clinica):

L'osservazione di un aumento dell'incidenza di segni clinici significativi di tossicità nelle femmine trattate rispetto al gruppo di controllo è utile per valutare la tossicità materna. Se tale osservazione è destinata a servire da base per la valutazione della tossicità materna, nello studio sono indicati i tipi, l'incidenza, il grado e la durata dei segni clinici. Segni clinici di intossicazione materna sono: coma, prostrazione, iperattività, perdita del riflesso di raddrizzamento, atassia o respirazione difficoltosa.

Dati post-mortem:

un aumento dell'incidenza e/o della gravità delle osservazioni post-mortem può essere indicativa di tossicità materna. Può trattarsi di osservazioni patologiche macroscopiche o microscopiche o di dati relativi al peso degli organi, quali il peso assoluto degli organi, il peso degli organi in rapporto al peso corporeo e in rapporto al peso del cervello. Se è accompagnata da effetti nocivi istopatologici nell'organo o negli organi interessati, una variazione significativa del peso medio dell'organo o degli organi bersaglio sospetti nelle femmine trattate rispetto a quelli del gruppo di controllo può essere considerata indicativa di tossicità materna.

#### 3.7.2.5. Dati animali e sperimentali

3.7.2.5.1. Esistono vari metodi di prova accettati a livello internazionale; essi comprendono metodi per la prova della tossicità per lo sviluppo (per esempio linea guida delle prove OCSE 414) e metodi per prove sulla tossicità per una o due generazioni (per esempio linee guida delle prove OCSE 415, 416).

3.7.2.5.2. I risultati dei test di screening (per esempio linee guida delle prove OCSE 421 - test di screening sulla tossicità riproduzione/sviluppo e 422 - studio di tossicità con dose ripetuta combinato con test di screening sulla tossicità riproduzione/sviluppo) possono essere utilizzati per giustificare la classificazione, quantunque sia riconosciuto che questi dati sono meno attendibili di quelli ottenuti con studi completi.

3.7.2.5.3. Gli effetti nocivi o i mutamenti osservati in studi di tossicità con dosi ripetute a breve o a lungo termine che si presume possano compromettere la funzione riproduttiva e che si verificano in assenza di una tossicità generalizzata significativa (per esempio alterazioni istopatologiche nelle gonadi), possono servire come base per la classificazione.

3.7.2.5.4. Possono inoltre essere utilizzati ai fini della classificazione i risultati di saggi in vitro o di sperimentazioni su animali diversi dai mammiferi e dati relativi a sostanze analoghe basati sulla relazione struttura-attività. In tutti questi casi la pertinenza dei dati deve essere valutata ricorrendo al giudizio di esperti. Dati inappropriati non possono costituire la base principale per la classificazione.

3.7.2.5.5. È preferibile che le vie di somministrazione prescelte per gli studi su animali siano in relazione con la potenziale via di esposizione umana. Abitualmente gli studi sulla tossicità per la riproduzione sono però realizzati, nella pratica, facendo uso della via orale e si prestano in genere alla valutazione delle proprietà pericolose della sostanza per quanto riguarda la tossicità per la riproduzione. Se è dimostrato in modo inconfutabile che il meccanismo o il modo d'azione chiaramente individuato non hanno rilevanza per l'uomo o se le differenze tossicocinetiche sono così marcate che si può essere certi che la proprietà pericolosa non si manifesterà nell'uomo, una sostanza che produce un effetto nocivo per la riproduzione su animali da laboratorio non è classificata.

3.7.2.5.6. Gli studi implicanti vie di somministrazione come l'iniezione endovenosa o intraperitoneale, che comportano un'esposizione degli organi riproduttivi a livelli irrealisticamente elevati della sostanza saggiata o causano danni locali agli organi riproduttivi, in particolare per irritazione, devono essere interpretati con estrema cautela e di norma non sono utilizzati, da soli, come base della classificazione.

3.7.2.5.7. Esiste un consenso generale sul concetto di dose limite, al di sopra della quale la comparsa di un effetto nocivo è considerata al di fuori dei criteri su cui si basa la classificazione, ma non quanto all'inclusione nei criteri di una precisa dose limite. Alcune linee guida sui metodi di prova specificano una dose limite, altre indicano che dosi più elevate possono essere necessarie se l'esposizione umana prevista è sufficientemente elevata da impedire il raggiungimento di un margine di esposizione adeguato. Inoltre, date le differenze di tossicocinetica tra le specie, la fissazione di una dose limite specifica può non essere adatta a situazioni in cui gli uomini sono più sensibili del modello animale.

3.7.2.5.8. In linea di principio, gli effetti nocivi sulla riproduzione osservati soltanto a dosi molto elevate (per esempio le dosi che causano prostrazione, grave inappetenza, eccessiva mortalità) negli studi su

animali non giustificerebbero normalmente una classificazione, a meno che altre informazioni, per esempio tossicocinetiche, indicanti che l'uomo può essere più sensibile degli animali suggeriscano l'opportunità di una classificazione. Per ulteriori riferimenti in materia fare riferimento alla sezione sulla tossicità materna (3.7.2.4).

3.7.2.5.9. Nondimeno, la specificazione della "dose limite" reale dipenderà dal metodo di prova utilizzato per ottenere i risultati, per esempio nelle linee guida delle prove OCSE per gli studi sulla tossicità di dose ripetuta per via orale, una dose massima di 1000 mg/kg è stata raccomandata come dose limite, a meno che la risposta umana prevista non segnali la necessità di dosi a un livello più elevato.

### 3.7.3. Criteri di classificazione delle miscele

3.7.3.1. Classificazione quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi.

3.7.3.1.1. La miscela è classificata come tossica per la riproduzione se contiene almeno un componente classificato come tossico per la riproduzione di categoria 1A, 1B o 2 in concentrazione pari o superiore al limite di concentrazione generico appropriato indicato nella tabella 3.7.2 rispettivamente per le categorie 1A, 1B e 2.

3.7.3.1.2. La miscela è classificata come avente effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento se contiene almeno un componente classificato come tale in concentrazione pari o superiore al limite di concentrazione generico appropriato indicato nella tabella 3.7.2 per la categoria supplementare degli effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento.

Tabella 3.7.2

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela classificati come tossici per la riproduzione o come aventi effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento che determinano la classificazione della miscela

Componente classificato come:	Limiti generici di concentrazione che determinano la classificazione della miscela come:			
	Tossico per la riproduzione (categoria 1A)	Tossico per la riproduzione (categoria 1B)	Tossico per la riproduzione (categoria 2)	Avente effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento (categoria supplementare)
Tossico per la riproduzione (categoria 1A)	= 6 bis. (Nota 1)			
Tossico per la riproduzione (categoria 1B)		= 0,3% (Nota 1)		
Tossico per la riproduzione (categoria 2)			= 3,0% (Nota 1)	
Avente effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento (categoria supplementare)				= 0,3% (Nota 1)

#### Nota

I limiti di concentrazione riportati nella tabella si riferiscono sia ai solidi e ai liquidi (unità peso/peso) sia ai gas (unità volume/volume).

#### Nota 1

Se una sostanza tossica per la riproduzione di categoria 1 o di categoria 2 o una sostanza classificata ai fini degli effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento è presente come componente nella miscela in concentrazione superiore allo 0,1%, per questa miscela deve essere disponibile su richiesta una scheda dati di sicurezza.

3.7.3.2. Classificazione quando esistono dati per la miscela in quanto tale

3.7.3.2.1. La classificazione delle miscele si basa sui dati dei test disponibili per i singoli componenti della miscela utilizzando i limiti di concentrazione per i componenti. Possono essere utilizzati ai fini della classificazione, caso per caso, dati sperimentali relativi alle miscele se tali dati dimostrano effetti che la valutazione effettuata in base ai singoli componenti non ha permesso di accertare. In questi casi, il carattere probante dei risultati delle prove relative alla miscela deve essere dimostrato tenendo conto della dose e di altri fattori quali la durata, le osservazioni, la sensibilità e l'analisi statistica dei sistemi di prova sulla riproduzione. Una documentazione adeguata giustificante la classificazione è conservata e messa a disposizione di chiunque chieda di esaminarla

3.7.3.3. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.7.3.3.1. Fatto salvo il punto 3.7.3.2.1, se la miscela non è stata sottoposta a prove per determinarne la tossicità per la riproduzione, ma esistono sui singoli componenti e su miscele simili oggetto di prove dati sufficienti per caratterizzare adeguatamente i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui al punto 1.1.3.

3.7.4. Comunicazione del pericolo

3.7.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.7.3.

Tabella 3.7.3

Tossicità per la riproduzione - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1A o categoria 1B	Categoria 2	Avente effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento (categoria supplementare)
Pittogrammi GHS			Nessun pittogramma
Avvertenza	Pericolo	Attenzione	Nessuna avvertenza
Indicazione di pericolo	H360: Può nuocere alla fertilità o al feto (indicare l'effetto specifico, se noto) (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H361: Sospettato di nuocere alla fertilità o al feto (indicare l'effetto specifico, se noto) (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H362: Può essere nocivo per i lattanti allattati al seno
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P201 P202 P281	P201 P202 P281	P201 P260 P263 P264 P270
Consiglio di prudenza — Reazione	P308 + P313	P308 + P313	P308 + P313
Consiglio di prudenza — Conservazione	P405	P405	
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	

3.8. Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola)

3.8.1. Definizioni e considerazioni generali

3.8.1.1. Per tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola) s'intende una tossicità specifica e non letale per organi bersaglio, risultante da un'unica esposizione a una sostanza o miscela. Sono compresi tutti gli effetti significativi per la salute che possono alterare la funzione, reversibili o

irreversibili, immediati e/o ritardati e non trattati in maniera specifica nelle sezioni da 3.1 a 3.7 e nella sezione 3.10 (cfr. anche il punto 3.8.1.6).

3.8.1.2. In questa classe sono comprese le sostanze e le miscele che presentano una tossicità specifica per organi bersaglio e che, di conseguenza, possono nuocere alla salute delle persone che vi sono esposte.

3.8.1.3. Gli effetti nocivi per la salute prodotti da una singola esposizione sono gli effetti tossici costanti e identificabili nell'uomo oppure, negli animali da laboratorio, alterazioni tossicologiche rilevanti che hanno compromesso la funzione o la morfologia di un tessuto di un organo o hanno fortemente modificato la biochimica o l'ematologia dell'organismo, alterazioni significative dal punto di vista della salute umana.

3.8.1.4. La valutazione tiene conto non soltanto dei cambiamenti significativi subiti da un organo o da un sistema biologico, ma anche delle alterazioni generalizzate di natura meno grave che interessano più organi.

3.8.1.5. La tossicità specifica per organi bersaglio può produrre effetti per tutte le vie rilevanti per l'uomo, ossia essenzialmente per via orale, per via cutanea o per inalazione.

3.8.1.6. La tossicità specifica per organi bersaglio risultante da un'esposizione ripetuta è oggetto della sezione 3.9 "Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta)" e non è quindi presa in considerazione nella sezione 3.8. Gli altri effetti tossici specifici elencati qui di seguito sono valutati separatamente e non sono quindi trattati in questo capitolo:

- a) tossicità acuta (sezione 3.1);
- b) corrosione/irritazione della pelle (sezione 3.2);
- c) gravi lesioni oculari/irritazione oculare (sezione 3.3);
- d) sensibilizzazione delle vie respiratorie o della pelle (sezione 3.4);
- e) mutagenicità sulle cellule germinali (sezione 3.5);
- f) cancerogenicità (sezione 3.6);
- g) tossicità per la riproduzione (sezione 3.7);
- h) tossicità in caso di aspirazione (sezione 3.10).

3.8.1.7. La classe di pericolo "Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola)" è suddivisa in:

- Tossicità specifica per organi bersaglio - Esposizione singola, categorie 1 e 2;
- Tossicità specifica per organi bersaglio - Esposizione singola, categoria 3.

Si veda la tabella 3.8.1.

Tabella 3.8.1

Categorie di pericolo per la tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola)

Categorie	Criteri
Categoria 1	Sostanze che hanno prodotto effetti tossici significativi nell'uomo o che si può presumere, in base a dati ottenuti con sperimentazioni su animali, possano produrre effetti tossici significativi nell'uomo in seguito a una singola esposizione Le sostanze sono classificate nella categoria 1 di tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola) in base a: a) dati attendibili e di buona qualità provenienti da studi di casi umani o da studi epidemiologici,

o

b) idonee sperimentazioni su animali in cui siano stati osservati effetti tossici significativi e/o gravi di rilievo per la salute umana, risultanti da un'esposizione a concentrazioni generalmente basse. Le dosi e le concentrazioni indicative riportate al punto 3.8.2.1.9 sono da utilizzare nella valutazione della forza probante dei dati.

Categoria 2 Sostanze che si possono presumere, in base a dati sperimentali relativi ad animali, nocive per la salute umana in seguito a una singola esposizione

Le sostanze sono classificate nella categoria 2 di tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola) sulla base di idonee sperimentazioni su animali in cui siano stati osservati effetti tossici significativi di rilievo per la salute umana, risultanti da un'esposizione a concentrazioni generalmente moderate. Le dosi e le concentrazioni indicative riportate al punto 3.8.2.1.9 hanno lo scopo di facilitare la classificazione. In casi eccezionali, la classificazione di una sostanza nella categoria 2 può basarsi su dati relativi all'uomo (cfr. punto 3.8.2.1.6).

Categoria 3 Effetti transitori su organi bersaglio

Questa categoria comprende soltanto gli effetti narcotici e l'irritazione delle vie respiratorie. Tali effetti su organi bersaglio sono provocati da una sostanza che non corrisponde ai criteri di classificazione nelle categorie 1 o 2 di cui sopra. Sono effetti che alterano una funzione umana per un periodo di breve durata dopo l'esposizione e da cui l'organismo umano si rimette in un lasso di tempo ragionevole, senza conservare alterazioni strutturali o funzionali significative. Le sostanze sono classificate in modo specifico in relazione a questi effetti come indicato al punto 3.8.2.2.

Nota: È opportuno, nella misura del possibile, determinare il principale organo bersaglio della tossicità e classificare di conseguenza la sostanza come sostanza epatotossica, neurotossica, ecc. I dati sono attentamente valutati e, se possibile, sono esclusi gli effetti secondari (una sostanza epatotossica può produrre effetti secondari sul sistema nervoso o sull'apparato gastrointestinale).

### 3.8.2. Criteri di classificazione delle sostanze

#### 3.8.2.1. Sostanze di categoria 1 e categoria 2

3.8.2.1.1. Le sostanze sono classificate separatamente a seconda che i loro effetti siano immediati o ritardati, in base al giudizio di esperti (cfr. punto 1.1.1) e alla forza probante di tutti i dati disponibili, utilizzando anche i valori guida raccomandati (cfr. punto 3.8.2.1.9). Le sostanze sono poi classificate nella categoria 1 o nella categoria 2, secondo la natura e la gravità dell'effetto o degli effetti osservati (Tabella 3.8.1).

3.8.2.1.2. Sono identificate la via o le vie di esposizione per mezzo delle quali la sostanza classificata produce effetti nocivi (cfr. punto 3.8.1.5).

3.8.2.1.3. La classificazione è determinata dal giudizio di esperti (cfr. punto 1.1.1), in base alla forza probante di tutti i dati disponibili, e tiene conto delle indicazioni riportate oltre.

3.8.2.1.4. La valutazione degli effetti tossici specifici per un organo bersaglio che richiedono una classificazione si basa sulla forza probante di tutti i dati (cfr. punto 1.1.1), compresi quelli relativi a incidenti subiti da esseri umani, studi epidemiologici, sperimentazioni su animali.

3.8.2.1.5. Le informazioni necessarie per valutare la tossicità specifica per organi bersaglio provengono da casi di esposizione singola nell'uomo (per esempio, esposizione nell'ambiente domestico, sul luogo di lavoro o nell'ambiente naturale) o da sperimentazioni condotte su animali. Le sperimentazioni animali su ratti o su topi che forniscono di norma questo genere di informazioni sono studi di tossicità acuta che possono comprendere osservazioni cliniche ed esami macroscopici e microscopici dettagliati che permettono di identificare gli effetti tossici sui tessuti/sugli organi bersaglio. Informazioni utili possono provenire anche dai risultati di studi di tossicità acuta condotti su altre specie animali.

3.8.2.1.6. In casi eccezionali è opportuno, sulla base del giudizio di esperti, classificare nella categoria 2 talune sostanze per le quali esistono dati indicanti una tossicità specifica per organi bersaglio:

a) se la forza probante dei dati umani non è sufficiente per giustificare la classificazione nella categoria 1; e/o

b) secondo la natura e la gravità degli effetti.

La dose o la concentrazione a cui sono esposti gli esseri umani non sono prese in considerazione ai fini della classificazione e tutti i dati disponibili provenienti da studi su animali devono concorrere a giustificare una classificazione nella categoria 2. In altri termini, se esistono anche dati provenienti da studi su animali che giustificano una classificazione nella categoria 1, la sostanza è classificata nella categoria 1.

#### 3.8.2.1.7. Effetti presi in considerazione ai fini della classificazione nelle categorie 1 e 2

3.8.2.1.7.1. La classificazione è giustificata da dati che dimostrano l'esistenza di un nesso tra una singola esposizione alla sostanza e un effetto tossico costante e identificabile.

3.8.2.1.7.2. I dati desunti dall'esperienza umana o da incidenti relativi all'uomo sono in genere limitati alle conseguenze nocive per la salute, spesso con incertezze sulle condizioni di esposizione, e non hanno sempre la precisione scientifica che possono offrire sperimentazioni su animali correttamente eseguite.

3.8.2.1.7.3. Idonee sperimentazioni su animali possono fornire dati più dettagliati, in forma di osservazioni cliniche ed esami patologici macroscopici e microscopici, che spesso permettono di rivelare pericoli che, pur non rappresentando una minaccia per la vita, possono provocare danni funzionali. Di conseguenza, la classificazione deve tener conto di tutti i dati disponibili che abbiano una rilevanza per la salute umana, compresi, ma non esclusivamente, i seguenti effetti sull'uomo e/o su animali:

- a) morbilità risultante da una singola esposizione;
- b) alterazioni funzionali significative, di carattere non transitorio, dell'apparato respiratorio, del sistema nervoso centrale o periferico, di altri organi o apparati, compresi segni di depressione del sistema nervoso centrale ed effetti sulle capacità sensoriali (vista, udito, olfatto);
- c) ogni mutamento in senso negativo significativo e costante nei parametri clinici biochimici ed ematologici o dell'analisi delle urine;
- d) danni gravi degli organi riscontrati all'autopsia e/o osservati e confermati successivamente all'esame microscopico;
- e) necrosi multifocale o diffusa, formazione di fibrosi o di granulomi in organi vitali con capacità rigenerativa;
- f) mutamenti morfologici potenzialmente reversibili, ma che rivelano chiaramente una marcata disfunzione di organi;
- g) segni di un'estesa morte cellulare (comprese una degenerazione cellulare e una diminuzione del numero di cellule) in organi vitali incapaci di rigenerarsi.

#### 3.8.2.1.8. Effetti non presi in considerazione ai fini della classificazione nelle categorie 1 e 2

È riconosciuto che possono essere osservati effetti che non giustificano la classificazione. Tali effetti sull'uomo e/o su animali comprendono, tra l'altro:

- a) osservazioni cliniche o lievi variazioni del peso corporeo e dell'assunzione di cibo o acqua che possono avere una rilevanza tossicologica ma che, di per sé, non indicano una tossicità "significativa";
- b) lievi variazioni nei parametri clinici biochimici, ematologici e dell'analisi delle urine e/o effetti transitori, se la rilevanza tossicologica di tali variazioni o effetti è dubbia o minima;
- c) variazioni di peso degli organi senza segni di disfunzione degli stessi;
- d) risposte di adattamento considerate non rilevanti dal punto di vista tossicologico;
- e) meccanismi di tossicità propri di una specie indotti da una sostanza, di cui sia dimostrato con ragionevole certezza che non hanno rilevanza per la salute umana.



3.8.2.1.9. Valori indicativi che possono facilitare la classificazione basati sui risultati di sperimentazioni effettuate su animali per le categorie 1 e 2

3.8.2.1.9.1. Per facilitare la decisione di classificare o no una sostanza e la scelta della categoria in cui classificarla (categoria 1 o categoria 2) vengono forniti "valori indicativi" per la dose/concentrazione che produce effetti significativi per la salute. Tali valori indicativi sono proposti principalmente perché tutte le sostanze sono potenzialmente tossiche e occorre stabilire una dose/concentrazione ragionevole oltre la quale è riconosciuta l'esistenza di un certo effetto tossico.

3.8.2.1.9.2. Quando studi condotti su animali permettono di osservare effetti tossici significativi che giustificano una classificazione, dal confronto della dose/concentrazione alla quale tali effetti tossici sono stati osservati con i valori indicativi proposti si traggono informazioni utili per valutare la necessità di classificare la sostanza (poiché gli effetti tossici sono dovuti sia alla proprietà o alle proprietà pericolose della sostanza, sia alla dose/concentrazione).

3.8.2.1.9.3. I valori indicativi (C) per un'esposizione a una singola dose con un effetto tossico non letale significativo riportati nella tabella 3.8.2 sono quelli che si applicano ai test di tossicità acuta.

Tabella 3.8.2

Valori indicativi per le esposizioni a singole dosia

Via di esposizione	Unità	Categoria 1	Valori indicativi per:	
			Categoria 2	Categoria 3
Orale (ratto)	mg/kg di peso corporeo	C = 300	2000 = C > 300	Non si applicano i valori indicativi
Cutanea (ratto o coniglio)	mg/kg di peso corporeo	C = 1000	2000 = C > 1000	
Inalazione di gas (ratto)	ppmV/4h	C = 2500	20000 = C > 2500	
Inalazione di vapore (ratto)	mg/1/4h	C = 10	20 = C > 10	
Inalazione di polvere/aerosol/fumo (ratto)	mg/1/4h	C = 1,0	5,0 = C > 1,0	

Nota:

a) I valori figuranti nella tabella 3.8.2 sono soltanto indicativi; sono da utilizzarsi per determinare la forza probante dei dati e per decidere la classificazione. Non vanno quindi considerati strettamente come valori di demarcazione.

b) Per le sostanze della categoria 3 non sono forniti valori indicativi, dato che questa classificazione si basa essenzialmente su dati umani. I dati su animali, se disponibili, sono inclusi nella valutazione della forza probante dei dati.

3.8.2.1.10. Altre considerazioni

3.8.2.1.10.1. Se una sostanza è caratterizzata soltanto in base a dati su animali (come spesso avviene nel caso delle nuove sostanze, ma anche per molte sostanze esistenti), i valori indicativi di dose/concentrazione fanno parte degli elementi di cui tenere conto nella valutazione della forza probante dei dati ai fini della classificazione.

3.8.2.1.10.2. Se esistono dati sull'uomo ben fondati dimostranti che un effetto tossico specifico per un organo bersaglio può essere attribuito con certezza a una singola esposizione a una sostanza, tale sostanza è di norma classificata. I dati umani positivi, indipendentemente dalla dose probabile, prevalgono sui dati animali. Pertanto, se una sostanza non è classificata perché la tossicità specifica per organi bersaglio è stata considerata non rilevante o significativa per l'uomo, ma in un secondo tempo si rendono disponibili dati relativi a incidenti interessanti l'uomo che dimostrano un effetto tossico specifico per organi bersaglio, la sostanza è classificata.

3.8.2.1.10.3. Una sostanza per cui non sono stati effettuati test destinati a determinarne la tossicità specifica per organi bersaglio può essere classificata, ove opportuno, in base ai dati desunti da una

relazione struttura-attività convalidata e ad un'estrapolazione fondata sul giudizio di esperti da un analogo strutturale già classificato e suffragata da altri importanti fattori, quali la formazione di metaboliti comuni significativi.

3.8.2.1.10.4. La concentrazione di vapore saturo è considerata, ove opportuno, come elemento aggiuntivo per fornire una protezione specifica per la salute e la sicurezza.

3.8.2.2. Sostanze della categoria 3: effetti transitori su organi bersaglio

3.8.2.2.1. Criteri relativi all'irritazione delle vie respiratorie

I criteri per la classificazione delle sostanze come irritanti per le vie respiratorie di categoria 3 sono i seguenti:

a) effetti irritanti sulle vie respiratorie (caratterizzati da arrossamento localizzato, edema, prurito e/o dolore) che ne compromettono il funzionamento, con sintomi quali tosse, dolore, senso di soffocamento e difficoltà respiratorie. Tale valutazione si fonderà principalmente su dati umani;

b) le osservazioni soggettive sull'uomo possono essere suffragate da misure oggettive che evidenzino un'irritazione delle vie respiratorie (quali reazioni elettrofisiologiche, biomarcatori di infiammazione in liquidi di lavaggio nasale o bronchioalveolare);

c) i sintomi osservati nell'uomo sono anche rappresentativi di quelli che si produrrebbero nella popolazione esposta e non costituiscono una reazione idiosincratca isolata che si produce soltanto in soggetti che presentano un'ipersensibilità delle vie respiratorie. Sono escluse le osservazioni ambigue che si limitano a far riferimento a un "irritazione", poiché tale termine è solitamente impiegato per designare sensazioni molto varie, come odore, gusto sgradevole, prurito e secchezza, che non rientrano tra i criteri di classificazione per l'irritazione delle vie respiratorie;

d) non esistono attualmente test convalidati su animali che riguardino in modo specifico l'irritazione delle vie respiratorie, ma informazioni utili possono essere tratte da studi sulla tossicità per inalazione con esposizione singola o ripetuta. Ad esempio, gli studi su animali possono fornire informazioni utili in termini di segni clinici di tossicità (dispnea, riniti ecc.) e istopatologia (ad esempio iperemia, edema, infiammazione minima, strato mucoso ispessito) che sono reversibili e possono essere indicativi dei sintomi clinici caratteristici sopradescritti. Tali studi su animali possono essere presi in considerazione nella valutazione della forza probante dei dati;

e) questa classificazione speciale è da utilizzarsi soltanto se non sono osservati effetti più gravi sugli organi e sull'apparato respiratorio.

3.8.2.2.2. Criteri relativi agli effetti narcotici

I criteri seguenti permettono di classificare una sostanza come avente effetti narcotici (categoria 3):

a) depressione del sistema nervoso centrale comprendente effetti narcotici quali sonnolenza, narcosi, diminuzione della vigilanza, perdita di riflessi, mancanza di coordinamento, vertigini. Questi effetti possono manifestarsi anche come forte mal di testa o nausea e provocare una diminuzione della capacità di giudizio, stordimento, irritabilità, affaticamento, disturbi della memoria, deficit di percezione e coordinamento, allungamento del tempo di reazione o sonnolenza;

b) gli effetti narcotici osservati negli studi condotti su animali comprendono letargia, mancanza di coordinamento, perdita del riflesso di raddrizzamento, e atassia. Se questi effetti non sono transitori, vanno presi in considerazione a sostegno di una classificazione nelle categorie 1 o 2 di tossicità specifica per ogni bersaglio a seguito di un'esposizione singola.

3.8.3. Criteri di classificazione delle miscele

3.8.3.1. Le miscele sono classificate in base agli stessi criteri utilizzati per le sostanze o secondo le indicazioni riportate di seguito. Come le sostanze, le miscele sono classificate in funzione della loro tossicità specifica per organi bersaglio a seguito di un'esposizione singola.

### 3.8.3.2. Classificazione quando esistono dati per la miscela in quanto tale

3.8.3.2.1. Quando per la miscela sono disponibili dati attendibili e di buona qualità provenienti da esperienze umane e da idonee sperimentazioni su animali, secondo i criteri applicabili alle sostanze, la miscela è classificata in base alla forza probante di tali dati (cfr. 1.1.1.4). Nel valutare i dati sulle miscele occorre accertarsi che la dose utilizzata, la durata, l'osservazione o l'analisi non rendano i risultati inconcludenti.

### 3.8.3.3. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.8.3.3.1. Se la miscela non è stata sottoposta a prove per determinarne la tossicità specifica per organi bersaglio, ma esistono sui singoli componenti e su miscele simili sottoposte a prove dati sufficienti per caratterizzare adeguatamente i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui al punto 1.1.3.

### 3.8.3.4. Classificazione quando esistono dati su tutti i componenti della miscela o su alcuni di essi

3.8.3.4.1. Se non esistono dati o risultati sperimentali attendibili relativi alla miscela e non è possibile ricorrere ai fini della classificazione ai principi ponte, la classificazione della miscela si basa su quella delle sostanze che la compongono. In tal caso, la miscela è classificata come tossica per uno specifico organo bersaglio a seguito di un'esposizione singola, se almeno uno dei suoi componenti è classificato come tossico per un organo bersaglio di categoria 1 o di categoria 2 ed è presente in concentrazione pari o superiore al limite di concentrazione generico indicato nella tabella 3.8.3 per le categorie 1 e 2.

3.8.3.4.2. Questi limiti di concentrazione generici e le corrispondenti classificazioni si applicano alle sostanze tossiche specifiche per organi bersaglio nel caso di dosi singole.

3.8.3.4.3. Le miscele sono classificate separatamente secondo che la tossicità risulti da una dose singola, da dosi ripetute o da entrambe.

Tabella 3.8.3

Limiti di concentrazione generici dei componenti classificati come tossici specifici per organi bersaglio che determinano la classificazione nella categoria 1 o 2

Componente classificato come:	Limiti di concentrazione generici che determinano la classificazione della miscela come:	
Categoria 1 Tossico specifica per organi bersaglio	Categoria 1 Concentrazione = 10%	Categoria 2 1,0% = concentrazione < 10%
Categoria 2 Tossico specifica per organi bersaglio		Concentrazione = 10% [(Nota 1)]

#### Nota 1:

Se una sostanza tossica specifica per organi bersaglio di categoria 2 è presente come componente della miscela in concentrazione = 1,0%, una scheda dei dati di sicurezza è disponibile per tale miscela, su richiesta.

3.8.3.4.4. In presenza di una combinazione di sostanze tossiche che interessano più di un sistema di organi, occorre tener conto attentamente delle interazioni di potenziamento o sinergiche, perché certe sostanze possono essere tossiche per organi bersaglio a una concentrazione inferiore all' 1% se altri componenti della miscela ne potenziano l'effetto tossico.

3.8.3.4.5. Nell'estrapolare la tossicità di una miscela contenente uno o più componenti di categoria 3 occorre procedere con cautela. Un limite di concentrazione generico del 20% è appropriato, ma occorre tenere presente che il limite di concentrazione può essere superiore o inferiore in funzione del componente o dei componenti di categoria 3 e che alcuni effetti, come l'irritazione delle vie respiratorie,

possono non manifestarsi al di sotto di una data concentrazione, mentre altri, come gli effetti narcotici, possono manifestarsi anche al di sotto della soglia del 20%. Si farà ricorso al giudizio di esperti. L'irritazione delle vie respiratorie e gli effetti narcotici vanno valutati separatamente nel rispetto dei criteri di cui al punto 3.8.2.2. Nell'effettuare la classificazione per tali pericoli, il contributo di ogni componente va considerato come additivo, a meno che si possa provare che gli effetti non sono additivi. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

### 3.8.4. Comunicazione del pericolo

3.8.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.8.4.

Tabella 3.8.4

Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola) - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2	Categoria 3
Pittogrammi GHS			
Avvertenza	Pericolo	Attenzione	Attenzione
Indicazione di pericolo	H370: Provoca danni agli organi (o indicare tutti gli organi interessati, se noti) (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H371: Può provocare danni agli organi (o indicare tutti gli organi interessati, se noti) (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H335: Può irritare le vie respiratorie o H336: Può provocare sonnolenza o vertigini
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P260 P264 P270	P260 P264 P270	P261 P271
Consiglio di prudenza — Reazione	P307 + P311 P321	P309 + P311	P304 + P340 P312
Consiglio di prudenza — Conservazione	P405	P405	P403 + P233 P405
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501

### 3.9. Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta)

#### 3.9.1. Definizioni e considerazioni generali

3.9.1.1. Per tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta) s'intende una tossicità specifica per organi bersaglio risultante da un'esposizione ripetuta a una sostanza o miscela. Sono compresi tutti gli effetti significativi per la salute che possono alterare la funzione, reversibili o irreversibili, immediati e/o ritardati. Sono tuttavia esclusi altri effetti tossici trattati nelle sezioni da 3.1 a 3.8 e nella sezione 3.10.

3.9.1.2. In questa classe sono comprese le sostanze o miscele considerate che presentano una tossicità specifica per organi bersaglio in seguito a un'esposizione ripetuta e che, di conseguenza, possono nuocere alla salute delle persone che vi sono esposte. <http://bd07.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?TIPO=5&NOTXT=1&KEY=07LX0000637977ART142& - 15>

3.9.1.3. Gli effetti nocivi per la salute sono gli effetti tossici costanti e identificabili nell'uomo oppure, negli animali da laboratorio, alterazioni tossicologiche rilevanti che hanno compromesso la funzione o la morfologia di un tessuto di un organo o hanno fortemente modificato la biochimica o l'ematologia dell'organismo, alterazioni significative dal punto di vista della salute umana.

3.9.1.4. La valutazione tiene conto non soltanto dei cambiamenti significativi subiti da un organo o da un sistema biologico, ma anche delle alterazioni generalizzate di natura meno grave che interessano più organi.

3.9.1.5. La tossicità specifica per organi bersaglio può produrre effetti per tutte le vie rilevanti per l'uomo, ossia essenzialmente per via orale, per via cutanea o per inalazione.

3.9.1.6. Gli effetti tossici non letali osservati a seguito di un'esposizione singola sono classificati come indicato nella sezione 3.8 "Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola)" e sono pertanto esclusi dalla sezione 3.9.

### 3.9.2. Criteri di classificazione delle sostanze

3.9.2.1. Le sostanze sono classificate come tossiche specifiche per organi bersaglio a seguito di un'esposizione ripetuta in base al giudizio di esperti (cfr. 1.1.1) e alla forza probante di tutti i dati disponibili, utilizzando anche i valori indicativi raccomandati, che tengono conto della durata dell'esposizione e della dose/concentrazione che ha prodotto l'effetto o gli effetti, cfr. punto 3.9.2.9). Le sostanze sono classificate in una delle due categorie secondo la natura e la gravità dell'effetto o degli effetti osservati (Tabella 3.9.1).

Tabella 3.9.1

#### Categorie di pericolo per la tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta)

Categorie	Criteri
Categoria 1	<p>Sostanze che hanno prodotto effetti tossici significativi nell'uomo o che si può presumere, in base a dati ottenuti con sperimentazioni su animali, possano produrre effetti tossici significativi nell'uomo in seguito a un'esposizione ripetuta.</p> <p>Le sostanze sono classificate nella categoria 1 di tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta) in base a:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- dati attendibili e di buona qualità provenienti da studi di casi umani o da studi epidemiologici, o</li><li>- idonee sperimentazioni su animali in cui siano stati osservati effetti tossici significativi e/o gravi di rilievo per la salute umana, risultanti da un'esposizione a concentrazioni generalmente basse. Le dosi e le concentrazioni indicative riportate al punto 3.9.2.9 sono da utilizzare nella valutazione della forza probante dei dati.</li></ul>
Categoria 2	<p>Sostanze che si possono presumere, in base a dati sperimentali relativi ad animali, nocive per la salute umana a seguito di un'esposizione ripetuta.</p> <p>Le sostanze sono classificate nella categoria 2 di tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta) sulla base di idonee sperimentazioni su animali in cui siano stati osservati effetti tossici significativi di rilievo per la salute umana, risultanti da un'esposizione a concentrazioni generalmente moderate. Le dosi e le concentrazioni indicative riportate al punto 3.9.2.9 hanno lo scopo di facilitare la classificazione. In casi eccezionali, la classificazione di una sostanza nella categoria 2 può basarsi su dati relativi all'uomo (cfr. punto 3.9.2.6).</p>

#### Nota:

È opportuno, nella misura del possibile, determinare il principale organo bersaglio della tossicità e classificare di conseguenza la sostanza come sostanza epatotossica, neurotossica, ecc. I dati sono attentamente valutati e, se possibile, sono esclusi gli effetti secondari (una sostanza epatotossica può produrre effetti secondari sul sistema nervoso o sull'apparato gastrointestinale).

3.9.2.2. Sono identificate la via o le vie di esposizione per mezzo delle quali la sostanza classificata produce effetti nocivi.

3.9.2.3. La classificazione è determinata dal giudizio di esperti (cfr. punto 1.1.1), in base alla forza probante di tutti i dati disponibili, e tiene conto delle indicazioni riportate in appresso.

3.9.2.4. La valutazione degli effetti tossici specifici per un organo bersaglio che richiedono una classificazione si basa sulla forza probante di tutti i dati (cfr. punto 1.1.1), compresi quelli relativi a incidenti subiti da esseri umani, studi epidemiologici, sperimentazioni su animali. A tal fine può essere utilizzata la massa considerevole di dati di tossicologia industriale raccolti nel corso degli anni. La

valutazione si basa su tutti i dati esistenti, compresi gli studi pubblicati sottoposti a peer review e altri dati accettabili.

3.9.2.5. Le informazioni necessarie per valutare la tossicità specifica per organi bersaglio provengono da casi di esposizione ripetuta nell'uomo (per esempio, esposizione nell'ambiente domestico, sul luogo di lavoro o nell'ambiente naturale) o da sperimentazioni condotte su animali. Le sperimentazioni animali su ratti o su topi che di norma forniscono questo genere di informazioni sono effettuate su periodi di 28 giorni, di 90 giorni o sull'intera durata di vita (fino a due anni), che comprendono analisi ematologiche e clinico-chimiche ed esami macroscopici e microscopici dettagliati che permettono di identificare gli effetti tossici sui tessuti/sugli organi bersaglio. Sono inoltre utilizzati, se disponibili, i risultati di studi con dosi ripetute effettuati su altre specie. Altri studi su esposizioni di lunga durata (per esempio, studi di cancerogenicità, neurotossicità o tossicità per la riproduzione) possono fornire dati sulla tossicità specifica per organi bersaglio utili a determinare la classificazione.

3.9.2.6. In casi eccezionali è opportuno, sulla base del giudizio di esperti, classificare nella categoria 2 talune sostanze per le quali esistono dati indicanti una tossicità specifica per organi bersaglio nell'uomo:

a) se la forza probante dei dati umani non è sufficiente per giustificare la classificazione nella categoria 1; e/o

b) secondo la natura e la gravità degli effetti.

La dose o la concentrazione a cui sono esposti gli esseri umani non sono prese in considerazione ai fini della classificazione e tutti i dati disponibili provenienti da studi su animali devono concorrere a giustificare una classificazione nella categoria 2. In altri termini, se esistono anche dati provenienti da studi su animali che giustificano una classificazione nella categoria 1, la sostanza è classificata nella categoria 1.

3.9.2.7. Effetti presi in considerazione ai fini della classificazione di una sostanza per una tossicità specifica per organi bersaglio in seguito a un'esposizione ripetuta

3.9.2.7.1. La classificazione è giustificata da dati che dimostrano l'esistenza di un nesso tra un'esposizione ripetuta alla sostanza e un effetto tossico costante e identificabile.

3.9.2.7.2. I dati desunti dall'esperienza umana o da incidenti relativi all'uomo sono in genere limitati alle conseguenze nocive per la salute, spesso con incertezze sulle condizioni di esposizione, e non hanno sempre la precisione scientifica che possono offrire sperimentazioni su animali correttamente eseguite.

3.9.2.7.3. Idonee sperimentazioni su animali possono fornire dati più dettagliati, in forma di osservazioni cliniche, dati ematologici, chimica clinica ed esami patologici macroscopici e microscopici, che spesso permettono di rivelare pericoli che, pur non rappresentando una minaccia per la vita, possono provocare danni funzionali. Di conseguenza, la classificazione deve tener conto di tutti i dati disponibili che abbiano una rilevanza per la salute umana, compresi, ma non esclusivamente, i seguenti effetti sull'uomo e/o su animali:

a) morbilità o morte risultante da esposizione ripetuta o di lunga durata. Un'esposizione ripetuta, anche a dosi/concentrazioni relativamente basse, può determinare la morbilità o la morte per effetto della bioaccumulazione della sostanza o dei suoi metaboliti, e/o per il fatto che l'esposizione ripetuta a una sostanza o ai suoi metaboliti rende impossibile il processo di detossicazione.

b) alterazioni funzionali significative del sistema nervoso centrale o periferico o di altri apparati, compresi segni di depressione del sistema nervoso centrale ed effetti sulle capacità sensoriali (per esempio, vista, udito, olfatto);

c) ogni mutamento in senso negativo significativo e costante nei parametri clinici biochimici ed ematologici o dell'analisi delle urine;

d) danni gravi degli organi riscontrati all'autopsia e/o osservati o confermati successivamente all'esame microscopico;

e) necrosi multifocale o diffusa, formazione di fibrosi o di granulomi in organi vitali con capacità rigenerativa;

f) mutamenti morfologici potenzialmente reversibili, ma che rivelano chiaramente una marcata disfunzione di organi (per esempio, una grave steatosi epatica);

g) segni di un'estesa morte cellulare (comprese una degenerazione cellulare e una diminuzione del numero di cellule) in organi vitali incapaci di rigenerarsi.

3.9.2.8. Effetti non considerati tali da giustificare la classificazione di una sostanza per una tossicità specifica per organi bersaglio in seguito a un'esposizione ripetuta

3.9.2.8.1. È riconosciuto che possono essere osservati effetti che non giustificano la classificazione. Tali effetti sull'uomo e/o su animali comprendono tra l'altro:

a) osservazioni cliniche o lievi variazioni del peso corporeo e dell'assunzione di cibo o acqua che possono avere una rilevanza tossicologica ma che, di per sé, non indicano una tossicità "significativa";

b) lievi variazioni nei parametri clinici biochimici, ematologici e dell'analisi delle urine e/o effetti transitori, se la rilevanza tossicologica di tali variazioni o effetti è dubbia o minima;

c) variazioni di peso degli organi senza segni di disfunzione degli stessi;

d) risposte di adattamento considerate non rilevanti dal punto di vista tossicologico;

e) meccanismi di tossicità propri di una specie indotti da una sostanza, di cui sia dimostrato con ragionevole certezza che non hanno rilevanza per la salute umana.

3.9.2.9. Valori indicativi che possono facilitare la classificazione basati sui risultati di sperimentazioni effettuate su animali

3.9.2.9.1. Negli studi condotti su animali l'osservazione dei soli effetti, senza tenere conto della durata dell'esposizione sperimentale né della dose/concentrazione, trascura un principio fondamentale della tossicologia, ossia che tutte le sostanze sono potenzialmente tossiche e che la tossicità è determinata dalla dose/concentrazione e dalla durata dell'esposizione. Nella maggior parte degli studi su animali le linee guida per le prove prevedono un limite di dose superiore.

3.9.2.9.2. Per facilitare la decisione di classificare o no una sostanza e la scelta della categoria in cui classificarla (categoria 1 o categoria 2) vengono forniti "valori indicativi" per la dose/concentrazione che produce effetti significativi per la salute. Tali valori indicativi sono proposti principalmente perché tutte le sostanze sono potenzialmente tossiche e occorre stabilire una dose/concentrazione ragionevole oltre la quale è riconosciuta l'esistenza di un certo effetto tossico. Inoltre, gli studi realizzati su animali con dosi ripetute sono concepiti in modo da produrre tossicità alla dose più elevata utilizzata, al fine di ottimizzare l'obiettivo della sperimentazione; la maggior parte degli studi rivela quindi effetti tossici almeno alla dose massima utilizzata. Occorre perciò stabilire non solo quali effetti sono stati prodotti, ma anche a quale dose/concentrazione sono stati prodotti e qual è la loro rilevanza per l'uomo.

3.9.2.9.3. Quando studi condotti su animali permettono di osservare effetti tossici significativi che giustificano una classificazione, dal confronto della durata dell'esposizione sperimentale e della dose/concentrazione alla quale tali effetti tossici sono stati osservati con i valori indicativi proposti si traggono informazioni utili per valutare la necessità di classificare la sostanza (poiché gli effetti tossici sono dovuti sia alla proprietà o alle proprietà pericolose della sostanza, sia alla dose/concentrazione).

3.9.2.9.4. La decisione di classificare o no una sostanza può essere influenzata dal riferimento ai valori indicativi di dose/concentrazione per i quali o al di sotto dei quali è stato osservato un effetto tossico significativo.

3.9.2.9.5. I valori indicativi si riferiscono agli effetti osservati in uno studio di tossicità standardizzato su 90 giorni realizzato su ratti. Questi valori possono essere utilizzati come base per estrapolare valori indicativi equivalenti per studi di tossicità di durata maggiore o minore, ricorrendo a un'estrapolazione della dose e della durata di esposizione simile alla regola di Haber per l'inalazione, secondo cui,

sostanzialmente, l'effetto della dose è direttamente proporzionale alla concentrazione e alla durata dell'esposizione. La valutazione è effettuata caso per caso; per uno studio su 28 giorni i valori indicativi riportati qui di seguito sono moltiplicati per tre.

3.9.2.9.6. Pertanto, la classificazione nella categoria 1 interviene quando in uno studio su 90 giorni con dosi ripetute condotto su animali sono osservati effetti tossici significativi corrispondenti o inferiori ai valori indicativi (C) riportati nella tabella 3.9.2.

Tabella 3.9.2

Valori indicativi per la classificazione nella categoria 1

Via di esposizione	Unità	Valori indicativi (dose/concentrazione)
Orale (ratto)	mg/kg di peso corporeo/giorno	C = 10
Cutanea (ratto o coniglio)	mg/kg di peso corporeo/giorno	C = 20
Inalazione di gas (ratto)	ppmV/6h/giorno	C = 50
Inalazione di vapore (ratto)	mg/litro/6h/giorno	C = 0,2
Inalazione di polvere/aerosol/fumo (ratto)	mg/litro/6h/giorno	C = 0,02

3.9.2.9.7. La classificazione nella categoria 2 interviene quando in uno studio su 90 giorni con dosi ripetute condotto su animali sono osservati effetti tossici significativi che si situano negli intervalli di valori indicativi riportati nella tabella 3.9.3.

Tabella 3.9.3

Valori indicativi per la classificazione nella categoria 2

Via di esposizione	Unità	Valori indicativi (dose/concentrazione)
Orale (ratto)	mg/kg di peso corporeo/giorno	10 < C = 100
Cutanea (ratto o coniglio)	mg/kg di peso corporeo/giorno	20 < C = 200
Inalazione di gas (ratto)	ppmV/6h/giorno	50 < C = 250
Inalazione di vapore (ratto)	mg/litro/6h/giorno	0,2 < C = 1,0
Inalazione di polvere/aerosol/fumo (ratto)	mg/litro/6h/giorno	0,02 < C = 0,2

3.9.2.9.8. I valori figuranti ai punti 3.9.2.9.6 e 3.9.2.9.7 sono soltanto indicativi: sono da utilizzarsi per determinare la forza probante dei dati e per decidere la classificazione. Non vanno quindi considerati strettamente come valori di demarcazione.

3.9.2.9.9. È quindi possibile che in studi su animali con dosi ripetute un profilo di tossicità specifico si manifesti a una dose/concentrazione inferiore al valore indicativo, per esempio < 100 mg/kg di peso corporeo/giorno per via orale, ma che si decida di non classificare la sostanza data la natura dell'effetto (per esempio una nefrotossicità osservata soltanto in ratti maschi di un ceppo particolare, di cui è accertata la sensibilità a tale effetto). Inversamente, è possibile che in studi su animali si osservi un profilo di tossicità specifico a una dose/concentrazione superiore al valore indicativo, per esempio = 100 mg/kg di peso corporeo/giorno per via orale, e che altre fonti (per esempio, altri studi su somministrazioni di lunga durata o esperienze umane) forniscano informazioni supplementari che portino a ritenere che, tenuto conto della forza probante dei dati, sia prudente classificare la sostanza.

### 3.9.2.10. Altre considerazioni

3.9.2.10.1. Se una sostanza è caratterizzata soltanto in base a dati su animali (come spesso avviene nel caso delle nuove sostanze, ma anche per molte sostanze esistenti), i valori indicativi di dose/concentrazione fanno parte degli elementi di cui tenere conto nella valutazione della forza probante dei dati ai fini della classificazione.



3.9.2.10.2. Se esistono dati sull'uomo ben fondati dimostranti che un effetto tossico specifico per un organo bersaglio può essere attribuito con certezza a un'esposizione ripetuta a una sostanza, tale sostanza è di norma classificata. I dati umani positivi, indipendentemente dalla dose probabile, prevalgono sui dati animali. Pertanto, se una sostanza non è classificata perché non è stata osservata una tossicità specifica per organi bersaglio in corrispondenza o al di sotto del valore indicativo di dose/concentrazione per la sperimentazione su animali, ma in un secondo tempo si rendono disponibili dati relativi a incidenti interessanti l'uomo che dimostrano un effetto tossico specifico per organi bersaglio, la sostanza è classificata.

3.9.2.10.3. Una sostanza per cui non sono stati effettuati test destinati a determinarne la tossicità specifica per organi bersaglio può essere classificata, ove opportuno, in base ai dati desunti da una relazione struttura-attività convalidata e ad un'estrapolazione fondata sul giudizio di esperti da un analogo strutturale già classificato e suffragata da altri importanti fattori, quali la formazione di metaboliti comuni significativi.

3.9.2.10.4. La concentrazione di vapore saturo è considerata, ove opportuno, come elemento aggiuntivo per fornire una protezione specifica per la salute e la sicurezza.

### 3.9.3. Criteri di classificazione delle miscele

3.9.3.1. Le miscele sono classificate in base agli stessi criteri utilizzati per le sostanze o secondo le indicazioni riportate di seguito. Come le sostanze, le miscele sono classificate in funzione della loro tossicità specifica per organi bersaglio a seguito di un'esposizione ripetuta.

#### 3.9.3.2. Classificazione quando esistono dati per la miscela in quanto tale

3.9.3.2.1. Quando esistono sulla miscela dati attendibili e di buona qualità provenienti da esperienze umane o da studi appropriati su animali secondo i criteri applicabili alle sostanze (cfr. punto 1.1.1.4), la miscela può essere classificata in base alla forza probante di tali dati. Nel valutare i dati sulle miscele occorre accertarsi che la dose utilizzata, la durata, l'osservazione o l'analisi non rendano i risultati inconcludenti.

#### 3.9.3.3. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.9.3.3.1. Se la miscela non è stata sottoposta a prove per determinarne la tossicità specifica per organi bersaglio, ma esistono sui singoli componenti e su miscele simili sottoposte a prove dati sufficienti per caratterizzare adeguatamente i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui al punto 1.1.3.

#### 3.9.3.4. Classificazione quando esistono dati su tutti i componenti della miscela o su alcuni di essi

3.9.3.4.1. Se non esistono dati o risultati sperimentali attendibili relativi alla miscela e non è possibile ricorrere ai fini della classificazione ai principi ponte, la classificazione della miscela si basa su quella delle sostanze che la compongono. In tal caso, la miscela è classificata come tossica per uno specifico organo bersaglio a seguito di un'esposizione singola, di un'esposizione ripetuta o di entrambe se almeno uno dei suoi componenti è classificato come tossico per un organo bersaglio di categoria 1 o di categoria 2 ed è presente in concentrazione pari o superiore al limite di concentrazione generico indicato nella tabella 3.9.4 per le categorie 1 e 2.

Tabella 3.9.4

Limiti di concentrazione generici dei componenti di una miscela classificati come tossici specifici per organi bersaglio che determinano la classificazione della miscela

Componente classificato come:	Limiti di concentrazione generici che determinano la classificazione della miscela come:	
Categoria 1	Categoria 1	Categoria 2
Tossico specifica per organi bersaglio	Concentrazione = 10%	1,0% = concentrazione < 10%
Categoria 2		
Tossico specifica per organi bersaglio	Concentrazione = 10% [(Nota 1)]	

bersaglio

#### Nota 1

Se una sostanza tossica specifica per organi bersaglio di categoria 2 è presente come componente della miscela in concentrazione = 1,0%, una scheda di dati di sicurezza è disponibile per tale miscela, su richiesta.

3.9.3.4.2. Questi limiti di concentrazione generici e le corrispondenti classificazioni si applicano alle sostanze tossiche specifiche per organi bersaglio nel caso di dosi ripetute.

3.9.3.4.3. Le miscele sono classificate separatamente secondo che la tossicità risulti da una dose singola, da dosi ripetute o da entrambe.


3.9.3.4.4. In presenza di una combinazione di sostanze tossiche che interessano più di un sistema di organi, occorre tener conto attentamente delle interazioni di potenziamento o sinergiche, perché certe sostanze possono essere tossiche per organi bersaglio a una concentrazione inferiore all' 1% se altri componenti della miscela ne potenziano l'effetto tossico.

#### 3.9.4. Comunicazione del pericolo

3.9.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.9.5.

Tabella 3.9.5

Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta) - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2
Pittogrammi GHS		
Avvertenza	Pericolo	Attenzione

Classificazione	Categoria 1	Categoria 2
Indicazione di pericolo	H372: Provoca danni agli organi (o indicare tutti gli organi interessati, se noti) in caso di esposizione prolungata o ripetuta (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo)	H373: Può provocare danni agli organi (o indicare tutti gli organi interessati, se noti) in caso di esposizione prolungata o ripetuta (indicare la via di esposizione se è accertato che nessun'altra via di esposizione comporta il medesimo pericolo a)
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P260 P264 P270	P260
Consiglio di prudenza — Reazione	P314	P314
Consiglio di prudenza — Conservazione		
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501

#### 3.10. Pericolo in caso di aspirazione

##### 3.10.1. Definizioni e considerazioni generali

3.10.1.1. Questi criteri forniscono uno strumento per la classificazione delle sostanze o miscele che possono presentare un pericolo per l'uomo in caso di aspirazione.

3.10.1.2. Per aspirazione s'intende la penetrazione di una sostanza o di una miscela solida o liquida, direttamente attraverso la cavità orale o nasale, o indirettamente per rigurgitazione, nella trachea e nelle vie respiratorie inferiori.

3.10.1.3. La tossicità per aspirazione può avere effetti acuti gravi, quali polmonite chimica, lesioni polmonari di vario grado e il decesso.

3.10.1.4. La durata dell'aspirazione corrisponde a quella dell'inspirazione, durante la quale il prodotto tossico si colloca all'intersezione delle vie respiratorie e del tratto digestivo superiori, nella regione laringofaringea.

3.10.1.5. L'aspirazione di una sostanza o miscela può anche verificarsi quando la sostanza è rigurgitata dopo essere stata ingerita. Ciò può avere conseguenze per l'etichettatura, soprattutto quando, per una sostanza o miscela che presenta un pericolo di tossicità acuta, può essere opportuna la raccomandazione di provocare il vomito in caso d'ingestione. Se la sostanza o miscela presenta anche un pericolo di tossicità per aspirazione, può essere necessario modificare la raccomandazione di provocare il vomito.

3.10.1.6. Considerazioni particolari

3.10.1.6.1. Secondo la letteratura medica sull'aspirazione di sostanze chimiche, taluni idrocarburi (distillati di petrolio) e taluni idrocarburi clorurati presentano un pericolo per l'uomo in caso di aspirazione.

3.10.1.6.2. I criteri di classificazione fanno riferimento alla viscosità cinematica. La formula seguente consente di convertire la viscosità dinamica in viscosità cinematica:

$$\frac{\text{Dynamic viscosity (mPa s)}}{\text{Density (g/cm}^3\text{)}} = \text{Kinematic viscosity (mm}^2\text{/s)}$$

3.10.1.6.2 bis Anche se la definizione dell'aspirazione al punto 3.10.1.2 comprende la penetrazione di solidi nelle vie respiratorie, la classificazione secondo il punto b) della tabella 3.10.1 per la categoria 1 si applica solamente a sostanze e a miscele allo stato liquido.

3.10.1.6.3. Classificazione dei prodotti in forma di aerosol e nebbie

Le sostanze o miscele (prodotti) in forma di aerosol o nebbie sono abitualmente commercializzate in contenitori pressurizzati, quali i nebulizzatori o gli spruzzatori a pompa o a pistola. Per classificare questi prodotti occorre stabilire se è possibile che nel cavo orale si formi una massa liquida di prodotto che possa essere successivamente aspirata. Se l'aerosol o la nebbia proveniente da un contenitore pressurizzato è molto fine, non può formarsi una massa liquida. Se invece il prodotto fuoriesce dal recipiente pressurizzato in forma di getto, può formarsi una massa liquida che può essere aspirata. In genere, la nebbia prodotta da spruzzatori a pistola o a pompa è composta da grosse gocce ed è perciò possibile che si formi una massa liquida e che questa sia poi aspirata. Se il meccanismo a pompa è amovibile e il prodotto può essere ingerito, la classificazione della sostanza o della miscela è presa in considerazione.

3.10.2. Criteri di classificazione delle sostanze

Tabella 3.10.1

Categoria di pericolo per la tossicità in caso di aspirazione

Categoria	Criteri
	Sostanze di cui è accertato che presentano pericoli di tossicità per l'uomo in caso di aspirazione o che devono essere considerate tali.

Categoria 1 Una sostanza è classificata nella categoria 1:

- (a) se esistono dati attendibili e di qualità basati su sperimentazioni eseguite sull'uomo, o
- (b) se è un idrocarburo con una viscosità cinematica, misurata a 40 °C, non superiore a 20,5 mm<sup>2</sup>/s.

Nota:

Le sostanze classificate nella categoria 1 includono taluni idrocarburi, essenza di trementina e olio di pino ma non sono limitate ad essi.

### 3.10.3. Criteri di classificazione delle miscele

#### 3.10.3.1. Classificazione quando esistono dati sulla miscela in quanto tale

Una miscela è classificata nella categoria 1 se esistono dati attendibili e di qualità basati su sperimentazioni eseguite sull'uomo.

#### 3.10.3.2. Classificazione quando non esistono dati sulla miscela in quanto tale: principi ponte

3.10.3.2.1. Se la miscela non è stata sottoposta a prove per determinarne la tossicità in caso di aspirazione, ma esistono sui singoli componenti della miscela e su miscele simili dati sufficienti per caratterizzare adeguatamente i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui alla sezione 1.1.3. Tuttavia, in caso di applicazione del principio ponte della diluizione, la concentrazione della sostanza tossica o delle sostanze tossiche in caso di aspirazione deve essere pari o superiore al 10%.

#### 3.10.3.3. Classificazione quando esistono dati per tutti i componenti della miscela o per alcuni di essi

##### 3.10.3.3.1. Categoria 1

3.10.3.3.1.1. Una miscela che contiene complessivamente il 10% o più di una o più sostanze classificate nella categoria 1 e la cui viscosità cinematica, misurata a 40 °C, non è superiore a 20,5 mm<sup>2</sup>/s è classificata nella categoria 1.


3.10.3.3.1.2. Se una miscela si separa in due o più strati distinti, di cui uno contenente il 10% o più di una o più sostanze classificate nella categoria 1 e la cui viscosità cinematica, misurata a 40°C, non è superiore a 20,5 mm<sup>2</sup>/s, la miscela è classificata nella categoria 1.

### 3.10.4. Comunicazione del pericolo

3.10.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 3.10.2.

Tabella 3.10.2

Tossicità in caso di aspirazione - Elementi dell'etichetta

Classificazione	Categoria 1
Pittogramma GHS	
Avvertenza	Pericolo
Indicazione di pericolo	H304: Può essere letale in caso di ingestione e di penetrazione nelle vie respiratorie

Classificazione	Categoria 1
Consiglio di prudenza — Prevenzione	
Consiglio di prudenza — Reazione	P301 + P310 P331
Consiglio di prudenza — Conservazione	P405
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501

#### 4. PARTE 4: PERICOLI PER L'AMBIENTE

##### 4.1. Pericoloso per l'ambiente acquatico

##### 4.1.1. Definizioni e considerazioni generali

##### 4.1.1.1. Definizioni

a) Per "tossicità acuta per l'ambiente acquatico" s'intende la proprietà intrinseca di una sostanza di causare danni a un organismo acquatico sottoposto a un'esposizione di breve durata.

b) Per "pericolo acuto" (a breve termine) s'intende, ai fini della classificazione, il pericolo di una sostanza o di una miscela, causato dalla sua tossicità acuta, per un organismo durante un'esposizione acquatica di breve durata a tale sostanza o miscela.

c) Per "disponibilità di una sostanza" s'intende la misura in cui essa diventa una specie solubile o disaggregata. Nel caso dei metalli, s'intende la misura in cui la porzione ionica di un composto metallico (M<sup>n</sup>) può disaggregarsi dal resto del composto (molecola).

d) Per "biodisponibilità" o "disponibilità biologica" di una sostanza s'intende la misura in cui essa è assorbita da un organismo e si distribuisce in una zona all'interno di tale organismo. Dipende dalle proprietà fisico-chimiche della sostanza, dall'anatomia e dalla fisiologia dell'organismo, dalla farmacocines e dalla via di esposizione. La disponibilità non è una precondizione della biodisponibilità.

e) Per "bioaccumulo" s'intende il risultato netto dell'assorbimento, della trasformazione e dell'eliminazione di una sostanza in un organismo attraverso tutte le vie di esposizione (aria, acqua, sedimenti/suolo e cibo).

f) Per "bioconcentrazione" s'intende il risultato netto dell'assorbimento, della trasformazione e dell'eliminazione di una sostanza in un organismo in seguito a un'esposizione per via d'acqua.

g) Per "tossicità cronica per l'ambiente acquatico" s'intende la proprietà intrinseca di una sostanza di provocare effetti avversi su organismi acquatici durante esposizioni determinate in relazione al ciclo vitale dell'organismo.

h) Per "degradazione" s'intende la decomposizione di molecole organiche in molecole più piccole e, da ultimo, in anidride carbonica, acqua e sali.

i) Per "ECx" s'intende la concentrazione che produce un effetto associato a una risposta x %.

j) Per "pericolo a lungo termine" s'intende, ai fini della classificazione, il pericolo di una sostanza o di una miscela, causato dalla sua tossicità cronica, in seguito a un'esposizione di lunga durata nell'ambiente acquatico.

k) Per "NOEC" (No observed effect concentration - concentrazione senza effetti osservati) s'intende la concentrazione (in un test) immediatamente inferiore alla concentrazione più bassa osservata in un test e

avente effetti avversi statisticamente significativi. La NOEC non produce effetti avversi statisticamente significativi rispetto al controllo.

#### 4.1.1.2. Elementi fondamentali

4.1.1.2.0 La classe di pericolo "Pericoloso per l'ambiente acquatico" è così differenziata:

- pericolo acuto per l'ambiente acquatico,
- pericolo a lungo termine per l'ambiente acquatico.

4.1.1.2.1 Gli elementi fondamentali considerati per la classificazione dei pericoli per l'ambiente acquatico sono i seguenti:

- tossicità acuta per l'ambiente acquatico,
- tossicità cronica per l'ambiente acquatico,
- bioaccumulo potenziale o effettivo, e infine
- degradazione (biotica o abiotica) per le sostanze chimiche organiche.

4.1.1.2.2 I dati sono ottenuti di preferenza per mezzo dei metodi di prova standardizzati di cui all'articolo 8, paragrafo 3. In pratica, anche dati ottenuti con altri metodi di prova standardizzati, tra cui i metodi nazionali, sono utilizzati se sono considerati equivalenti. Se sono disponibili dati validi ottenuti con prove non standardizzate e con metodi che non fanno uso di sperimentazione, sono presi in considerazione nella classificazione purché siano conformi ai requisiti di cui all'allegato XI, sezione 1, del regolamento (CE) n. 1907/2006. In generale, i dati relativi alla tossicità per le specie d'acqua dolce e per le specie marine sono considerati idonei all'uso ai fini della classificazione a condizione che i metodi di prova utilizzati siano equivalenti. In mancanza di tali dati, la classificazione deve basarsi sui migliori dati disponibili. Cfr. anche l'allegato I, parte 1, del regolamento (CE) n. 1272/2008.

#### 4.1.1.3. Altre considerazioni

4.1.1.3.1 La classificazione delle sostanze e delle miscele in funzione dei pericoli per l'ambiente richiede l'individuazione dei pericoli che esse presentano per l'ambiente acquatico. L'ambiente acquatico è considerato in termini di organismi che vivono in acqua e di ecosistema acquatico di cui essi sono parte. Pertanto, l'individuazione del pericolo acuto (a breve termine) e del pericolo a lungo termine si basa sulla tossicità della sostanza o della miscela per l'ambiente acquatico, pur con le modifiche eventualmente necessarie per tenere conto di nuove informazioni sulle modalità di degradazione e bioaccumulo.

4.1.1.3.2 Anche se il sistema di classificazione è applicabile a tutte le sostanze e a tutte le miscele, è inteso che in casi particolari (ad esempio metalli) l'Agenzia europea delle sostanze chimiche ha fornito orientamenti.

#### 4.1.2. Criteri di classificazione delle sostanze

4.1.2.1. Il sistema di classificazione riconosce che il pericolo intrinseco principale per gli organismi acquatici è rappresentato dalla tossicità acuta e dalla tossicità a lungo termine di una sostanza. Per il pericolo a lungo termine sono definite categorie di pericolo distinte, che corrispondono a gradi diversi del pericolo individuato. Per definire la categoria o le categorie di pericolo appropriate si utilizza di norma il più basso dei valori di tossicità disponibili tra e all'interno dei vari livelli trofici (pesci, crostacei, alghe/piante acquatiche). In talune circostanze è opportuno basarsi sulla forza probante dei dati.

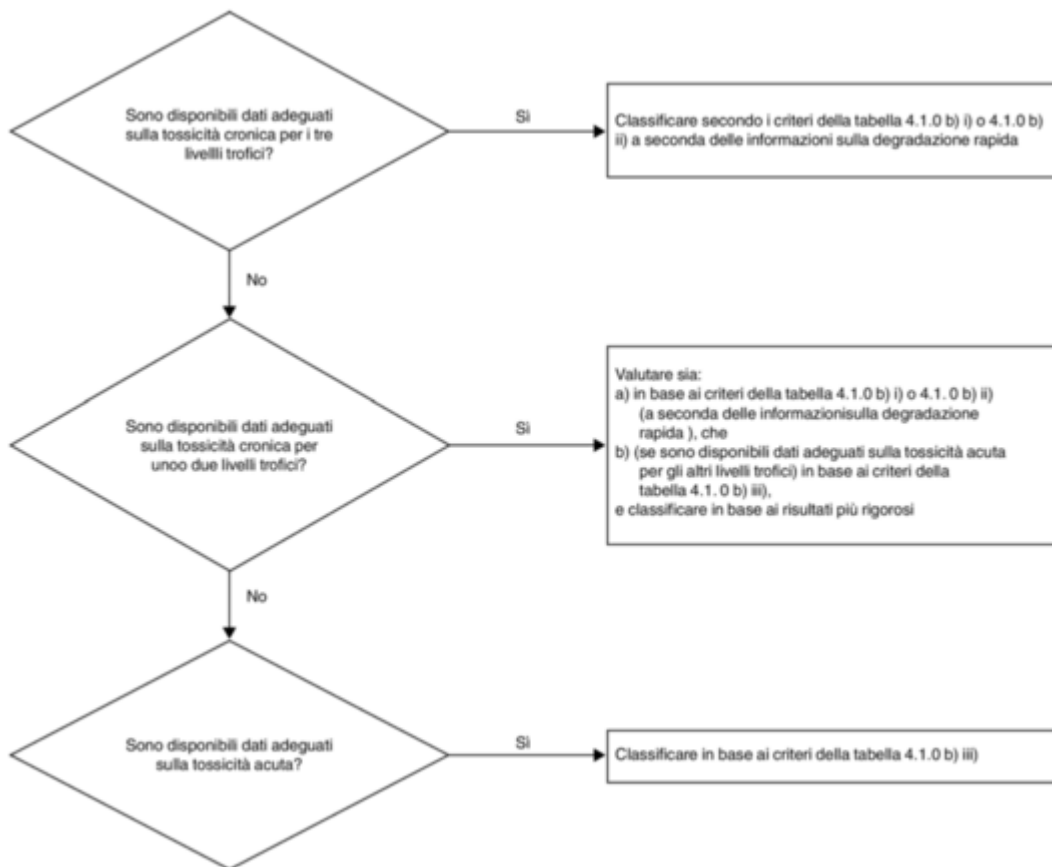
4.1.2.2. Il sistema di classificazione delle sostanze comprende essenzialmente una categoria di pericolo acuto e tre categorie di pericolo a lungo termine. Le categorie di pericolo acuto e a lungo termine sono applicate in modo indipendente.

4.1.2.3. I criteri di classificazione di una sostanza nella categoria Acuto 1 sono definiti sulla base dei soli dati relativi alla tossicità acuta per l'ambiente acquatico ( $CE_{50}$  o  $CL_{50}$ ). I criteri di classificazione di una

sostanza nelle categorie Cronico da 1 a 3 seguono una procedura per tappe successive, in cui la prima tappa consiste nel verificare se le informazioni disponibili sulla tossicità cronica giustificano la classificazione nella categoria di pericolo a lungo termine. In mancanza di dati adeguati sulla tossicità cronica, la fase successiva consiste nel combinare due tipi di informazioni, ad esempio dati sulla tossicità acquatica acuta e dati sul destino ambientale (dati sulla degradabilità e sul bioaccumulo) (cfr. figura 4.1.1).

Figura 4.1.1

Categorie delle sostanze pericolose a lungo termine per l'ambiente acquatico



4.1.2.4. Il sistema introduce inoltre una classificazione del tipo "rete di sicurezza" (categoria Cronico 4) da utilizzare quando i dati disponibili non permettono una classificazione sulla base dei criteri formali per le categorie Acuto 1 o Cronico da 1 a 3, ma destano comunque una certa preoccupazione (cfr. esempio nella tabella 4.1.0).

4.1.2.5. Le sostanze con tossicità acuta inferiore a 1 mg/l o tossicità cronica inferiore a 0,1 mg/l (se non rapidamente degradabili) e inferiore a 0,01 mg/l (se rapidamente degradabili) contribuiscono, come componenti di una miscela, alla sua tossicità anche a basse concentrazioni; di norma, a queste sostanze è attribuito un peso maggiore quando si applica il metodo della somma delle classificazioni (cfr. la nota 1 della tabella 4.1.0 e il punto 4.1.3.5.5).

4.1.2.6. I criteri per la classificazione e la categorizzazione delle sostanze come "pericolose per l'ambiente acquatico" sono sintetizzati nella tabella 4.1.0.

Tabella 4.1.0

Categorie per la classificazione delle sostanze come pericolose per l'ambiente acquatico

a) Pericolo acuto (a breve termine) per l'ambiente acquatico

**Categoria Acuto 1** (Nota 1)

CL <sub>50</sub> a 96 ore (per i pesci)	≤ 1 mg/l e/o
CE <sub>50</sub> a 48 ore (per i crostacei)	≤ 1 mg/l e/o
CrE <sub>50</sub> a 72 o 96 ore (per le alghe o altre piante acquatiche)	≤ 1 mg/l. (Nota 2)

b) Pericolo a lungo termine per l'ambiente acquatico

i) Sostanze non rapidamente degradabili (Nota 3) per le quali sono disponibili dati adeguati sulla tossicità cronica

**Categoria Cronico 1:** (Nota 1)

NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i pesci)	≤ 0,1 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i crostacei)	≤ 0,1 mg/l e/o



NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per le alghe o altre piante acquatiche)	≤ 0,1 mg/l.
<b>Categoria Cronico 2:</b>	
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i pesci)	> 0,1 fino a ≤ 1 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i crostacei)	> 0,1 fino a ≤ 1 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per le alghe o altre piante acquatiche)	> 0,1 fino a ≤ 1 mg/l.
ii) Sostanze rapidamente degradabili (Nota 3) per le quali sono disponibili dati adeguati sulla tossicità cronica	
<b>Categoria Cronico 1:</b> (Nota 1)	
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i pesci)	≤ 0,01 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i crostacei)	≤ 0,01 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per le alghe o altre piante acquatiche)	≤ 0,01 mg/l.
<b>Categoria Cronico 2:</b>	
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i pesci)	> 0,01 fino a ≤ 0,1 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i crostacei)	> 0,01 fino a ≤ 0,1 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per le alghe o altre piante acquatiche)	> 0,01 fino a ≤ 0,1 mg/l.
<b>Categoria Cronico 3:</b>	
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i pesci)	> 0,1 fino a ≤ 1 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per i crostacei)	> 0,1 fino a ≤ 1 mg/l e/o
NOEC cronica o EC <sub>x</sub> (per le alghe o altre piante acquatiche)	> 0,1 fino a ≤ 1 mg/l.
iii) Sostanze per le quali non sono disponibili dati adeguati sulla tossicità cronica	
<b>Categoria Cronico 1:</b> (Nota 1)	
CL <sub>50</sub> a 96 ore (per i pesci)	≤ 1 mg/l e/o
CE <sub>50</sub> a 48 ore (per i crostacei)	≤ 1 mg/l e/o
CrE <sub>50</sub> a 72 o 96 ore (per le alghe o altre piante acquatiche)	≤ 1 mg/l. (Nota 2)
e la sostanza non è rapidamente degradabile e/o il BCF determinato per via sperimentale ≥ 500 (o, se non disponibile, il log K <sub>ow</sub> ≥ 4). (Nota 3).	
<b>Categoria Cronico 2:</b>	
CL <sub>50</sub> a 96 ore (per i pesci)	> 1 fino a ≤ 10 mg/l e/o
CE <sub>50</sub> a 48 ore (per i crostacei)	> 1 fino a ≤ 10 mg/l e/o
CrE <sub>50</sub> a 72 o 96 ore (per le alghe o altre piante acquatiche)	> 1 fino a ≤ 10 mg/l (Nota 2)
e la sostanza non è rapidamente degradabile e/o il BCF determinato per via sperimentale ≥ 500 (o, se non disponibile, il log K <sub>ow</sub> ≥ 4). (Nota 3).	
<b>Categoria Cronico 3:</b>	
CL <sub>50</sub> a 96 ore (per i pesci)	> 10 fino a ≤ 100 mg/l e/o
CE <sub>50</sub> a 48 ore (per i crostacei)	> 10 fino a ≤ 100 mg/l e/o
CrE <sub>50</sub> a 72 o 96 ore (per le alghe o altre piante acquatiche)	> 10 fino a ≤ 100 mg/l (Nota 2)
e la sostanza non è rapidamente degradabile e/o il BCF determinato per via sperimentale ≥ 500 (o, se non disponibile, il log K <sub>ow</sub> ≥ 4). (Nota 3).	
Classificazione "rete di sicurezza"	
<b>Categoria Cronico 4:</b>	
Casi nei quali i dati non consentono la classificazione in base ai criteri di cui sopra, ma sussistono comunque motivi di preoccupazione. In tali casi sono comprese, ad esempio, le sostanze scarsamente solubili per le quali non si registra tossicità acuta fino alle concentrazioni corrispondenti alla solubilità in acqua (Nota 4), che non sono rapidamente degradabili secondo il punto 4.1.2.9.5 e possiedono un fattore di bioconcentrazione determinato per via sperimentale BCF ≥ 500 (o, se assente, un log K <sub>ow</sub> ≥ 4), indicante un potenziale di bioaccumulo, che sono classificate in questa categoria, a meno che altri dati scientifici indichino che la classificazione non è necessaria. Tali dati comprendono le NOEC di tossicità cronica > solubilità nell'acqua o > 1 mg/l o altri dati di rapida degradazione nell'ambiente rispetto a quelli forniti dai metodi elencati al punto 4.1.2.9.5.	

Nota 1

Quando si classificano sostanze nella categoria Acuto 1 e/o nella categoria Cronico 1 è necessario indicare anche un fattore moltiplicatore appropriato (cfr. tabella 4.1.3).

Nota 2

La classificazione si basa sulla  $CrE_{50}$  [=  $CE_{50}$  (tasso di crescita)]. Quando la base della  $CE_{50}$  non è specificata o non è registrata alcuna  $CrE_{50}$ , la classificazione si basa sul valore  $CE_{50}$  minimo disponibile.

#### Nota 3

Se non sono disponibili dati utili sulla degradabilità, siano essi determinati in via sperimentale o attraverso stime, la sostanza va considerata non rapidamente degradabile.

#### Nota 4

“Nessuna tossicità acuta” significa che la/ $le$   $C(E)_{L50}$  è/sono superiore/i alla solubilità in acqua. Questo vale anche per le sostanze scarsamente solubili (solubilità in acqua < 1 mg/l), per le quali esistono dati indicanti che il test di tossicità acuta non fornisce la misura reale della tossicità intrinseca.

#### 4.1.2.7. Tossicità per l'ambiente acquatico

##### 4.1.2.7.1

La tossicità acuta per l'ambiente acquatico è di norma determinata sulla base di una  $CL_{50}$  a 96 ore per i pesci, una  $CE_{50}$  a 48 ore per i crostacei e/o una  $CE_{50}$  a 72 o 96 ore per le specie algali. Queste specie coprono una gamma di livelli trofici e taxa e sono considerate rappresentative di tutti gli organismi acquatici. Se il metodo di prova è adatto, sono presi in considerazione anche dati relativi ad altre specie (per esempio, *Lemna* spp.). I test di inibizione della crescita delle piante acquatiche sono di norma considerati come test cronici, ma le  $CE_{50}$  sono considerate come valori di tossicità acuta ai fini della classificazione (cfr. nota 2).

4.1.2.7.2 Per determinare la tossicità cronica per l'ambiente acquatico ai fini della classificazione, sono accettati dati ottenuti secondo i metodi di prova standardizzati di cui all'articolo 8, paragrafo 3, nonché i risultati ottenuti con altri metodi di prova convalidati e accettati a livello internazionale. Sono utilizzati i valori NOEC o altre CEx equivalenti (per esempio,  $CE_{10}$ ).

##### 4.1.2.8. Bioaccumulo

4.1.2.8.1 Il bioaccumulo di sostanze negli organismi acquatici può provocare effetti tossici a lungo termine, anche quando la concentrazione effettiva in acqua è bassa. Per le sostanze organiche il potenziale di bioaccumulo è di norma determinato in base al coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua, in genere espresso in forma di  $\log K_{ow}$ . La relazione tra il  $\log K_{ow}$  di una sostanza organica e la sua bioconcentrazione, misurata dal fattore di bioconcentrazione (BCF) nei pesci, è ampiamente confermato dalla letteratura scientifica. Per identificare soltanto le sostanze con un effettivo potenziale di bioconcentrazione, si applica un valore soglia di  $\log K_{ow} = 4$ . Anche se questo permette di determinare un potenziale di bioaccumulo, un BCF determinato per via sperimentale fornisce una misura più precisa ed è deve essere preferito se disponibile. Un BCF nei pesci = 500 è indicativo del potenziale di bioconcentrazione ai fini della classificazione. Si osservano relazioni tra la tossicità cronica ed il potenziale di bioaccumulo, dato che la tossicità è connessa al carico corporeo.

##### 4.1.2.9. Degradabilità rapida delle sostanze organiche

4.1.2.9.1 Le sostanze che si degradano rapidamente possono essere eliminate dall'ambiente in tempi brevi. Tali sostanze possono produrre effetti, in particolare in caso di fuoriuscita o di incidente, ma localizzati e di breve durata. Le sostanze che non si degradano rapidamente possono esercitare in acqua un'azione tossica su un'ampia scala spaziale e temporale.

4.1.2.9.2 Un modo per dimostrare la degradazione rapida consiste nell'applicare i test di screening della biodegradazione, destinati a determinare se una sostanza organica è “prontamente biodegradabile”. Se tali dati non sono disponibili, un rapporto  $BOD(5 \text{ giorni})/COD = 0,5$  è considerato un indice di degradazione rapida. Perciò, una sostanza che supera questo test di screening è considerata una sostanza che probabilmente si degrada “rapidamente” nell'ambiente acquatico ed è quindi improbabile che sia persistente. Tuttavia, un risultato negativo nel test di screening non significa necessariamente che la sostanza non si degraderà rapidamente nell'ambiente. Possono quindi essere prese in considerazione anche altre prove di degradazione rapida nell'ambiente, che sono particolarmente importanti quando le sostanze inibiscono l'attività microbica alle concentrazioni utilizzate nelle prove standardizzate. Di

conseguenza, è introdotto un ulteriore criterio di classificazione che consente di utilizzare dati che dimostrano che la sostanza ha subito effettivamente una degradazione biotica o abiotica nell'ambiente acquatico superiore al 70% entro 28 giorni. Pertanto, se la degradazione è dimostrata in condizioni che rispecchiano quelle dell'ambiente reale, la sostanza risponde al criterio della "degradabilità rapida".

4.1.2.9.3 I numerosi dati disponibili sotto forma di emivita di degradazione possono essere utilizzati per definire la degradazione rapida, purché sia ottenuta la biodegradazione totale della sostanza (ossia la completa mineralizzazione). In genere la biodegradazione primaria non è sufficiente per valutare la degradabilità rapida, a meno che si possa dimostrare che i prodotti della degradazione non soddisfano i criteri di classificazione delle sostanze come pericolose per l'ambiente acquatico.

4.1.2.9.4 I criteri utilizzati riflettono il fatto che la degradazione nell'ambiente può essere biotica o abiotica. L'idrolisi può essere presa in considerazione se i prodotti dell'idrolisi non soddisfano i criteri di classificazione delle sostanze come pericolose per l'ambiente acquatico.

4.1.2.9.5 Le sostanze sono considerate rapidamente degradabili se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

a) negli studi di pronta biodegradazione a 28 giorni sono raggiunti almeno i seguenti livelli di degradazione:

i) nelle prove basate sul carbonio organico disciolto: 70%;

ii) nelle prove basate sulla deplezione dell'ossigeno o sulla formazione di diossido di carbonio: 60% del massimo teorico.

Questi livelli di biodegradazione devono essere raggiunti entro 10 giorni dall'inizio della degradazione, considerato come il momento in cui il 10% della sostanza è stato degradato, a meno che la sostanza venga identificata come UVCB o come sostanza complessa, multicomponente con costituenti strutturalmente simili. In tal caso e se vi sono sufficienti motivazioni, si può derogare alla condizione relativa alla finestra di 10 giorni e applicare la soglia di 28 giorni;

b) nei casi in cui sono disponibili solo dati relativi alla BOD e alla COD, quando il rapporto BOD5/COD è = 0,5; oppure

c) se esistono altri dati scientifici che dimostrino che la sostanza può essere degradata nell'ambiente acquatico (per via biotica e/o abiotica) in misura superiore al 70% entro 28 giorni.

#### 4.1.2.10. Composti inorganici e metalli

4.1.2.10.1 Per i composti inorganici e i metalli, il concetto di degradabilità applicato ai composti organici ha un significato limitato o nullo. Tali sostanze possono subire per effetto di normali processi ambientali una trasformazione che aumenta o diminuisce la biodisponibilità delle specie tossiche. Anche i dati relativi al bioaccumulo devono essere trattati con cautela.

4.1.2.10.2 I composti inorganici e i metalli scarsamente solubili possono presentare una tossicità acuta o cronica per l'ambiente acquatico, secondo la tossicità intrinseca della specie inorganica biodisponibile, la quantità della specie che può entrare in soluzione e la velocità con cui il fenomeno si produce. Tutti i dati vanno ponderati ai fini della classificazione. Questo metodo va applicato soprattutto per i metalli che evidenziano risultati borderline nel protocollo di trasformazione/dissoluzione.

#### 4.1.3. Criteri di classificazione delle miscele

4.1.3.1. Il sistema di classificazione delle miscele comprende tutte le categorie di classificazione utilizzate per le sostanze, ovvero le categorie Acuto 1 e Cronico da 1 a 4. Per utilizzare tutti i dati disponibili ai fini della classificazione dei pericoli della miscela per l'ambiente acquatico si applica, se del caso, la seguente definizione.

I "componenti rilevanti" di una miscela sono quelli che sono classificati nella categoria "Acuto 1" o "Cronico 1" e sono presenti in concentrazione dello 0,1% (p/p) o più, e quelli che sono classificati nelle categorie "Cronico 2", "Cronico 3" o "Cronico 4" e sono presenti in concentrazione dell'1% (p/p) o più,

ameno che si possa supporre (come nel caso dei componenti altamente tossici, cfr. 4.1.3.5.5) che un componente presente in concentrazione inferiore sia ancora rilevante per la classificazione della miscela come pericolosa per l'ambiente acquatico. In generale, per le sostanze classificate nella categoria "Acuto 1" o nella categoria "Cronico 1" si prende in considerazione la concentrazione di (0,1/M)%. (Per chiarimenti sul fattore M, cfr. punto 4.1.3.5.5).

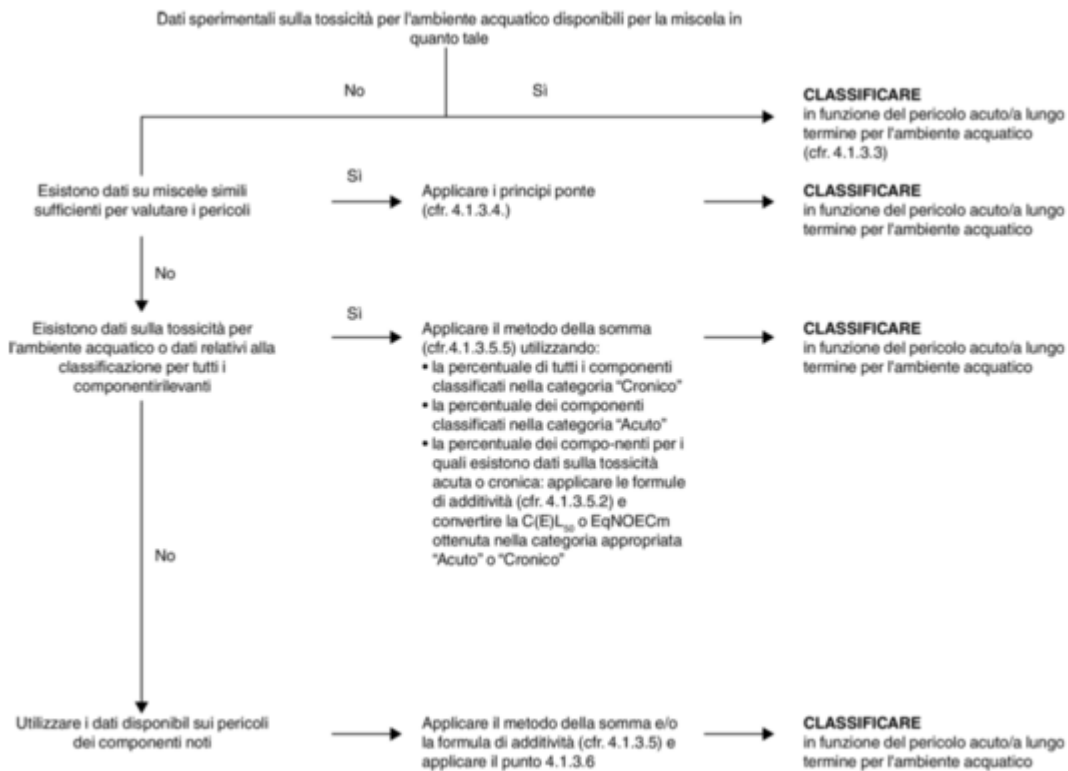
4.1.3.2. Per classificare una miscela in relazione al pericolo per l'ambiente acquatico si procede per tappe successive, in funzione delle informazioni disponibili per la miscela stessa e per i suoi componenti. La procedura da seguire è descritta dal diagramma della figura 4.1.2.

La procedura di classificazione per tappe comprende:

- una classificazione in base alle miscele sottoposte a prove,
- una classificazione in base a principi ponte,
- il ricorso alla "somma dei componenti classificati" e/o a una "formula di additività".

Figura 4.1.2

Procedura di classificazione per tappe successive delle miscele per il pericolo acuto e a lungo termine per l'ambiente acquatico



#### 4.1.3.3. Classificazione delle miscele quando esistono dati di tossicità sulla miscela in quanto tale

4.1.3.3.1. Quando la miscela in quanto tale è stata sottoposta a prove per determinarne la tossicità per l'ambiente acquatico, le informazioni ottenute possono essere utilizzate per classificarla secondo i criteri concordati per le sostanze. La classificazione si basa di norma sui dati relativi a pesci, crostacei e alghe/piante (cfr. punti 4.1.2.7.1 e 4.1.2.7.2). Quando non sono disponibili dati di tossicità acuta o cronica adeguati per la miscela in quanto tale, vanno applicati "principi ponte" oppure il "metodo della somma" (cfr. punti 4.1.3.4 e 4.1.3.5).

4.1.3.3.2. Per la classificazione delle miscele come pericolose a lungo termine servono ulteriori informazioni sulla degradabilità e, in taluni casi, sul bioaccumulo. Le prove di degradabilità e di bioaccumulo non vengono impiegate per le miscele perché sono solitamente difficili da interpretare e sono significative solo per singole sostanze.

#### 4.1.3.3.3 Classificazione per la categoria Acuto 1

a) Quando sono disponibili dati sperimentali adeguati sulla tossicità acuta ( $CL_{50}$  o  $CE_{50}$ ) per la miscela in quanto tale, che indicano  $C(E)_{L_{50}} = 1$  mg/l:

la miscela viene classificata nella categoria Acuto 1 secondo la lettera a) della tabella 4.1.0.

b) Quando sono disponibili dati sperimentali adeguati sulla tossicità acuta ( $CL_{50}$  o  $CE_{50}$ ) per la miscela in quanto tale, che indicano  $C(E)_{L_{50}} > 1$  mg/l per tutti i livelli trofici:

non è necessario classificare la miscela per il pericolo acuto.

#### 4.1.3.3.4 Classificazione per le categorie Cronico 1, 2 e 3

a) Quando sono disponibili dati adeguati sulla tossicità acuta ( $CE_x$  o NOEC) per la miscela in quanto tale, che indicano  $CE_x$  o NOEC della miscela sottoposta a prova = 1 mg/l:

i) la miscela viene classificata nella categoria Cronico 1, 2 o 3 in conformità della lettera b), punto ii) della tabella 4.1.0 in quanto rapidamente degradabile se le informazioni disponibili consentono di concludere che tutti i componenti rilevanti della miscela sono rapidamente degradabili;

ii) la miscela viene classificata nella categoria Cronico 1, o 2 in tutti gli altri casi, in conformità della lettera b), punto i) della tabella 4.1.0 in quanto non rapidamente degradabile.

b) Quando sono disponibili dati adeguati sulla tossicità cronica ( $CE_x$  o NOEC) per la miscela in quanto tale, che indicano  $CE_x$  o NOEC della miscela sottoposta a prova  $> 1$  mg/l per tutti i livelli trofici:

non è necessario classificare la miscela per il pericolo a lungo termine nelle categorie Cronico 1, 2 o 3.

#### 4.1.3.3.5 Classificazione per la categoria Cronico 4

Se sussistono comunque motivi di preoccupazione:

la miscela viene classificata nella categoria Cronico 4 (classificazione del tipo "rete di sicurezza") in conformità della tabella 4.1.0.

#### 4.1.3.4. Classificazione delle miscele quando non esistono dati di tossicità sulla miscela in quanto tale: Principi ponte

4.1.3.4.1 Se la miscela non è stata sottoposta a prove per determinarne il pericolo di tossicità per l'ambiente acquatico, ma esistono dati relativi ai singoli componenti e a miscele simili sottoposte a test sufficienti per caratterizzare adeguatamente i pericoli della miscela, tali dati sono utilizzati secondo i principi ponte di cui alla sezione 1.1.3. Per l'applicazione del principio ponte relativo alla diluizione, si vedano i punti 4.1.3.4.2 e 4.1.3.4.3.

4.1.3.4.2 Diluizione: se una miscela è formata per diluizione di un'altra miscela sottoposta a prova o di una sostanza classificata come pericolosa per l'ambiente acquatico con un diluente classificato in una categoria di pericolo per l'ambiente acquatico equivalente o inferiore a quella del componente originario meno tossico e che non dovrebbe influire sulla tossicità per l'ambiente acquatico degli altri componenti, la miscela può essere classificata come equivalente alla miscela o alla sostanza originaria. Come alternativa, si può applicare il metodo illustrato al punto 4.1.3.5.

4.1.3.4.3 Se una miscela è formata per diluizione di un'altra miscela o sostanza classificata o di una sostanza con acqua o altra materia non tossica, la tossicità della miscela può essere calcolata in base alla miscela o sostanza originaria.

4.1.3.5. Classificazione delle miscele quando esistono dati su tutti i componenti della miscela o su alcuni di essi

4.1.3.5.1 La classificazione di una miscela si basa sulla somma delle concentrazioni dei suoi componenti classificati. La percentuale dei componenti classificati nelle categorie "Acuto" o "Cronico" è direttamente introdotta nel metodo della somma. Precisazioni su tale metodo sono fornite al punto 4.1.3.5.5.

4.1.3.5.2 Le miscele possono essere costituite da componenti classificati (nella categoria Acuto 1 e/o Cronico 1,2, 3, 4) e altri componenti, per i quali sono disponibili dati sperimentali adeguati sulla tossicità. Quando sono disponibili dati adeguati sulla tossicità per più di un componente della miscela, la tossicità complessiva di tali componenti viene calcolata applicando le seguenti formule di additività a) o b), a seconda della natura dei dati sulla tossicità:

a) basati su tossicità acuta per l'ambiente acquatico:



$$\frac{\sum C_i}{L(E)C_{50m}} = \sum_n \frac{C_i}{L(E)C_{50i}}$$

dove:

$C_i$  = concentrazione del componente i (percentuale in peso)


$C(E)L_{50i}$  = (mg/l)  $CL_{50}$  o  $CE_{50}$  per il componente i

$n$  = numero di componenti, e i varia da 1 a n

$C(E)L_{50m}$  =  $C(E)L_{50}$  della frazione di miscela costituita da componenti per i quali esistono dati sperimentali.

La tossicità calcolata può essere impiegata per classificare tale frazione della miscela in una categoria di pericolo acuto, che viene poi utilizzata applicando il metodo della somma;

b) basati su tossicità cronica per l'ambiente acquatico:



$$\frac{\sum C_i + \sum C_j}{EqNOEC_m} = \sum_n \frac{C_i}{NOEC_i} + \sum_n \frac{C_j}{0,1 \times NOEC_j}$$

dove:

$C_i$  = concentrazione del componente i (percentuale in peso) comprendente i componenti rapidamente degradabili;

$C_j$  = concentrazione del componente j (percentuale in peso) comprendente i componenti non rapidamente degradabili;

$NOEC_i$  = NOEC (o altre misure riconosciute per la tossicità cronica) del componente i, comprendente i componenti rapidamente degradabili, in mg/l;

$NOEC_j$  = NOEC (o altre misure riconosciute per la tossicità cronica) del componente j, comprendente i componenti non rapidamente degradabili, in mg/l;

$n$  = numero di componenti, e i e j variano da 1 a n;

$EqNOEC_m$  = NOEC equivalente della frazione della miscela con dati sperimentali.

La tossicità equivalente rispecchia quindi il fatto che le sostanze non rapidamente degradabili sono classificate in una categoria di pericolo di livello più "severo" rispetto alle sostanze rapidamente degradabili.

La tossicità equivalente così calcolata può essere impiegata per classificare tale frazione della miscela in una categoria di pericolo a lungo termine, secondo i criteri per le sostanze rapidamente degradabili [lettera b), punto ii), della tabella 4.1.0], che viene poi impiegata per applicare il metodo della somma.

4.1.3.5.3 Se la formula di additività è applicata a una parte della miscela, è preferibile calcolare la tossicità di questa parte della miscela utilizzando per ciascuna sostanza valori di tossicità che si riferiscono allo stesso gruppo tassonomico (pesci, crostacei, alghe o equivalente) e quindi utilizzare la tossicità più elevata (valore più basso) ottenuta (ossia utilizzare il più sensibile dei tre gruppi tassonomici). Tuttavia, se i dati sulla tossicità di ciascun componente non si riferiscono allo stesso gruppo tassonomico, il valore di tossicità di ciascun componente è selezionato nello stesso modo in cui sono selezionati i valori di tossicità per la classificazione delle sostanze, ossia è utilizzata la tossicità più elevata (del più sensibile degli organismi sottoposti a prova). La tossicità acuta e cronica calcolata è quindi utilizzata per valutare se classificare questa parte della miscela nella categoria Acuto 1 e/o Cronico 1, 2 o 3 in base agli stessi criteri descritti per le sostanze.

4.1.3.5.4 Se una miscela è classificata in più modi, il metodo utilizzato è quello che produce il risultato più conservativo.

4.1.3.5.5 Metodo della somma

4.1.3.5.5.1. Principi

4.1.3.5.5.1.1. Nel caso delle categorie di classificazione delle sostanze da Cronico 1 a Cronico 3, i criteri di tossicità sottesi differiscono di un fattore 10 da una categoria all'altra. Le sostanze classificate in una fascia di tossicità elevata contribuiscono quindi alla classificazione di una miscela in una fascia di tossicità inferiore. Nel calcolo di tali categorie di classificazione si deve quindi tenere conto del contributo di qualsiasi sostanza classificata nella categoria Cronico 1, 2 o 3.

4.1.3.5.5.1.2. Se una miscela contiene componenti classificati nella categoria Acuto 1 o Cronico 1 occorre tener conto del fatto che tali componenti, quando la loro tossicità acuta è inferiore a 1 mg/l e/o la loro tossicità cronica è inferiore a 0,1 mg/l (se non rapidamente degradabili) e a 0,01 mg/l (se rapidamente degradabili), contribuiscono alla tossicità della miscela anche se sono presenti in basse concentrazioni. I componenti attivi presenti nei pesticidi sono spesso molto tossici per l'ambiente acquatico, come pure altre sostanze, come i composti organometallici. In queste condizioni l'applicazione dei normali limiti di concentrazione generici dà luogo a una "sottoclassificazione" della miscela. È quindi necessario applicare fattori moltiplicatori per tener conto dei componenti altamente tossici, come indicato al punto 4.1.3.5.5.5.

4.1.3.5.5.2. Procedura di classificazione

4.1.3.5.5.2.1. In generale, una classificazione più severa di una miscela prevale su una classificazione meno severa, per esempio la classificazione di una miscela nella categoria Cronico 1 prevale sulla classificazione nella categoria Cronico 2. Di conseguenza, in questo esempio, la procedura di classificazione è già completata se la miscela è stata classificata nella categoria Cronico 1. Non esistono categorie di classificazione più severe della categoria Cronico 1. Per tale motivo non è necessario procedere oltre nella classificazione.

4.1.3.5.5.3. Classificazione per la categoria Acuto 1

4.1.3.5.5.3.1. Si considerano in primo luogo tutti i componenti classificati nella categoria Acuto 1. Se la somma delle concentrazioni (in %) di tali componenti moltiplicata per i loro fattori M corrispondenti è superiore a 25%, l'intera miscela viene classificata nella categoria Acuto 1.

4.1.3.5.5.3.2. La classificazione delle miscele in funzione del pericolo acuto in base alla somma dei componenti classificati è sintetizzata nella tabella 4.1.1.

Tabella 4.1.1

#### Classificazione di una miscela in funzione del pericolo acuto, per somma dei componenti classificati

Somma dei componenti classificati nella categoria: Miscela classificata nella categoria:  
Acuto 1  $\times$  M (a) = 25% Acuto 1  
(a) Per chiarimenti sul fattore M, cfr. punto 4.1.3.5.5.5.

#### 4.1.3.5.5.4. Classificazione nelle categorie Cronico 1, 2, 3 e 4

4.1.3.5.5.4.1. Si considerano in primo luogo tutti i componenti classificati nella categoria Cronico 1. Se la somma delle concentrazioni (in %) di tali componenti moltiplicata per i loro fattori M corrispondenti è superiore a 25%, l'intera miscela viene classificata nella categoria Cronico 1. Se il calcolo dà luogo a una classificazione della miscela nella categoria Cronico 1, la procedura di classificazione è terminata.

4.1.3.5.5.4.2. Se la miscela non è classificata nella categoria Cronico 1, si considera se sia da classificare nella categoria Cronico 2. Una miscela è classificata nella categoria Cronico 2 se la somma delle concentrazioni (in %) di tutti i componenti classificati nella categoria Cronico 1 moltiplicata per dieci, moltiplicata per i corrispondenti fattori M e addizionata alla somma delle concentrazioni (in %) di tutti i componenti classificati nella categoria Cronico 2 è pari o superiore al 25%. Se il calcolo dà luogo a una classificazione della miscela nella categoria Cronico 2, la procedura di classificazione è terminata.

4.1.3.5.5.4.3. Se la miscela non è classificata nelle categorie Cronico 1 o Cronico 2, si considera se sia da classificare nella categoria Cronico 3. Una miscela è classificata nella categoria Cronico 3 se la somma delle concentrazioni (in %) di tutti i componenti classificati nella categoria Cronico 1 moltiplicata per cento, moltiplicata per i corrispondenti fattori M e addizionata alla somma delle concentrazioni (in %) di tutti i componenti classificati nella categoria Cronico 2 moltiplicata per dieci, addizionata alla somma delle concentrazioni (in %) di tutti i componenti classificati nella categoria Cronico 3 è pari o superiore al 25%.

4.1.3.5.5.4.4. Se la miscela non è classificata nelle categorie Cronico 1, 2 o 3, si considera se sia da classificare nella categoria Cronico 4. Una miscela è classificata nella categoria Cronico 4 se la somma delle concentrazioni (in %) dei componenti classificati nelle categorie Cronico 1, 2, 3 e 4 è pari o superiore al 25%.

4.1.3.5.5.4.5. La classificazione delle miscele in funzione del pericolo a lungo termine in base alla somma delle concentrazioni dei componenti classificati è sintetizzata nella tabella 4.1.2.

#### Tabella 4.1.2

#### Classificazione di una miscela in funzione del pericolo a lungo termine, per somma delle concentrazioni dei componenti classificati

Somma dei componenti classificati nella categoria: Miscela classificata nella categoria:  
Cronico 1  $\times$  M (a) = 25% Cronico 1  
(M  $\times$  10  $\times$  Cronico 1) + Cronico 2 = 25% Cronico 2  
(M  $\times$  100  $\times$  Cronico 1) + (10  $\times$  Cronico 2) + Cronico 3 = 25% Cronico 3  
Cronico 1 + Cronico 2 + Cronico 3 + Cronico 4 = 25% Cronico 4  
(a) Per chiarimenti sul fattore M, cfr. punto 4.1.3.5.5.5.

#### 4.1.3.5.5.5. Miscele con componenti altamente tossici

4.1.3.5.5.5.1. I componenti di categoria Acuto 1 e Cronico 1 con tossicità inferiore a 1 mg/l e/o tossicità cronica inferiore a 0,1 mg/l (se non rapidamente degradabili) e inferiore a 0,01 mg/l (se rapidamente degradabili) contribuiscono alla tossicità della miscela anche a basse concentrazioni; di norma, a queste sostanze è attribuito un peso maggiore quando si applica il metodo della somma delle classificazioni. Quando una miscela contiene componenti classificati nella categoria Acuto 1 o Cronico 1, si applica:

- o la procedura per tappe successive di cui ai punti 4.1.3.5.5.3 e 4.1.3.5.5.4 utilizzando una somma ponderata ottenuta moltiplicando per un determinato fattore le concentrazioni dei componenti della categoria Acuto 1 e della categoria Cronico 1, anziché sommare semplicemente le percentuali. Ciò significa che la concentrazione dei componenti classificati nella categoria "Acuto 1" nella colonna a sinistra della tabella 4.1.1 e la concentrazione dei componenti classificati nella categoria "Cronico 1" nella



colonna a sinistra della tabella 4.1.2 sono moltiplicate per il fattore appropriato. I fattori moltiplicatori da applicare a questi componenti sono definiti in base al valore di tossicità, come indicato nella tabella 4.1.3. Pertanto, per classificare una miscela contenente componenti classificati nella categoria Acuto/Cronico 1 è necessario conoscere il valore del fattore M per poter applicare il metodo della somma,

- o la formula di additività (cfr. punto 4.1.3.5.2) purché si disponga di dati sulla tossicità di tutti i componenti altamente tossici della miscela e se esistono prove convincenti del fatto che tutti gli altri componenti, compresi quelli per i quali non si dispone di dati specifici sulla tossicità acuta e/o cronica, sono di tossicità bassa o nulla e non contribuiscono in misura significativa alla pericolosità della miscela per l'ambiente.

Tabella 4.1.3

Fattori moltiplicatori per i componenti altamente tossici delle miscele

Tossicità acuta Valore della C(E)L <sub>50</sub> mg/l	Fattore M	Tossicità cronica Valore NOEC mg/l	Fattore M	
			Componenti NRD (*)	Componenti RD (**)
0,1 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 1	1	0,01 < NOEC ≤ 0,1	1	—
0,01 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0,1	10	0,001 < NOEC ≤ 0,01	10	1
0,001 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0,01	100	0,0001 < NOEC ≤ 0,001	100	10
0,0001 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0,001	1 000	0,00001 < NOEC ≤ 0,0001	1 000	100
0,00001 < C(E)L <sub>50</sub> ≤ 0,0001	10 000	0,000001 < NOEC ≤ 0,00001	10 000	1 000
(segue per intervalli corrispondenti a un fattore 10)		(segue per intervalli corrispondenti a un fattore 10)		

(\*) Non rapidamente degradabili.  
(\*\*) Rapidamente degradabili.

#### 4.1.3.6. Classificazione delle miscele con componenti di cui non si dispone di informazioni utili

4.1.3.6.1. Se non si dispone di informazioni utili sul pericolo acuto e/o a lungo termine per l'ambiente acquatico di uno o più componenti rilevanti, la miscela non può essere classificata in modo definitivo in una o più categorie di pericolo. In tale situazione la miscela va classificata basandosi solo sui componenti noti, indicando sull'etichetta e nella scheda di dati di sicurezza anche quanto segue: "contiene il x % di componenti di cui è ignoto il pericolo per l'ambiente acquatico".



#### 4.1.4. Comunicazione del pericolo

4.1.4.1. Sull'etichetta delle sostanze o miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 4.1.4.

Tabella 4.1.4

Pericoloso per l'ambiente acquatico - Elementi dell'etichetta

PERICOLO ACUTO PER L'AMBIENTE ACQUATICO	
	Acuto 1
Pittogramma GHS	
Avvertenza	Attenzione
Indicazione di pericolo	H400: Altamente tossico per gli organismi acquatici
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P273
Consiglio di prudenza — Reazione	P391
Consiglio di prudenza — Conservazione	
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501

PERICOLO A LUNGO TERMINE PER L'AMBIENTE ACQUATICO				
	Cronico 1	Cronico 2	Cronico 3	Cronico 4
Pittogrammi GHS			Nessun pittogramma	Nessun pittogramma
Avvertenza	Attenzione	Nessuna avvertenza	Nessuna avvertenza	Nessuna avvertenza
Indicazione di pericolo	H410: Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata	H411: Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata	H412: Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata	H413: Può essere nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata
Consiglio di prudenza — Prevenzione	P273	P273	P273	P273
Consiglio di prudenza — Reazione	P391	P391		
Consiglio di prudenza — Conservazione				
Consiglio di prudenza — Smaltimento	P501	P501	P501	P501 <sub>s</sub>

### 5.1.1. Definizioni e considerazioni generali

5.1.1.1. Il potenziale di riduzione dell'ozono (ozone depleting potential, ODP) è un parametro integrativo, diverso per ogni specie fonte di idrocarburi alogenati, che rappresenta la capacità dell'idrocarburo alogenato di ridurre lo strato di ozono nella stratosfera, calcolato in base a un rapporto massa su massa rispetto al CFC-11. La definizione formale dell'ODP è il rapporto tra la variazione complessiva dell'ozono causata dall'emissione di una determinata massa di uno specifico composto rispetto alla variazione determinata dalla stessa massa di CFC-11.

Per sostanza pericolosa per lo strato di ozono s'intende una sostanza che, in base ai dati disponibili relativi alle sue proprietà e al suo destino e comportamento ambientali previsti o osservati, può presentare un pericolo per la struttura e/o la funzione dello strato di ozono della stratosfera. Rientrano in questa definizione le sostanze elencate nell'allegato I del regolamento (CE) n. 1005/2009 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 settembre 2009, sulle sostanze che riducono lo strato di ozono

### 5.1.2. Criteri di classificazione delle sostanze

5.1.2.1. Una sostanza è classificata come pericolosa per lo strato di ozono (Categoria 1) se i dati disponibili relativi alle sue proprietà e al suo destino e comportamento ambientali previsti o osservati indicano che essa può presentare un pericolo per la struttura e/o per la funzione dello strato di ozono della stratosfera.

### 5.1.3. Criteri di classificazione delle miscele

5.1.3.1. Le miscele sono classificate come pericolose per lo strato di ozono (Categoria 1) in base alla concentrazione individuale della sostanza o delle sostanze in esse contenute che sono classificate come pericolose per lo strato di ozono (Categoria 1), secondo la tabella 5.1.

Tabella 5.1

Limiti di concentrazione generici per le sostanze (di una miscela) classificate come pericolose per lo strato di ozono (Categoria 1), che determinano la classificazione della miscela come pericolosa per lo strato di ozono (Categoria 1)


Classificazione della sostanza	Classificazione della miscela
Pericolosa per lo strato di ozono (Categoria 1)C	= 0,1%

### 5.1.4. Comunicazione del pericolo

5.1.4.1. Sull'etichetta delle sostanze e delle miscele che corrispondono ai criteri di classificazione in questa classe di pericolo figurano gli elementi indicati nella tabella 5.2.

Tabella 5.2

Pericoloso per lo strato di ozono - Elementi dell'etichetta

Simbolo/pittogramma	
Avvertenza	Attenzione
Indicazione di pericolo	H420: Nuoce alla salute pubblica e all'ambiente distruggendo l'ozono dello strato superiore dell'atmosfera
Consigli di prudenza	P502

## Allegato II

### Disposizioni particolari relative all'etichettatura e all'imballaggio di talune sostanze e miscele

Il presente allegato si compone di 5 parti:

- Parte 1, che contiene disposizioni particolari relative all'etichettatura di determinate sostanze e miscele classificate;
- Parte 2, che contiene disposizioni relative alle indicazioni di pericolo supplementari che devono figurare sull'etichetta di alcune miscele;
- Parte 3, che contiene disposizioni particolari relative all'imballaggio;
- Parte 4, che contiene disposizioni particolari relative all'etichettatura dei prodotti fitosanitari.
- Parte 5, che contiene un elenco delle sostanze e miscele pericolose cui si applica l'articolo 29, paragrafo 3

#### 1. PARTE 1: INFORMAZIONI SUPPLEMENTARI SUI PERICOLI

Le indicazioni figuranti nelle sezioni 1.1 e 1.2 sono attribuite, come disposto dall'articolo 25, paragrafo 1, a sostanze e miscele già classificate per pericoli fisici, pericoli per la salute o pericoli per l'ambiente.

##### 1.1. Proprietà fisiche

###### 1.1.1. EUH001 - "Esplosivo allo stato secco"

Sostanze e miscele esplosive di cui all'allegato I, punto 2.1, immesse sul mercato bagnate con acqua o alcoli o diluite con altre sostanze per neutralizzarne le proprietà esplosive.

###### 1.1.2. EUH006 - "Esplosivo a contatto o senza contatto con l'aria"

Sostanze e miscele instabili alla temperatura ambiente, come l'acetilene.

###### 1.1.3. EUH014 - "Reagisce violentemente con l'acqua"

Sostanze e miscele che reagiscono violentemente con l'acqua, come il cloruro di acetile, i metalli alcalini e il tetracloruro di titanio.

###### 1.1.4. EUH018 - "Durante l'uso può formarsi una miscela vapore -aria esplosiva/infiammabile".

Sostanze e miscele non classificate come infiammabili in quanto tali, che possono formare miscele vapore -aria esplosive/infiammabili. Per le sostanze ciò può essere il caso degli idrocarburi alogenati e per le miscele ciò può essere dovuto ad un componente volatile infiammabile o alla perdita di un componente volatile non infiammabile.

###### 1.1.5. EUH019 - "Può formare perossidi e splosivi"

Sostanze e miscele che, durante lo stoccaggio, possono dare luogo alla formazione di perossidi esplosivi, come l'etere dietilico e l'1,4 -diossano.

###### 1.1.6. EUH044 - "Rischio di esplosione per riscaldamento in ambiente confinato"

Sostanze e miscele non classificate come esplosive in quanto tali in base all'allegato 1, punto 2.1, ma che presentano nondimeno proprietà esplosive, se riscaldate in un contenitore chiuso. In particolare sostanze che esplodono se riscaldate in un fusto d'acciaio ma che non presentano tali reazioni se riscaldate in contenitori meno robusti.

## 1.2. Proprietà pericolose per la salute

### 1.2.1. EUH029 - "A contatto con l'acqua libera un gas tossico"

Sostanze e miscele che a contatto con acqua o aria umida sprigionano gas classificate per la tossicità acuta (categoria 1, 2 o 3) in quantità potenzialmente pericolose, come il fosforo di alluminio e il pentasolfuro di fosforo.

### 1.2.2. EUH031 - "A contatto con acidi libera un gas tossico"

Sostanze e miscele che reagiscono con acidi sprigionando gas classificati per la tossicità acuta (categoria 3) in quantità pericolose, come l'ipoclorito di sodio e il polisolfuro di bario.

### 1.2.3. EUH032 - "A contatto con acidi libera un gas altamente tossico"

Sostanze e miscele che reagiscono con acidi sprigionando gas per la tossicità acuta (categorie 1 o 2) in quantità pericolose, come i sali di acido cianidrico e l'azoturo di sodio.

### 1.2.4. EUH066 - "L'esposizione ripetuta può causare secchezza e screpolature della pelle"

Sostanze e miscele che possono provocare effetti preoccupanti quali secchezza, esfoliazione o screpolature della pelle, pur non essendo classificate come irritanti per la pelle secondo l'allegato I, punto 3.2, in base a:

- osservazioni pratiche; o
- prove pertinenti circa gli effetti previsti sulla pelle.

### 1.2.5. EUH070 - "Tossico per contatto oculare"

Sostanze e miscele per le quali una prova di irritazione oculare su animali ha provocato evidenti segni di tossicità sistemica o mortalità che possono attribuirsi ad assorbimento della sostanza o miscela attraverso le membrane mucose degli occhi. L'indicazione è anche da applicarsi se esistono prove di tossicità sistemica nell'uomo a seguito di contatto con gli occhi.

L'indicazione è da applicarsi anche quando una sostanza o miscela contiene un'altra sostanza etichettata a tal fine, se la concentrazione di tale sostanza è pari o superiore allo 0,1%, a meno che non sia altrimenti specificato nella parte 3 dell'allegato VI.

### 1.2.6. EUH071 - "Corrosivo per le vie respiratorie"

Sostanze e miscele classificate come tossiche in caso di inalazione, per le quali esistono dati indicanti che il meccanismo di tossicità è la corrosività secondo il punto 3.1.2.3.3 e la nota 1 della tabella 3.1.3.

Sostanze e miscele classificate come corrosive per la pelle, se non sono disponibili dati in materia di tossicità acuta in caso di inalazione e che possono essere inalate.

## 2. PARTE 2: DISPOSIZIONI PARTICOLARI RELATIVE AGLI ELEMENTI SUPPLEMENTARI DELL'ETICHETTA PER TALUNE MISCELE

Le indicazioni figuranti nelle sezioni 1.1 e 1.2 sono attribuite, come disposto dall'articolo 25, paragrafo 6.

### 2.1. Miscele contenenti piombo

L'etichetta dell'imballaggio di pitture e vernici il cui tenore di piombo, determinato secondo la norma ISO 6503, è superiore allo 0,15% (espresso in peso di metallo) del peso totale della miscela, reca la seguente dicitura:

EUH201 - "Contiene piombo. Non utilizzare su oggetti che possono essere masticati o succhiati da bambini".

Per gli imballaggi il cui contenuto è inferiore a 125 ml, la dicitura può essere la seguente:

EUH201A - "Attenzione! Contiene piombo"

## 2.2. Miscele contenenti cianoacrilati

L'etichetta dell'imballaggio contenente direttamente colle a base di cianoacrilati reca la seguente dicitura:

EUH202 - "Cianoacrilato. Pericolo. Incolla la pelle e gli occhi in pochi secondi. Tenere fuori dalla portata dei bambini".

Consigli di prudenza appropriati accompagnano l'imballaggio.

## 2.3. Cementi e miscele di cemento

A meno che i cementi o le miscele di cemento non siano classificati ed etichettati come sensibilizzanti con l'indicazione di pericolo H317, "Può provocare una reazione allergica della pelle", l'etichetta dell'imballaggio di cementi o miscele di cemento il cui tenore di cromo solubile (VI), allo stato idratato, è superiore allo 0,0002% del peso totale secco del cemento, reca la seguente dicitura:

EUH203 - "Contiene cromo (VI). Può provocare una reazione allergica"

Qualora siano utilizzati agenti riducenti, l'imballaggio del cemento o della miscela contenente cemento riporta informazioni sulla data d'imballaggio, sulle condizioni di stoccaggio e sul periodo di stoccaggio più adatto a mantenere attivo l'agente riducente e il tenore di cromo solubile VI inferiore allo 0,0002%.

## 2.4. Miscele contenenti isocianati

A meno che non siano già indicate sull'etichetta dell'imballaggio, le miscele contenenti isocianati (come monomeri, oligomeri, prepolimeri ecc. o come loro miscela), recano la seguente dicitura:

EUH204 - "Contiene isocianati. Può provocare una reazione allergica."

## 2.5. Miscele contenenti componenti epossidici di peso molecolare medio = 700

A meno che non siano già indicate sull'etichetta dell'imballaggio, le miscele contenenti componenti epossidici di peso molecolare medio = 700 recano la seguente dicitura:

EUH205 - "Contiene componenti epossidici. Può provocare una reazione allergica."

## 2.6. Miscele contenenti cloro attivo vendute al pubblico.

L'etichetta dell'imballaggio delle miscele contenenti più dell'1% di cloro attivo reca la seguente dicitura:

EUH206 - "Attenzione! Non utilizzare in combinazione con altri prodotti. Possono formarsi gas pericolosi (cloro)".

## 2.7. Miscele contenenti cadmio (leghe) e destinate ad essere utilizzate per la brasatura e la saldatura

L'etichetta dell'imballaggio di tali miscele reca la seguente dicitura:

EUH207 - "Attenzione! Contiene cadmio. Durante l'uso si sviluppano fumi pericolosi. Leggere le informazioni fornite dal fabbricante. Rispettare le disposizioni di sicurezza".

## 2.8 Miscele contenenti almeno una sostanza sensibilizzante

L'etichetta dell'imballaggio di miscele non classificate come sensibilizzanti, ma contenenti almeno una sostanza classificata come sensibilizzante e presente in concentrazione pari o superiore a quanto indicato nella tabella 3.4.6 dell'allegato I deve recare la seguente indicazione:

EUH208 - "Contiene (denominazione della sostanza sensibilizzante). Può provocare una reazione allergica".

Le miscele classificate come sensibilizzanti e contenenti altre sostanze classificate come sensibilizzanti (oltre a quella che induce alla classificazione della miscela), presenti in una concentrazione pari o superiore a quella specificata nella tabella 3.4.6 dell'allegato I devono recare, sull'etichetta, il nome di tali sostanze.

#### 2.9. Miscele liquide contenenti idrocarburi alogenati

L'etichetta dell'imballaggio delle miscele liquide che non presentano un punto d'infiammabilità o presentano un punto d'infiammabilità superiore a 60 °C e contengono un idrocarburo alogenato e sostanze facilmente infiammabili o infiammabili in concentrazione superiore al 5% reca una delle seguenti diciture, secondo che tali sostanze siano facilmente infiammabili o infiammabili:

EUH209 - "Può diventare facilmente infiammabile durante l'uso" o

EUH209 - "Può diventare infiammabile durante l'uso".

#### 2.10. Miscele non destinate alla vendita al pubblico

L'etichetta dell'imballaggio delle miscele non classificate come pericolose ma contenenti:

- = 0,1% di sostanze classificate come sensibilizzanti della pelle di categoria 1, 1B, sensibilizzanti delle vie respiratorie di categoria 1, 1B, o cancerogene di categoria 2, oppure

- = 0,01% di sostanze classificate come sensibilizzanti della pelle di categoria 1A, sensibilizzanti delle vie respiratorie di categoria 1A, oppure

- = un decimo del limite di concentrazione specifico per una sostanza classificata come sensibilizzante della pelle o delle vie respiratorie con limite di concentrazione specifico inferiore a 0,1%, oppure

- = 0,1% per le sostanze classificate come tossiche per la riproduzione (categorie 1A, 1B o 2) o per gli effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento; o

- almeno una sostanza in una concentrazione individuale di = 1% in peso per le miscele non gassose e = 0,2% in volume per le miscele gassose:

- classificata per altri pericoli per la salute o per l'ambiente; o

- per la quale valgono limiti comunitari di esposizione nei luoghi di lavoro

reca la dicitura seguente:

EUH210 - "Scheda dati di sicurezza disponibile su richiesta".

#### 2.11. Aerosol

Si noti che gli aerosol sono anche soggetti alle disposizioni in materia di etichettatura di cui ai punti 2.2 e 2.3 dell'allegato alla direttiva 75/324/CEE.

### 3. PARTE 3: DISPOSIZIONI PARTICOLARI RELATIVE ALL'IMBALLAGGIO

#### 3.1. Disposizioni riguardanti le chiusure di sicurezza per bambini

### 3.1.1. Imballaggi che devono essere muniti di chiusura di sicurezza per bambini

3.1.1.1. Imballaggi di qualunque capienza contenenti sostanze o miscele fornite al pubblico e classificate per la tossicità acuta (categorie da 1 a 3), STOT - esposizione singola (categoria 1) , STOT - esposizione ripetuta (categoria 1) o corrosione della pelle (categoria 1) sono muniti di chiusura di sicurezza per bambini.

3.1.1.2. Gli imballaggi di qualunque capienza contenenti sostanze o miscele fornite al pubblico che presentano un pericolo in caso di aspirazione, classificate secondo i punti 3.10.2 e 3.10.3 dell'allegato I ed etichettate secondo il punto 3.10.4.1 dell'allegato I, ad eccezione delle sostanze e delle miscele immesse sul mercato sotto forma di aerosol o in un recipiente munito di un dispositivo di nebulizzazione sigillato, sono muniti di chiusura di sicurezza per bambini.

3.1.1.3. Quando in una sostanza o miscela è presente almeno una delle sostanze sottoindicate, in concentrazione uguale o superiore alla massima concentrazione specificata per ciascuna sostanza, l'imballaggio, di qualunque capienza, è munito di chiusura di sicurezza per bambini.

No.	Identificazione della sostanza			Limite di concentrazione
CAS:	Denominazione	EC No:		
1	67-56-1	metanolo	200-659-6	= 3%
2	75-09-2	diclorometano	200-838-9	= 1%

### 3.1.2. Imballaggi richiudibili

Le chiusure di sicurezza per bambini utilizzate per imballaggi non richiudibili rispondono alla norma EN ISO 8317 modificata "Imballaggi di sicurezza per bambini - Requisiti e procedure di prova degli imballaggi richiudibili" adottata dal Comitato europeo di normalizzazione (CEN) e dall'Organizzazione internazionale di normazione (ISO).

### 3.1.3. Imballaggi non richiudibili

Le chiusure di sicurezza per bambini utilizzate per imballaggi non richiudibili rispondono alla norma CEN EN 862 modificata "Imballaggi - Imballaggi di sicurezza per bambini - Requisiti e procedure di prova degli imballaggi non richiudibili per prodotti non farmaceutici" adottata dal Comitato europeo di normazione (CEN).

### 3.1.4. Note

3.1.4.1. La conformità alle norme suddette può essere certificata unicamente da laboratori conformi alla norma EN ISO/IEC 17025 modificata.

### 3.1.4.2. Casi particolari

Se appare evidente che un imballaggio è sufficientemente sicuro per i bambini, in quanto essi non possono accedere al suo contenuto senza l'aiuto di un utensile, la prova di cui ai punti 3.1.2 o 3.1.3 può non essere effettuata.

In tutti gli altri casi e quando vi sono sufficienti ragioni per dubitare dell'efficacia di una chiusura di sicurezza per bambini, l'autorità nazionale può chiedere al responsabile dell'immissione del prodotto sul mercato di fornire un attestato rilasciato da uno dei laboratori di certificazione di cui al punto 3.1.4.1, nel quale si certifica:

- che il tipo di chiusura è tale da non richiedere l'effettuazione della prova di cui ai punti 3.1.2 o 3.1.3; o
- che la chiusura è stata sottoposta alle prove ed è risultata conforme alle norme sopraindicate.

### 3.2. Avvertenze riconoscibili al tatto



### 3.2.1. Imballaggi che devono recare un'avvertenza riconoscibile al tatto

Quando le sostanze o miscele sono fornite al pubblico e classificate come presentanti pericoli di tossicità acuta, corrosione della pelle, mutagenicità sulle cellule germinali (categoria 2), cancerogenicità (categoria 2), tossicità per la riproduzione (categoria 2), sensibilizzazione delle vie respiratorie o STOT, (categorie 1 e 2), come pericolose in caso di aspirazione o come gas, liquidi e solidi infiammabili (categorie 1 e 2), l'imballaggio di qualunque capienza reca un'avvertenza di pericolo riconoscibile al tatto.

### 3.2.2. Disposizioni riguardanti le avvertenze riconoscibili al tatto

3.2.2.1 Questa disposizione non si applica agli aerosol che sono solo classificati ed etichettati come "aerosol infiammabili, Categoria 1" o "aerosol infiammabili, Categoria 2". Non si applica neppure ai recipienti di gas trasportabili.

3.2.2.2. Le specifiche tecniche relative ai dispositivi di avvertenza di pericolo riconoscibile al tatto sono conformi alla norma EN ISO 11683 modificata "Imballaggi - Avvertenze di pericolo riconoscibili al tatto - Requisiti".

## 4. PARTE 4: DISPOSIZIONI PARTICOLARI RELATIVE ALL'ETICHETTATURA DEI PRODOTTI FITOSANITARI

Fatte salve le informazioni prescritte dall'articolo 16 della direttiva 91/414/CEE e dall'allegato V della medesima, l'etichetta dei prodotti fitosanitari oggetto della direttiva 91/414/CEC reca anche la seguente dicitura:

EUH401 - "Per evitare rischi per la salute umana e per l'ambiente, seguire le istruzioni per l'uso".

## 5. PARTE 5: ELENCO DELLE SOSTANZE E DELLE MISCELE PERICOLOSE CUI SI APPLICA L'ARTICOLO 29, PARAGRAFO 3

- Miscela pronte di cemento e calce allo stato umido.

## **Allegato VI**

### **Classificazione ed etichettatura armonizzate di talune sostanze pericolose**

La parte 1 del presente allegato contiene un'introduzione all'elenco di classificazioni ed etichettature armonizzate, comprese le informazioni elencate per ogni voce e relative classificazioni e indicazioni di pericolo della tabella 3.1 per le quali valgono talune considerazioni derivanti dalla conversione delle classificazioni di cui all'allegato I della direttiva 67/548/CEE.

La parte 2 del presente allegato espone i principi generali per la preparazione dei fascicoli e per giustificare la classificazione e l'etichettatura armonizzata di sostanze a livello comunitario.

La parte 3 del presente allegato contiene un elenco di classificazioni ed etichettature armonizzate di sostanze pericolose per le quali sono state adottate a livello comunitario una classificazione e un'etichettatura armonizzate. Nella tabella 3.1 la classificazione e l'etichettatura fanno riferimento ai criteri di cui all'allegato I del presente regolamento. Nella tabella 3.2 la classificazione e l'etichettatura fanno riferimento ai criteri di cui all'allegato VI della direttiva 67/548/CEE.

#### **1. PARTE 1: INTRODUZIONE ALL'ELENCO DELLE CLASSIFICAZIONI ED ETICHETTATURE ARMONIZZATE**

##### **1.1. Informazioni fornite per ciascuna voce**

###### **1.1.1. Numerazione delle voci e identificazione di una sostanza**

###### **1.1.1.1. Numeri indice**

Le voci contenute nella parte 3 sono elencate in funzione del numero atomico dell'elemento più caratteristico delle proprietà della sostanza. Le sostanze organiche, data la loro varietà, sono suddivise in classi. Il numero indice di ogni sostanza è costituito da una sequenza cifrata del tipo ABC-RST-VW-Y. La sequenza ABC corrisponde al numero atomico dell'elemento chimico più caratteristico o del gruppo organico più caratteristico della molecola. RST è il numero consecutivo della sostanza nelle serie ABC. VW indica la forma di cui la sostanza viene prodotta o immessa in commercio. Y è la cifra di controllo calcolata secondo il metodo a dieci cifre ISBN. Questo numero figura nella colonna "numero indice".

###### **1.1.1.2. Numeri CE**

Il numero CE, ossia EINECS, ELINCS o NLP, è il numero ufficiale della sostanza all'interno dell'Unione europea. Il numero EINECS può essere ottenuto dall'Inventario europeo delle sostanze chimiche esistenti a carattere commerciale [EINECS [1]]. Il numero ELINCS può essere ottenuto dalla Lista europea delle sostanze chimiche notificate (quale modificata) (EUR 22543 EN, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, 2006, ISSN 1018-5593). Il numero NLP può essere ottenuto dalla lista degli "ex-polimeri" (quale modificata) (Documento, Ufficio delle pubblicazioni ufficiali delle Comunità europee, 1997, ISBN 92-827-8995-0). Il numero CE è costituito da un sequenza di sette cifre del tipo XXX-XXX-X, che inizia da 200-001-8 (EINECS), da 400-010-9 (ELINCS) e da 500-001-0 (NLP). Tale numero figura nella colonna "numero indice".

###### **1.1.1.3. Numero CAS**

Per facilitare l'identificazione della voce è indicato anche il numero CAS (Chemical Abstracts Service). Si noti che il numero EINECS comprende sia le forme anidre sia le forme idrate di una sostanza, mentre spesso vi sono numerazioni CAS diverse per le due forme. Il numero CAS indicato si riferisce soltanto alla forma anidra e pertanto non descrive sempre la voce in modo altrettanto preciso del numero EINECS. Tale numero figura nella colonna "numero CAS".

###### **1.1.1.4. Identificazione chimica internazionale**

Ove possibile, le sostanze pericolose sono designate dalle rispettive denominazioni Iupac (International Union of Pure and Applied Chemistry). Le sostanze incluse negli elenchi EINECS, ELINCS o degli "ex

polimeri" sono designate dalle denominazioni figuranti in tali elenchi. In alcuni casi sono inserite altre denominazioni, per esempio quelle usuali o comuni. I prodotti fitosanitari e i biocidi sono designati, se possibile, dalle rispettive denominazioni ISO.

Le impurezze, gli additivi e altri componenti minori non sono solitamente indicati, sempreché non contribuiscano in modo rilevante alla classificazione della sostanza.

La descrizione di alcune sostanze comprende l'indicazione della purezza espressa in percentuale. Le sostanze che presentano un tenore più elevato di sostanza attiva (ad esempio un perossido organico) rispetto a detta percentuale non figurano nella parte 3 e possono presentare altre proprietà pericolose (ad esempio esplosive); tali sostanze dovrebbero essere classificate ed etichettate di conseguenza.

Quando sono indicati, i limiti di concentrazione specifici si riferiscono alla sostanza o alle sostanze figuranti alla voce. In particolare, nel caso di voci relative a miscele di sostanze o sostanze descritte con l'indicazione della purezza specifica in percentuale, i limiti si applicano alla sostanza nella forma in cui è descritta nella parte 3 e non alla sostanza pura.

Fatto salvo l'articolo 17, paragrafo 2, per le sostanze elencate nella parte 3 il nome della sostanza da utilizzare sull'etichetta corrisponde a una delle designazioni figuranti in tale parte. Per alcune sostanze, a fini di identificazione, sono state aggiunte informazioni supplementari in parentesi quadra. Dette informazioni possono non figurare sull'etichetta.

Alcune voci contengono indicazioni circa le impurezze; in questi casi il nome della sostanza è seguito dalla menzione: "(contenente = xx% di impurezze)". Il riferimento tra parentesi fa parte del nome della sostanza e deve figurare sull'etichetta.

#### 1.1.1.5. Voci relative a gruppi di sostanze

La parte 3 comprende alcune voci che si riferiscono a gruppi di sostanze. In questi casi le prescrizioni relative alla classificazione e all'etichettatura si applicano a tutte le sostanze a cui si riferisce la descrizione.

In alcuni casi, esistono prescrizioni relative alla classificazione e all'etichettatura per sostanze specifiche comprese in una voce che si riferisce a un gruppo di sostanze. In questi casi una voce specifica è inclusa nella parte 3 per la sostanza in questione e la voce che si riferisce al gruppo di sostanze è accompagnata dalla precisazione "ad eccezione di quelle specificate altrove nel presente allegato".

In alcuni casi determinate sostanze possono essere incluse in più voci di gruppi di sostanze. In questi casi la classificazione della sostanza ricalca quella di ciascuno dei due gruppi di sostanze. Qualora siano date diverse classificazioni per lo stesso pericolo si applica la classificazione più rigorosa.

Le voci della parte 3 relative a sali (sotto qualsiasi denominazione) si riferiscono, salvo diversa indicazione, alle forme anidre e alle forme idrate.

I numeri CE o CAS non sono di solito indicati per le voci che comprendono più di quattro sostanze singole.

### 1.1.2. Informazioni sulla classificazione e l'etichettatura di ciascuna voce della tabella 3.1

#### 1.1.2.1. Codici di classificazione

##### 1.1.2.1.1. Codici di classe e categoria di pericolo

Per ogni voce la classificazione si basa sui criteri esposti nell'allegato I, in conformità dell'articolo 13, paragrafo 1, e si presentano in forma di codice indicante la classe di pericolo e la categoria o le categorie/divisioni/tipi all'interno di tale classe.

I codici della classe e categoria di pericolo utilizzati per ciascuna delle categorie/divisioni/tipi di pericolo relativi ad una classe sono indicati nella tabella 1.1.

Tabella 1.1

Classe di pericolo	Codice della classe e categoria di pericolo
Esplosivo	Unst. Expl. Expl. 1.1 Expl. 1.2 Expl. 1.3 Expl. 1.4 Expl. 1.5 Expl. 1.6
Gas infiammabile	Flam. Gas 1 Flam. Gas 2
Aerosol infiammabile	Flam. Aerosol 1 Flam. Aerosol 2
Gas comburente	Ox. Gas 1
Gas sotto pressione	Press. Gas (*)
Liquido infiammabile	Flam. Liq. 1 Flam. Liq. 2 Flam. Liq. 3
Solido infiammabile	Flam. Sol. 1 Flam. Sol. 2
Sostanza o miscela autoreattiva	Self-react. A Self-react. B Self-react. CD Self-react. EF Self-react. G
Liquido piroforico	Pyr. Liq. 1
Solido piroforico	Pyr. Sol. 1
Sostanza o miscela autoriscaldante	Self-heat. 1 Self-heat. 2
Sostanza o miscela che a contatto con l'acqua libera gas infiammabile	Water-react. 1 Water-react. 2 Water-react. 3
Liquido comburente	Ox. Liq. 1 Ox. Liq. 2 Ox. Liq. 3
Solido comburente	Ox. Sol. 1 Ox. Sol. 2 Ox. Sol. 3
Perossido organico	Org. Perox. A Org. Perox. B Org. Perox. CD Org. Perox. EF Org. Perox. G
Sostanza o miscela corrosiva per i metalli	Met. Corr. 1
Tossicità acuta	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 Acute Tox. 3 Acute Tox. 4

Classe di pericolo	Codice della classe e categoria di pericolo
Corrosione/irritazione cutanea	Skin Corr. 1A Skin Corr. 1B Skin Corr. 1C Skin Irrit. 2
Lesioni oculari gravi/irritazione oculare	Eye Dam. 1 Eye Irrit. 2
Sensibilizzazione respiratoria o cutanea	Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1
Mutagenicità sulle cellule germinali	Muta. 1A Muta. 1B Muta. 2
Cancerogenicità	Carc. 1A Carc. 1B Carc. 2
Tossicità per la riproduzione	Repr. 1A Repr. 1B Repr. 2 Lact.
Tossicità specifica per organi bersaglio — esposizione singola	STOT SE 1 STOT SE 2 STOT SE 3
Tossicità specifica per organi bersaglio — esposizione ripetuta	STOT RE 1 STOT RE 2
Pericolo in caso di aspirazione	Asp. Tox. 1
Pericoloso per l'ambiente acquatico	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1 Aquatic Chronic 2 Aquatic Chronic 3 Aquatic Chronic 4
Pericoloso per lo strato di ozono	Ozone

(\*) V. nota U in 1.1.3.

#### 1.1.2.1.2. Codici delle indicazioni di pericolo

Le indicazioni di pericolo attribuite secondo l'articolo 13, lettera b), corrispondono a quelle indicate nell'allegato III. Per talune indicazioni di pericolo al codice a tre cifre sono aggiunte lettere. Sono utilizzati i seguenti codici supplementari:

H350i	Può provocare il cancro se inalato.
H360F	Può nuocere alla fertilità.
H360D	Può nuocere al feto.
H361f	Sospettato di nuocere alla fertilità
H361d	Sospettato di nuocere al feto.
H360FD	Può nuocere alla fertilità. Può nuocere al feto.
H361fd	Sospettato di nuocere alla fertilità Sospettato di nuocere al feto.
H360Fd	Può nuocere alla fertilità. Sospettato di nuocere al feto.
H360Df	Può nuocere al feto. Sospettato di nuocere alla fertilità

#### 1.1.2.2. Codici di etichettatura

Nella colonna relativa all'etichettatura sono indicati i seguenti elementi:

(i) i codici con il pittogramma di pericolo di cui all'allegato V, in conformità dell'articolo 26;

(ii) il codice di avvertenza "Dgr" per "pericolo" (Danger) e "Wng" per "attenzione" (Warning), in conformità dell'articolo 20, paragrafo 3;

(iii) i codici di indicazione di pericolo di cui all'allegato III, in conformità della classificazione;

(iv) i codici delle informazioni supplementari fornite a norma dell'articolo 25, paragrafo 1, e delle regole precisate nell'allegato II, parte 1.

#### 1.1.2.3. Limiti di concentrazione specifici e fattori M

Se differiscono dai limiti di concentrazione generici di cui all'allegato I per una determinata categoria, limiti di concentrazione specifici sono indicati in una colonna distinta unitamente alla classificazione interessata, utilizzando gli stessi codici di cui al paragrafo 1.1.2.1.1. Se nel presente allegato non sono indicati limiti di concentrazione specifici per una determinata categoria, per la classificazione delle sostanze contenenti impurezze, additivi o singoli componenti o per le miscele devono applicarsi ai fini della classificazione i limiti di concentrazione generici indicati nell'allegato I. Un asterisco (\*) in detta colonna indica che la voce ha limiti specifici di concentrazione per la tossicità acuta a norma della direttiva 67/548/CEE (tabella 3.2): v. altresì sezione 1.2.1.

Salvo diversa indicazione, i limiti di concentrazione sono espressi da una percentuale in peso della sostanza calcolata in rapporto al peso totale della miscela.

Se un fattore M è stato armonizzato per sostanze classificate come pericolose per l'ambiente acquatico nelle categorie pericolo acuto 1 o pericolo cronico 1, tale fattore M è riportato nella tabella 3.1 nella stessa colonna in cui sono riportati i limiti di concentrazione specifici. Se un fattore M per la categoria di pericolo per l'ambiente acquatico Acuto 1 ed un fattore M per la categoria Cronico 1 sono stati armonizzati, ogni fattore M va elencato nella stessa riga in cui si trova la sua rispettiva differenziazione. Se nella tabella 3.1 viene indicato un solo fattore M e la sostanza viene classificata nella categoria di pericolo per l'ambiente acquatico Acuto 1 e Cronico 1, tale fattore M va utilizzato per la classificazione in base ai pericoli acuto e a lungo termine per l'ambiente acquatico se una miscela che comprende la sostanza viene classificata dal produttore, dall'importatore o dall'utilizzatore a valle tramite il metodo della somma. Se nella tabella 3.1 non viene indicato nessun fattore M il produttore, l'importatore o l'utilizzatore a valle fissano un fattore M basandosi sui dati disponibili per la sostanza. Per la definizione e l'utilizzo dei fattori M, cfr. punto 4.1.3.5.5.5 dell'allegato I.

#### 1.1.3. Note associate a una voce

La nota o le note attribuite a una voce sono elencate nella colonna dal titolo "Note". Il significato delle note è il seguente:

##### 1.1.3.1. Note relative all'identificazione, alla classificazione e all'etichettatura delle sostanze

Nota A:

Fatto salvo l'articolo 17, paragrafo 2, il nome della sostanza deve figurare sull'etichetta sotto una delle designazioni di cui alla parte 3.

Nella parte 3 è talvolta utilizzata una descrizione generale del tipo "composti di ..." o "sali di ...". In tal caso il fornitore è tenuto a precisare sull'etichetta il nome esatto, tenendo conto di quanto indicato alla sezione 1.1.1.4.

Nota B:

Talune sostanze (acidi, basi, ecc.) sono immesse sul mercato in soluzione acquosa a diverse concentrazioni e richiedono pertanto una classificazione e un'etichettatura diverse poiché i pericoli variano in funzione della concentrazione.

Nella parte 3 per le sostanze accompagnate dalla nota B è utilizzata una denominazione generale del tipo: "acido nitrico...%".

In questo caso il fornitore deve indicare sull'etichetta la concentrazione della soluzione in percentuale. La concentrazione espressa in percentuale viene sempre intesa peso/peso, salvo altra indicazione.

Nota C:

Alcune sostanze organiche possono essere commercializzate sia in forma isomerica specifica sia come miscela di più isomeri.

In questo caso, il fornitore deve specificare sull'etichetta se la sostanza è un isomero specifico o una miscela di isomeri.

Nota D:

Alcune sostanze che tendono spontaneamente alla polimerizzazione o alla decomposizione sono generalmente immesse sul mercato in forma stabilizzata ed è sotto tale forma che sono elencate nella parte 3.

Tuttavia tali sostanze sono talvolta immesse sul mercato sotto forma non stabilizzata. In questo caso il fornitore deve specificare sull'etichetta il nome della sostanza seguito dalla dicitura "non stabilizzata".

Nota E (tabella 3.2):

Le sostanze con effetti specifici sulla salute umana (v. capitolo 4 dell'allegato VI della direttiva 67/548/CEE) classificate come cancerogene, mutagene e/o tossiche per la riproduzione di categoria 1 e 2 sono accompagnate dalla Nota E se sono classificate anche come molto tossiche (T+), tossiche (T) o nocive (Xn). Per tali sostanze, le frasi di rischio R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R39, R68 (nocivo), R48, R65 e tutte le combinazioni di tali frasi devono essere precedute dalla parola "anche".

Nota F:

Questa sostanza può contenere stabilizzanti. Se lo stabilizzante modifica le caratteristiche di pericolosità della sostanza, indicate dalla classificazione riportata nella parte 3, la classificazione e l'etichettatura devono essere effettuate in base alle regole per la classificazione e l'etichettatura delle miscele pericolose.

Nota G:

La sostanza può essere immessa sul mercato in forma esplosiva, nel qual caso deve essere valutata utilizzando metodi di prova appropriati. La classificazione e l'etichettatura devono corrispondere alle proprietà esplosive.

[Nota H (tabella 3.1):]

[La classificazione e l'etichettatura indicate per questa sostanza concernono la proprietà o le proprietà pericolose specificate dall'indicazione o dalle indicazioni di pericolo in combinazione con la classe o le classi di pericolo e la categoria o le categorie indicate. Le disposizioni dell'articolo 4 relative a fabbricanti, importatori o utilizzatori a valle di questa sostanza si applicano a tutte le altre classi e categorie di pericolo. Per le classi di pericolo per le quali la via di esposizione o la natura degli effetti determina una differenziazione della classificazione della classe di pericolo, il fabbricante, l'importatore o l'utilizzatore a valle sono tenuti a prendere in considerazione le vie di esposizione o la natura degli effetti non ancora considerate.]

[L'etichetta finale deve essere conforme alle prescrizioni dell'articolo 17 e della sezione 1.2 dell'allegato I.]

[Nota H (tabella 3.2):]

[La classificazione e l'etichetta di questa sostanza concernono soltanto la proprietà o le proprietà pericolose specificate dalla frase o dalle frasi di rischio, in combinazione con la categoria o le categorie di pericolo indicate. Il fabbricante, l'importatore e l'utilizzatore a valle della sostanza sono tenuti ad effettuare una ricerca per essere al corrente dei dati pertinenti e accessibili esistenti su tutte le altre proprietà per classificare ed etichettare la sostanza. L'etichetta finale dev'essere conforme alle prescrizioni della sezione 7 dell'allegato VI della direttiva 67/548/CEE.]

Nota J:

La classificazione come cancerogeno o mutageno non è necessaria se si può dimostrare che la sostanza contiene benzene in percentuale inferiore allo 0,1% di peso/peso (EINECS n. 200-753-7). La presente nota si applica soltanto a talune sostanze composte derivate dal carbone e dal petrolio figuranti nella parte 3.

Nota K:

La classificazione come cancerogeno o mutageno non è necessaria se si può dimostrare che la sostanza contiene 1,3-butadiene in percentuale inferiore allo 0,1% di peso/peso (EINECS n. 203-450-8). Se la sostanza non è classificata come cancerogena o mutagena dovrebbero almeno figurare i consigli di prudenza (P102-)P210-P403 (tabella 3.1) o la frase S (2-)9-16 (tabella 3.2). La presente nota si applica soltanto a talune sostanze composte derivate dal petrolio contenute nella parte 3.

Nota L:

La classificazione come cancerogeno non è necessaria se si può dimostrare che la sostanza contiene meno del 3% di estratto di DmsO secondo la misurazione IP 346 "Determinazione dei policiclici aromatici negli oli di base inutilizzati lubrificanti e nelle frazioni di petrolio senza asfaltene - estrazione di dimetile sulfosside", Institute of Petroleum, Londra. La presente nota si applica soltanto a talune sostanze composte derivate dal petrolio contenute nella parte 3.

Nota M:

La classificazione come cancerogeno non è necessaria se si può dimostrare che la sostanza contiene benzo[a]pirene in percentuale inferiore allo 0,005% di peso/peso (EINECS n. 200-028-5). La presente nota si applica soltanto a talune sostanze composte derivate dal carbone figuranti nella parte 3.

Nota N:

La classificazione come cancerogeno non è necessaria se si conosce l'intero iter di raffinazione e si può dimostrare che la sostanza da cui il prodotto è derivato non è cancerogena. La presente nota si applica soltanto a talune sostanze composte derivate dal petrolio contenute nella parte 3.

Nota P:

La classificazione come cancerogeno o mutageno non è necessaria se si può dimostrare che la sostanza contiene benzene in percentuale inferiore allo 0,1% di peso/peso (EINECS n. 200-753-7).

Se la sostanza non è classificata come cancerogena, devono almeno figurare i consigli di prudenza (P102-)P260-P262-P301 + P310-P331 (tabella 3.1) o la frase S (2-)23-24-62 (tabella 3.2).

La presente nota si applica soltanto a talune sostanze composte derivate dal petrolio contenute nella parte 3.

Nota Q:

La classificazione come cancerogeno non si applica se è possibile dimostrare che la sostanza in questione rispetta una delle seguenti condizioni:



- una prova di persistenza biologica a breve termine mediante inalazione ha mostrato che le fibre di lunghezza superiore a 20 µm presentano un tempo di dimezzamento ponderato inferiore a 10 giorni, oppure

- una prova di persistenza biologica a breve termine mediante instillazione intratracheale ha mostrato che le fibre di lunghezza superiore a 20 µm presentano un tempo di dimezzamento ponderato inferiore a 40 giorni, oppure

- un'adeguata prova intraperitoneale non ha rivelato evidenza di un eccesso di cancerogenicità, oppure

- una prova di inalazione appropriata a lungo termine ha dimostrato assenza di effetti patogeni significativi o alterazioni neoplastiche.

Nota R:

La classificazione come cancerogeno non si applica alle fibre il cui diametro geometrico medio ponderato rispetto alla lunghezza, meno due errori geometrici standard, risulti superiore a 6 µm.

Nota S:

Per questa sostanza non è obbligatoria l'etichetta prescritta all'articolo 17 (v. punto 1.3 dell'allegato I) (tabella 3.1).

Tale sostanza può non richiedere un'etichetta conforme all'articolo 23 della direttiva 67/548/CEE (v. sezione 8 dell'allegato VI della stessa direttiva) (tabella 3.2.).

Nota T:

Questa sostanza può essere immessa sul mercato in una forma che non presenta i pericoli fisici indicati dalla classificazione nella voce della parte 3. Se i risultati delle prove realizzate secondo il metodo o i metodi di cui all'allegato I, parte 2, del presente regolamento dimostrano che la forma specifica della sostanza immessa sul mercato non presenta tale proprietà fisica o tali pericoli fisici, la sostanza è classificata in base al risultato o ai risultati di tale prova o tali prove. Le informazioni pertinenti, compreso un riferimento al metodo o ai metodi delle prove devono essere incluse nella scheda dei dati di sicurezza.

Nota U (tabella 3.1):

Al momento dell'immissione sul mercato i gas vanno classificati "Gas sotto pressione" in uno dei gruppi pertinenti gas compresso, gas liquefatto, gas liquefatto refrigerato o gas dissolto. Il gruppo dipende dallo stato fisico in cui il gas è confezionato e pertanto va attribuito caso per caso.

#### 1.1.3.2. Note relative alla classificazione e all'etichettatura delle miscele

Nota 1:

Le concentrazioni indicate o, in loro assenza, le concentrazioni generiche di cui al presente regolamento (tabella 3.1) o le concentrazioni generiche di cui alla direttiva 1999/45/CE (tabella 3.2), sono espresse in percentuale in peso dell'elemento metallico calcolata in rapporto al peso totale della miscela.

Nota 2:

La concentrazione indicata di isocianato rappresenta la percentuale in peso del monomero libero, calcolata in rapporto al peso totale della miscela.

Nota 3:

La concentrazione indicata è espressa in percentuale in peso degli ioni cromato disciolti in acqua, calcolata in rapporto al peso totale della miscela.

Nota 5:

I limiti di concentrazione delle miscele gassose sono espressi in percentuale volume/volume.

Nota 7:

Le leghe contenenti nichel sono classificate sensibilizzanti della pelle quando rilascino tassi superiori a 0,5 µg Ni/cm<sup>2</sup>/settimana misurati secondo il metodo di prova conformi alle norme europee EN 1811.

1.1.4. Informazioni sulla classificazione e l'etichettatura di ciascuna voce della tabella 3.2

1.1.4.1. Codici di classificazione

La classificazione per singola categoria di pericolo (quale definita all'articolo 2, paragrafo 2, della direttiva 67/548/CEE) è generalmente indicata da un'abbreviazione che rimanda alla categoria di pericolo e alla frase o alle corrispondenti frasi di rischio. Tuttavia, in alcuni casi (ad esempio per le sostanze classificate come infiammabili o sensibilizzanti e per alcune sostanze classificate come pericolose per l'ambiente) compaiono solo le frasi di rischio;

In appresso figurano le abbreviazioni di ciascuna categoria di pericolo:

- esplosivo: E
- comburenti: O
- estremamente infiammabile: F+
- facilmente infiammabile: F
- infiammabili: R10
- molto tossico: T+
- tossico: T
- nocivo: Xn
- corrosivo: C
- irritante: Xi
- sensibilizzante: R 42 e/o R 43
- cancerogeno: Cancer. Cat. (1, 2 o 3)
- mutageno: Mutag. Cat. (1, 2 o 3)
- tossico per la riproduzione: Ripr. Cat. (1, 2 o 3)
- pericoloso per l'ambiente: R 52 e/o R 53

1.1.4.2. Codici di etichettatura

i) la lettera assegnata alla sostanza in conformità dell'allegato II della direttiva 67/548/CEE (v. articolo 23, paragrafo 2, lettera c), della direttiva 67/548/CEE). Essa funge da abbreviazione per il simbolo e per l'indicazione di pericolo (se questi sono assegnati);

(ii) le frasi di rischio, rappresentate da una serie di cifre precedute dalla lettera R che indica la natura dei rischi particolari di cui all'allegato III della direttiva 67/548/CEE [v. articolo 23, paragrafo 2, lettera d), della direttiva 67/548/CEE]. Le cifre sono separate da un trattino (-) per evidenziare indicazioni distinte di pericolo specifico (R) o da una sbarra inclinata (/) per evidenziare un'indicazione combinata in una sola frase di un pericolo specifico di cui all'allegato III della direttiva 67/548/CEE;

(iii) i consigli di prudenza, rappresentati da una serie di cifre precedute dalla lettera S che indica le precauzioni di sicurezza raccomandate ai sensi dell'allegato IV della direttiva 67/548/CEE [cfr. articolo 23, paragrafo 2, lettera e), della direttiva 67/548/CEE]. Anche in questo caso le cifre sono separate da un trattino o da una barra inclinata; il significato delle precauzioni di sicurezza raccomandate è spiegato nell'allegato IV della direttiva 67/548/CEE. I consigli di prudenza si riferiscono solo alle sostanze; per le miscele i consigli sono scelti in base alle regole abituali.

Si osserva che per talune sostanze e miscele pericolose vendute al pubblico alcune frasi S sono obbligatorie.

Le frasi S 1, S 2 ed S 45 sono obbligatorie per tutte le sostanze e le miscele altamente tossiche, tossiche e corrosive vendute al pubblico.

Le frasi S 2 e S 46 sono obbligatorie per tutte le altre sostanze e miscele pericolose vendute al pubblico ad eccezione di quelle classificate soltanto come pericolose per l'ambiente.

Le frasi S 1 e S 2, indicate tra parentesi nell'allegato I, possono anche non comparire sull'etichetta qualora la sostanza o la miscela siano vendute per usi esclusivamente industriali.

#### 1.1.4.3. Limiti di concentrazione specifici

I limiti di concentrazione e le relative classificazioni sono necessari per classificare le miscele pericolose contenenti la sostanza in conformità della direttiva 1999/45/CE.

Salvo diversa indicazione, i limiti di concentrazione sono espressi da una percentuale in peso della sostanza calcolata in rapporto al peso totale della miscela.

Quando non vengono espressamente indicati i limiti di concentrazione, nell'applicare il metodo convenzionale di valutazione dei rischi per la salute si utilizzano i limiti di cui all'allegato II, e nell'applicare il metodo convenzionale di valutazione dei rischi per l'ambiente si utilizzano i limiti dell'allegato III della direttiva 1999/45/CE.

[1.1.4.4. Difformità dalla tabella 3.1 per i pericoli fisici.]

[Si raccomanda di aggiornare i pericoli fisici di talune voci della tabella 3.2 in un prossimo adeguamento al progresso tecnico.]

[Fino all'adeguamento di dette voci, i pericoli fisici delle rispettive voci nelle due tabelle non sono conformi. Le voci sono indicate con riferimento ? alla tabella 3.2.]

### 1.2. Classificazioni e indicazioni di pericolo della tabella 3.1 derivanti dalla conversione delle classificazioni di cui all'allegato I della direttiva 67/548/CEE

#### 1.2.1. Classificazione minima

Per alcune classi di pericolo, compresa la tossicità acuta e STOT - esposizione ripetuta, la classificazione secondo i criteri enunciati nella direttiva 67/548/CEE non corrisponde direttamente alla classificazione in una classe e categoria di pericolo secondo il presente regolamento. In questi casi la classificazione figurante nel presente allegato è da considerarsi una classificazione minima e si applica se non si dà nessuna delle seguenti condizioni:

- il fabbricante o l'importatore ha accesso a dati o altre informazioni di cui alla parte 1 dell'allegato I che giustificano una classificazione in una categoria di maggiore gravità rispetto alla classificazione minima. Deve allora essere applicata la classificazione nella categoria di maggiore gravità;

- la classificazione minima può essere precisata in base alla tabella di conversione dell'allegato VII quando il fabbricante o l'importatore conosce lo stato fisico della sostanza utilizzata nelle prove di tossicità acuta per inalazione. La classificazione stabilita in base all'allegato VII sostituisce allora, se ne differisce, la classificazione minima indicata al presente allegato.

La classificazione minima per una categoria è segnalata nella tabella 3.1 da un asterisco (\*) nella colonna "classificazione".

Il riferimento \* può figurare anche nella colonna "Limiti di concentrazione specifica e fattori M" in cui indica che la voce ha limiti specifici di concentrazione per la tossicità acuta a norma della direttiva 67/548/CEE (tabella 3.2). Tali limiti di concentrazione non possono essere "convertiti" in limiti di concentrazione di cui al presente regolamento, segnatamente quando esiste una classificazione minima. Tuttavia, quando è indicato il riferimento \*, alla classificazione per tossicità acuta va riservata un'attenzione particolare.

#### 1.2.2. Una via di esposizione non può essere esclusa

Per talune classi di pericolo, ad esempio la STOT, la via di esposizione dovrebbe essere menzionata nell'indicazione di pericolo soltanto se è accertato che nessun'altra via di esposizione può presentare un pericolo secondo i criteri di cui all'allegato I. In base alla direttiva 67/548/CEE la via di esposizione è indicata quando esistevano dati che ne giustificavano la classificazione con R48. La classificazione secondo la direttiva 67/548/CEE indicante la via di esposizione è stata convertita nella classe e nella categoria corrispondenti secondo il presente regolamento, ma con un'indicazione di pericolo generale che, in mancanza delle necessarie informazioni, non specifica la via di esposizione.

Tali indicazioni di pericolo sono segnalate nella tabella 3.1 da un doppio asterisco (\*\*).

#### 1.2.3. Indicazioni di pericolo relative alla tossicità per la riproduzione

Le indicazioni di pericolo H360 e H361 si riferiscono in termini generali agli effetti per la fertilità e per lo sviluppo: "Può nuocere/Sospettato di nuocere alla fertilità o al feto". Secondo i criteri, l'indicazione di pericolo generale può essere sostituita da un'indicazione di pericolo specificante la natura del pericolo, ove fosse dimostrata l'irrilevanza degli effetti o sulla fertilità o sullo sviluppo.

Affinché non vadano perdute le informazioni contenute nelle classificazioni armonizzate degli effetti sulla fertilità e sullo sviluppo secondo la direttiva 67/548/CEE, le classificazioni sono state convertite unicamente per gli effetti classificati ai sensi di tale direttiva.

Queste indicazioni di pericolo sono contrassegnate con tre asterischi (\*\*\*) nella tabella 3.1.

#### 1.2.4 Non è possibile stabilire una classificazione corretta per i pericoli fisici

Per talune voci non può essere stabilita una classificazione corretta per i pericoli fisici per la non disponibilità di dati sufficienti ai fini dell'applicazione dei criteri di classificazione di cui al presente regolamento. La voce può essere inserita in una categoria diversa (anche più grave) o persino a una classe di pericolo differente da quella indicata. La classificazione corretta è confermata con prove.

Le voci con pericoli fisici da confermare con prove sono contrassegnate dal riferimento (\*\*\*\*) nella tabella 3.1.

## 2. PARTE 2: FASCICOLI PER LA CLASSIFICAZIONE E L'ETICHETTATURA ARMONIZZATE

In questa parte sono esposti i principi generali per la preparazione dei fascicoli per mezzo dei quali sono proposte e giustificate la classificazione e l'etichettatura armonizzate.

Le parti pertinenti delle sezioni 1, 2 e 3 dell'allegato I del regolamento (CE) n. 1907/2006 sono utilizzate per la metodologia e il formato dei fascicoli.

Per tutti i fascicoli sono prese in considerazione le informazioni pertinenti tratte dai fascicoli di registrazione e possono essere utilizzate altre informazioni disponibili. Per le informazioni sui pericoli che non sono state comunicate in precedenza all'agenzia, è incluso nel fascicolo un sommario esauriente dello studio.

Un fascicolo relativo alla classificazione e all'etichettatura armonizzate si compone dei seguenti elementi:

- Proposta

La proposta precisa l'identità della sostanza o delle sostanze interessate e la classificazione e l'etichettatura armonizzate proposte.

- Giustificazione per la classificazione e l'etichettatura armonizzate proposte.

Un confronto delle informazioni disponibili con i criteri enunciati nelle parti da 2 a 5 tenendo in considerazione i principi generali della parte 1 dell'allegato I del presente regolamento è effettuato e documentato nel formato di cui alla parte B della relazione sulla sicurezza chimica figurante nell'allegato I del regolamento (CE) n. 1907/2006.

- Giustificazione per altri effetti a livello comunitario

Per altri effetti diversi da cancerogenicità, mutagenicità, tossicità per la riproduzione e sensibilizzazione per le vie respiratorie deve essere fornita la giustificazione della necessità di un'azione a livello comunitario. Tale criterio non si applica a una sostanza attiva a norma delle direttive 91/414/CEE o 98/8/CE.

### 3. PARTE 3: TABELLE DELLE CLASSIFICAZIONI ED ETICHETTATURE ARMONIZZATE

Tabella 3.1: Elenco della classificazione e dell'etichettatura armonizzate di sostanze pericolose

Tabella 3.2: Elenco della classificazione e dell'etichettatura armonizzate di sostanze pericolose ripreso dall'allegato I della direttiva 67/548/CEE

Tabella 3.1

Elenco della classificazione e dell'etichettatura armonizzate di sostanze pericolose

[Da sostanza 001-001-00-9 - hydrogen a sostanza 078-002-00-6 - diammonium tetrachloroplatinate]

Tab. 1

[Da sostanza 078-003-00-1 - disodium tetrachloroplatinate a sostanza 607-079-00- 6 - Kelevan (ISO)]

Tab. 2

[Da sostanza 607-080-00-1 - chloroacetyl chloride a sostanza 612-006-00-6 - ethylenediamine; 1,2-diaminoethane]

Tab. 3

[Da sostanza 612-007-00-1- 2-aminopropane; isopropylamine a sostanza 648-015-00-7 - Extract residues ...]

Tab. 4

[Da sostanza 648-016-00-2 - Extract residues ... a sostanza 649-270-00-7 - Gasoline ...]

Tab. 5

[Da sostanza 649-271-00-2 - Naphtha ... a sostanza 650-055-00-5 - silver sodium ...]

Tab. 6

Tabella 3.2

Elenco della classificazione e dell'etichettatura armonizzate di sostanze pericolose dall'allegato I della direttiva 67/548/CEE <sup>(24)</sup>

[Da sostanza 001-001-00-9 - hydrogen a sostanza 009-007-00-3 - sodium bifluoride ...]

Tab. 7

[Da sostanza 009-008-00-9 - potassium bifluoride ... a sostanza 603-129-00-6 - 1-tert-butoxypropan-2-ol]

Tab. 8

[Da sostanza 603-130-00-1 - reaction mass ... a sostanza 611-042-00-X - trisodium ...]

Tab. 9

[Da sostanza 611-043-005 - reaction mass ... a sostanza 648-091-00-1 - Extract residues (coal) ...]

Tab. 10

[Da sostanza 648-092-00-7 - Distillates ... a sostanza 649-232-00-X - Distillates (petroleum) ...]

Tab. 11

[Da sostanza 649-233-00-5 - Gas oils 00-5 - Gas oils FREE , paraffinic ... a sostanza 650-055-00-5 - silver sodium zirconium ...]

Tab. 12

**Tabella 3.1**

*Elenco della classificazione e dell'etichettatura armonizzate di sostanze pericolose*

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
001-001-00-9	hydrogen	215-605-7	1333-74-0	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			U
001-002-00-4	aluminium lithium hydride	240-877-9	16853-85-3	Water-react. 1	H260	GHS02 Dgr	H260			
001-003-00-X	sodium hydride	231-587-3	7646-69-7	Water-react. 1	H260	GHS02 Dgr	H260			
001-004-00-5	calcium hydride	232-189-2	7789-78-8	Water-react. 1	H260	GHS02 Dgr	H260			
003-001-00-4	lithium	231-102-5	7439-93-2	Water-react. 1 Skin Corr. 1B	H260 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H260 H314	EUH014		
003-002-00-X	n-hexyllithium	404-950-0	21369-64-2	Water-react. 1 Pyr. Sol. 1 Skin Corr. 1A	H260 H250 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H260 H250 H314	EUH014		
004-001-00-7	beryllium	231-150-7	7440-41-7	Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H350i H330 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H317	GHS06 GHS08 Dgr	H350i H330 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
004-002-00-2	beryllium compounds with the exception of aluminium beryllium silicates, and with those specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350i H330 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H317 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350i H330 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H317 H411			A
004-003-00-8	beryllium oxide	215-133-1	1304-56-9	Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H350i H330 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H317	GHS06 GHS08 Dgr	H350i H330 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H317			
005-001-00-X	boron trifluoride	231-569-5	7637-07-2	Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1A	H330 H314	GHS04 GHS06 GHS05 Dgr	H330 H314	EUH014		U
005-002-00-5	boron trichloride	233-658-4	10294-34-5	Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B	H330 H300 H314	GHS04 GHS06 GHS05 Dgr	H330 H300 H314	EUH014		U
005-003-00-0	boron tribromide	233-657-9	10294-33-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1A	H330 H300 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H300 H314	EUH014		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
005-004-00-6	trialkylboranes, solid	—	—	Pyr. Sol. 1 Skin Corr. 1B	H250 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H250 H314			A
005-004-01-3	trialkylboranes, liquid	—	—	Pyr. Liq. 1 Skin Corr. 1B	H250 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H250 H314			A
005-005-00-1	trimethyl borate	204-468-9	121-43-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H312	GHS02 GHS07 Wng	H226 H312			
005-006-00-7	dibutyltin hydrogen borate	401-040-5	75113-37-0	STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H372 (**) H312 H302 H318 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H372 (**) H312 H302 H318 H317 H410			
005-009-00-3	tetrabutylammonium butyltriphenylborate	418-080-4	120307-06-4	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
005-010-00-9	N,N-dimethylanilinium tetrakis(pentafluorophenyl)borate	422-050-6	118612-00-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H351 H302 H315 H318	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H351 H302 H315 H318			
005-012-00-X	diethyl{4-[1,5,5-tris(4-diethylaminophenyl)penta-2,4-dienylidene]cyclohexa-2,5-dienylidene}ammonium butyltriphenylborate	418-070-1	141714-54-7	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-001-00-2	carbon monoxide	211-128-3	630-08-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Repr. 1A Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1	H220 H360D (***) H331 H372 (**)	GHS02 GHS04 GHS06 GHS08 Dgr	H220 H360D (***) H331 H372 (**)			U
006-002-00-8	phosgene; carbonyl chloride	200-870-3	75-44-5	Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B	H330 H314	GHS04 GHS06 GHS05 Dgr	H330 H314			U
006-003-00-3	carbon disulphide	200-843-6	75-15-0	Flam. Liq. 2 Repr. 2 STOT RE 1 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H225 H361fd H372 (**) H319 H315	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H361fd H372 (**) H319 H315	Repr. 2; H361fd: C ≥ 1 % STOT RE 1; H372: C ≥ 1 % STOT RE 2; H373: 0.2 % ≤ C < 1 %		
006-004-00-9	calcium carbide	200-848-3	75-20-7	Water-react. 1	H260	GHS02 Dgr	H260			T
006-005-00-4	thiram (ISO); tetramethylthiuram disulphide	205-286-2	137-26-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H373 (**) H319 H315 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H373 (**) H319 H315 H317 H410	M=10		
006-006-00-X	hydrogen cyanide; hydrocyanic acid	200-821-6	74-90-8	Flam. Liq. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H224 H330 H400 H410	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H224 H330 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-006-01-7	hydrogen cyanide ... %; hydrocyanic acid ... %	200-821-6	74-90-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H410			B
006-007-00-5	salts of hydrogen cyanide with the exception of complex cyanides such as ferrocyanides, ferricyanides and mercuric oxycyanide	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H410	EUH032		A
006-008-00-0	antu (ISO); 1-(1-naphthyl)-2-thiourea	201-706-3	86-88-4	Acute Tox. 2 (*) Carc. 2	H300 H351	GHS06 GHS08 Dgr	H300 H351			
006-009-00-6	1-isopropyl-3-methylpyrazol-5-yl dimethylcarbamate; isolan	204-318-2	119-38-0	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
006-010-00-1	5,5-dimethyl-3-oxocyclohex-1-enyl dimethylcarbamate 5,5-dimethyldihydroresorcinol dimethylcarbamate; dimetan	204-525-8	122-15-6	Acute Tox. 3 (*)	H301	GHS06 Dgr	H301			
006-011-00-7	carbaryl (ISO); 1-naphthyl methylcarbamate	200-555-0	63-25-2	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H351 H302 H400	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-012-00-2	ziram (ISO); zinc bis dimethyldithiocarbamate	205-288-3	137-30-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) STOT SE 3 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H302 H373 (**) H335 H318 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H302 H373 (**) H335 H318 H317 H410		M=100	
006-013-00-8	metam-sodium (ISO); sodium methyldithiocarbamate	205-293-0	137-42-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H317 H410	EUH031		
006-014-00-3	nabam (ISO); disodium ethylenebis(N, N'-dithiocarbamate)	205-547-0	142-59-6	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H335 H317 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H335 H317 H410			
006-015-00-9	diuron (ISO); 3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea	206-354-4	330-54-1	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H373 (**) H410			
006-016-00-4	propoxur (ISO); 2-isopropoxyphenyl N-methylcarbamate; 2-isopropoxyphenyl methylcarbamate	204-043-8	114-26-1	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-017-00-X	aldicarb (ISO); 2-methyl-2-(methylthio)propanal-O-(N-methylcarbamoyl)oxime	204-123-2	116-06-3	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H311 H410			
006-018-00-5	aminocarb (ISO); 4-dimethylamino-3-tolyl methylcarbamate	217-990-7	2032-59-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410			
006-019-00-0	di-allate (ISO); S-(2,3-dichloroallyl)-N,N-diisopropylthiocarbamate	218-961-1	2303-16-4	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H410			
006-020-00-6	barban (ISO); 4-chlorbut-2-ynyl N-(3-chlorophenyl)carbamate	202-930-4	101-27-9	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
006-021-00-1	linuron (ISO); 3-(3,4-dichlorophenyl)-1-methoxy-1-methylurea	206-356-5	330-55-2	Repr. 1B Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360Df H351 H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H360Df H351 H302 H373 (**) H410			
006-022-00-7	decarbofuran (ISO); 2,3-dihydro-2-methylbenzofuran-7-yl methylcarbamate	—	1563-67-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-023-00-2	mercaptodimethur (ISO); methiocarb (ISO); 3,5-dimethyl-4-methylthiophenyl N-methylcarbamate	217-991-2	2032-65-7	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410			
006-024-00-8	proxan-sodium (ISO); sodium O-isopropylidithiocarbonate	205-443-5	140-93-2	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H302 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H315 H411			
006-025-00-3	allethrin; (RS)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1RS,3RS;1RS,3SR)-2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate; bioallethrin; (RS)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1R,3R)-2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate; [1] S-bioallethrin; (S)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1R,3R)-2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate; [2] esbiothrin; (RS)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1R,3R)-2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate [3]	209-542-4 [1] 249-013-5 [2] — [3]	584-79-2 [1] 28434-00-6 [2] 84030-86-4 [3]	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H410		C	
006-026-00-9	carbofuran (ISO); 2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl N-methylcarbamate	216-353-0	1563-66-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H410			
006-028-00-X	dinobuton (ISO); 2-(1-methylpropyl)-4,6-dinitrophenyl isopropyl carbonate	213-546-1	973-21-7	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-029-00-5	dioxacarb (ISO); 2-(1,3-dioxolan-2-yl)phenyl N-methylcarbamate	230-253-4	6988-21-2	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H301 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H411			
006-030-00-0	EPTC (ISO); S-ethyl dipropylthiocarbamate	212-073-8	759-94-4	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
006-031-00-6	formetanate (ISO); 3-[(EZ)-dimethylaminomethyleneamino] phenyl methylcarbamate	244-879-0	22259-30-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H317 H410			
006-032-00-1	monolinuron (ISO); 3-(4-chlorophenyl)-1-methoxy-1-methylurea	217-129-5	1746-81-2	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H410			
006-033-00-7	metoxuron (ISO); 3-(3-chloro-4-methoxyphenyl)-1,1-dimethylurea	243-433-2	19937-59-8	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
006-034-00-2	pebulate (ISO); N-butyl-N-ethyl-S-propylthiocarbamate	214-215-4	1114-71-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
006-035-00-8	pirimicarb (ISO); 5,6-dimethyl-2-dimethylamino-pyrimidin-4-yl N,N-dimethylcarbamate	245-430-1	23103-98-2	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410			
006-036-00-3	benzthiazuron (ISO); 1-benzothiazol-2-yl-3-methylurea	217-685-9	1929-88-0	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-037-00-9	promecarb (ISO); 3-isopropyl-5-methylphenyl N-methylcarbamate	220-113-0	2631-37-0	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410			
006-038-00-4	sulfallate (ISO); 2-chloroallyl N,N-dimethyldithiocarbamate	202-388-9	95-06-7	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H410			
006-039-00-X	tri-allate (ISO); S—2,3,3-trichloroallyl diisopropylthiocarbamate	218-962-7	2303-17-5	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H317 H410			
006-040-00-5	3-methylpyrazol-5-yl-dimethylcarbamate; monometilan	—	2532-43-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			
006-041-00-0	dimethylcarbamoyl chloride	201-208-6	79-44-7	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H350 H331 H302 H319 H335 H315	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H331 H302 H319 H335 H315		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,001 %	
006-042-00-6	monuron (ISO); 3-(4-chlorophenyl)-1,1-dimethylurea	205-766-1	150-68-5	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-043-00-1	3-(4-chlorophenyl)-1,1-dimethyluronium trichloroacetate; monuron-TCA	—	140-41-0	Carc. 2 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H319 H315 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H319 H315 H410			
006-044-00-7	isoproturon (ISO); 3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethylurea	251-835-4	34123-59-6	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410		M=10	
006-045-00-2	methomyl (ISO); 1-(methylthio)ethylideneamino N-methylcarbamate	240-815-0	16752-77-5	Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H410			
006-046-00-8	bendiocarb (ISO); 2,2-dimethyl-1,3-benzodioxol-4-yl N-methylcarbamate	245-216-8	22781-23-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H312 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H312 H410			
006-047-00-3	bufencarb (ISO); reaction mass of 3-(1-methylbutyl)phenyl N-methylcarbamate and 3-(1-ethylpropyl)phenyl N-methylcarbamate	—	8065-36-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410			
006-048-00-9	ethiofencarb (ISO); 2-(ethylthiomethyl)phenyl N-methylcarbamate	249-981-9	29973-13-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
006-049-00-4	dixanthogen; O,O-diethyl dithiobis(thioformate)	207-944-4	502-55-6	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-050-00-X	1,1-dimethyl-3-phenyluronium trichloroacetate; fenuron-TCA	—	4482-55-7	Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H410			
006-051-00-5	ferbam (ISO); iron tris(dimethyldithiocarbamate)	238-484-2	14484-64-1	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H410			
006-052-00-0	formetanate hydrochloride; 3-(N,N-dimethylaminomethyleneamino) phenyl N-methylcarbamate	245-656-0	23422-53-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H317 H410			
006-053-00-6	isoprocarb (ISO); 2-isopropylphenyl N-methylcarbamate	220-114-6	2631-40-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
006-054-00-1	mexacarbate (ISO); 3,5-dimethyl-4-dimethylaminophenyl N-methylcarbamate	206-249-3	315-18-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H312 H410			
006-055-00-7	xylylcarb (ISO); 3,4-dimethylphenyl N-methylcarbamate; 3,4-xylyl methylcarbamate; MPMC	219-364-9	2425-10-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
006-056-00-2	metolcarb (ISO); m-tolyl methylcarbamate; MTMC	214-446-0	1129-41-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-057-00-8	nitrapyrin (ISO); 2-chloro-6-trichloromethylpyridine	217-682-2	1929-82-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
006-058-00-3	noruron (ISO); 1,1-dimethyl-3-(perhydro-4,7-methanoinden-5-yl)urea	—	2163-79-3	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
006-059-00-9	oxamyl (ISO); N',N'-dimethylcarbamoyl(methylthio)methylenamine N-methylcarbamate;	245-445-3	23135-22-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H330 H300 H312 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H312 H411			
006-060-00-4	oxycarboxin (ISO); 2,3-dihydro-6-methyl-5-(N-phenylcarbamoyl)-1,4-oxothiane 4,4-dioxide	226-066-2	5259-88-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
006-061-00-X	S-ethyl N-(dimethylaminopropyl)thiocarbamatehydrochloride; prothiocarb hydrochloride	243-193-9	19622-19-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
006-062-00-5	methyl 3,4-dichlorophenylcarbanilate; SWEP.	—	1918-18-9	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
006-063-00-0	thiobencarb (ISO); S-4-chlorobenzyl diethylthiocarbamate	248-924-5	28249-77-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
006-064-00-6	thiofanox (ISO); 3,3-dimethyl-1-(methylthio)butanone-O-(N-methylcarbamoyl)oxime	254-346-4	39196-18-4	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-065-00-1	3-chloro-6-cyano-bicyclo(2,2,1)heptan-2-one-O-(N-methylcarbamoyl)oxime; triamid	—	15271-41-7	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H300 H311 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H411			
006-066-00-7	vernolate (ISO); S-propyl dipropylthiocarbamate	217-681-7	1929-77-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
006-067-00-2	XMC; 3,5-xylyl methylcarbamate	—	2655-14-3	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
006-068-00-8	diazomethane	206-382-7	334-88-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			
006-069-00-3	thiophanate-methyl (ISO); 1,2-di-(3-methoxycarbonyl-2-thioureido) benzene	245-740-7	23564-05-8	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H332 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H341 H332 H317 H410			
006-070-00-9	furmecyclox (ISO); N-cyclohexyl-N-methoxy-2,5-dimethyl-3-furamide	262-302-0	60568-05-0	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			
006-071-00-4	cyclooct-4-en-1-yl methyl carbonate	401-620-8	87731-18-8	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
006-072-00-X	prosulfocarb (ISO); S-benzyl N,N-dipropylthiocarbamate	401-730-6	52888-80-9	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H411			
006-073-00-5	3-(dimethylamino)propylurea	401-950-2	31506-43-1	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-074-00-0	2-(3-(prop-1-en-2-yl)phenyl)prop-2-yl isocyanate	402-440-2	2094-99-7	Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B STOT RE 2 (*) Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H314 H373 (**) H334 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H314 H373 (**) H334 H317 H410			
006-076-00-1	mancozeb (ISO)	—	8018-01-7	STOT SE 3 Skin Sens. 1	H335 H317	GHS07 Wng	H335 H317			
006-077-00-7	maneb (ISO)	235-654-8	12427-38-2	STOT SE 3 Skin Sens. 1	H335 H317	GHS07 Wng	H335 H317			
006-078-00-2	zineb (ISO); zinc ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric)	235-180-1	12122-67-7	STOT SE 3 Skin Sens. 1	H335 H317	GHS07 Wng	H335 H317			
006-079-00-8	disulfiram; tetraethylthiuramdisulfide	202-607-8	97-77-8	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H317 H410			
006-080-00-3	tetramethylthiuram monosulphide	202-605-7	97-74-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H411			
006-081-00-9	zinc bis(dibutyl)dithiocarbamate)	205-232-8	136-23-2	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H335 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-082-00-4	zinc bis(diethylthiocarbamate)	238-270-9	14324-55-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H335 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H335 H315 H317 H410			
006-083-00-X	butocarboxim (ISO); 3-(methylthio)-2-butanone O-[(methylamino)carbonyl]oxime	252-139-3	34681-10-2	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H331 H311 H301 H319 H400 H410	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H226 H331 H311 H301 H319 H410			
006-084-00-5	carbosulfan (ISO); 2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuryl [(dibutylamino)thio]methylcarbamate	259-565-9	55285-14-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H317 H410			
006-085-00-0	fenobucarb (ISO); 2-butylphenyl methylcarbamate	223-188-8	3766-81-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
006-086-00-6	ethyl [2-(4-phenoxyphenoxy)ethyl]carbamate; fenoxycarb	276-696-7	72490-01-8	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
006-087-00-1	2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuryl 2,4-dimethyl-6-oxa-5-oxo-3-thia-2,4-diazadecanoate; furathiocarb	265-974-3	65907-30-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H301 H373 (**) H319 H315 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H301 H373 (**) H319 H315 H317 H410			
006-088-00-7	benfuracarb; ethyl N-[2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yloxy)carbonyl(methyl)aminothio]-N-isopropyl- β-alaninate	—	82560-54-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H410			
006-089-00-2	chlorine dioxide	233-162-8	10049-04-4	Ox. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H270 H330 H314 H400	GHS03 GHS04 GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H270 H330 H314 H400	EUH006	M=1000	U
006-089-01-X	chlorine dioxide . . . %	233-162-8	10049-04-4	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H301 H314 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H314 H400		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 10 % Skin Irrit. 2; H315: 3 % ≤ C < 10 % Eye Irrit. 2; H319: 0,3 % ≤ C < 10 % STOT SE 3; H335: C ≥ 3 % M=10	B
006-090-00-8	2-(3-iodoprop-2-yn-1-yloxy)ethyl phenyl-carbamate	408-010-0	88558-41-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H332 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H332 H318 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
007-001-00-5	ammonia, anhydrous	231-635-3	7664-41-7	Flam. Gas 2 Press. Gas Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H221 H331 H314 H400	GHS04 GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H221 H331 H314 H400			U
007-001-01-2	ammonia ....%	215-647-6	1336-21-6	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	B
007-002-00-0	nitrogen dioxide; [1] dinitrogen tetraoxide [2]	233-272-6 [1] 234-126-4 [2]	10102-44-0 [1] 10544-72-6 [2]	Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B	H330 H314	GHS04 GHS06 GHS05 Dgr	H330 H314		(*)	U 5
007-003-00-6	chlormequat chloride (ISO); 2-chloroethyltrimethylammonium chloride	213-666-4	999-81-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
007-004-00-1	nitric acid ... %	231-714-2	7697-37-2	Ox. Liq. 3 Skin Corr. 1A	H272 H314	GHS03 GHS05 Dgr	H272 H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 20 % Skin Corr. 1B; H314: 5 % ≤ C < 20 % Ox. Liq. 3; H272: C ≥ 65 %	B
007-006-00-2	ethyl nitrite	203-722-6	109-95-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H220 H332 H312 H302	GHS02 GHS04 GHS07 Dgr	H220 H332 H312 H302			U
007-007-00-8	ethyl nitrate	210-903-3	625-58-1	Unst. Expl.	H200	GHS01 Dgr	H200			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
007-008-00-3	hydrazine	206-114-9	302-01-2	Flam. Liq. 3 Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H350 H331 H311 H301 H314 H317 H400 H410	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H226 H350 H331 H311 H301 H314 H317 H410		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 10 % Skin Irrit. 2; H315: 3 % ≤ C < 10 % Eye Irrit. 2; H319: 3 % ≤ C < 10 %	
007-009-00-9	dicyclohexylammonium nitrite	221-515-9	3129-91-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302		(*)	
007-010-00-4	sodium nitrite	231-555-9	7632-00-0	Ox. Sol. 3 Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1	H272 H301 H400	GHS03 GHS06 GHS09 Dgr	H272 H301 H400		(*)	
007-011-00-X	potassium nitrite	231-832-4	7758-09-0	Ox. Sol. 2 Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1	H272 H301 H400	GHS03 GHS06 GHS09 Dgr	H272 H301 H400		(*)	
007-012-00-5	N,N-dimethylhydrazine	200-316-0	57-14-7	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H225 H350 H331 H301 H314 H411	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H225 H350 H331 H301 H314 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
007-013-00-0	1,2-dimethylhydrazine	—	540-73-8	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H331 H311 H301 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H311 H301 H411		Carc. 1B; H350: C ≥ 0.01 %	
007-014-00-6	salts of hydrazine	—	—	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H331 H311 H301 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H311 H301 H317 H410			A
007-015-00-1	O-ethylhydroxylamine	402-030-3	624-86-2	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H225 H331 H311 H301 H372 (**) H319 H317 H400	GHS02 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H225 H331 H311 H301 H372 (**) H319 H317 H400			
007-016-00-7	butyl nitrite	208-862-1	544-16-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H225 H331 H301	GHS02 GHS06 Dgr	H225 H331 H301			
007-017-00-2	isobutyl nitrite	208-819-7	542-56-3	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H350 H341 H332 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H350 H341 H332 H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
007-018-00-8	sec-butyl nitrite	213-104-8	924-43-6	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H302			
007-019-00-3	tert-butyl nitrite	208-757-0	540-80-7	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H302			
007-020-00-9	pentyl nitrite; [1] 'amyl nitrite', mixed isomers [2]	207-332-7 [1] 203-770-8 [2]	463-04-7 [1] 110-46-3 [2]	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H302			
007-021-00-4	hydrazobenzene; 1,2-diphenylhydrazine	204-563-5	122-66-7	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H410			
007-022-00-X	hydrazine bis(3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate)	405-030-1	—	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H350 H302 H314 H317 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H350 H302 H314 H317 H412			
007-023-00-5	sodium 3,5-bis(3-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)propylcarbamoyl)benzenesulfonate	405-510-0	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H315 H317	GHS07 Wng	H315 H317			
007-024-00-0	2-(decylthio)ethylammonium chloride	405-640-8	36362-09-1	STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H315 H318 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H373 (**) H315 H318 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
007-025-00-6	(4-hydrazinophenyl)-N-methylmethanesulfonamide hydrochloride	406-090-1	81880-96-8	Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H301 H372 (**) H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H301 H372 (**) H317 H410			
007-026-00-1	oxo-((2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)amino)carbonylacetoimidazide	413-230-5	122035-71-6	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
007-027-00-7	1,6-bis(3,3-bis((1-methylpentylideneimino)propyl)ureido)hexane	420-190-2	771478-66-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H373 (**) H314 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H373 (**) H314 H317 H410			
008-001-00-8	oxygen	231-956-9	7782-44-7	Ox. Gas 1 Press. Gas	H270	GHS03 GHS04 Dgr	H270		U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
008-003-00-9	hydrogen peroxide solution ... %	231-765-0	7722-84-1	Ox. Liq. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H271 H332 H302 H314	GHS03 GHS05 GHS07 Dgr	H271 H332 H302 H314		Ox. Liq. 1; H271: C ≥ 70 %(***) Ox. Liq. 2; H272: 50 % ≤ C < 70 % (***) (*) Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 70 % Skin Corr. 1B; H314: 50 % ≤ C < 70 % Skin Irrit. 2; H315: 35 % ≤ C < 50 % Eye Dam. 1; H318: 8 % ≤ C < 50 % Eye Irrit. 2; H319: 5 % ≤ C < 8 % STOT SE 3; H335; C ≥ 35 %	B
009-001-00-0	fluorine	231-954-8	7782-41-4	Ox. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1A	H270 H330 H314	GHS03 GHS04 GHS06 GHS05 Dgr	H270 H330 H314			U
009-002-00-6	hydrogen fluoride	231-634-8	7664-39-3	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1A	H330 H310 H300 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H310 H300 H314			
009-003-00-1	hydrofluoric acid ... %	231-634-8	7664-39-3	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1A	H330 H310 H300 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H310 H300 H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 7 % Skin Corr. 1B; H314: 1 % ≤ C < 7 % Eye Irrit. 2; H319: 0,1 % ≤ C < 1 %	B

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
009-004-00-7	sodium fluoride	231-667-8	7681-49-4	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H301 H319 H315	GHS06 Dgr	H301 H319 H315	EUH032		
009-005-00-2	potassium fluoride	232-151-5	7789-23-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			
009-006-00-8	ammonium fluoride	235-185-9	12125-01-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			
009-007-00-3	sodium bifluoride; sodium hydrogen difluoride	215-608-3	1333-83-1	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H301 H314		(*) Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 1 % Skin Irrit. 2; H315: 0,1 % ≤ C < 1 % Eye Irrit. 2; H319: 0,1 % ≤ C < 1 %	
009-008-00-9	potassium bifluoride; potassium hydrogen difluoride	232-156-2	7789-29-9	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H301 H314		(*) Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 1 % Skin Irrit. 2; H315: 0,1 % ≤ C < 1 % Eye Irrit. 2; H319: 0,1 % ≤ C < 1 %	
009-009-00-4	ammonium bifluoride; ammonium hydrogen difluoride	215-676-4	1341-49-7	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H301 H314		(*) Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 1 % Skin Irrit. 2; H315: 0,1 % ≤ C < 1 % Eye Irrit. 2; H319: 0,1 % ≤ C < 1 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
009-010-00-X	fluoroboric acid ... %	240-898-3	16872-11-0	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 %	B
009-011-00-5	fluorosilicic acid ... %	241-034-8	16961-83-4	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			B
009-012-00-0	alkali fluorosilicates(Na); [1] alkali fluorosilicates(K); [2] alkali fluorosilicates(NH4) [3]	240-934-8 [1] 240-896-2 [2] 240-968-3 [3]	16893-85-9 [1] 16871-90-2 [2] 16919-19-0 [3]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301		(*)	A
009-013-00-6	fluorosilicates, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302		(*)	A
009-014-00-1	lead hexafluorosilicate	247-278-1	25808-74-6	Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H360Df H332 H302 H373 (**) H410			1
009-015-00-7	sulphuryl difluoride	220-281-5	2699-79-8	Press. Gas Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1	H331 H373 (**) H400	GHS04 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H373 (**) H400			U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
009-016-00-2	trisodium hexafluoroaluminate; cryolite	237-410-6 239-148-8	13775-53-6 15096-52-3	STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H372 (**) H332 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H372 (**) H332 H302 H411			C
009-017-00-8	potassium mu-fluoro-bis(triethylaluminium)	400-040-2	12091-08-6	Flam. Sol. 1 Water-react. 1 Skin Corr. 1A Acute Tox. 4 (*)	H228 H270 H314 H332	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H228 H270 H314 H332	EUH014		T
009-018-00-3	magnesium hexafluorosilicate	241-022-2	16949-65-8	Acute Tox. 3 (*)	H301	GHS06 Dgr	H301		(*)	
011-001-00-0	sodium	231-132-9	7440-23-5	Water-react. 1 Skin Corr. 1B	H260 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H260 H314	EUH014		
011-002-00-6	sodium hydroxide; caustic soda	215-185-5	1310-73-2	Skin Corr. 1A	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 5 % Skin Corr. 1B; H314: 2 % ≤ C < 5 % Skin Irrit. 2; H315: 0,1 % ≤ C < 2 % Eye Irrit. 2; H319: 0,1 % ≤ C < 2 %	
011-003-00-1	sodium peroxide	215-209-4	1313-60-6	Ox. Sol. 1 Skin Corr. 1A	H271 H314	GHS03 GHS05 Dgr	H271 H314			
011-004-00-7	sodium azide	247-852-1	26628-22-8	Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H400 H410	EUH032		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
011-005-00-2	sodium carbonate	207-838-8	497-19-8	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
011-006-00-8	sodium cyanate	213-030-6	917-61-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
011-007-00-3	propoxycarbazone-sodium	—	181274-15-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410		M=10	
012-001-00-3	magnesium powder (pyrophoric)	231-104-6	7439-95-4	Water-react. 1 Pyr. Sol. 1	H260 H250	GHS02 Dgr	H260 H250			T
012-002-00-9	magnesium, powder or turnings	231-104-6	—	Flam. Sol. 1 Water-react. 2 Self-heat. 1	H228 H261 H252	GHS02 Dgr	H228 H261 H252			T
012-003-00-4	magnesium alkyls	—	—	Pyr. Liq. 1 Water-react. 1 Skin Corr. 1B	H250 H260 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H250 H260 H314	EUH014		A
013-001-00-6	aluminium powder (pyrophoric)	231-072-3	7429-90-5	Water-react. 2 Pyr. Sol. 1	H261 H250	GHS02 Dgr	H261 H250			T
013-002-00-1	aluminium powder (stabilised)	231-072-3	—	Water-react. 2 Flam.Sol. 3	H261 H228	GHS02 Dgr	H261 H228			T
013-003-00-7	aluminium chloride, anhydrous	231-208-1	7446-70-0	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
013-004-00-2	aluminium alkyls	—	—	Pyr. Liq. 1 Water-react. 1 Skin Corr. 1B	H250 H260 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H250 H260 H314	EUH014		A
013-005-00-8	diethyl(ethyl(dimethylsilanolato)aluminium	401-160-8	55426-95-4	Water-react. 1 Pyr. Liq. 1 Skin Corr. 1A	H260 H250 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H260 H250 H314	EUH014		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
013-006-00-3	(ethyl-3-oxobutanoato-O'1,O'3)(2-dimethylaminoethanolato)(1-methoxypropan-2-olato)aluminium(III), dimerised	402-370-2	—	Flam. Liq. 3 Eye Dam. 1	H226 H318	GHS02 GHS05 Dgr	H226 H318			
013-007-00-9	poly(oxo(2-butoxyethyl-3-oxobutanoato-O'1,O'3)aluminium)	403-430-0	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
013-008-00-4	di-n-octylaluminium iodide	408-190-0	7585-14-0	Pyr. Liq. 1 Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H250 H314 H400 H410	GHS02 GHS05 GHS09 Dgr	H250 H314 H410	EUH014		
013-009-00-X	sodium (n-butyl)x(ethyl)y-1,5-dihydro)aluminat x = 0.5 y = 1.5	418-720-2	—	Flam. Sol. 1 Water-react. 1 Pyr. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H228 H260 H250 H332 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H228 H260 H250 H332 H314	EUH014		T
014-001-00-9	trichlorosilane	233-042-5	10025-78-2	Flam. Liq. 1 Pyr. Liq. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H224 H250 H332 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H224 H250 H332 H302 H314	EUH014 EUH029	(*) STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	T
014-002-00-4	silicon tetrachloride	233-054-0	10026-04-7	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315	EUH014		
014-003-00-X	dimethyldichlorosilane	200-901-0	75-78-5	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H225 H319 H335 H315	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335 H315			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
014-004-00-5	trichloro(methyl)silane; methyltrichlorosilane	200-902-6	75-79-6	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H225 H319 H335 H315	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335 H315	EUH014	Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 1 % Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 1 % STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
014-005-00-0	tetraethyl silicate; ethyl silicate	201-083-8	78-10-4	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H226 H332 H319 H335	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H319 H335			
014-006-00-6	bis(4-fluorophenyl)-methyl-(1,2,4-triazol-4-ylmethyl)silane hydrochloride	401-380-4	—	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H411			
014-007-00-1	triethoxyisobutylsilane	402-810-3	17980-47-1	Skin Irrit. 2	H315	GHS07 Wng	H315			
014-008-00-7	(chloromethyl)bis(4-fluorophenyl)methylsilane	401-200-4	85491-26-5	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
014-009-00-2	isobutylisopropyldimethoxysilane	402-580-4	111439-76-0	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2	H226 H332 H315	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H315			
014-010-00-8	disodium metasilicate	229-912-9	6834-92-0	Skin Corr. 1B STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335			
014-011-00-3	cyclohexyldimethoxymethylsilane	402-140-1	17865-32-6	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
014-012-00-9	bis(3-(trimethoxysilyl)propyl)amine	403-480-3	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
014-013-00-4	$\alpha$ -hydroxypoly(methyl-(3-(2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yloxy)propyl)siloxane)	404-920-7	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H312 H302 H314 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H314 H411			
014-014-00-X	etacelasil (ISO); 6-(2-chloroethyl)-6-(2-methoxyethoxy)- 2,5,7,10-tetraoxa-6-silaundecane	253-704-7	37894-46-5	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*)	H360D (***) H302 H373 (**)	GHS08 GHS07 Dgr	H360D (***) H302 H373 (**)			
014-015-00-5	$\alpha$ -trimethylsilyl- $\omega$ -trimethylsiloxypropyl[oxy(methyl-3-(2-(2-methoxypropoxy)propoxy)propylsilyl)-co-oxy(dimethylsilyl)]-	406-420-4	69430-40-6	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
014-016-00-0	reaction mass of: 1,3-dihex-5-en-1-yl-1,1,3,3-tetramethyldisiloxane; 1,3-dihex-n-en-1-yl-1,1,3,3-tetramethyldisiloxane	406-490-6	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
014-017-00-6	flusilazole (ISO); bis(4-fluorophenyl)(methyl)(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)silane	—	85509-19-9	Carc. 2 Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H351 H360D (***) H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H351 H360D (***) H302 H411			
014-018-00-1	octamethylcyclotetrasiloxane	209-136-7	556-67-2	Repr. 2 Aquatic Chronic 4	H361f (***) H413	GHS08 Wng	H361f (***) H413			
014-019-00-7	reaction mass of: 4-[[bis-(4-fluorophenyl)methylsilyl]methyl]-4H-1,2,4-triazole; 1-[[bis-(4-fluorophenyl)methylsilyl]methyl]-1H-1,2,4-triazole	403-250-2	—	Carc. 2 Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H351 H360D (***) H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H351 H360D (***) H302 H411			
014-020-00-2	bis(1,1-dimethyl-2-propynyloxy)dimethylsilane	414-960-7	53863-99-3	Acute Tox. 4 (*)	H332	GHS07 Wng	H332			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
014-021-00-8	tris(isopropenyloxy)phenyl silane	411-340-8	52301-18-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H400 H410			
014-022-00-3	reaction product of: (2-hydroxy-4-(3-propenoxy)benzophenone and triethoxysilane) with (hydrolysis product of silica and methyltrimethoxysilane)	401-530-9	—	Flam. Sol. 1 STOT SE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H228 H370 (**) H332 H312 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H228 H370 (**) H332 H312 H302			T
014-023-00-9	$\alpha$ , $\omega$ -dihydroxypoly(hex-5-en-1-ylmethylsiloxane)hoxysilane with (hydrolysis product of silica and methyltrimethoxysilane)iazole	408-160-7	125613-45-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
014-024-00-4	1-((3-(3-chloro-4-fluorophenyl)propyl)dime-thylsilanyl)-4-ethoxybenzene	412-620-2	121626-74-2	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
014-025-00-X	4-[3-(diethoxymethylsilylpropoxy)-2,2,6,6-tetramethyl]piperidine	411-400-3	102089-33-8	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H373 (**) H315 H318 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H373 (**) H315 H318 H412			
014-026-00-5	dichloro-(3-(3-chloro-4-fluorophenyl)propyl)methylsilane	407-180-3	770722-36-6	Skin Corr. 1A	H314	GHS05 Dgr	H314			
014-027-00-0	chloro(3-(3-chloro-4-fluorophenyl)propyl)dimethylsilane	410-270-5	770722-46-8	Skin Corr. 1A	H314	GHS05 Dgr	H314			
014-028-00-6	$\alpha$ -[3-(1-oxoprop-2-enyl)-1-oxypopyl]dime-thoxysilyloxy- $\omega$ -[3(1-oxoprop-2-enyl)-1-oxypopyl]dimethoxysilyl poly(dimethylsiloxane)	415-290-8	193159-06-7	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
014-029-00-1	O,O'-(ethenylmethylsilylene)di[(4-methylpentan-2-one)oxime]	421-870-1	156145-66-3	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*)	H361f (***) H302 H373 (**)	GHS08 GHS07 Wng	H361f (***) H302 H373 (**)			
014-030-00-7	[(dimethylsilylene)bis((1,2,3,3a,7a-η)-1H-inden-1-ylidene)dimethyl]hafnium	422-060-0	137390-08-0	Acute Tox. 2 (*)	H300	GHS06 Dgr	H300			
014-031-00-2	bis(1-methylethyl)-dimethoxysilane	421-540-7	18230-61-0	Flam. Liq. 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H226 H315 H317 H412	GHS02 GHS07 Wng	H226 H315 H317 H412			
014-032-00-8	dicyclopentyl dimethoxysilane	404-370-8	126990-35-0	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H315 H318 H410			
015-001-00-1	white phosphorus	231-768-7	12185-10-3	Pyr. Sol. 1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H250 H330 H300 H314 H400	GHS02 GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H250 H330 H300 H314 H400			
015-002-00-7	red phosphorus	231-768-7	7723-14-0	Flam. Sol. 1 Aquatic Chronic 3	H228 H412	GHS02 Dgr	H228 H412			
015-003-00-2	calcium phosphide; tricalcium diphosphide	215-142-0	1305-99-3	Water-react. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H260 H300 H400	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H260 H300 H400	EUH029		T

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-004-00-8	aluminium phosphide	244-088-0	20859-73-8	Water-react. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H260 H300 H400	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H260 H300 H400	EUH029 EUH032		T
015-005-00-3	magnesium phosphide; trimagnesium diphosphide	235-023-7	12057-74-8	Water-react. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H260 H300 H400	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H260 H300 H400	EUH029		T
015-006-00-9	trizinc diphosphide; zinc phosphide	215-244-5	1314-84-7	Water-react. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H260 H300 H400 H410	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H260 H300 H410	EUH029 EUH032		T
015-007-00-4	phosphorus trichloride	231-749-3	7719-12-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1A	H330 H300 H373 (**) H314	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H330 H300 H373 (**) H314	EUH014 EUH029		
015-008-00-X	phosphorus pentachloride	233-060-3	10026-13-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B	H330 H302 H373 (**) H314	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H330 H302 H373 (**) H314	EUH014 EUH029		
015-009-00-5	phosphoryl trichloride	233-046-7	10025-87-3	Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H330 H372 (**) H302 H314	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H330 H372 (**) H302 H314	EUH014 EUH029		
015-010-00-0	phosphorus pentoxide	215-236-1	1314-56-3	Skin Corr. 1A	H314	GHS05 Dgr	H314			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-011-00-6	phosphoric acid ... %, orthophosphoric acid ... %	231-633-2	7664-38-2	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 %	B
015-012-00-1	tetraphosphorus trisulphide; phosphorus sesquisulphid	215-245-0	1314-85-8	Flam. Sol. 2 Water-react. 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H228 H260 H302 H400	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H228 H260 H302 H400			T
015-013-00-7	triethyl phosphate	201-114-5	78-40-0	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
015-014-00-2	tributyl phosphate	204-800-2	126-73-8	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2	H351 H302 H315	GHS08 GHS07 Wng	H351 H302 H315			
015-015-00-8	tricresyl phosphate (o-o-o-, o-o-m-, o-o-p-, o-m-m-, o-m-p-, o-p-p-); tritoyl phosphate (o-o-o-, o-o-m-, o-o-p-, o-m-m-, o-m-p-, o-p-p-);	201-103-5	78-30-8	STOT SE 1 Aquatic Chronic 2	H370 (**) H411	GHS08 GHS09 Dgr	H370 (**) H411		STOT SE 1; H370: C ≥ 1 % STOT SE 2; H371: 0,1 % ≤ C < 1 %	C
015-016-00-3	tricresyl phosphate (m-m-m-, m-m-p-, m-p-p-, p-p-p-); tritoyl phosphate (m-m-m-, m-m-p-, m-p-p-, p-p-p-);	201-105-6	78-32-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H312 H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H411		(*)	C
015-019-00-X	dichlorvos (ISO); 2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate	200-547-7	62-73-7	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H330 H311 H301 H317 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H311 H301 H317 H400			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-020-00-5	mevinphos (ISO); 2-methoxycarbonyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate	232-095-1	7786-34-7	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410		M=10000	
015-021-00-0	trichlorfon (ISO); dimethyl 2,2,2-trichloro-1-hydroxyethyl-phosphonate	200-149-3	52-68-6	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H400 H410		M=1000	
015-022-00-6	phosphamidon (ISO); 2-chloro-2-diethylcarbamoyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate	236-116-5	13171-21-6	Muta. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H300 H311 H410			
015-023-00-1	pyrazoxon; diethyl 3-methylpyrazol-5-yl phosphate	—	108-34-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H330 H310 H300	GHS06 Dgr	H330 H310 H300			
015-024-00-7	triamiphos (ISO); 5-amino-3-phenyl-1,2,4-triazol-1-yl-N,N,N',N'-tetramethylphosphonic diamide	—	1031-47-6	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
015-025-00-2	TEPP (ISO); tetraethyl pyrophosphate	203-495-3	107-49-3	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H310 H300 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H400			
015-026-00-8	schradan (ISO); octamethylpyrophosphoramidate	205-801-0	152-16-9	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-027-00-3	sulfotep (ISO); O,O,O,O-tetraethyl dithiopyrophosphate	222-995-2	3689-24-5	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410		M=1000	
015-028-00-9	demeton-O (ISO); O,O-diethyl-O-2-ethylthioethyl phosphorothioate	206-053-8	298-03-3	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H310 H300 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H400			
015-029-00-4	demeton-S (ISO); diethyl-S-2-ethylthioethyl phosphorothioate	204-801-8	126-75-0	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
015-030-00-X	demeton-O-methyl (ISO); O-2-ethylthioethyl O,O-dimethyl phosphorothioate	212-758-1	867-27-6	Acute Tox. 3 (*)	H301	GHS06 Dgr	H301			
015-031-00-5	demeton-S-methyl (ISO); S-2-ethylthioethyl dimethyl phosphorothioate	213-052-6	919-86-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H311 H301 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H411			
015-032-00-0	prothoate (ISO); O,O-diethyl isopropylcarbamoylmethyl phosphorodithioate	218-893-2	2275-18-5	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Chronic 3	H310 H300 H412	GHS06 Dgr	H310 H300 H412			
015-033-00-6	phorate (ISO); O,O-diethyl ethylthiomethyl phosphorodithioate	206-052-2	298-02-2	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410		M=1000	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-034-00-1	parathion (ISO); O,O-diethyl O-4-nitrophenyl phosphorothioate	200-271-7	56-38-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H311 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H300 H311 H372 (**) H410		M=100	
015-035-00-7	parathion — methyl (ISO); O,O-dimethyl O-4-nitrophenyl phosphorothioate	206-050-1	298-00-0	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H330 H300 H311 H373 (**) H400 H410	GHS02 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H226 H330 H300 H311 H373 (**) H410		M=100	
015-036-00-2	O-ethyl O-4-nitrophenyl phenylphosphothioate; EPN	218-276-8	2104-64-5	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			
015-037-00-8	phenkapton (ISO); S-(2,5-dichlorophenylthiomethyl) O,O-diethyl phosphorodithioate	218-892-7	2275-14-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410			
015-038-00-3	coumaphos (ISO); O-3-chloro-4-methylcoumarin-7-yl O,O-diethyl phosphorothioate	200-285-3	56-72-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H312 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-039-00-9	azinphos-methyl (ISO); O,O-dimethyl-4-oxobenzotriazin-3-ylmethyl phosphorodithioate	201-676-1	86-50-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H311 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H311 H317 H410			
015-040-00-4	diazinon (ISO); O,O-diethyl O-2-isopropyl-6-methylpyrimidin-4-yl phosphorothioate	206-373-8	333-41-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H400 H410			
015-041-00-X	malathion (ISO); 1,2-bis (ethoxycarbonyl) ethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	204-497-7	121-75-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H400 H410		M=100	
015-042-00-5	chlorthion O-(3-chloro-4-nitrophenyl) O,O-dimethyl phosphorothioate	207-902-5	500-28-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410		M=100	
015-043-00-0	phosnichlor (ISO); O-4-chloro-3-nitrophenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	—	5826-76-6	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			
015-044-00-6	carbophenothion (ISO); 4-chlorophenylthiomethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	212-324-1	786-19-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-045-00-1	mecarbam (ISO); N-ethoxycarbonyl-N-methylcarbamoylmethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	219-993-9	2595-54-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H400 H410			
015-046-00-7	oxydemeton-methyl; S-2-(ethylsulphinyl)ethyl O,O-dimethyl phosphorothioate	206-110-7	301-12-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1	H311 H301 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H400			
015-047-00-2	ethion (ISO); O,O,O',O'-tetraethyl S,S'-methylenedi (phosphorodithioate); diethion	209-242-3	563-12-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H410	M=10000		
015-048-00-8	fenthion (ISO); O,O-dimethyl-O-(4-methylthion-m-tolyl) phosphorothioate	200-231-9	55-38-9	Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H331 H372 H312 H302 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H331 H372 (**) H312 H302 H410			
015-049-00-3	endothion (ISO); S-5-methoxy-4-oxopyran-2-ylmethyl dimethyl phosphorothioate	220-472-3	2778-04-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H311 H301	GHS06 Dgr	H311 H301			
015-050-00-9	thiometon (ISO); S-2-ethylthioethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	211-362-6	640-15-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*)	H301 H312	GHS06 Dgr	H301 H312			
015-051-00-4	dimethoate (ISO); O,O-dimethyl methylcarbamoylmethyl phosphorodithioate	200-480-3	60-51-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-052-00-X	fenchlorphos (ISO); O,O-dimethyl O—2,4,5-trichlorophenyl phosphorothioate	206-082-6	299-84-3	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
015-053-00-5	menazon (ISO); S-[(4,6-diamino-1,3,5-triazin-2-yl)methyl] O, O-dimethyl phosphorodithioate	201-123-4	78-57-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
015-054-00-0	fenitrothion (ISO); O,O-dimethyl O-4-nitro-m-tolyl phosphorothioate	204-524-2	122-14-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
015-055-00-6	naled (ISO); 1,2-dibromo-2,2-dichloroethyl dimethyl phosphate	206-098-3	300-76-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H312 H302 H319 H315 H400	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H319 H315 H400		M=1000	
015-056-00-1	azinphos-ethyl (ISO); O,O-diethyl 4-oxobenzotriazin-3-ylmethyl phosphorodithioate	220-147-6	2642-71-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410			
015-057-00-7	formothion (ISO); N-formyl-N-methylcarbamoylmethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	219-818-6	2540-82-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
015-058-00-2	morphothion (ISO); O,O-dimethyl-S-(morpholinocarbonylmethyl) phosphorodithioate	205-628-0	144-41-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-059-00-8	vamidothion (ISO); O,O-dimethyl S-2-(1-methylcarbamoyl-ethylthio) ethyl phosphorothioate	218-894-8	2275-23-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H301 H312 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H400			
015-060-00-3	disulfoton (ISO); O,O-diethyl 2-ethylthioethyl phosphorodithioate	206-054-3	298-04-4	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			
015-061-00-9	dimefox (ISO); tetramethylphosphorodiamidic fluoride	204-076-8	115-26-4	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
015-062-00-4	mipafox (ISO); N,N'- di-isopropylphosphorodiamidic fluoride	206-742-3	371-86-8	STOT SE 1	H370 (**)	GHS08 Dgr	H370 (**)			
015-063-00-X	dioxathion (ISO); 1,4-dioxan-2,3-diyl-O,O',O'-tetraethyl di (phosphorodithioate)	201-107-7	78-34-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H311 H410		M=1000	
015-064-00-5	bromophos-ethyl (ISO); O-4-bromo-2,5-dichlorophenyl O,O-diethyl phosphorothioate	225-399-0	4824-78-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H410			
015-065-00-0	S-[2-(ethylsulphinyl)ethyl] O,O-dimethyl phosphorodithioate	—	2703-37-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Chronic 2	H330 H310 H300 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-066-00-6	omethoate (ISO); O,O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorothioate	214-197-8	1113-02-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H301 H312 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H400			
015-067-00-1	phosalone (ISO); S-(6-chloro-2-oxobenzoxazolin-3-ylmethyl) O,O-diethyl phosphorodithioate	218-996-2	2310-17-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H410			
015-068-00-7	dichlofenthion (ISO); O—2,4-dichlorophenyl O,O-diethyl phosphorothioate	202-564-5	97-17-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H400 H410			
015-069-00-2	methidathion (ISO); 2,3-dihydro-5-methoxy-2-oxo-1,3,4-thiadiazol-3-ylmethyl-O,O-dimethylphosphorodithioate	213-449-4	950-37-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H312 H410			
015-070-00-8	cyanthoate (ISO); S-(N-(1-cyano-1-methylethyl)carbamoylmethyl) O,O-diethyl phosphorothioate	223-099-4	3734-95-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*)	H300 H311	GHS06 Dgr	H300 H311			
015-071-00-3	chlorfenvinphos (ISO); 2-chloro-1-(2,4 dichlorophenyl) vinyl diethyl phosphate	207-432-0	470-90-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410			
015-072-00-9	monocrotophos (ISO); dimethyl-1-methyl-2-(methylcarbamoyl) vinyl phosphate	230-042-7	6923-22-4	Muta. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H330 H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H330 H300 H311 H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-073-00-4	dicrotophos (ISO); (Z)-2-dimethylcarbamoyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate	205-494-3	141-66-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410			
015-074-00-X	crufomate (ISO); 4-tert-butyl-2-chlorophenyl methyl methyl-phosphoramidate	206-083-1	299-86-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
015-075-00-5	S-[2-(isopropylsulphinyl)ethyl] O,O-dimethyl phosphorothioate	—	2635-50-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			
015-076-00-0	potasan; O, O-diethyl O-(4-methylcoumarin-7-yl) phosphorothioate	—	299-45-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H410	M=1000		
015-077-00-6	2,2-dichlorovinyl 2-ethylsulphinylolethyl methyl phosphate	—	7076-53-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			
015-078-00-1	demeton-S-methylsulphon (ISO); S-2-ethylsulphonylolethyl dimethyl phosphorothioate	241-109-5	17040-19-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H301 H312 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H411			
015-079-00-7	acephate (ISO); O,S-dimethyl acetylphosphoramidothioate	250-241-2	30560-19-1	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
015-080-00-2	amidithion (ISO); 2-methoxyethylcarbamoylmethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	—	919-76-6	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-081-00-8	O,O,O',O'-tetrapropyl dithiopyrophosphate	221-817-0	3244-90-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
015-082-00-3	azothoate (ISO); O-4-(4-chlorophenylazo)phenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	227-419-3	5834-96-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302			
015-083-00-9	bensulide (ISO); O,O-diisopropyl 2-phenylsulphonylaminoethyl phosphorodithioate	212-010-4	741-58-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
015-084-00-4	chlorpyrifos (ISO); O,O-diethyl O—3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate	220-864-4	2921-88-2	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H400 H410		M=10000	
015-085-00-X	chlorphonium chloride (ISO); tributyl (2,4-dichlorobenzyl) phosphonium chloride	204-105-4	115-78-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H301 H312 H319 H315	GHS06 Dgr	H301 H312 H319 H315			
015-086-00-5	coumithoate (ISO); O,O-diethyl O—7,8,9,10-tetrahydro-6-oxo-benzo(c)chromen-3-yl phosphorothioate	—	572-48-5	Acute Tox. 3 (*)	H301	GHS06 Dgr	H301			
015-087-00-0	cyanophos (ISO); O-4-cyanophenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	220-130-3	2636-26-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-088-00-6	dialifos (ISO); 2-chloro-1-phthalimidoethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	233-689-3	10311-84-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H400 H410			
015-089-00-1	ethoate-methyl (ISO); ethylcarbamoylmethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	204-121-1	116-01-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
015-090-00-7	fensulfothion (ISO); O,O-diethyl O-4-methylsulfinylphenyl phosphorothioate	204-114-3	115-90-2	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			
015-091-00-2	fonofos (ISO); O-ethyl phenyl ethylphosphonodithioate	213-408-0	944-22-9	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			
015-092-00-8	phosacetim (ISO); O,O-bis(4-chlorophenyl) N-acetimidoil-phosphoramidothioate	223-874-7	4104-14-7	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			
015-093-00-3	leptophos (ISO); O-4-bromo-2,5-dichlorophenyl O-methyl phenylphosphorothioate	244-472-8	21609-90-5	Acute Tox. 3 (*) STOT SE 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H370 (**) H312 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H370 (**) H312 H410			
015-094-00-9	mephosfolan (ISO); diethyl 4-methyl-1,3-dithiolan-2-ylidene-phosphoramidate	213-447-3	950-10-7	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Chronic 2	H310 H300 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-095-00-4	methamidophos (ISO); O,S-dimethyl phosphoramidothioate	233-606-0	10265-92-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1	H330 H300 H311 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H311 H400			
015-096-00-X	oxydisulfoton (ISO); O, O-diethyl S-2-ethylsulphinylethyl phosphorodithioate	219-679-1	2497-07-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410		M=10	
015-097-00-5	phenthoate (ISO); ethyl 2-(dimethoxyphosphinothioylthio)-2-phenylacetate	219-997-0	2597-03-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410		M=100	
015-098-00-0	trichloronate (ISO); O-ethyl O—2,4,5-trichlorophenyl ethylphosphonothioate	206-326-1	327-98-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410			
015-099-00-6	pirimiphos-ethyl (ISO); O,O-diethyl O-2-diethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl phosphorothioate	245-704-0	23505-41-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H410			
015-100-00-X	phoxim (ISO); α-(diethoxyphosphinothioylimino) phenylacetone nitrile	238-887-3	14816-18-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410		M=1000	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-101-00-5	phosmet (ISO); O,O-dimethyl phthalimidomethyl S-phosphorodithioate	211-987-4	732-11-6	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410		M=100	
015-102-00-0	tris(2-chloroethyl) phosphate	204-118-5	115-96-8	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H351 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H411			
015-103-00-6	phosphorus tribromide	232-178-2	7789-60-8	Skin Corr. 1B STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335	EUH014		
015-104-00-1	diphosphorus pentasulphide; phosphorus pentasulphide	215-242-4	1314-80-3	Flam. Sol. 1 Water-react. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H228 H260 H332 H302 H400	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H228 H260 H332 H302 H400	EUH029		T
015-105-00-7	triphenyl phosphite	202-908-4	101-02-0	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H410		Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 % Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 5 %	
015-106-00-2	hexamethylphosphoric triamide; hexamethylphosphoramidate	211-653-8	680-31-9	Carc. 1B Muta. 1B	H350 H340	GHS08 Dgr	H350 H340		Carc. 1B; H350: C ≥ 0.01 %	
015-107-00-8	ethoprophos (ISO); ethyl-S,S-dipropyl phosphorodithioate	236-152-1	13194-48-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H301 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H301 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-108-00-3	bromophos (ISO); O-4-bromo-2,5-dichlorophenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	218-277-3	2104-96-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410		M=100	
015-109-00-9	crotoxyphos (ISO); 1-phenylethyl 3-(dimethoxyphosphinyloxy) isocrotonate	231-720-5	7700-17-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410		M=10	
015-110-00-4	cyanofenphos (ISO); O-4-cyanophenyl O-ethyl phenylphosphothioate	—	13067-93-1	Acute Tox. 3 (*) STOT SE 1 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H301 H370 (**) H312 H319 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H370 (**) H312 H319 H411			
015-111-00-X	phosfolan (ISO); diethyl 1,3-dithiolan-2-ylidenephosphoramidate	213-423-2	947-02-4	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
015-112-00-5	thionazin (ISO); O,O-diethyl O-pyrazin-2-yl phosphorothioate;	206-049-6	297-97-2	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
015-114-00-6	chlormephos (ISO); S-chloromethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	246-538-1	24934-91-6	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			
015-115-00-1	chlorthiophos (ISO)	244-663-6	21923-23-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-116-00-7	demephion-O (ISO); O,O-dimethyl O-2-methylthioethyl phosphorothioate	211-666-9	682-80-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*)	H300 H311	GHS06 Dgr	H300 H311			
015-117-00-2	demephion-S (ISO); O,O-dimethyl S-2-methylthioethyl phosphorothioate	219-971-9	2587-90-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*)	H300 H311	GHS06 Dgr	H300 H311			
015-118-00-8	demeton	—	8065-48-3	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H310 H300 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H400			
015-119-00-3	dimethyl 4-(methylthio)phenyl phosphate	—	3254-63-5	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
015-120-00-9	ditalimfos (ISO); O,O-diethyl phthalimidophosphonothioate	225-875-8	5131-24-8	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H315 H317	GHS07 Wng	H315 H317			
015-121-00-4	edifenphos (ISO); O-ethyl S,S-diphenyl phosphorodithioate	241-178-1	17109-49-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H312 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H312 H317 H410			
015-122-00-X	etrimfos (ISO); O-6-ethoxy-2-ethylpyrimidin-4-yl O,O-dimethylphosphorothioate	253-855-9	38260-54-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410		M=10	
015-123-00-5	fenamiphos (ISO); ethyl-4-methylthio-m-tolyl isopropyl phosphoramidate	244-848-1	22224-92-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410		M=100	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-124-00-0	fosthietan (ISO); diethyl 1,3-dithietan-2-ylidene phosphoramidate	244-437-7	21548-32-3	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
015-125-00-6	glyphosine (ISO); N,N-bis(phosphonomethyl)glycine	219-468-4	2439-99-8	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
015-126-00-1	heptenophos (ISO); 7-chlorobicyclo(3.2.0)hepta-2,6-dien-6-yl dimethyl phosphate	245-737-0	23560-59-0	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410		M=100	
015-127-00-7	iprobenfos(ISO); S-benzyl diisopropyl phosphorothioate	247-449-0	26087-47-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
015-128-00-2	IPSP; S-ethylsulphinylmethyl O,O-diisopropylphosphorodithioate	—	5827-05-4	Acute Tox. 1 Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H301 H410		M=100	
015-129-00-8	isofenphos (ISO); O-ethyl O-2-isopropoxycarbonylphenyl-isopropylphosphoramidothioate	246-814-1	25311-71-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410		M=100	
015-130-00-3	isothioate (ISO); S-2-isopropylthioethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate;	—	36614-38-7	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H311 H301	GHS06 Dgr	H311 H301			
015-131-00-9	isoxathion (ISO); O,O-diethyl O-5-phenylisoxazol-3-ylphosphorothioate	242-624-8	18854-01-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-132-00-4	S-(chlorophenylthiomethyl) O,O-dimethylphosphorodithioate; methylcarbophenothione	—	953-17-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410		M=1000	
015-133-00-X	piperophos (ISO); S-2-methylpiperidinocarbonylmethyl-O,O-dipropyl phosphorodithioate	—	24151-93-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410		M=10	
015-134-00-5	pirimiphos-methyl (ISO); O-(2-diethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl) O,O-dimethyl phosphorothioate	249-528-5	29232-93-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
015-135-00-0	profenofos (ISO) O-(4-bromo-2-chlorophenyl) O-ethyl S-propyl phosphorothioate;	255-255-2	41198-08-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410		M=1000	
015-136-00-6	<i>trans</i> -isopropyl-3-[[[(ethylamino)methoxyfosfinothiolo]oxy]crotonate; isopropyl 3-[[[(ethylamino)methoxyfosfinothiolo]oxy]isocrotonate; propetamphos (ISO)	250-517-2	31218-83-4	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410		M=100	
015-137-00-1	pyrazophos (ISO); O,O-diethyl O-(6-ethoxycarbonyl-5-methylpyrazolo[2,3-a]pyrimidin-2-yl) phosphorothioate	236-656-1	13457-18-6	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-138-00-7	quinalphos (ISO); O,O-diethyl-O-quinoxalin-2-yl phosphorothioate	237-031-6	13593-03-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H410		M=1000	
015-139-00-2	terbufos (ISO); S— <i>tert</i> -butylthiomethyl O, O-diethylphosphorodithioate;	235-963-8	13071-79-9	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410		M=1000	
015-140-00-8	triazophos (ISO); O,O-diethyl-O-1-phenyl-1H,2,4-triazol-3-yl phosphorothioate	245-986-5	24017-47-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H312 H410			
015-141-00-3	ethylenediammonium O,O-bis(octyl) phosphorodithioate, mixed isomers	400-520-1	—	Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H302 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H302 H410			
015-142-00-9	butyl (dialkyloxy(dibutoxyphosphoryloxy)) titanium (trialkyloxy)titanium phosphate	401-100-0	—	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H225 H319 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H319 H411			T
015-143-00-4	reaction mass of 2-chloroethyl chloropropyl 2-chloroethylphosphonate, reaction mass of isomers and 2-chloroethyl chloropropyl 2-chloropropylphosphonate, reaction mass of isomers	401-740-0	—	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
015-144-00-X	reaction mass of pentyl methylphosphinate and 2-methylbutyl methylphosphinate	402-090-0	87025-52-3	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-145-00-5	reaction mass of copper(I) O,O-diisopropyl phosphorodithioate and copper(I) O-isopropyl O-(4-methylpent-2-yl) phosphorodithioate and copper(I) O,O-bis(4-methylpent-2-yl) phosphorodithioate	401-520-4	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
015-146-00-0	S-(tricyclo(5.2.1.0 <sup>2,6</sup> )deca-3-en-8(or 9)-yl O-(isopropyl or isobutyl or 2-ethylhexyl) O-(isopropyl or isobutyl or 2-ethylhexyl) phosphorodithioate	401-850-9	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
015-147-00-6	reaction mass of C <sub>12-14</sub> -tert-alkylammonium diphenyl phosphorothioate and dinonyl sulphide (or disulphide)	400-930-0	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H411			
015-148-00-1	2-(diphosphonomethyl)succinic acid	403-070-4	51395-42-7	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H317			
015-149-00-7	reaction mass of: hexyldioctylphosphineoxide; dihexyloctylphosphineoxide; trioctylphosphineoxide	403-470-9	—	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H410			
015-150-00-2	(2-(1,3-dioxolan-2-yl)ethyl)triphenylphosphonium bromide	404-940-6	86608-70-0	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H318 H373 (**) H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H373 (**) H412			
015-151-00-8	tris(isopropyl/tert-butylphenyl) phosphate	405-010-2	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
015-152-00-3	dioxabenzofos (ISO); 2-methoxy-4H—1,3,2-benzodioxaphosphorin 2-sulphide	223-292-3	3811-49-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT SE 1 Aquatic Chronic 2	H311 H301 H370 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H311 H301 H370 (**) H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-153-00-9	isazofos (ISO); O-(5-chloro-1-isopropyl-1,2,4-triazol-3-yl) O,O-diethyl phosphorothioate	255-863-8	42509-80-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H311 H301 H373 (**) H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H311 H301 H373 (**) H317 H410			
015-154-00-4	2-chloroethylphosphonic acid; ethephon	240-718-3	16672-87-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H332 H312 H314 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H332 H312 H314 H412		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
015-155-00-X	ammonium 2-amino-4-(hydroxymethylphosphinyl)butyrate; glufosinate ammonium	278-636-5	77182-82-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
015-156-00-5	methyl 3-[(dimethoxyphosphinothioyl)oxy]methacrylate; [1] methacrifos (ISO); methyl (E)-3-[(dimethoxyphosphinothioyl)oxy]methacrylate [2]	250-366-9 [1] — [2]	30864-28-9 [1] 62610-77-9 [2]	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
015-157-00-0	phosphonic acid; [1] phosphorous acid [2]	237-066-7 [1] 233-663-1 [2]	13598-36-2 [1] 10294-56-1 [2]	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314			
015-158-00-6	(η-cyclopentadienyl)(η-cumenyl)iron(1+) hexafluorophosphate(1-)	402-340-9	32760-80-8	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
015-159-00-1	hydroxyphosphonoacetic acid	405-710-8	23783-26-8	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H302 H373 (**) H314 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H373 (**) H314 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-160-00-7	vanadyl pyrophosphate	406-260-5	58834-75-6	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H319 H317 H412	GHS07 Wng	H319 H317 H412			
015-161-00-2	divanadyl pyrophosphate	407-130-0	65232-89-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H317 H411			
015-162-00-8	vanadium(IV) oxide hydrogen phosphate hemihydrate, lithium, zinc, molybdenum, iron and chlorine-doped	407-350-7	—	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H332 H373 (**) H318 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H332 H373 (**) H318 H411			
015-163-00-3	bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphin oxide	412-010-6	145052-34-2	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
015-164-00-9	calcium P,P'-(1-hydroxyethylene)bis(hydrogen phosphonate)dihydrate	400-480-5	36669-85-9	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
015-165-00-4	reaction mass of: thiobis(4,1-phenylene)-S,S,S',S'-tetraphenyldisulfonium bis(hexafluorophosphate); diphenyl(4-phenylthiophenyl)sulfonium hexafluorophosphate	404-986-7	—	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
015-166-00-X	3,9-bis(2,6-di-tert-butyl-4-methylphenoxy)-2,4,8,10-tetraoxa-3,9-diphosphaspiro[5.5]undecane	410-290-4	80693-00-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
015-167-00-5	3-(hydroxyphenylphosphinyl)propanoic acid	411-200-6	14657-64-8	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-168-00-0	fosthiazate (ISO); (RS)-S—sec-butyl-O-ethyl-2-oxo-1,3-thiazolidin-3-ylphosphonothioate	—	98886-44-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H312 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H312 H317 H410	EUH070		
015-169-00-6	tributyltetradecylphosphonium tetrafluoroborate	413-520-1	—	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H314 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H373 (**) H314 H317 H410			
015-170-00-1	reaction mass of: di-(1-octane-N,N,N-trimethylammonium) octylphosphate; 1-octane-N,N,N-trimethylammonium dioctylphosphate; 1-octane-N,N,N-trimethylammonium octylphosphate	407-490-9	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314			
015-171-00-7	O,O,O-tris(2(or 4)-C <sub>9-10</sub> -isoalkylphenyl)phosphorothioate	406-940-1	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
015-172-00-2	reaction mass of: bis(isotridecylammonium) mono(di-(4-methylpent-2-yloxy)thiophosphorothionylisopropyl)phosphate; isotridecylammonium bis(di-(4-methylpent-2-yloxy)thiophosphorothionylisopropyl)phosphate	406-240-6	—	Flam. Liq. 3 Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H226 H314 H411	GHS02 GHS05 GHS09 Dgr	H226 H314 H411			
015-173-00-8	methyl [2-(1,1-dimethylethyl)-6-methoxy-pyrimidin-4-yl]ethylphosphonothioate	414-080-3	117291-73-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-174-00-3	1-chloro-N,N-diethyl-1,1-diphenyl-1-(phenylmethyl)phosphoramine	411-370-1	82857-68-9	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H301 H318 H411	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H318 H411			
015-175-00-9	tert-butyl (triphenylphosphoranylidene) acetate	412-880-7	35000-38-5	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H301 H373 (**) H319 H317 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H373 (**) H319 H317 H411			
015-176-00-4	P,P,P',P'-tetrakis-(o-methoxyphenyl)propane-1,3-diphosphine	413-430-2	116163-96-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
015-177-00-X	((4-phenylbutyl)hydroxyphosphoryl)acetic acid	412-170-7	83623-61-4	STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H373 (**) H318 H317	GHS08 GHS05 Dgr	H373 (**) H318 H317			
015-178-00-5	(R)- $\alpha$ -phenylethylammonium (-)-(1R, 2S)-(1,2-epoxypropyl)phosphonate monohydrate	418-570-8	25383-07-7	Repr. 2 Aquatic Chronic 2	H361f (***) H411	GHS08 GHS09 Wng	H361f (***) H411			
015-179-00-0	UVCB condensation product of: tetrakis-hydroxymethylphosphonium chloride, urea and distilled hydrogenated C <sub>16-18</sub> tallow alkylamine	422-720-8	166242-53-1	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H373 (**) H314 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H351 H302 H373 (**) H314 H317 H410			
015-180-00-6	[R-(R*),S(*)]-[[2-methyl-1-(1-oxopropoxy)propoxy]-(4-phenylbutyl)phosphinyl] acetic acid, (-)-cinchonidine (1:1) salt	415-820-8	137590-32-0	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
015-181-00-1	phosphine	232-260-8	7803-51-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H220 H330 H314 H400	GHS02 GHS04 GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H220 H330 H314 H400			U
015-184-00-8	Salts of glyphosate, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			A
015-186-00-9	chlorpyrifos-methyl (ISO) O, O-dimethyl O—3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate	227-011-5	5598-13-0	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410		M=10000	
015-187-00-4	reaction mass of: tetrasodium(((2-hydroxyethyl)imino)bis(methylene))bisphosphonate, N-oxide; trisodium ((tetrahydro-2-hydroxy-4H—1,4,2-oxazaphosphorin-4-yl)-methyl)phosphonate, N-oxide, P-oxide	417-540-1	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
015-189-00-5	phenyl bis(2,4,6-trimethylbenzoyl)-phosphine oxide	423-340-5	162881-26-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
016-001-00-4	hydrogen sulphide	231-977-3	7783-06-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H220 H330 H400	GHS02 GHS04 GHS06 GHS09 Dgr	H220 H330 H400			U
016-002-00-X	barium sulphide	244-214-4	21109-95-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H332 H302 H400	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H400	EUH031		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-003-00-5	barium polysulphides	256-814-3	50864-67-0	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H319 H335 H315 H400	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H400	EUH031		
016-004-00-0	calcium sulphide	243-873-5	20548-54-3	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H319 H335 H315 H400	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H400	EUH031		
016-005-00-6	calcium polysulphides	215-709-2	1344-81-6	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H319 H335 H315 H400	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H400	EUH031		
016-006-00-1	dipotassium sulphide; potassium sulphide	215-197-0	1312-73-8	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400	EUH031		
016-007-00-7	potassium polysulphides	253-390-1	37199-66-9	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400	EUH031		
016-008-00-2	ammonium polysulphides	232-989-1	9080-17-5	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400	EUH031	EUH031: C ≥ 1 %	
016-009-00-8	disodium sulphide; sodium sulphide	215-211-5	1313-82-2	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400	EUH031		
016-010-00-3	sodium polysulphides	215-686-9	1344-08-7	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H301 H314 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H314 H400	EUH031		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-011-00-9	sulphur dioxide	231-195-2	7446-09-5	Press. Gas Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H331 H314	GHS04 GHS06 GHS05 Dgr	H331 H314		(*)	U 5
016-012-00-4	disulphur dichloride; sulfur monochloride	233-036-2	10025-67-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H301 H332 H314 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H332 H314 H400	EUH014 EUH029	STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
016-013-00-X	sulphur dichloride	234-129-0	10545-99-0	Skin Corr. 1B STOT SE 3 Aquatic Acute 1	H314 H335 H400	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H335 H400	EUH014	STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
016-014-00-5	sulphur tetrachloride	—	13451-08-6	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400	EUH014	STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
016-015-00-0	thionyl dichloride; thionyl chloride	231-748-8	7719-09-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H332 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H332 H302 H314	EUH014 EUH029	STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
016-016-00-6	sulphuryl chloride	232-245-6	7791-25-5	Skin Corr. 1B STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335	EUH014		
016-017-00-1	chlorosulphonic acid	232-234-6	7790-94-5	Skin Corr. 1A STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335	EUH014		
016-018-00-7	fluorosulphonic acid	232-149-4	7789-21-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H332 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H332 H314			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-019-00-2	oleum ... % SO <sub>3</sub>	—	—	Skin Corr. 1A STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335	EUH014		B
016-020-00-8	sulphuric acid ... %	231-639-5	7664-93-9	Skin Corr. 1A	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 15 % Skin Irrit. 2; H315: 5 % ≤ C < 15 % Eye Irrit. 2; H319: 5 % ≤ C < 15 %	B
016-021-00-3	methanethiol; methyl mercaptan	200-822-1	74-93-1	Flam. Gas. 1 Press. Gas Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H220 H331 H400 H410	GHS02 GHS04 GHS06 GHS09 Dgr	H220 H331 H410			U
016-022-00-9	ethanethiol; ethyl mercaptan	200-837-3	75-08-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H225 H332 H400 H410	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H332 H410			
016-023-00-4	dimethyl sulphate	201-058-1	77-78-1	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H350 H341 H330 H301 H314 H317	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H350 H341 H330 H301 H314 H317		Carc. 1B; H350: C ≥ 0.01 % Muta. 2; H341: C ≥ 0.01 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
016-024-00-X	dimexano(ISO); bis(methoxythiocarbonyl) disulphide	215-993-8	1468-37-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-025-00-5	disul (ISO); 2-(2,4-dichlorophenoxy)ethyl hydrogensulphate; 2,4-DES	205-259-5	149-26-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H302 H315 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318			
016-026-00-0	sulphamidic acid; sulphamic acid; sulfamic acid	226-218-8	5329-14-6	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H315 H412	GHS07 Wng	H319 H315 H412			
016-027-00-6	diethyl sulphate	200-589-6	64-67-5	Carc. 1B Muta. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H350 H340 H332 H312 H302 H314	GHS05 GHS08 GHS07 Dgr	H350 H340 H332 H312 H302 H314			
016-028-00-1	sodium dithionite; sodium hydrosulphite	231-890-0	7775-14-6	Self-heat. 1 Acute Tox. 4 (*)	H251 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H251 H302	EUH031		
016-029-00-7	p-toluenesulphonic acid, containing more than 5 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	—	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 %	
016-030-00-2	p-toluenesulphonic acid (containing a maximum of 5 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	203-180-0	104-15-4	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315		STOT SE 3; H335: C ≥ 20 %	
016-031-00-8	tetrahydrothiophene-1,1-dioxide; sulpholane	204-783-1	126-33-0	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
016-032-00-3	1,3-propanesultone; 1,2-oxathiolane 2,2-dioxide	214-317-9	1120-71-4	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H350 H312 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H312 H302		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-033-00-9	dimethylsulfamoylchloride	236-412-4	13360-57-1	Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H350 H330 H312 H302 H314	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H350 H330 H312 H302 H314			
016-034-00-4	tetrasodium 3,3'-(piperazine-1,4-diylbis((6-chloro-1,3,5-triazine-2,4-diyl)imino(2-acetamido)-4,1-phenyleneazo))bis(naphthalene-1,5-disulphonate)	400-010-9	81898-60-4	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
016-035-00-X	pentasodium 5-anilino-3-(4-(4-(6-chloro-4-(3-sulphonatoanilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2,5-dimethylphenylazo)-2,5-disulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulphonate	400-120-7	—	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
016-036-00-5	tetrasodium 5-(4,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-2-ylamino)-4-hydroxy-2,3-azodinaphthalene-1,2,5,7-disulphonate	400-130-1	—	Resp. Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H334 H411	GHS08 GHS09 Dgr	H334 H411			
016-037-00-0	disodium 1-amino-4-(4-benzenesulphonamido-3-sulphonatoanilino)anthraquinone-2-sulphonate	400-350-8	85153-93-1	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
016-038-00-6	disodium 6-((4-chloro-6-(N-methyl)-2-toluidino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-1-hydroxy-2-(4-methoxy-2-sulphonatophenylazo)naphthalene-3-sulphonate	400-380-1	86393-35-3	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
016-039-00-1	tetrasodium 2-(6-chloro-4-(4-(2,5-dimethyl-4-(2,5-disulphonatophenylazo)phenylazo)-3-ureidoanilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)benzene-1,4-disulphonate	400-430-2	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-040-00-7	reaction mass of disodium 6-(2,4-dihydroxyphenylazo)-3-(4-(4-(2,4-dihydroxyphenylazo)anilino)-3-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2-sulphonate and disodium 6-(2,4-diaminophenylazo)-3-(4-(4-(2,4-diaminophenylazo)anilino)-3-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2-sulphonate and trisodium 6-(2,4-dihydroxyphenylazo)-3-(4-(4-(7-(2,4-dihydroxyphenylazo)-1-hydroxy-3-sulphonato-2-naphthylazo)anilino)-3-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2-sulphonate	400-570-4	—	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
016-041-00-2	calcium 2,5-dichloro-4-(4-((5-chloro-4-methyl-2-sulphonatophenyl)azo)-5-hydroxy-3-methylpyrazol-1-yl)benzenesulphonate	400-710-4	—	Acute Tox. 4 (*)	H332	GHS07 Wng	H332			
016-042-00-8	tetrasodium 5-benzamido-3-(5-(4-fluoro-6-(1-sulphonato-2-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulphonate	400-790-0	85665-97-0	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			
016-043-00-3	dilithium 6-acetamido-4-hydroxy-3-(4-((2-sulphonatooxy)ethylsulphonyl)phenylazo)naphthalene-2-sulphonate	401-010-1	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
016-044-00-9	disodium S,S-hexane-1,6-diyldi(thiosulphate) dihydrate	401-320-7	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
016-045-00-4	lithium sodium hydrogen 4-amino-6-(5-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)-2-sulphonatophenylazo)-5-hydroxy-3-(4-(2-(sulphonatooxy)ethylsulphonyl)phenylazo)naphthalene-2,7-disulphonate	401-560-2	108624-00-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
016-046-00-X	sodium hydrogensulphate	231-665-7	7681-38-1	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
016-047-00-5	hexasodium 7-(4-(4-(4-(2,5-disulphonatoanilino)-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-methylphenylazo)-7-sulphonatonaphthylazo)naphthalene-1,3,5-trisulphonate	401-650-1	85665-96-9	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-048-00-0	sodium 3,5-dichloro-2-(5-cyano-2,6-bis(3-hydroxypropylamino)-4-methylpyridin-3-ylazo)benzenesulphonate	401-870-8	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
016-049-00-6	calcium octadecylxylenesulphonate	402-040-8	—	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H314 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H411			
016-050-00-1	potassium sodium 5-(4-chloro-6-(N-(4-(4-chloro-6-(5-hydroxy-2,7-disulphonato-6-(2-sulphonatophenylazo)-4-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino) phenyl-N-methylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-4-hydroxy-3-(2-sulphonatophenylazo)naphthalene-2,7-disulphonat	402-150-6	—	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			
016-051-00-7	trisodium 7-(4-(6-fluoro-4-(2-(2-vinylsulphonylethoxy)ethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-ureidophenylazo)naphthalene-1,3,6- trisulphonate	402-170-5	106359-91-5	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
016-052-00-2	benzyltributylammonium 4-hydroxynaphthalene-1-sulphonate	402-240-5	102561-46-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H411			
016-053-00-8	(C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl)(C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl) ammonium 2-((C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl)(C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl)carbamoyl)benzenesulphonate	402-460-1	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H315 H317 H413	GHS07 Wng	H315 H317 H413			
016-054-00-3	sodium 4-(2,4,4-trimethylpentylcarbonyloxy)benzenesulfonate	400-030-8	—	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Sens. 1	H331 H372 (**) H302 H319 H335 H317	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H372 (**) H302 H319 H335 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-055-00-9	tetrasodium 4-amino-3,6-bis(5-(6-chloro-4-(2-hydroxyethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-sulfonatophenylazo)-5-hydroxynaphthalene-2,7-sulfonate (containing > 35 % sodium chloride and sodium acetate)	400-510-7	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
016-056-00-4	potassium hydrogensulphate	231-594-1	7646-93-7	Skin Corr. 1B STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335			
016-057-00-X	styrene-4-sulfonyl chloride	404-770-2	2633-67-2	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H315 H318 H317			
016-058-00-5	thionyl chloride, reaction products with 1,3,4-thiadiazol-2,5-dithiol, <i>tert</i> -nonanethiol and C <sub>12-14</sub> - <i>tert</i> -alkylamine	404-820-3	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H315 H317 H412	GHS07 Wng	H315 H317 H412			
016-059-00-0	N,N,N',N'-tetramethyldithiobis(ethylene)diamine dihydrochloride	405-300-9	17339-60-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H317 H410			
016-060-00-6	diammonium peroxodisulphate; ammonium persulphate	231-786-5	7727-54-0	Ox. Sol. 3 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H272 H302 H319 H335 H315 H334 H317	GHS03 GHS08 GHS07 Dgr	H272 H302 H319 H335 H315 H334 H317			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-061-00-1	dipotassium peroxodisulphate; potassium persulphate	231-781-8	7727-21-1	Ox. Sol. 3 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H272 H302 H319 H335 H315 H334 H317	GHS03 GHS08 GHS07 Dgr	H272 H302 H319 H335 H315 H334 H317			
016-062-00-7	bensultap (ISO); 1,3-bis(phenylsulfonylthio)-2-(N,N-dimethylamino)propane	—	17606-31-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
016-063-00-2	sodium metabisulphite	231-673-0	7681-57-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1	H302 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318	EUH031		
016-064-00-8	sodium hydrogensulphite . . . %; sodium bisulphite . . . %	231-548-0	7631-90-5	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302	EUH031		B
016-065-00-3	sodium 1-amino-4-[2-methyl-5-(4-methylphenylsulfonylamino)phenylamino]anthraquinone-2-sulfonate	400-100-8	84057-97-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
016-066-00-9	tetrasodium [5-((4-amino-6-chloro-1,3,5-triazin-2-yl)amino)-2-((2-hydroxy-3,5-disulfonatophenylazo)-2-sulfonatobenzylidenehydrazino)benzoate]copper(II)	404-070-7	116912-62-0	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
016-067-00-4	(4-methylphenyl)mesitylene sulfonate	407-530-5	67811-06-7	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
016-068-00-X	sodium 3,5-bis(tetradecyloxy-carbonyl)benzenesulfinate	407-720-8	155160-86-4	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
016-069-00-5	3,5-bis-(tetradecyloxy-carbonyl)benzenesulfonic acid	407-990-7	141915-64-2	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-070-00-0	4-benzyloxy-4'-(2,3-epoxy-2-methylprop-1-yloxy)diphenylsulfone	408-220-2	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
016-071-00-6	trisodium 3-amino-6,13-dichloro-10-((3-((4-chloro-6-(2-sulfophenylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)amino)propyl) amino)-4,11-triphenoxydioxazinedisulfonate	410-130-3	136248-03-8	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
016-072-00-1	3-amino-4-hydroxy-N-(2-methoxyethyl)-benzenesulfonamide	411-520-6	112195-27-4	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			
016-073-00-7	tetrakis(phenylmethyl)thioperoxydi(carbothioamide)	404-310-0	10591-85-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
016-074-00-2	6-fluoro-2-methyl-3-(4-methylthiobenzyl)indene	405-410-7	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H411			
016-075-00-8	2,2'-diallyl-4,4'-sulfonyldiphenol	411-570-9	41481-66-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
016-076-00-3	2,3-bis((2-mercaptoethyl)thio)-1-propanethiol	411-290-7	131538-00-6	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H410			
016-077-00-9	2-chloro-p-toluenesulfochloride	412-890-1	42413-03-6	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H314 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H317 H412			
016-078-00-4	4-methyl-N,N-bis(2-((4-methylphenyl)sulfonyl)amino)ethyl)benzenesulfonamide	413-300-5	56187-04-3	Aquatic Chronic 4	H413	—				

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-079-00-X	N,N-bis(2-(p-toluenesulfonyloxy)ethyl)-p-toluenesulfonamide	412-920-3	16695-22-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
016-080-00-5	sodium 2-anilino-5-(2-nitro-4-(N-phenylsulfamoyl))anilinobenzenesulfonate	412-320-1	31361-99-6	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
016-081-00-0	hexahydrocyclopenta[c]pyrrole-1-(1H)-ammonium N-ethoxycarbonyl-N-(p-tolylsulfonyl)azanide	418-350-1	—	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H341 H302 H319 H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H341 H302 H319 H317 H411			
016-082-00-6	ethoxysulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(2-ethoxyphenoxy)sulfonylurea	—	126801-58-9	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
016-083-00-1	acibenzolar-S-methyl; benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester	420-050-0	135158-54-2	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H335 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H317 H410			
016-084-00-7	prosulfuron; 1-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)-3-[2-(3,3,3-trifluoropropyl)phenylsulfonyl]urea	—	94125-34-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
016-085-00-2	flazasulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(3-trifluoromethyl-2-pyridylsulfonyl)urea	—	104040-78-0	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
016-086-00-8	tetrasodium 10-amino-6,13-dichloro-3-(3-(4-(2,5-disulfonatoanilino)-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino)prop-3-ylamino)-5,12-dioxa-7,14-diazapentacene-4,11-disulfonate	402-590-9	109125-56-6	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-087-00-3	reaction mass of: thiobis(4,1-phenylene)-S,S,S',S'-tetraphenyldisulfonium bishexafluorophosphate; diphenyl(4-phenylthiophenyl)sulfonium hexafluorophosphate; propylene carbonate	403-490-8	104558-95-4	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H317 H410			
016-088-00-9	4-(bis(4-(diethylamino)phenyl)methyl)benzene-1,2-dimethanesulfonic acid	407-280-7	71297-11-5	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
016-089-00-4	reaction mass of esters of 5,5',6,6',7,7'-hexahydroxy-3,3',3'-tetramethyl-1,1'-spirobiindan and 2-diazo-1,2-dihydro-1-oxo-5-sulfonaphthalene	413-840-1	—	Self-react. C (***) Aquatic Chronic 4	H242 H413	GHS02 Dgr	H242 H413			
016-090-00-X	4-methyl-N-(methylsulfonyl)benzenesulfonamide	415-040-8	14653-91-9	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Eye Dam. 1	H302 H335 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H335 H318			
016-091-00-5	C <sub>12-14</sub> — <i>tert</i> -alkyl ammonium 1-amino-9,10-dihydro-9,10-dioxo-4-(2,4,6-trimethylamino)-anthracen-2-sulfonate	414-110-5	—	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
016-093-00-6	reaction mass of: 4-(7-hydroxy-2,4,4-trimethyl-2-chromanyl)resorcinol-4-yl-tris(6-diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphthalen-1-sulfonate); 4-(7-hydroxy-2,4,4-trimethyl-2-chromanyl)resorcinolbis(6-diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphthalen-1-sulfonate) (2:1)	414-770-4	140698-96-0	Self-react. C (***) Carc. 2	H242 H351	GHS02 GHS08 Dgr	H242 H351			
016-095-00-7	reaction mass of: reaction product of 4,4'-methylenebis[2-(4-hydroxybenzyl)-3,6-dimethylphenol] and 6-diazo-5,6-dihydro-5-oxo-naphthalenesulfonate (1:2); Reaction product of 4,4'-methylenebis[2-(4-hydroxybenzyl)-3,6-dimethylphenol] and 6-diazo-5,6-dihydro-5-oxo-naphthalenesulfonate (1:3)	417-980-4	—	Self-react. C (***) Carc. 2	H242 H351	GHS02 GHS08 Dgr	H242 H351			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
016-096-00-2	thifensulfuron-methyl (ISO); methyl 3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-ylcarbamoylsulfamoyl)thiophene-2-carboxylate	—	79277-27-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
017-001-00-7	chlorine	231-959-5	7782-50-5	Ox. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H270 H331 H319 H335 H315 H400	GHS03 GHS04 GHS06 GHS09 Dgr	H270 H331 H319 H335 H315 H400			U
017-002-00-2	hydrogen chloride	231-595-7	7647-01-0	Press. Gas Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1A	H331 H314	GHS04 GHS06 GHS05 Dgr	H331 H314			U 5
017-002-01-X	hydrochloric acid ... %	231-595-7	—	Skin Corr. 1B STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 % STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	B
017-003-00-8	barium chlorate	236-760-7	13477-00-4	Ox. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H271 H332 H302 H411	GHS03 GHS07 GHS09 Dgr	H271 H332 H302 H411			
017-004-00-3	potassium chlorate	223-289-7	3811-04-9	Ox. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H271 H332 H302 H411	GHS03 GHS07 GHS09 Dgr	H271 H332 H302 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
017-005-00-9	sodium chlorate	231-887-4	7775-09-9	Ox. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H271 H302 H411	GHS03 GHS07 GHS09 Dgr	H271 H302 H411			
017-006-00-4	perchloric acid ... %	231-512-4	7601-90-3	Ox. Liq. 1 Skin Corr. 1A	H271 H314	GHS03 GHS05 Dgr	H271 H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 50 % Skin Corr. 1B; H314: 10 % ≤ C < 50 % Skin Irrit. 2; H315: 1 % ≤ C < 10 % Eye Irrit. 2; H319: 1 % ≤ C < 10 % Ox. Liq. 1; H271: C > 50 %; Ox. Liq. 2; H272: C ≤ 50 %;	B
017-007-00-X	barium perchlorate	236-710-4	13465-95-7	Ox. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H271 H332 H302	GHS03 GHS07 Dgr	H271 H332 H302			
017-008-00-5	potassium perchlorate	231-912-9	7778-74-7	Ox. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*)	H271 H302	GHS03 GHS07 Dgr	H271 H302			
017-009-00-0	ammonium perchlorate	232-235-1	7790-98-9	Expl. 1.1 Ox. Sol. 1	H201 H271	GHS01 Dgr	H201 H271	EUH044		T
017-010-00-6	sodium perchlorate	231-511-9	7601-89-0	Ox. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*)	H271 H302	GHS03 GHS07 Dgr	H271 H302			
017-011-00-1	sodium hypochlorite, solution ... % Cl active	231-668-3	7681-52-9	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400	EUH031	EUH031: C ≥ 5 %	B

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
017-012-00-7	calcium hypochlorite	231-908-7	7778-54-3	Ox. Sol. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H272 H302 H314 H400	GHS03 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H272 H302 H314 H400	EUH031	Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 10 % Skin Irrit. 2; H315: 3 % ≤ C < 10 % Eye Dam. 1; H31: 3 % ≤ C < 10 % Eye Irrit. 2; H319: 0,5 % ≤ C < 3 % STOT SE 3; H335: C ≥ 3 %	T
017-013-00-2	calcium chloride	233-140-8	10043-52-4	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
017-014-00-8	ammonium chloride	235-186-4	12125-02-9	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			
017-015-00-3	(2-(aminomethyl)phenyl)acetylchloride hydrochloride	417-410-4	61807-67-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Skin Sens. 1	H302 H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H317			
017-016-00-9	methyltriphenylphosphonium chloride	418-400-2	1031-15-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H315 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H315 H318 H411			
017-017-00-4	(Z)-13-docosenyl-N,N-bis(2-hydroxyethyl)-N-methyl-ammonium-chloride	426-210-6	120086-58-0	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H410			
017-018-00-X	N,N,N-trimethyl-2,3-bis(stearoyloxy)propylammonium chloride	405-660-7	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
017-019-00-5	(R)-1,2,3,4-tetrahydro-6,7-dimethoxy-1-veratrylisoquinoline hydrochloride	415-110-8	54417-53-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
017-020-00-0	ethyl propoxy aluminium chloride	421-790-7	13014-29-4	Water-react. 1 Skin Corr. 1A	H260 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H260 H314	EUH014		
017-021-00-6	behenamidopropyl-dimethyl-(dihydroxypropyl) ammonium chloride	423-420-1	136920-10-0	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H410			
019-001-00-2	potassium	231-119-8	7440-09-7	Water-react. 1 Skin Corr. 1B	H260 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H260 H314	EUH014		
019-002-00-8	potassium hydroxide; caustic potash	215-181-3	1310-58-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 5 % Skin Corr. 1B; H314: 2 % ≤ C < 5 % Skin Irrit. 2; H315: 0,5 % ≤ C < 2 % Eye Irrit. 2; H319: 0,5 % ≤ C < 2 %	
020-001-00-X	calcium	231-179-5	7440-70-2	Water-react. 2	H261	GHS02 Dgr	H261			
020-002-00-5	calcium cyanide	209-740-0	592-01-8	Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H410	EUH032		
020-003-00-0	reaction mass of: dicalcium (bis(2-hydroxy-5-tetra-propenylphenylmethyl)methylamine) dihydroxide; tri-calcium (tris(2-hydroxy-5-tetra-propenylphenylmethyl)methylamine)tri-hydroxide; poly[calcium ((2-hydroxy-5-tetra-propenylphenylmethyl)methylamine)hydroxide]	420-470-4	—	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
022-001-00-5	titanium tetrachloride	231-441-9	7550-45-0	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314	EUH014		
022-002-00-0	titanium(4+) oxalate	403-260-7	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
022-003-00-6	bis(η <sup>2</sup> -cyclopentadienyl)-bis(2,6-difluoro-3-pyrrol-1-yl)-phenyl)titanium	412-000-1	125051-32-3	Flam. Sol. 1 Repr. 2 STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H228 H361f (***) H373 (**) H411	GHS02 GHS08 GHS09 Dgr	H228 H361f (***) H373 (**) H411			T
023-001-00-8	divanadium pentaoxide; vanadium pentoxide	215-239-8	1314-62-1	Muta. 2 Repr. 2 STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H341 H361d (***) H372 (**) H332 H302 H335 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H341 H361d (***) H372 (**) H332 H302 H335 H411			
024-001-00-0	chromium (VI) trioxide	215-607-8	1333-82-0	Ox. Sol. 1 Carc. 1A Muta. 1B Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Skin Corr. 1A Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H271 H350 H340 H361f (***) H330 H311 H301 H372 (**) H314 H334 H317 H334 H317 H410 H410	GHS03 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H271 H350 H340 H361f (***) H330 H311 H301 H372 (**) H314 H334 H317 H410	STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
024-002-00-6	potassium dichromate	231-906-6	7778-50-9	Ox. Sol. 2 Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H350 H340 H360-FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H410	GHS03 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H272 H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	3
024-003-00-1	ammonium dichromate	232-143-1	7789-09-5	Ox. Sol. 2 (****) Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H350 H340 H360-FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H410	GHS03 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H272 H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 % Resp. Sens.; H334: C ≥ 0,2 % Skin Sens.; H317: C ≥ 0,2 %	G 3

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
024-004-00-7	sodium dichromate anhydrate	234-190-3	10588-01-9	Ox. Sol. 2 Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H350 H340 H360-FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H400 H410	GHS03 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H272 H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 % Resp. Sens.; H334: C ≥ 0,2 % Skin Sens.; H317: C ≥ 0,2 %	3
024-004-01-4	sodium dichromate, dihydrate	234-190-3	7789-12-0	Ox. Sol. 2 Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H350 H340 H360-FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H400 H410	GHS03 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H272 H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 % Resp. Sens.; H334: C ≥ 0,2 % Skin Sens.; H317: C ≥ 0,2 %	3

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
024-005-00-2	chromyl dichloride; chromic oxychloride	239-056-8	14977-61-8	Ox. Liq. 1 Carc. 1B Muta. 1B Skin Corr. 1A Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H271 H350i H340 H314 H317 H400 H410	GHS03 GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H271 H350i H340 H314 H317 H410		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 10 % Skin Corr. 1B; H314: 5 % ≤ C < 10 % Skin Irrit. 2; H315: 0,5 % ≤ C < 5 % Eye Irrit. 2; H319: 0,5 % ≤ C < 5 % STOT SE 3; H335: 0,5 % ≤ C < 5 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,5 %	T 3
024-006-00-8	potassium chromate	232-140-5	7789-00-6	Carc. 1B Muta. 1B Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H340 H319 H335 H315 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H340 H319 H335 H315 H317 H410		Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,5 %	3
024-007-00-3	zinc chromates including zinc potassium chromate	—	—	Carc. 1A Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H317 H410			A
024-008-00-9	calcium chromate	237-366-8	13765-19-0	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
024-009-00-4	strontium chromate	232-142-6	7789-06-2	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H400 H410			
024-010-00-X	dichromium tris(chromate); chromium III chromate; chromic chromate	246-356-2	24613-89-6	Ox. Sol. 1 Carc. 1B Skin Corr. 1A Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H271 H350 H314 H317 H400 H410	GHS03 GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H271 H350 H314 H317 H410			T
024-011-00-5	ammonium bis(1-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-3-(N-phenylcarbamoyl)-2-naphtholato)chromate(1-)	400-110-2	109125-51-1	Self-react. C (****) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H242 H400 H410	GHS02 GHS09 Dgr	H242 H410			
024-012-00-0	trisodium bis(7-acetamido-2-(4-nitro-2-oxidophenylazo)-3-sulphonato-1-naphtholato)chromate(1-)	400-810-8	—	Muta. 2	H341	GHS08 Wng	H341			
024-013-00-6	trisodium (6-anilino-2-(5-nitro-2-oxidophenylazo)-3-sulphonato-1-naphtholato)(4-sulphonato-1,1'-azodi-2,2'naphtholato)chromate(1-)	402-500-8	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
024-014-00-1	trisodium bis(2-(5-chloro-4-nitro-2-oxidophenylazo)-5-sulphonato-1-naphtholato)chromate(1-)	402-870-0	93952-24-0	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
024-015-00-7	disodium (3-methyl-4-(5-nitro-2-oxidophenylazo)-1-phenylpyrazololato)(1-(3-nitro-2-oxido-5-sulfonatophenylazo)-2-naphtholato)chromate(1-)	404-930-1	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H332 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H332 H318 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
024-016-00-2	tetradecylammonium bis(1-(5-chloro-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)chromate(1-)	405-110-6	88377-66-6	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 4	H373 (**) H413	GHS08 Wng	H373 (**) H413			
024-017-00-8	Chromium (VI) compounds, with the exception of barium chromate and of compounds specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H317 H410		A	
024-018-00-3	sodium chromate	231-889-5	7775-11-3	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H334 H317 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H312 H314 H334 H317 H410	Resp. Sens.; H334: C ≥ 0,2 % Skin Sens.; H317: C ≥ 0,2 %	3	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
024-019-00-9	Main component: acetoacetic acid anilide/3-amino-1-hydroxybenzene (ATAN-MAP): trisodium {6-[(2 or 3 or 4)-amino-(4 or 5 or 6)-hydroxyphenylazo]-5'-(phenylsulfamoyl)-3-sulfonatonaphthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato}-{6"-[1-(phenylcarbamoyl)ethylazo]-5"--(phenylsulfamoyl)-3"-sulfonatonaphthalene-2"-azobenzene-1",2"-diolato}chromate (III); by-product 1: acetoacetic acid anilide/ace-toacetic acid anilide (ATAN-ATAN): trisodium bis{6-[1-(phenylcarbamoyl)ethylazo]-5'-(phenylsulfonyl)-3-sulfonatonaphthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato}chromate (III); by-product 2: 3-amino-1-hydroxybenzene/3-amino-1-hydroxybenzene (MAP-MAP): trisodium bis{6-[(2 or 3 or 4)-amino-(4 or 5 or 6)-hydroxyphenylazo]-5'-(phenylsulfamoyl)-3-sulfonatonaphthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato} chromate (III)	419-230-1	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
024-020-00-4	trisodium bis[(3'-nitro-5'-sulfonato(6-amino-2-[4-(2-hydroxy-1-naphthylazo)phenylsulfonylamino]pyrimidin-5-azo)benzene-2',4'-diolato)]chromate(III)	418-220-4	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
025-001-00-3	manganese dioxide	215-202-6	1313-13-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302			
025-002-00-9	potassium permanganate	231-760-3	7722-64-7	Ox. Sol. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H302 H400 H410	GHS03 GHS07 GHS09 Dgr	H272 H302 H410			
025-003-00-4	manganese sulphate	232-089-9	7785-87-7	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H373 (**) H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H411			
025-004-00-X	bis(N,N',N"-trimethyl-1,4,7-triazacyclononane)-trioxo-dimanganese (IV) di(hexafluorophosphate) monohydrate	411-760-1	116633-53-5	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
025-005-00-5	reaction mass of: tri-sodium [29H, 31H-phthalocyanine-C,C,C-trisulfonato (6-)-N29, N30, N31, N32] manganate (3-); tetrasodium [29H, 31H-phthalocyanine-C,C, C,C-tetrasulfonato (6-)-N29, N30, N31, N32], manganate (3-); pentasodium [29H, 31H-phthalocyanine-C, C,C,C,C-pentasulfonato (6-)-N29, N30, N31, N32] manganate (3-)	417-660-4	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
026-001-00-6	(η-cumene)-(η-cyclopentadienyl)iron(II) hexafluoroantimonate	407-840-0	100011-37-8	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H412			
026-002-00-1	(η-cumene)-(η-cyclopentadienyl)iron(II) trifluoromethane-sulfonate	407-880-9	117549-13-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
027-001-00-9	cobalt	231-158-0	7440-48-4	Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H334 H317 H413	GHS08 Dgr	H334 H317 H413			
027-002-00-4	cobalt oxide	215-154-6	1307-96-6	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
027-003-00-X	cobalt sulphide	215-273-3	1317-42-6	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
027-004-00-5	cobalt dichloride	231-589-4	7646-79-9	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H302 H334 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H302 H334 H317 H410		Carc. 1B; H350i: C ≥ 0,01 % (*)	1
027-005-00-0	cobalt sulphate	233-334-2	10124-43-3	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H302 H334 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H302 H334 H317 H410		Carc. 1B; H350i: C ≥ 0,01 %	1
028-001-00-1	tetracarbonylnickel; nickel tetracarbonyl	236-669-2	13463-39-3	Flam. Liq. 2 Carc. 2 Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H225 H351 H360D (***) H330 H400 H410	GHS02 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H225 H351 H360D (***) H330 H410			
028-002-00-7	nickel	231-111-4	7440-02-0	Carc. 2 Skin Sens. 1	H351 H317	GHS08 GHS07 Wng	H351 H317			
028-003-00-2	nickel monoxide	215-215-7	1313-99-1	Carc. 1Ai Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H350i H317 H413	GHS08 GHS07 Dgr	H350i H317 H413			
028-004-00-8	nickel dioxide	234-823-3	12035-36-8	Carc. 1Ai Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H350i H317 H413	GHS08 GHS07 Dgr	H350i H317 H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
028-005-00-3	dinickel trioxide	215-217-8	1314-06-3	Carc. 1Ai Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H350i H317 H413	GHS08 GHS07 Dgr	H350i H317 H413			
028-006-00-9	nickel sulphide	240-841-2	16812-54-7	Carc. 1Ai Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350i H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H317 H410			
028-007-00-4	nickel subsulphide; trinickel disulphide	234-829-6	12035-72-2	Carc. 1Ai Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350i H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350i H317 H411			
028-008-00-X	nickel dihydroxide	235-008-5	12054-48-7	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H332 H302 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H332 H302 H317 H410			
028-009-00-5	nickel sulphate	232-104-9	7786-81-4	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H334 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H351 H302 H334 H317 H410			
028-010-00-0	nickel carbonate	222-068-2	3333-67-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
029-001-00-4	copper chloride; copper (I) chloride; cuprous chloride	231-842-9	7758-89-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H400 H410			
029-002-00-X	dicopper oxide; copper (I) oxide	215-270-7	1317-39-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
029-003-00-5	Naphthenic acids, copper salts; copper naphthenate	215-657-0	1338-02-9	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H302 H400 H410	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H302 H410			
029-004-00-0	copper sulphate	231-847-6	7758-98-7	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H315 H410			
029-005-00-6	(tris(chloromethyl)phthalocyaninato)copper (II), reaction products with N-methylpiperazine and methoxyacetic acid	401-260-1	—	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
029-006-00-1	tris(octadec-9-enylammonium) (trisulfonatophthalocyaninato)copper(II)	403-210-4	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
029-007-00-7	(trisodium (2-((3-(6-(2-chloro-5-sulfonato)anilino)-4-(3-carboxypyridinio)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-oxido-5-sulfonatophenylazo)phenylmethylazo)-4-sulfonatobenzoato)copper(3-) hydroxide	404-670-9	89797-01-3	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			G

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
029-008-00-2	copper(II) methanesulfonate	405-400-2	54253-62-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H410			
029-009-00-8	phthalocyanine-N-[3-(diethylamino)propyl] sulfonamide copper complex	413-650-9	93971-95-0	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
029-010-00-3	reaction mass of compounds from (dodecakis(p-tolylthio)phthalocyaninato)copper(II) to (hexadecakis(p-tolylthio)phthalocyaninato)copper(II)	407-700-9	101408-30-4	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
029-011-00-9	sodium [29H,31H-phthalocyaninato-(2)-N29,N30,N31,N32]-((3-(N-methyl-N-(2-hydroxyethyl)amino)propyl)amino)sulfonylsulfonato, copper complex	412-730-0	150522-10-4	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
029-012-00-4	sodium ((N-(3-trimethylammoniopropyl)sulfamoyl)methylsulfonatophthalocyaninato)copper(II)	407-340-2	124719-24-0	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
029-013-00-X	trisodium(2-(a-(3-(4-chloro-6-(2-(2-(vinylsulfonyl)ethoxy)ethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-oxido-5-sulfonatophenylazo)benzylidenehydrazino)-4-sulfonatobenzoato)copper(II)	407-580-8	130201-51-3	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
030-001-00-1	zinc powder — zinc dust (pyrophoric)	231-175-3	7440-66-6	Water-react. 1 Pyr. Sol. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H260 H250 H400 H410	GHS02 GHS09 Dgr	H260 H250 H410			T
030-001-01-9	zinc powder — zinc dust (stabilised)	231-175-3	7440-66-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
030-003-00-2	zinc chloride	231-592-0	7646-85-7	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
030-004-00-8	dimethylzinc; [1] diethylzinc [2]	208-884-1 [1] 209-161-3 [2]	544-97-8 [1] 557-20-0 [2]	Pyr. Liq. 1 Water-react. 1 Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H250 H260 H314 H400 H410	GHS02 GHS05 GHS09 Dgr	H250 H260 H314 H410	EUH014		
030-005-00-3	diamminediisocyanatozinc	401-610-3	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H302 H318 H334 H317 H400	GHS05 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H334 H317 H400			
030-006-00-9	zinc sulphate (hydrous) (mono-, hexa- and hepta hydrate); [1] zinc sulphate (anhydrous) [2]	231-793-3 [1] 231-793-3 [2]	7446-19-7 [1] 7733-02-0 [2]	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H410			
030-007-00-4	bis(3,5-di- <i>tert</i> -butylsalicylato-O <sup>1</sup> ,O <sup>2</sup> )zinc	403-360-0	42405-40-3	Flam. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H228 H302 H400 H410	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H228 H302 H410			T
030-008-00-X	hydroxo(2-(benzenesulfonamido)benzoato)zinc(II)	403-750-0	113036-91-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H411			
030-011-00-6	trizinc bis(orthophosphate)	231-944-3	7779-90-0	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
030-013-00-7	zinc oxide	215-222-5	1314-13-2	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
033-001-00-X	arsenic	231-148-6	7440-38-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H410			
033-002-00-5	arsenic compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H410	(*)	A 1	
033-003-00-0	diarsenic trioxide; arsenic trioxide	215-481-4	1327-53-3	Carc. 1A Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H300 H314 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H350 H300 H314 H410			
033-004-00-6	diarsenic pentaoxide; arsenic pentoxide; arsenic oxide	215-116-9	1303-28-2	Carc. 1A Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H301 H410			
033-005-00-1	arsenic acid and its salts	—	—	Carc. 1A Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H301 H410		A	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
033-006-00-7	arsine	232-066-3	7784-42-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H220 H330 H373 (**) H400 H410	GHS02 GHS04 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H220 H330 H373 (**) H410			U
033-007-00-2	tert-butylarsine	423-320-6	4262-43-5	Pyr. Liq. 1 Acute Tox. 2 (*)	H250 H330	GHS02 GHS06 Dgr	H250 H330			
034-001-00-2	selenium	231-957-4	7782-49-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 4	H331 H301 H373 (**) H413	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H301 H373 (**) H413			
034-002-00-8	selenium compounds except cadmium sulphoselenide	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H301 H373 (**) H410			A
034-003-00-3	sodium selenite	233-267-9	10102-18-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H300 H331 H317 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H331 H317 H411	EUH031		
035-001-00-5	bromine	231-778-1	7726-95-6	Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H330 H314 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H314 H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
035-002-00-0	hydrogen bromide	233-113-0	10035-10-6	Press. Gas Skin Corr. 1A STOT SE 3	H314 H335	GHS04 GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335			U
035-002-01-8	hydrobromic acid ... %	—	—	Skin Corr. 1B STOT SE 3	H314 H335	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H335		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 40 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 40 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 40 % STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	B
035-003-00-6	potassium bromate	231-829-8	7758-01-2	Ox. Sol. 1 Carc. 1B Acute Tox. 3 (*)	H271 H350 H301	GHS03 GHS06 GHS08 Dgr	H271 H350 H301			
035-004-00-1	2-hydroxyethylammonium perbromide	407-440-6	—	Ox. Sol. 2 (****) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H272 H302 H314 H317 H400	GHS03 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H272 H302 H314 H317 H400			
040-001-00-3	zirconium powder (pyrophoric)	231-176-9	7440-67-7	Water-react. 1 Pyr. Sol. 1	H260 H250	GHS02 Dgr	H260 H250			T
040-002-00-9	zirconium powder, dry (non pyrophoric)	—	—	Self-heat. 1	H251	GHS02 Dgr	H251			T
042-001-00-9	molybdenum trioxide	215-204-7	1313-27-5	STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H373 (**) H319 H335	GHS08 GHS07 Wng	H373 (**) H319 H335			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
042-002-00-4	tetrakis(dimethylditetradecylammonium) hexa- $\mu$ -oxotetra- $\mu$ 3-oxodi- $\mu$ 5-oxotetradecaooxotamolybdate(4-)	404-760-8	117342-25-3	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 4	H331 H318 H413	GHS06 GHS05 Dgr	H331 H318 H413			
042-003-00-X	tetrakis(trimethylhexadecylammonium) hexa- $\mu$ -oxotetra- $\mu$ 3-oxodi- $\mu$ 5-oxotetradecaooxotamolybdate(4-)	404-860-1	116810-46-9	Flam. Sol. 1 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H228 H318 H400 H410	GHS02 GHS05 GHS09 Dgr	H228 H318 H410			T
042-004-00-5	Reaction product of ammonium molybdate and C <sub>12</sub> -C <sub>24</sub> -diethoxylated alkylamine (1:5-1:3)	412-780-3	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H411			
047-001-00-2	silver nitrate	231-853-9	7761-88-8	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H410			
048-001-00-5	cadmium compounds, with the exception of cadmium sulphoselenide (xCd <sub>s</sub> yCdSe), reaction mass of cadmium sulphide with zinc sulphide (xCdS.yZnS), reaction mass of cadmium sulphide with mercury sulphide (xCdS.yHgS), and those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410		(*)	A 1
048-002-00-0	cadmium (non-pyrophoric); [1] cadmium oxide (non-pyrophoric) [2]	231-152-8 [1] 215-146-2 [2]	7440-43-9 [1] 1306-19-0 [2]	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H341 H361fd H330 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H361fd H330 H372 (**) H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
048-003-00-6	cadmium diformate; cadmiumformate	224-729-0	4464-23-7	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Carc. 2 STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H351 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H301 H351 H373 (**) H410		(*) STOT RE 2; H373: C ≥ 0,25 %	
048-004-00-1	cadmium cyanide	208-829-1	542-83-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Carc. 2 STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H351 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H351 H373 (**) H410	EUH032	STOT RE 2; H373: C ≥ 0,1 % EUH032: C ≥ 1 %	
048-005-00-7	cadmiumhexafluorosilicate(2-); cadmium fluorosilica	241-084-0	17010-21-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Carc. 2 STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H351 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H301 H351 H373 (**) H410		(*) STOT RE 2; H373: C ≥ 0,1 %	
048-006-00-2	cadmium fluoride	232-222-0	7790-79-6	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H340 H360-FD H330 H301 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H410		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 % (*) oral STOT RE 1; H372: C ≥ 7 % STOT RE 2: 0,1 % ≤ C < 7 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
048-007-00-8	cadmium iodide	232-223-6	7790-80-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Carc. 2 STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H351 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H301 H351 H373 (**) H410		(*) STOT RE 2; H373: C ≥ 0,1 %	
048-008-00-3	cadmium chloride	233-296-7	10108-64-2	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H410		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 % (* ) oral STOT RE 1; H372: C ≥ 7 % STOT RE 2; H373: 0,1 % ≤ C < 7 %	
048-009-00-9	cadmium sulphate	233-331-6	10124-36-4	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H340 H360FD H330 H301 H372 (**) H410		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 % (* ) oral STOT RE 1; H372: C ≥ 7 % STOT RE 2; H373: 0,1 % ≤ C < 7 %	
048-010-00-4	cadmium sulphide	215-147-8	1306-23-6	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 4	H350 H341 H361fd H372 (**) H302 H413	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H341 H361fd H372 (**) H302 H413		(*) STOT RE 1; H372: C ≥ 10 % STOT RE 2; H373: 0,1 % ≤ C < 10 %	1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
048-011-00-X	cadmium (pyrophoric)	231-152-8	7440-43-9	Pyr. Sol. 1 Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H250 H350 H341 H361fd H330 H372 (**) H410	GHS02 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H250 H350 H341 H361fd H330 H372 (**) H410			
050-001-00-5	tin tetrachloride; stannic chloride	231-588-9	7646-78-8	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H314 H412	GHS05 Dgr	H314 H412		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
050-002-00-0	cyhexatin (ISO); hydroxytricyclohexylstannane; tri(cyclohexyl)tin hydroxide	236-049-1	13121-70-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410			
050-003-00-6	fentin acetate (ISO); triphenyltin acetate	212-984-0	900-95-8	Carc. 2 Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H361d (***) H330 H311 H301 H372 (**) H335 H315 H318 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H361d (***) H330 H311 H301 H372 (**) H335 H315 H318 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
050-004-00-1	fentin hydroxide (ISO); triphenyltin hydroxide	200-990-6	76-87-9	Carc. 2 Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H361d (***) H330 H311 H301 H372 (**) H335 H315 H318 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H361d (***) H330 H311 H301 H372 (**) H335 H315 H318 H410			
050-005-00-7	trimethyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H410	(*)	A 1	
050-006-00-2	triethyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H410	(*)	A 1	
050-007-00-8	tripropyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410	(*)	A 1	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
050-008-00-3	tributyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H372 (**) H312 H319 H315 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H372 (**) H312 H319 H315 H410		(*) oral STOT RE 1; H372: C ≥ 1 % STOT RE 2; H373: 0,25 % ≤ C < 1 % (*) dermal Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 1 % Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 1 %	A 1
050-009-00-9	fluorotripentylstannane; [1] hexapentyldistannoxane [2]	243-546-7 [1] 247-143-7 [2]	20153-49-5 [1] 25637-27-8 [2]	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410		(*)	1
050-010-00-4	fluorotrihexylstannane	243-547-2	20153-50-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410		(*)	1
050-011-00-X	triphenyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410		(*)	A 1
050-012-00-5	tetracyclohexylstannane; [1] chlorotricyclohexylstannane; [2] butyltricyclohexylstannane [3]	215-910-5 [1] 221-437-5 [2] 230-358-5 [3]	1449-55-4 [1] 3091-32-5 [2] 7067-44-9 [3]	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410		(*)	A 1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
050-013-00-0	trioctyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 4	H319 H335 H315 H413	GHS07 Wng	H319 H335 H315 H413		Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 1 % Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 1 % STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	A 1
050-017-00-2	fenbutatin oxide (ISO); bis(tris(2-methyl-2-phenylpropyl)tin)oxide	236-407-7	13356-08-6	Acute Tox. 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H319 H315 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H319 H315 H410			
050-018-00-8	tin(II) methanesulphonate	401-640-7	53408-94-9	Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H314 H302 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H302 H317			
050-019-00-3	azocyclotin (ISO); 1-(tricyclohexylstannyl)-1H-1,2,4-triazole	255-209-1	41083-11-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H301 H335 H315 H318 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H301 H335 H315 H318 H410			
050-020-00-9	trioctylstannane	413-320-4	869-59-0	STOT RE 1 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 4	H372 (**) H315 H413	GHS08 GHS07 Dgr	H372 (**) H315 H413			
051-001-00-8	antimony trichloride	233-047-2	10025-91-9	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H314 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H411		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
051-002-00-3	antimony pentachloride	231-601-8	7647-18-9	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H314 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H411		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
051-003-00-9	antimony compounds, with the exception of the tetroxide (Sb <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ), pentoxide (Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), trisulphide (Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ), pentasulphide (Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub> ) and those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H411		(*)	A 1
051-004-00-4	antimony trifluoride	232-009-2	7783-56-4	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H411			
051-005-00-X	antimony trioxide	215-175-0	1309-64-4	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			
051-006-00-5	diphenyl(4-phenylthiophenyl)sulfonium hexafluoroantimonate	403-500-0	—	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
051-007-00-0	bis(4-dodecylphenyl)iodonium hexafluoroantimonate	404-420-9	71786-70-4	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
053-001-00-3	iodine	231-442-4	7553-56-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H332 H312 H400	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H400			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
053-002-00-9	hydrogen iodide	233-109-9	10034-85-2	Press. Gas Skin Corr. 1A	H314	GHS04 GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 10 % Skin Corr. 1B; H314: 0,2 % ≤ C < 10 % Skin Irrit. 2; H315: 0,02 % ≤ C < 0,2 % Eye Irrit. 2; H319: 0,02 % ≤ C < 0,2 % STOT SE 3; H335: C ≥ 0,02 %	U 5
053-002-01-6	hydriodic acid ... %	—	—	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr			Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 %	B
053-005-00-5	(4-(1-methylethyl)phenyl)-(4-methylphenyl)iodonium tetrakis(pentafluorophenyl)borate (1-)	422-960-3	178233-72-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H373 (**) H410			
056-001-00-1	barium peroxide	215-128-4	1304-29-6	Ox. Sol. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H272 H332 H302	GHS03 GHS07 Dgr	H272 H332 H302			
056-002-00-7	barium salts, with the exception of barium sulphate, salts of 1-azo-2-hydroxynaphthalenyl aryl sulphonic acid, and of salts specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302		(*)	A 1
056-003-00-2	barium carbonate	208-167-3	513-77-9	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
056-004-00-8	barium chloride	233-788-1	10361-37-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*)	H301 H332	GHS06 Dgr	H301 H332			
072-001-00-4	hafnium tetra- <i>n</i> -butoxide	411-740-2	22411-22-9	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
074-001-00-X	hexasodium tungstate hydrate	412-770-9	12141-67-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H412			
074-002-00-5	Reaction products of tungsten hexachloride with 2-methylpropan-2-ol, nonylphenol and pentane-2,4-dione	408-250-6	—	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H225 H332 H314 H317 H400 H410	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H332 H314 H317 H410			
076-001-00-5	osmium tetroxide; osmic acid	244-058-7	20816-12-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B	H330 H310 H300 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H310 H300 H314			
078-001-00-0	tetrachloroplatinates with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H318 H334 H317			A
078-002-00-6	diammonium tetrachloroplatinate	237-499-1	13820-41-2	Acute Tox. 3 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H315 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H315 H318 H334 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
078-003-00-1	disodium tetrachloroplatinate	233-051-4	10026-00-3	Acute Tox. 3 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H315 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H315 H318 H334 H317			
078-004-00-7	dipotassium tetrachloroplatinate	233-050-9	10025-99-7	Acute Tox. 3 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H315 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H315 H318 H334 H317			
078-005-00-2	hexachloroplatinates with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H318 H334 H317		A	
078-006-00-8	disodium hexachloroplatinate	240-983-5	16923-58-3	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H318 H334 H317			
078-007-00-3	dipotassium hexachloroplatinate	240-979-3	16921-30-5	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H318 H334 H317			
078-008-00-9	diammonium hexachloroplatinate	240-973-0	16919-58-7	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H318 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H318 H334 H317			
078-009-00-4	hexachloroplatinic acid	241-010-7	16941-12-1	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H301 H314 H334 H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H301 H314 H334 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
080-001-00-0	mercury	231-106-7	7439-97-6	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H373 (**) H410			
080-002-00-6	inorganic compounds of mercury with the exception of mercuric sulphide and those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H410	(*) STOT RE 2; H373: C ≥ 0,1 %	A 1	
080-003-00-1	dimercury dichloride; mercurous chloride; calomel	233-307-5	10112-91-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H335 H315 H410			
080-004-00-7	organic compounds of mercury with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H410	(*) STOT RE 2; H373: C ≥ 0,1 %	A 1	
080-005-00-2	mercury difulminate; mercuric fulminate; fulminate of mercury	211-057-8	628-86-4	Unst. Expl. Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H200 H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H200 H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
080-005-01-X	mercury difulminate; mercuric fulminate; fulminate of mercury [ $\geq 20$ % phlegmatiser]	211-057-8	628-86-4	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H201 H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410			
080-006-00-8	dimercury dicyanide oxide; mercuric oxycyanide	215-629-8	1335-31-5	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H201 H331 H311 H301 H373 (**) H410			T
080-007-00-3	dimethylmercury; [1] diethylmercury [2]	209-805-3 [1] 211-000-7 [2]	593-74-8 [1] 627-44-1 [2]	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H410	(*) STOT RE 2; H373: C $\geq 0,05$ %		1
080-008-00-9	phenylmercury nitrate; [1] phenylmercury hydroxide; [2] basic phenylmercury nitrate [3]	200-242-9 [1] 202-866-7 [2] — [3]	55-68-5 [1] 100-57-2 [2] 8003-05-2 [3]	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H372 (**) H314 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H372 (**) H314 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
080-009-00-4	2-methoxyethylmercury chloride	204-659-7	123-88-6	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H372 (**) H314 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H372 (**) H314 H410			
080-010-00-X	mercury dichloride; mercuric chloride	231-299-8	7487-94-7	Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H372 (**) H314 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H300 H372 (**) H314 H410			
080-011-00-5	phenylmercury acetate	200-532-5	62-38-4	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H372 (**) H314 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H372 (**) H314 H410			
081-001-00-3	thallium	231-138-1	7440-28-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 4	H330 H300 H373 (**) H413	GHS06 GHS08 Dgr	H330 H300 H373 (**) H413			
081-002-00-9	thallium compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H330 H300 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H300 H373 (**) H411		A	
081-003-00-4	dithallium sulphate; thallic sulphate	231-201-3	7446-18-6	Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H300 H372 (**) H315 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H300 H372 (**) H315 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
082-001-00-6	lead compounds with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H360Df H332 H302 H373 (**) H410		Repr. 2; H361f: C ≥ 2,5 % (*) STOT RE 2; H373: C ≥ 0,5 %	A 1
082-002-00-1	lead alkyls	—	—	Repr. 1A Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360Df H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H330 H310 H300 H373 (**) H410		Repr. 1A; H360D: C ≥ 0,1 % (*) STOT RE 2; H373: C ≥ 0,05 %	A 1
082-003-00-7	lead diazide; lead azide	236-542-1	13424-46-9	Unst. Expl. Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H200 H360Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H200 H360Df H332 H302 H373 (**) H410			1
082-003-01-4	lead diazide; lead azide [≥ 20 % phlegmatiser]	236-542-1	13424-46-9	Expl. 1.1 Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H360Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H201 H360Df H332 H302 H373 (**) H410			1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
082-004-00-2	lead chromate	231-846-0	7758-97-6	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360Df H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H351 H360Df H373 (**) H410			1
082-005-00-8	lead di(acetate)	206-104-4	301-04-2	Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360Df H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H373 (**) H410			1
082-006-00-3	trilead bis(orthophosphate)	231-205-5	7446-27-7	Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360Df H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H373 (**) H410			1
082-007-00-9	lead acetate, basic	215-630-3	1335-32-6	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360Df H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H351 H360Df H373 (**) H410			1
082-008-00-4	lead(II) methanesulphonate	401-750-5	17570-76-2	Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H360Df H332 H302 H373 (**) H315 H318	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H360Df H332 H302 H373 (**) H315 H318			1



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
082-009-00-X	Lead sulfochromate yellow; C.I. Pigment Yellow 34; [This substance is identified in the Colour Index by Colour Index Constitution Number, C.I. 77603.]	215-693-7	1344-37-2	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360Df H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H351 H360Df H373 (**) H410			1
082-010-00-5	Lead chromate molybdate sulfate red; C.I. Pigment Red 104; [This substance is identified in the Colour Index by Colour Index Constitution Number, C.I. 77605.]	235-759-9	12656-85-8	Carc. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H360Df H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H351 H360Df H373 (**) H410			1
082-011-00-0	lead hydrogen arsenate	232-064-2	7784-40-9	Carc. 1A Repr. 1A Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H360Df H331 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H360Df H331 H301 H373 (**) H410			1
092-001-00-8	uranium	231-170-6	7440-61-1	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 4	H330 H300 H373 (**) H413	GHS06 GHS08 Dgr	H330 H300 H373 (**) H413			
092-002-00-3	uranium compounds	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H330 H300 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H300 H373 (**) H411			A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-001-00-4	methane	200-812-7	74-82-8	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			U
601-002-00-X	ethane	200-814-8	74-84-0	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			U
601-003-00-5	propane	200-827-9	74-98-6	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			U
601-004-00-0	butane; [1] and isobutane [2]	203-448-7 [1] 200-857-2 [2]	106-97-8 [1] 75-28-5 [2]	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			C U
601-004-01-8	butane (containing $\geq$ 0.1 % butadiene (203-450-8)); [1] isobutane (containing $\geq$ 0.1 % butadiene (203-450-8)) [2]	203-448-7 [1] 200-857-2 [2]	106-97-8 [1] 75-28-5 [2]	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			C S U
601-005-00-6	2,2-dimethylpropane; neopentane	207-343-7	463-82-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Aquatic Chronic 2	H220 H411	GHS02 GHS04 GHS09 Dgr	H220 H411			U
601-006-00-1	pentane	203-692-4	109-66-0	Flam. Liq. 2 Asp. Tox. 1 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H225 H304 H336 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H304 H336 H411	EUH066		C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-007-00-7	hexane, reaction mass of isomers (containing < 5 % n-hexane (203-777-6))	—	—	Flam. Liq. 2 Asp. Tox. 1 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H225 H304 H315 H336 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H304 H315 H336 H411		C	
601-008-00-2	heptane [and isomers] [1]	205-563-8 [1] 203-548-0 [2] 207-346-3 [3] 209-230-8 [4] 209-280-0 [5] 209-643-3 [6] 209-680-5 [7] 209-730-6 [8] 210-529-0 [9] 250-610-8 [10]	142-82-5 [1] 108-08-7 [2] 464-06-2 [3] 562-49-2 [4] 565-59-3 [5] 589-34-4 [6] 590-35-2 [7] 591-76-4 [8] 617-78-7 [9] 31394-54-4 [10]	Flam. Liq. 2 Asp. Tox. 1 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H225 H304 H315 H336 H400 H410	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H304 H315 H336 H410		C	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-009-00-8	octane [and isomers] [1]	203-892-1 [1] 208-759-1 [2] 209-207-2 [3] 209-243-9 [4] 209-266-4 [5] 209-292-6 [6] 209-504-7 [7] 209-547-1 [8] 209-649-6 [9] 209-650-1 [10] 209-660-6 [11] 209-689-4 [12] 209-745-8 [13] 209-747-9 [14] 209-855-6 [15] 210-187-2 [16] 210-621-0 [17] 213-923-0 [18] 247-861-0 [19]	111-65-9 [1] 540-84-1 [2] 560-21-4 [3] 563-16-6 [4] 564-02-3 [5] 565-75-3 [6] 583-48-2 [7] 584-94-1 [8] 589-43-5 [9] 589-53-7 [10] 589-81-1 [11] 590-73-8 [12] 592-13-2 [13] 592-27-8 [14] 594-82-1 [15] 609-26-7 [16] 619-99-8 [17] 1067-08-9 [18] 26635-64-3 [19]	Flam. Liq. 2 Asp. Tox. 1 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H225 H304 H315 H336 H400 H410	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H304 H315 H336 H410		C	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-010-00-3	ethylene	200-815-3	74-85-1	Flam. Gas 1 Press. Gas STOT SE 3	H220 H336	GHS02 GHS04 GHS07 Dgr	H220 H336			U
601-011-00-9	propene; propylene	204-062-1	115-07-1	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			U
601-012-00-4	but-1-ene; [1] butene, mixed-1-and-2-isomers; [2] 2-methylpropene; [3] (Z)-but-2-ene; [4] (E)-but-2-ene [5]	203-449-2 [1] 203-452-9 [2] 204-066-3 [3] 209-673-7 [4] 210-855-3 [5]	106-98-9 [1] 107-01-7 [2] 115-11-7 [3] 590-18-1 [4] 624-64-6 [5]	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			C U
601-013-00-X	1,3-butadiene; buta-1,3-diene	203-450-8	106-99-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			D U
601-014-00-5	isoprene (stabilised) 2-methyl-1,3-butadiene	201-143-3	78-79-5	Flam. Liq. 1 Carc. 1B Muta. 2 Aquatic Chronic 3	H224 H350 H341 H412	GHS02 GHS08 Dgr	H224 H350 H341 H412			D
601-015-00-0	acetylene; ethyne	200-816-9	74-86-2	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220	EUH006		U
601-016-00-6	cyclopropane	200-847-8	75-19-4	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220			U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-017-00-1	cyclohexane	203-806-2	110-82-7	Flam. Liq. 2 Asp. Tox. 1 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H225 H304 H315 H336 H400 H410	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H304 H315 H336 H410			
601-018-00-7	methylcyclohexane	203-624-3	108-87-2	Flam. Liq. 2 Asp. Tox. 1 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H225 H304 H315 H336 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H304 H315 H336 H411			
601-019-00-2	1,4-dimethylcyclohexane	209-663-2	589-90-2	Flam. Liq. 2 Asp. Tox. 1 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H225 H304 H315 H336 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H304 H315 H336 H411			
601-020-00-8	benzene	200-753-7	71-43-2	Flam. Liq. 2 Carc. 1A Muta. 1B STOT RE 1 Asp. Tox. 1 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H225 H350 H340 H372 (**) H304 H319 H315	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H350 H340 H372 (**) H304 H319 H315		E	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-021-00-3	toluene	203-625-9	108-88-3	Flam. Liq. 2 Repr. 2 Asp. Tox. 1 STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H361d (***) H304 H373 (**) H315 H336	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H361d (***) H304 H373 (**) H315 H336			
601-022-00-9	<i>o</i> -xylene; [1] <i>p</i> -xylene; [2] <i>m</i> -xylene; [3] xylene [4]	202-422-2 [1] 203-396-5 [2] 203-576-3 [3] 215-535-7 [4]	95-47-6 [1] 106-42-3 [2] 108-38-3 [3] 1330-20-7 [4]	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2	H226 H332 H312 H315	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H312 H315	(*)	C	
601-023-00-4	ethylbenzene	202-849-4	100-41-4	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*)	H225 H332	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332			
601-024-00-X	cumene; [1] propylbenzene [2]	202-704-5 [1] 203-132-9 [2]	98-82-8 [1] 103-65-1 [2]	Flam. Liq. 3 Asp. Tox. 1 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H226 H304 H335 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H226 H304 H335 H411		C	
601-025-00-5	mesitylene; 1,3,5-trimethylbenzene	203-604-4	108-67-8	Flam. Liq. 3 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H226 H335 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H335 H411	STOT SE 3; H335: C ≥ 25 %		
601-026-00-0	styrene	202-851-5	100-42-5	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H226 H332 H319 H315	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H319 H315	(*)	D	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-027-00-6	2-phenylpropene; α-methylstyrene	202-705-0	98-83-9	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H226 H319 H335 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H319 H335 H411		STOT SE 3; H335: C ≥ 25 %	
601-028-00-1	2-methylstyrene; 2-vinyltoluene	210-256-7	611-15-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H411			
601-029-00-7	dipentene; limonene; [1] (R)-p-mentha-1,8-diene; d-limonene; [2] (S)-p-mentha-1,8-diene; l-limonene; [3] trans-1-methyl-4-(1-methylvinyl)cyclohexene; [4] (±)-1-methyl-4-(1-methylvinyl)cyclohexene [5]	205-341-0 [1] 227-813-5 [2] 227-815-6 [3] 229-977-3 [4] 231-732-0 [5]	138-86-3 [1] 5989-27-5 [2] 5989-54-8 [3] 6876-12-6 [4] 7705-14-8 [5]	Flam. Liq. 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H315 H317 H400 H410	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H315 H317 H410			C
601-030-00-2	cyclopentane	206-016-6	287-92-3	Flam. Liq. 2 Aquatic Chronic 3	H225 H412	GHS02 Dgr	H225 H412			
601-031-00-8	2,4,4-trimethylpent-1-ene	203-486-4	107-39-1	Flam. Liq. 2 Aquatic Chronic 2	H225 H411	GHS02 GHS09 Dgr	H225 H411			
601-032-00-3	benzo[a]pyrene; benzo[def]chrysene	200-028-5	50-32-8	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H340 H360-FD H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H340 H360FD H317 H410		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 %	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-033-00-9	benz[a]anthracene	200-280-6	56-55-3	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410			
601-034-00-4	benz[e]acephenanthrylene	205-911-9	205-99-2	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410			
601-035-00-X	benzo[j]fluoranthene	205-910-3	205-82-3	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410			
601-036-00-5	benzo[k]fluoranthene	205-916-6	207-08-9	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410			
601-037-00-0	n-hexane	203-777-6	110-54-3	Flam. Liq. 2 Repr. 2 Asp. Tox. 1 STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H225 H361f (***) H304 H373 (**) H315 H336 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H361f (***) H304 H373 (**) H315 H336 H411		STOT RE 2; H373: C ≥ 5 %	
601-041-00-2	dibenz[a,h]anthracene	200-181-8	53-70-3	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-042-00-8	biphenyl; diphenyl	202-163-5	92-52-4	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H410			
601-043-00-3	1,2,4-trimethylbenzene	202-436-9	95-63-6	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H226 H332 H319 H335 H315 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H332 H319 H335 H315 H411			
601-044-00-9	3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindene	201-052-9	77-73-6	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H225 H332 H302 H319 H335 H315 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H332 H302 H319 H335 H315 H411			
601-045-00-4	1,2,3,4-tetrahydronaphthalene	204-340-2	119-64-2	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H411	EUH019		
601-046-00-X	7-methylocta-1,6-diene	404-210-7	42152-47-6	Flam. Liq. 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H400 H410	GHS02 GHS09 Wng	H226 H410			
601-047-00-5	m-mentha-1,3(8)-diene	404-150-1	17092-80-7	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-048-00-0	chrysene	205-923-4	218-01-9	Carc. 1B Muta. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H341 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H410			
601-049-00-6	benzo[e]pyrene	205-892-7	192-97-2	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410			
601-051-00-7	4-phenylbut-1-ene	405-980-7	768-56-9	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
601-052-00-2	naphthalene	202-049-5	91-20-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H400 H410	GHS07 GHS08 GHS09 Wng	H351 H302 H410			
601-053-00-8	nonylphenol; [1] 4-nonylphenol, branched [2]	246-672-0 [1] 284-325-5 [2]	25154-52-3 [1] 84852-15-3 [2]	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361fd H302 H314 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H361fd H302 H314 H410			
601-054-00-3	reaction mass of isomers of: dibenzylbenzene; dibenzyl(methyl)benzene; dibenzyl(dimethyl)benzene; dibenzyl(trimethyl)benzene	405-570-8	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
601-055-00-9	reaction mass of isomers of: mono-(2-tetradecyl)naphthalenes; di-(2-tetradecyl)naphthalenes; tri-(2-tetradecyl)naphthalenes	410-190-0	132983-41-6	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 4	H319 H413	GHS07 Wng	H319 H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-056-00-4	reaction mass of isomers of: methyl diphenylmethane; dimethyldiphenylmethane	405-470-4	73807-39-3	Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H410			
601-057-00-X	N-dodecyl-[3-(4-(dimethylamino)benzamido)-propyl]dimethylammonium tosylate	421-130-8	156679-41-3	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H410			
601-058-00-5	di-L-para-menthene	417-870-6	83648-84-4	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
601-059-00-0	methyl 2-benzylidene-3-oxobutyrate	420-940-9	15768-07-7	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H411			
601-060-00-6	1,2-bis[4-fluoro-6-{4-sulfo-5-(2-(4-sulfonaphthalene-3-ylazo)-1-hydroxy-3,6-disulfo-8-aminonaphthalene-7-ylazo)phenylamino}-1,3,5-triazin-2-ylamino]ethane; x-sodium, y-potassium salts x = 7,755 y = 0,245	417-610-1	155522-09-1	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
601-061-00-1	(ethyl-1,2-ethanediy)[2-[[[(2-hydroxyethyl)methylamino]acetyl]-propyl]ω-(nonylphenoxy)polyoxy-(methyl-1,2-ethanediy)]	418-960-8	—	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H314 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H411			
601-062-00-7	reaction mass of: branched triacontane; branched dotriacontane; branched tetratriacontane; branched hexatriacontane	417-030-9	151006-59-6	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-063-00-2	reaction mass of isomers of branched tetracosane	417-060-2	151006-61-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 4	H332 H413	GHS07 Wng	H332 H413			
601-064-00-8	branched hexatriacontane	417-070-7	151006-62-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
601-065-00-3	reaction mass of: (1'- $\alpha$ ,3'- $\alpha$ ,6'- $\alpha$ -2,2,3',7',7'-pentamethylspiro(1,3-dioxane-5,2'-norcarane)); (1' $\alpha$ ,3' $\beta$ ,6' $\alpha$ )-2,2,3',7',7'-pentamethylspiro(1,3-dioxane-5,2'-norcarane)	416-930-9	—	STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H373 (**) H318 H411	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H373 (**) H318 H411			
601-066-00-9	1-(4-( <i>trans</i> -4-heptylcyclohexyl)phenyl) ethanone	426-820-2	78531-60-9	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
601-067-00-4	triethyl arsenate	427-700-2	15606-95-8	Carc. 1A Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H301 H410			
601-068-00-X	1,2-diacetoxybut-3-ene	421-720-5	18085-02-4	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
601-069-00-5	2-ethyl-1-(2-(1,3-dioxanyl)ethyl)-pyridinium bromide	422-680-1	287933-44-2	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
601-071-00-6	1-dimethoxymethyl-2-nitro-benzene	423-830-9	20627-73-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
601-073-00-7	1-bromo-3,5-difluorobenzene	416-710-2	461-96-1	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H302 H373 (**) H315 H317 H400 H410	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H226 H302 H373 (**) H315 H317 H410			
601-074-00-2	reaction mass of: 4-(2,2,3-trimethylcyclopent-3-en-1-yl)-1-methyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octane; 1-(2,2,3-trimethylcyclopent-3-en-1-yl)-5-methyl-6-oxabicyclo[3.2.1]octane; spiro[cyclohex-3-en-1-yl-[(4,5,6,6a-tetrahydro-3,6',6',6'a-tetramethyl)-1,3'(3'aH)-[2H]cyclopenta[b]furan]; spiro[cyclohex-3-en-1-yl-[4,5,6,6a-tetrahydro-4,6',6',6'a-tetramethyl)-1,3'(3'aH)-[2H]cyclopenta[b]furan]	422-040-1	—	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H411			
601-085-00-2	isopentane; 2-methylbutane	201-142-8	78-78-4	Flam. Liq. 1 Asp. Tox. 1 STOT SE 3 Aquatic Chronic 2	H224 H304 H336 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H224 H304 H336 H411	EUH066		
602-001-00-7	chloromethane; methyl chloride	200-817-4	74-87-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 2 STOT RE 2 (*)	H220 H351 H373 (**)	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H351 H373 (**)		U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-002-00-2	bromomethane; methylbromide	200-813-2	74-83-9	Press. Gas Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Ozone	H341 H331 H301 H373 (**) H319 H335 H315 H400 EU- H059	GHS04 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H331 H301 H373 (**) H319 H335 H315 H400	EUH059		U
602-003-00-8	dibromomethane	200-824-2	74-95-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H332 H412	GHS07 Wng	H332 H412		(*)	
602-004-00-3	dichloromethane; methylene chloride	200-838-9	75-09-2	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			
602-005-00-9	methyl iodide; iodomethane	200-819-5	74-88-4	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H351 H312 H331 H301 H335 H315	GHS06 GHS08 Dgr	H351 H312 H331 H301 H335 H315			
602-006-00-4	trichloromethane; chloroform	200-663-8	67-66-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2	H351 H302 H373 (**) H373 (**) H315	GHS07 GHS08 Wng	H351 H302 H373 (**) H373 (**) H315		(*) STOT RE 2; H373: C ≥ 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-007-00-X	bromoform; tribromomethane	200-854-6	75-25-2	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H331 H319 H315 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H319 H315 H411			
602-008-00-5	carbon tetrachloride; tetrachloromethane	200-262-8	56-23-5	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Chronic 3 Ozone	H351 H331 H311 H301 H372 (**) H412 EU-H059	GHS06 GHS08 Dgr	H351 H331 H311 H301 H372 (**) H412	EUH059	(*) STOT RE 1; H372: C ≥ 1 % STOT RE 2; H373: 0,2 % ≤ C < 1 %	
602-009-00-0	chloroethane	200-830-5	75-00-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 2 Aquatic Chronic 3	H220 H351 H412	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H351 H412			U
602-010-00-6	1,2-dibromoethane	203-444-5	106-93-4	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H350 H331 H311 H301 H319 H335 H315 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H311 H301 H319 H335 H315 H411		(*)	
602-011-00-1	1,1-dichloroethane	200-863-5	75-34-3	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 3	H225 H302 H319 H335 H412	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H302 H319 H335 H412		(*)	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-012-00-7	1,2-dichloroethane; ethylene dichloride	203-458-1	107-06-2	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H225 H350 H302 H319 H335 H315	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H350 H302 H319 H335 H315			
602-013-00-2	1,1,1-trichloroethane; methyl chloroform	200-756-3	71-55-6	Acute Tox. 4 (*) Ozone	H332 EU- H059	GHS07 Wng	H332	EUH059		F
602-014-00-8	1,1,2-trichloroethane	201-166-9	79-00-5	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H351 H332 H312 H302	GHS08 GHS07 Wng	H351 H332 H312 H302	EUH066	(*)	
602-015-00-3	1,1,2,2-tetrachloroethane	201-197-8	79-34-5	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Aquatic Chronic 2	H330 H310 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H411			
602-016-00-9	1,1,2,2-tetrabromoethane	201-191-5	79-27-6	Acute Tox. 2 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H330 H319 H412	GHS06 Dgr	H330 H319 H412			
602-017-00-4	pentachloroethane	200-925-1	76-01-7	Carc. 2 STOT RE 1 Aquatic Chronic 2	H351 H372 (**) H411	GHS08 GHS09 Dgr	H351 H372 (**) H411		STOT RE 1; H372: C ≥ 1 % STOT RE 2; H373; 0,2 % ≤ C < 1 %	
602-018-00-X	1-chloropropane; [1] 2-chloropropane [2]	208-749-7 [1] 200-858-8 [2]	540-54-5 [1] 75-29-6 [2]	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H312 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302			C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-019-00-5	1-bromopropane; n-propyl bromide	203-445-0	106-94-5	Flam. Liq. 2 Repr. 1B STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H360- FD H373 (**) H319 H335 H315 H336	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H360FD H373 (**) H319 H335 H315 H336			
602-020-00-0	1,2-dichloropropane; propylene dichloride	201-152-2	78-87-5	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H302			
602-021-00-6	1,2-dibromo-3-chloropropane	202-479-3	96-12-8	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 1A Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H350 H340 H360F (***) H301 H373 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H340 H360F (***) H301 H373 (**) H412			
602-022-00-1	1-chloropentane; [1] 2-chloropentane; [2] 3-chloropentane [3]	208-846-4 [1] 210-885-7 [2] 210-467-4 [3]	543-59-9 [1] 625-29-6 [2] 616-20-6 [3]	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H312 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302		C	
602-023-00-7	vinyl chloride; chloroethylene	200-831-0	75-01-4	Press. Gas Flam. Gas 1 Carc. 1A	H220 H350	GHS02 GHS08 Dgr	H220 H350		D U	
602-024-00-2	bromoethylene	209-800-6	593-60-2	Press. Gas Flam. Gas 1 Carc. 1B	H220 H350	GHS02 GHS08 Dgr	H220 H350		U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-025-00-8	1,1-dichloroethylene; vinylidene chloride	200-864-0	75-35-4	Flam. Liq. 1 Carc. 2 Acute Tox. 4 (*)	H224 H351 H332	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H224 H351 H332		(*)	D
602-026-00-3	1,2-dichloroethylene; [1] cis-dichloroethylene; [2] trans-dichloroethylene [3]	208-750-2 [1] 205-859-7 [2] 205-860-2 [3]	540-59-0 [1] 156-59-2 [2] 156-60-5 [3]	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H225 H332 H412	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H412		(*)	C
602-027-00-9	trichloroethylene; trichloroethene	201-167-4	79-01-6	Carc. 1B Muta. 2 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 3	H350 H341 H319 H315 H336 H412	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H341 H319 H315 H336 H412			
602-028-00-4	tetrachloroethylene	204-825-9	127-18-4	Carc. 2 Aquatic Chronic 2	H351 H411	GHS08 GHS09 Wng	H351 H411			
602-029-00-X	3-chloropropene; allyl chloride	203-457-6	107-05-1	Flam. Liq. 2 Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H225 H351 H341 H332 H312 H302 H373 (**) H319 H335 H315 H400	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H351 H341 H332 H312 H302 H373 (**) H319 H335 H315 H400			D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-030-00-5	1,3-dichloropropene; [1] (Z)-1,3-dichloropropene [2]	208-826-5 [1] 233-195-8 [2]	542-75-6 [1] 10061-01-5 [2]	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H301 H332 H312 H319 H335 H315 H317 H400 H410	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H226 H301 H332 H312 H319 H335 H315 H317 H410			C D
602-031-00-0	1,1-dichloropropene	209-253-3	563-58-6	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 3	H225 H301 H412	GHS02 GHS06 Dgr	H225 H301 H412			
602-032-00-6	3-chloro-2-methylpropene	209-251-2	563-47-3	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H225 H332 H302 H314 H317 H411	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H332 H302 H314 H317 H411			
602-033-00-1	chlorobenzene	203-628-5	108-90-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H226 H332 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H332 H411			(*)
602-034-00-7	1,2-dichlorobenzene; o-dichlorobenzene	202-425-9	95-50-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H335 H315 H410			(*)

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-035-00-2	1,4-dichlorobenzene; p-dichlorobenzene	203-400-5	106-46-7	Carc. 2 Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H319 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H319 H410			
602-036-00-8	chloroprene (stabilised); 2-chlorobuta-1,3-diene (stabilised)	204-818-0	126-99-8	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H225 H350 H332 H302 H373 (**) H319 H335 H315	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H350 H332 H302 H373 (**) H319 H335 H315		D	
602-037-00-3	α-chlorotoluene; benzyl chloride	202-853-6	100-44-7	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H350 H331 H302 H373 (**) H335 H315 H318	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H350 H331 H302 H373 (**) H335 H315 H318			
602-038-00-9	α, α,α-trichlorotoluene; benzotrìchloride	202-634-5	98-07-7	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H350 H331 H302 H335 H315 H318	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H350 H331 H302 H335 H315 H318			
602-039-00-4	polychlorobiphenyls; PCB	215-648-1	1336-36-3	STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H410		STOT RE 2; H373: C ≥ 0,005 %	C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-040-00-X	2-chlorotoluene; [1] 3-chlorotoluene; [2] 4-chlorotoluene; [3] chlorotoluene [4]	202-424-3 [1] 203-580-5 [2] 203-397-0 [3] 246-698-2 [4]	95-49-8 [1] 108-41-8 [2] 106-43-4 [3] 25168-05-2 [4]	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H411			C
602-041-00-5	pentachloronaphthalene	215-320-8	1321-64-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H319 H315 H410			C
602-042-00-0	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexanes with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H301 H312 H410			A C
602-043-00-6	lindane (ISO); γ-HCH or γ-BHC; γ-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane	200-401-2	58-89-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Lact. Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H332 H312 H373 (**) H362 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H332 H312 H373 (**) H362 H410	M=10		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-044-00-1	camphechlor (ISO); toxaphene;	232-283-3	8001-35-2	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H301 H312 H335 H315 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H301 H312 H335 H315 H410			
602-045-00-7	DDT (ISO); clofenotane (INN); dicophane; 1,1,1-trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl) ethane; dichlorodiphenyltrichloroethane	200-024-3	50-29-3	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H301 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H301 H372 (**) H410			
602-046-00-2	heptachlor (ISO); 1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindene	200-962-3	76-44-8	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H311 H301 H373 (**) H410			
602-047-00-8	chlordan (ISO); 1,2,4,5,6,7,8,8-octachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindan	200-349-0	57-74-9	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H312 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H312 H302 H410			
602-048-00-3	aldrin (ISO)	206-215-8	309-00-2	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H311 H301 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H311 H301 H372 (**) H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-049-00-9	dieldrin (ISO)	200-484-5	60-57-1	Carc. 2 Acute Tox. 1 Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H310 H301 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H310 H301 H372 (**) H410			
602-050-00-4	(1 $\alpha$ ,4 $\alpha$ ,4 $\alpha\beta$ ,5 $\beta$ ,8 $\beta$ ,8 $\alpha\beta$ )-1,2,3,4,10,10-hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4:5,8-dimethanonaphthalene; isodrin	207-366-2	465-73-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H410			
602-051-00-X	endrin (ISO); 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4:5,8-dimethanonaphthalene	200-775-7	72-20-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H311 H410			
602-052-00-5	endosulfan (ISO); 1,2,3,4,7,7-hexachloro-8,9,10-trinorborn-2-en-5,6-ylenedimethyl sulphite	204-079-4	115-29-7	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H319 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H319 H410			
602-053-00-0	isobenzan (ISO); 1,3,4,5,6,7,8,8-octachloro-1,3,3a,4,7,7a-hexahydro-4,7-methanoisobenzofuran	206-045-4	297-78-9	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H310 H300 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H400			
602-054-00-6	3-iodpropene; allyl iodide	209-130-4	556-56-9	Flam. Liq. 2 Skin Corr. 1B	H226 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H226 H314			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-055-00-1	bromoethane; ethyl bromide	200-825-8	74-96-4	Flam. Liq. 2 Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H351 H332 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H351 H332 H302			
602-056-00-7	$\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluorotoluene; benzotrifluoride	202-635-0	98-08-8	Flam. Liq. 2 Aquatic Chronic 2	H225 H411	GHS02 GHS09 Dgr	H225 H411			
602-057-00-2	$\alpha$ -bromotoluene; benzyl bromide	202-847-3	100-39-0	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315			
602-058-00-8	$\alpha$ , $\alpha$ -dichlorotoluene; benzylidene chloride; benzal chloride	202-709-2	98-87-3	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H351 H331 H302 H335 H315 H318	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H351 H331 H302 H335 H315 H318			
602-059-00-3	1-chlorobutane; butyl chloride	203-696-6	109-69-3	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
602-060-00-9	bromobenzene	203-623-8	108-86-1	Flam. Liq. 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H226 H315 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H315 H411			
602-061-00-4	hexafluoropropene; hexafluoropropylene	204-127-4	116-15-4	Press. Gas Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3	H332 H335	GHS07 Wng	H332 H335			U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-062-00-X	1,2,3-trichloropropane	202-486-1	96-18-4	Carc. 1B Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H350 H360F (***) H332 H312 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H360F (***) H332 H312 H302			D
602-063-00-5	heptachlor epoxide; 2,3-epoxy-1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindane	213-831-0	1024-57-3	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H301 H373 (**) H410			
602-064-00-0	1,3-dichloro-2-propanol	202-491-9	96-23-1	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*)	H350 H301 H312	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H301 H312			
602-065-00-6	hexachlorobenzene	204-273-9	118-74-1	Carc. 1B STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H372 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H372 (**) H410			
602-066-00-1	tetrachloro-p-benzoquinone	204-274-4	118-75-2	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H410			
602-067-00-7	1,3-dichlorbenzene	208-792-1	541-73-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
602-068-00-2	ethylene bis(trichloroacetate)	219-732-9	2514-53-6	Skin Irrit. 2	H315	GHS07 Wng	H315			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-069-00-8	dichloroacetylene	—	7572-29-4	Unst. Expl. Carc. 2 STOT RE 2 (*)	H200 H351 H373 (**)	GHS01 GHS08 Wng	H200 H351 H373 (**)			
602-070-00-3	3-chloro-4,5,α, α,α-pentafluorotoluene	401-930-3	77227-99-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H226 H332 H302 H400	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H332 H302 H400			
602-071-00-9	bromobenzylbromotoluene, reaction mass of isomers	402-210-1	99688-47-8	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H373 (**) H317 H410			
602-072-00-4	dichloro [(dichlorophenyl)methyl]methylbenzene, reaction mass of isomers; (dichlorophenyl)(dichlorotolyl)methane, reaction mass of isomers (IUPAC)	278-404-3	76253-60-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
602-073-00-X	1,4-dichlorobut-2-ene	212-121-8	764-41-0	Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H330 H311 H301 H314 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H350 H330 H311 H301 H314 H410		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
602-074-00-5	pentachlorobenzene	210-172-0	608-93-5	Flam. Sol. 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H228 H302 H400 H410	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H228 H302 H410			T

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-075-00-0	4,4,5,5-tetrachloro-1,3-dioxolan-2-one	404-060-2	22432-68-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H330 H302 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H302 H314			
602-076-00-6	2,3,4-trichlorobut-1-ene	219-397-9	2431-50-7	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H331 H302 H319 H335 H315 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H331 H302 H319 H335 H315 H410	Carc. 2; H351: C ≥ 0,1 %		
602-077-00-1	dodecachloropentacyclo[5.2.1.0 <sup>2,6</sup> .0 <sup>3,9</sup> .0 <sup>5,8</sup> ]decane; mirex	219-196-6	2385-85-5	Carc. 2 Repr. 2 Lact. Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H361fd H362 H312 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H361fd H362 H312 H302 H410			
602-078-00-7	hexachlorocyclopentadiene	201-029-3	77-47-4	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H311 H302 H314 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H311 H302 H314 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-079-00-2	2,3-dichloropropene; 2,3-dichloropropylene	201-153-8	78-88-6	Flam. Liq. 2 Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H225 H341 H332 H312 H302 H335 H315 H318 H412	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H341 H332 H312 H302 H335 H315 H318 H412			
602-080-00-8	alkanes, C <sub>10-13</sub> , chloro	287-476-5	85535-84-8	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			
602-081-00-3	2-chloro-4,5-difluorobenzoic acid	405-380-5	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H312 H302 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H318 H317			
602-082-00-9	2,2,6,6-tetrakis(bromomethyl)-4-oxaheptane-1,7-diol	408-020-5	109678-33-3	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
602-083-00-4	diphenyl ether, pentabromo derivative pentabromodiphenyl ether	251-084-2	32534-81-9	STOT RE 2 (*) Lact. Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H362 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H362 H410			
602-084-00-X	1,1-dichloro-1-fluoroethane	404-080-1	1717-00-6	Aquatic Chronic 3 Ozone	H412 EU-H059	—	H412 EUH059			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-085-00-5	2-bromopropane	200-855-1	75-26-3	Flam. Liq. 2 Repr. 1A STOT RE 2 (*)	H225 H360F (***) H373 (**)	GHS02 GHS08 Dgr	H225 H360F (***) H373 (**)	EUH066		
602-086-00-0	trifluoriodomethane; trifluoromethyl iodide	219-014-5	2314-97-8	Muta. 2	H341	GHS08 Wng	H341			
602-087-00-6	1,2,4-trichlorobenzene	204-428-0	120-82-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H315 H410			
602-088-00-1	2,3-dibromopropan-1-ol; 2,3-dibromo-1-propanol	202-480-9	96-13-9	Carc. 1B Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H350 H361f (***) H311 H332 H302 H412	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H361f (***) H311 H332 H302 H412			
602-089-00-7	4-bromo-2-chlorofluorobenzene	405-580-2	60811-21-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H315 H410			
602-090-00-2	1-allyl-3-chloro-4-fluorobenzene	406-630-6	121626-73-1	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
602-091-00-8	1,3-dichloro-4-fluorobenzene	406-160-1	1435-48-9	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2	H302 H373 (**) H315 H411	GHS08 GHS07 Wng	H302 H373 (**) H315 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
602-092-00-3	1-bromo-3,4,5-trifluorobenzene	418-480-9	138526-69-9	Flam. Liq. 3 Carc. 2 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H226 H351 H315 H318 H411	GHS02 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H226 H351 H315 H318 H411			
602-093-00-9	$\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ ,4-tetrachlorotoluene; <i>p</i> -chlorobenzotrìchloride	226-009-1	5216-25-1	Carc. 1B Repr. 2 STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H350 H361f (***) H372 (**) H312 H302 H335 H315	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H361f (***) H372 (**) H312 H302 H335 H315			
602-094-00-4	diphenylether; octabromo derivate	251-087-9	32536-52-0	Repr. 1B	H360Df	GHS08 Dgr	H360Df			
602-096-00-5	malachite green hydrochloride; [1] malachite green oxalate [2]	209-322-8 [1] 219-441-7 [2]	569-64-2 [1] 2437-29-8 [2]	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H302 H318 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H361d (***) H302 H318 H410			
602-097-00-0	1-bromo-9-(4,4,5,5,5-pentafluoropentylthio)nonane	422-850-5	148757-89-5	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
603-001-00-X	methanol	200-659-6	67-56-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT SE 1	H225 H331 H311 H301 H370 (**)	GHS02 GHS06 GHS08 Dgr	H225 H331 H311 H301 H370 (**)	(*) STOT SE 1; H370: C $\geq$ 10 % STOT SE 2; H371: 3 % $\leq$ C < 10 %		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-002-00-5	ethanol; ethyl alcohol	200-578-6	64-17-5	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
603-003-00-0	propan-1-ol; n-propanol	200-746-9	71-23-8	Flam. Liq. 2 Eye Dam. 1 STOT SE 3	H225 H318 H336	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H318 H336			
603-004-00-6	butan-1-ol; n-butanol	200-751-6	71-36-3	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 STOT SE 3	H226 H302 H335 H315 H318 H336	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H302 H335 H315 H318 H336			
603-005-00-1	2-methylpropan-2-ol; tert-butyl alcohol	200-889-7	75-65-0	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*)	H225 H332	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332			
603-006-00-7	pentanol isomers, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	250-378-8		Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3	H226 H332 H335	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H335	EUH066		C
603-007-00-2	2-methylbutan-2-ol; tert-pentanol	200-908-9	75-85-4	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H225 H332 H335 H315	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H335 H315			
603-008-00-8	4-methylpentan-2-ol; methyl isobutyl carbinol	203-551-7	108-11-2	Flam. Liq. 3 STOT SE 3	H226 H335	GHS02 GHS07 Wng	H226 H335		STOT SE 3; H335: C ≥ 25 %	
603-009-00-3	cyclohexanol	203-630-6	108-93-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H332 H302 H335 H315	GHS07 Wng	H332 H302 H335 H315			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-010-00-9	2-methylcyclohexanol, mixed isomers; [1] <i>cis</i> -2-methylcyclohexanol; [2] <i>trans</i> -2-methylcyclohexanol [3]	209-512-0 [1] 231-187-9 [2] 231-186-3 [3]	583-59-5 [1] 7443-70-1 [2] 7443-52-9 [3]	Acute Tox. 4 (*)	H332	GHS07 Wng	H332			C
603-011-00-4	2-methoxyethanol; ethylene glycol monomethyl ether	203-713-7	109-86-4	Flam. Liq. 3 Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H360-FD H332 H312 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H226 H360FD H332 H312 H302			
603-012-00-X	2-ethoxyethanol; ethylene glycol monoethyl ether	203-804-1	110-80-5	Flam. Liq. 3 Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H360-FD H332 H312 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H226 H360FD H332 H312 H302			
603-013-00-5	2-isopropoxyethanol; ethylene glycol monoisopropyl ether	203-685-6	109-59-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H332 H312 H319	GHS07 Wng	H332 H312 H319			
603-014-00-0	2-butoxyethanol; ethylene glycol monobutyl ether; butyl cellosolve	203-905-0	111-76-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H332 H312 H302 H319 H315	GHS07 Wng	H332 H312 H302 H319 H315			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-015-00-6	allyl alcohol	203-470-7	107-18-6	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H225 H331 H311 H301 H319 H335 H315 H400	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H225 H331 H311 H301 H319 H335 H315 H400			
603-016-00-1	4-hydroxy-4-methylpentan-2-one; diacetone alcohol	204-626-7	123-42-2	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319		Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 10 %	
603-018-00-2	furfuryl alcohol	202-626-1	98-00-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302	(*)		
603-019-00-8	dimethyl ether	204-065-8	115-10-6	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220		U	
603-020-00-3	ethyl methyl ether	—	540-67-0	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220		U	
603-021-00-9	methyl vinyl ether	203-475-4	107-25-5	Flam. Gas 1 Press. Gas	H220	GHS02 GHS04 Dgr	H220		D U	
603-022-00-4	diethyl ether; ether	200-467-2	60-29-7	Flam. Liq. 1 Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3	H224 H302 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H224 H302 H336	EUH019 EUH066		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-023-00-X	ethylene oxide; oxirane	200-849-9	75-21-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1B Muta. 1B Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H220 H350 H340 H331 H319 H335 H315	GHS02 GHS04 GHS06 GHS08 Dgr	H220 H350 H340 H331 H319 H335 H315			U
603-024-00-5	1,4-dioxane	204-661-8	123-91-1	Flam. Liq. 2 Carc. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H351 H319 H335	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H351 H319 H335	EUH019 EUH066		D
603-025-00-0	tetrahydrofuran	203-726-8	109-99-9	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H335	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335	EUH019	Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 25 % STOT SE 3; H335: C ≥ 25 %	
603-026-00-6	1-chloro-2,3-epoxypropane; epichlorhydrin	203-439-8	106-89-8	Flam. Liq. 3 Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H226 H350 H331 H311 H301 H314 H317	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H226 H350 H331 H311 H301 H314 H317		(*)	
603-027-00-1	ethanediol; ethylene glycol	203-473-3	107-21-1	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
603-028-00-7	2-chloroethanol; ethylene chlorohydrin	203-459-7	107-07-3	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H330 H310 H300	GHS06 Dgr	H330 H310 H300			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-029-00-2	bis(2-chloroethyl) ether	203-870-1	111-44-4	Carc. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H351 H330 H310 H300	GHS06 GHS08 Dgr	H351 H330 H310 H300			
603-030-00-8	2-aminoethanol; ethanolamine	205-483-3	141-43-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H332 H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H332 H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
603-031-00-3	1,2-dimethoxyethane; ethylene glycol dimethyl ether; EGDME	203-794-9	110-71-4	Flam. Liq. 2 Repr. 1B Acute Tox. 4 (*)	H225 H360- FD H332	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H360FD H332	EUH019		
603-032-00-9	ethylene dinitrate; ethylene glycol dinitrate	211-063-0	628-96-6	Unst. Expl. Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*)	H200 H330 H310 H300 H373 (**)	GHS01 GHS06 GHS08 Dgr	H200 H330 H310 H300 H373 (**)			
603-033-00-4	oxydiethylene dinitrate; diethylene glycol dinitrate; digol dinitrate	211-745-8	693-21-0	Unst. Expl Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H200 H330 H310 H300 H373 (**) H412	GHS01 GHS06 GHS08 Dgr	H200 H330 H310 H300 H373 (**) H412			
603-033-01-1	oxydiethylene dinitrate; diethylene glycol dinitrate; digol dinitrate; [>25 % phlegmatiser]	211-745-8	693-21-0	Expl. 1.1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H412	GHS01 GHS06 GHS08 Dgr	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-034-00-X	glycerol trinitrate; nitroglycerine	200-240-8	55-63-0	Unst. Expl. Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H200 H330 H310 H300 H373 (**) H411	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H200 H330 H310 H300 H373 (**) H411			
603-034-01-7	glycerol trinitrate; nitroglycerine; [>40 % phlegmatiser]	200-240-8	55-63-0	Expl. 1.1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H411	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H411			
603-035-00-5	pentaerythritol tetranitrate; pentaerythrite tetranitrate; P.E.T.N.	201-084-3	78-11-5	Unst. Expl.	H200	GHS01 Dgr	H200			
603-035-01-2	pentaerythritol tetranitrate; pentaerythrite tetranitrate; P.E.T.N.; [>20 % phlegmatiser]	201-084-3	78-11-5	Expl. 1.1	H201	GHS01 Dgr	H201		T	
603-036-00-0	mannitol hexanitrate; nitromannite	239-924-6	15825-70-4	Unst. Expl.	H200	GHS01 Dgr	H200			
603-036-01-8	mannitol hexanitrate; nitromannite; [≥40 % phlegmatiser]	239-924-6	15825-70-4	Expl. 1.1	H201	GHS01 Dgr	H201			
603-037-00-6	cellulose nitrate;	—	—	Expl. 1.1	H201	GHS01 Dgr	H201	EUH001	T	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-038-00-1	allyl glycidyl ether; allyl 2,3-epoxypropyl ether; prop-2-en-1-yl 2,3-epoxypropyl ether	203-442-4	106-92-3	Flam. Liq. 3 Carc. 2 Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H226 H351 H341 H361f (***) H332 H302 H335 H315 H318 H317 H412	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H351 H341 H361f (***) H332 H302 H335 H315 H318 H317 H412			
603-039-00-7	butyl glycidyl ether; butyl 2,3-epoxypropyl ether	219-376-4	2426-08-6	Flam. Liq. 3 Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H226 H351 H341 H332 H302 H335 H317 H412	GHS02 GHS08 GHS07 Wng	H226 H351 H341 H332 H302 H335 H317 H412			
603-040-00-2	sodium methanolate; sodium methoxide; [1] potassium methanolate; potassium methoxide; [2] lithium methanolate; lithium methoxide [3]	204-699-5 [1] 212-736-1 [2] 212-737-7 [3]	124-41-4 [1] 865-33-8 [2] 865-34-9 [3]	Self-heat 1 Skin Corr. 1B	H251 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H251 H314	EUH014		T
603-041-00-8	potassium ethanolate; potassium ethoxide; [1] sodium ethanolate; sodium ethoxide [2]	213-029-0 [1] 205-487-5 [2]	917-58-8 [1] 141-52-6 [2]	Self-heat 1 Skin Corr. 1B	H251 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H251 H314	EUH014		T
603-042-00-3	aluminium-tri-isopropoxide	209-090-8	555-31-7	Flam. Sol. 1	H228	GHS02 Dgr	H228			T

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-043-00-9	triarimol (ISO); 2,4-dichloro- $\alpha$ -(pyrimidin-5-yl) benzhydryl alcohol	—	26766-27-8	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
603-044-00-4	dicofol (ISO); 2,2,2-trichloro-1,1-bis(4-chlorophenyl)ethanol	204-082-0	115-32-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H315 H317 H410			
603-045-00-X	diisopropyl ether; [1] dipropyl ether [2]	203-560-6 [1] 203-869-6 [2]	108-20-3 [1] 111-43-3 [2]	Flam. Liq. 2 STOT SE 3	H225 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H336	EUH019 EUH066		C
603-046-00-5	bis (chloromethyl) ether; oxybis(chloromethane)	208-832-8	542-88-1	Flam. Liq. 2 Carc. 1A Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H350 H330 H311 H302	GHS02 GHS06 GHS08 Dgr	H225 H350 H330 H311 H302		Carc. 1A; H350: C $\geq$ 0,001 %	
603-047-00-0	2-dimethylaminoethanol; N,N-dimethylethanolamine	203-542-8	108-01-0	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H226 H332 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H332 H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C $\geq$ 5 %	
603-048-00-6	2-diethylaminoethanol; N,N-diethylethanolamine	202-845-2	100-37-8	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H226 H332 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H226 H332 H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C $\geq$ 5 %	
603-049-00-1	chlorfenethol (ISO); 1,1-bis (4-chlorophenyl) ethanol	201-246-3	80-06-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-050-00-7	1-(2-butoxypropoxy)propan-2-ol	246-011-6	24083-03-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
603-051-00-2	2-ethylbutan-1-ol	202-621-4	97-95-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
603-052-00-8	3-butoxypropan-2-ol; propylene glycol monobutyl ether	225-878-4	5131-66-8	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H319 H315	GHS07 Wng	H319 H315			
603-053-00-3	2-methylpentane-2,4-diol	203-489-0	107-41-5	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H319 H315	GHS07 Wng	H319 H315			
603-054-00-9	di-n-butyl ether; dibutyl ether	205-575-3	142-96-1	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H226 H319 H335 H315 H412	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319 H335 H315 H412		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	
603-055-00-4	propylene oxide; 1,2-epoxypropane; methyloxirane	200-879-2	75-56-9	Flam. Liq. 1 Carc. 1B Muta. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H224 H350 H340 H332 H312 H302 H319 H335 H315	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H224 H350 H340 H332 H312 H302 H319 H335 H315			
603-056-00-X	[(p-tolyloxy)methyl]oxirane; [1] [(m-tolyloxy)methyl]oxirane; [2] 2,3-epoxypropyl o-tolyl ether; [3] [(tolyloxy)methyl]oxirane; cresyl glycidyl ether [4]	218-574-8 [1] 218-575-3 [2] 218-645-3 [3] 247-711-4 [4]	2186-24-5 [1] 2186-25-6 [2] 2210-79-9 [3] 26447-14-3 [4]	Muta. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H341 H315 H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H341 H315 H317 H411			C



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-057-00-5	benzyl alcohol	202-859-9	100-51-6	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302			
603-058-00-0	1,3-propylene oxide	207-964-3	503-30-0	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H312 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302			
603-059-00-6	hexan-1-ol	203-852-3	111-27-3	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
603-060-00-1	2,2'-bioxirane; 1,2:3,4-diepoxybutane	215-979-1	1464-53-5	Carc. 1B Muta. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H350 H340 H330 H311 H301 H314	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H350 H340 H330 H311 H301 H314			
603-061-00-7	tetrahydro-2-furyl-methanol; tetrahydrofurfuryl alcohol	202-625-6	97-99-4	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
603-062-00-2	tetrahydrofuran-2,5-diyl-dimethanol	203-239-0	104-80-3	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	
603-063-00-8	2,3-epoxypropan-1-ol; glycidol; oxiranemethanol	209-128-3	556-52-5	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H350 H341 H360F (***) H331 H312 H302 H319 H335 H315	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H341 H360F (***) H331 H312 H302 H319 H335 H315			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-064-00-3	1-methoxy-2-propanol; monopropylene glycol methyl ether	203-539-1	107-98-2	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Wng	H226			
603-065-00-9	resorcinol diglycidyl ether; 1,3-bis(2,3-epoxypropoxy)benzene	202-987-5	101-90-6	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H351 H341 H312 H302 H319 H315 H317 H412	GHS08 GHS07 Wng	H351 H341 H312 H302 H319 H315 H317 H412			
603-066-00-4	1,2-epoxy-4-epoxyethylcyclohexane; vinylcyclohexane diepoxide	203-437-7	106-87-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Carc. 2	H331 H311 H301 H351	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H311 H301 H351		(*)	
603-067-00-X	phenyl glycidyl ether; 2,3-epoxypropyl phenyl ether; 1,2-epoxy-3-phenoxypropane	204-557-2	122-60-1	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H350 H341 H332 H335 H315 H317 H412	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H341 H332 H335 H315 H317 H412			
603-068-00-5	2,3-epoxypropyl-2-ethylcyclohexyl ether; ethylcyclohexylglycidyl ether	—	130014-35-6	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			
603-069-00-0	2,4,6-tris(dimethylaminomethyl)phenol	202-013-9	90-72-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H302 H319 H315	GHS07 Wng	H302 H319 H315			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-070-00-6	2-amino-2-methylpropanol	204-709-8	124-68-5	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H315 H412	GHS07 Wng	H319 H315 H412			
603-071-00-1	2,2'-iminodiethanol; diethanolamine	203-868-0	111-42-2	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H302 H373 (**) H315 H318	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H373 (**) H315 H318			
603-072-00-7	1,4-bis(2,3 epoxypropoxy)butane; butanedioldiglycidyl ether	219-371-7	2425-79-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H332 H312 H319 H315 H317	GHS07 Wng	H332 H312 H319 H315 H317			
603-073-00-2	bis-[4-(2,3-epoxipropoxi)phenyl]propane	216-823-5	1675-54-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317		Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 5 % Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 %	
603-074-00-8	reaction product: bisphenol-A-(epichlorhydrin); epoxy resin (number average molecular weight ≤ 700)	500-033-5	25068-38-6	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H319 H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H317 H411		Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 5 % Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 %	
603-075-00-3	chlormethyl methyl ether; chlorodimethyl ether	203-480-1	107-30-2	Flam. Liq. 2 Carc. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H350 H332 H312 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H350 H332 H312 H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-076-00-9	but-2-yne-1,4-diol; 2-butyne-1,4-diol	203-788-6	110-65-6	Skin Corr. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1	H314 H331 H301 H312 H373 (**) H317	GHS06 GHS05 GHS08 Dgr	H314 H331 H301 H312 H373 (**) H317		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 50 % Skin Irrit. 2; H315: 25 % ≤ C < 50 % Eye Irrit. 2; H319: 25 % ≤ C < 50 %	D
603-077-00-4	1-dimethylaminopropan-2-ol; dimepranol (INN)	203-556-4	108-16-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H226 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H302 H314			
603-078-00-X	prop-2-yn-1-ol; propargyl alcohol	203-471-2	107-19-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H226 H331 H311 H301 H314 H411	GHS02 GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H226 H331 H311 H301 H314 H411			
603-079-00-5	2,2'-(methylimino)diethanol; N-methyldiethanolamine	203-312-7	105-59-9	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
603-080-00-0	2-methylaminoethanol; N-methylethanolamine; N-methyl-2-ethanolamine; N-methyl-2-amino ethanol; 2-(methylamino)ethanol	203-710-0	109-83-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
603-081-00-6	2,2'-thiodiethanol; thiodiglycol	203-874-3	111-48-8	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
603-082-00-1	1-aminopropan-2-ol; isopropanolamine	201-162-7	78-96-6	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
603-083-00-7	1,1'-iminodipropan-2-ol; di-isopropanolamine	203-820-9	110-97-4	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-084-00-2	styrene oxide; (epoxyethyl)benzene; phenyloxirane	202-476-7	96-09-3	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H350 H312 H319	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H312 H319			
603-085-00-8	bronopol (INN); 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol	200-143-0	52-51-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1	H312 H302 H335 H315 H318 H400	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H335 H315 H318 H400			
603-086-00-3	ethirimol (ISO); 5-butyl-2-ethylamino-6-methylpyrimidin-4-ol	245-949-3	23947-60-6	Acute Tox. 4 (*)	H312	GHS07 Wng	H312			
603-087-00-9	2-ethylhexane-1,3-diol; octylene glycol; ethoexadiol	202-377-9	94-96-2	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
603-088-00-4	2-(octylthio)ethanol; 2-hydroxyethyl octyl sulphide	222-598-4	3547-33-9	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
603-089-00-X	7,7-dimethyl-3-oxa-6-azaocetan-1-ol	400-390-6	—	Skin Corr. 1A Acute Tox. 4 (*)	H314 H302	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H302			
603-090-00-5	2-(2-bromoethoxy)anisole	402-010-4	4463-59-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
603-091-00-0	exo-1-methyl-4-(1-methylethyl)-7-oxabicyclo[2.2.1]heptan-2-ol	402-470-6	87172-89-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1	H302 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318			
603-092-00-6	2-methyl-4-phenylpentanol	402-770-7	92585-24-5	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-093-00-1	cinmethylin (ISO); <i>exo-(±)</i> -1-methyl-2-(2-methylbenzyloxy)-4-isopropyl-7-oxabicyclo(2.2.1)heptane	402-410-9	87818-31-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H411	GHS07 GHS09 Dgr	H332 H411			
603-094-00-7	1,3-bis(2,3-epoxypropoxy)-2,2-dimethylpropane	241-536-7	17557-23-2	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H315 H317	GHS07 Wng	H315 H317			
603-095-00-2	2-(propyloxy)ethanol; EGPE	220-548-6	2807-30-9	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H312 H319	GHS07 Wng	H312 H319			
603-096-00-8	2-(2-butoxyethoxy)ethanol; diethylene glycol monobutyl ether	203-961-6	112-34-5	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
603-097-00-3	1,1',1"-nitriлотripropan-2-ol; triisopropanolamine	204-528-4	122-20-3	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H412	GHS07 Wng	H319 H412			
603-098-00-9	2-phenoxyethanol	204-589-7	122-99-6	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			
603-099-00-4	3-(N-methyl-N-(4-methylamino-3-nitrophenyl)amino)propane-1,2-diol hydrochloride	403-440-5	93633-79-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
603-100-00-8	1,2-dimethoxypropane	404-630-0	7778-85-0	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225	EUH019		
603-101-00-3	tetrahydro-2-isobutyl-4-methylpyran-4-ol, mixed isomers ( <i>cis</i> and <i>trans</i> )	405-040-6	—	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-102-00-9	1,2-epoxybutane	203-438-2	106-88-7	Flam. Liq. 2 Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H225 H351 H332 H312 H302 H319 H335 H315 H412	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H225 H351 H332 H312 H302 H319 H335 H315 H412			
603-103-00-4	oxirane, mono[(C <sub>12-14</sub> -alkyloxy)methyl] derivs.	271-846-8	68609-97-2	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H315 H317	GHS07 Wng	H315 H317			
603-104-00-X	fenarimol (ISO); 2,4'-dichloro- $\alpha$ -(pyrimidin-5-yl)benzhydryl alcohol	262-095-7	60168-88-9	Repr. 2 Lact. Aquatic Chronic 2	H361fd H362 H411	GHS08 GHS09 Wng	H361fd H362 H411			
603-105-00-5	furan	203-727-3	110-00-9	Flam. Liq. 1 Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H224 H350 H341 H332 H302 H373 (**) H315 H412	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H224 H350 H341 H332 H302 H373 (**) H315 H412	EUH019		
603-106-00-0	2-methoxypropanol	216-455-5	1589-47-5	Flam. Liq. 3 Repr. 1B STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H226 H360D (***) H335 H315 H318	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H360D (***) H335 H315 H318			
603-107-00-6	2-(2-methoxyethoxy)ethanol; diethylene glycol monomethyl ether	203-906-6	111-77-3	Repr. 2	H361d (***)	GHS08 Wng	H361d (***)			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-108-00-1	2-methylpropan-1-ol; iso-butanol	201-148-0	78-83-1	Flam. Liq. 3 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 STOT SE 3	H226 H335 H315 H318 H336	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H335 H315 H318 H336			
603-117-00-0	propan-2-ol; isopropyl alcohol; isopropanol	200-661-7	67-63-0	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H336			
603-118-00-6	6-dimethylaminohexan-1-ol	404-680-3	1862-07-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H302 H314 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H412			
603-119-00-1	1,1'-(1,3-phenylenedioxy)bis(3-(2-(prop-2-enyl)phenoxy)propan-2-ol)	405-840-5	—	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
603-120-00-7	2-methyl-5-phenylpentanol	405-890-8	25634-93-9	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H319 H315	GHS07 Wng	H319 H315			
603-121-00-2	4-[4-(1,3-dihydroxyprop-2-yl)phenylamino]-1,8-dihydroxy-5-nitroanthraquinone	406-057-1	114565-66-1	Carc. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H351 H317 H413	GHS08 GHS07 Wng	H351 H317 H413			
603-122-00-8	sodium 2-ethylhexanolate	406-150-7	38411-13-1	Flam. Sol. 1 Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H228 H314 H412	GHS02 GHS05 Dgr	H228 H314 H412		T	
603-123-00-3	4-methyl-8-methylenetricyclo[3.3.1.1 <sup>3,7</sup> ]decan-2-ol	406-330-5	122760-84-3	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-124-00-9	1,4-bis[2-(vinyl-oxo)ethoxy]benzene	406-900-3	84563-49-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
603-125-00-4	2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pent-4-en-2-ol	407-850-5	89544-40-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			
603-126-00-X	2-((4-methyl-2-nitrophenyl)amino)ethanol	408-090-7	100418-33-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H317 H412	GHS07 Wng	H302 H317 H412			
603-127-00-5	butan-2-ol; [1] (S)-butan-2-ol; [2] (R)-butan-2-ol; [3] (±)-butan-2-ol [4]	201-158-5 [1] 224-168-1 [2] 238-967-8 [3] 240-029-8 [4]	78-92-2 [1] 4221-99-2 [2] 14898-79-4 [3] 15892-23-6 [4]	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 STOT SE 3	H226 H319 H335 H336	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319 H335 H336			C
603-128-00-0	2-(phenylmethoxy)naphthalene	405-490-3	613-62-7	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
603-129-00-6	1-tert-butoxypropan-2-ol	406-180-0	57018-52-7	Flam. Liq. 3 Eye Dam. 1	H226 H318	GHS02 GHS05 Dgr	H226 H318			
603-130-00-1	reaction mass of isomers of: α-((dimethyl) biphenyl)-ω-hydroxypoly(oxyethylene)	406-325-8	—	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
603-131-00-7	reaction mass of: 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxododecyl)amino]-D-glucitol; 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxotetradecyl)amino]-D-glucitol (3:1)	407-290-1	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-132-00-2	2-hydroxymethyl-9-methyl-6-(1-methyl-ethyl)-1,4-dioxaspiro[4.5]decane	408-200-3	63187-91-7	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H315 H318 H412	GHS05 Dgr	H315 H318 H412			
603-133-00-8	reaction mass of: 3-[(4-amino-2-chloro-5-nitrophenyl)amino]-propane-1,2-diol; 3,3'-(2-chloro-5-nitro-1,4-phenylenedii-mino)bis(propan-1,2-diol)	408-240-1	—	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
603-134-00-3	reaction mass of substituted dodecyl and/or tetradecyl, diphenyl ethers. The substance is produced by the Friedel Crafts reaction. The catalyst is removed from the reaction product. Diphenyl ether is substituted by C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub> alkyl groups. The alkyl groups are bonded randomly between C <sub>1</sub> and C <sub>6</sub> . Linear C <sub>12</sub> and C <sub>14</sub> , 50/50 used.	410-450-3	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
603-135-00-9	bis[[2,2',2''-nitrotris-[ethanolato]]-1-N,O]-bis[2-(2-methoxyethoxy)ethoxy]-titanium	410-500-4	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
603-136-00-4	3-((4-(bis(2-hydroxyethyl)amino)-2-nitrophenyl)amino)-1-propanol	410-910-3	104226-19-9	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
603-137-00-X	reaction mass of: 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxohexadecyl)amino]-D-glucitol; 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxooctadecyl)amino]-D-glucitol	411-130-6	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
603-138-00-5	3-(2,2-dimethyl-3-hydroxypropyl)toluene; (alt.): 2,2-dimethyl-3-(3-methylphenyl)propanol	403-140-4	103694-68-4	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
603-139-00-0	bis(2-methoxyethyl) ether	203-924-4	111-96-6	Flam. Liq. 3 Repr. 1B	H226 H360-FD	GHS02 GHS08 Dgr	H226 H360FD	EUH019		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-140-00-6	2,2' -oxybisethanol; diethylene glycol	203-872-2	111-46-6	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
603-141-00-1	reaction mass of: dodecyloxy-1-methyl-1-[oxy-poly-(2-hydroxymethylethanoxy)]pentadecane; dodecyloxy-1-methyl-1-[oxy-poly-(2-hydroxymethylethanoxy)]heptadecane	413-780-6	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
603-142-00-7	2-(2-(2-hydroxyethoxy)ethyl)-2-aza-bicyclo [2.2.1]heptane	407-360-1	116230-20-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H312 H302 H373 (**) H315 H318	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H312 H302 H373 (**) H315 H318			
603-143-00-2	R—2,3-epoxy-1-propanol	404-660-4	57044-25-4	Self-react. C (***) Carc. 1B Muta. 2 Repr. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H242 H350 H341 H360F (***) H331 H312 H302 H314	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H242 H350 H341 H360F (***) H331 H312 H302 H314			
603-144-00-8	reaction mass of: 2,6,9-trimethyl-2,5,9-cyclododecatrien-1-ol; 6,9-dimethyl-2-methylen-5,9-cyclododecadien-1-ol	413-530-6	111850-00-1	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
603-145-00-3	2-isopropyl-2-(1-methylbutyl)-1,3-dimethoxypropane	406-970-5	129228-11-1	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
603-146-00-9	2-[(2-[2-(dimethylamino)ethoxy]ethyl)methylamino]ethanol	406-080-7	83016-70-0	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H302 H314 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-147-00-4	(-)- <i>trans</i> -4-(4'-fluorophenyl)-3-hydroxymethyl-N-methylpiperidine	406-030-4	105812-81-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			
603-148-00-X	1,4-bis[(vinyloxy)methyl]cyclohexane	413-370-7	17351-75-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
603-149-00-5	reaction mass of diastereoisomers of 1-(1-hydroxyethyl)-4-(1-methylethyl)cyclohexane	407-640-3	63767-86-2	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H411			
603-150-00-0	(±) <i>trans</i> -3,3-dimethyl-5-(2,2,3-trimethylcyclopent-3-en-1-yl)-pent-4-en-2-ol	411-580-3	107898-54-4	Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H410			
603-151-00-6	(±)-2-(2,4-dichlorophenyl)-3-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-yl)propan-1-ol	413-570-4	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
603-152-00-1	2-(4- <i>tert</i> -butylphenyl)ethanol	410-020-5	5406-86-0	Repr. 2 STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H361f (***) H373 (**) H318 H411	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H361f (***) H373 (**) H318 H411			
603-153-00-7	3-((2-nitro-4-(trifluoromethyl)phenyl)amino)propane-1,2-diol	410-010-0	104333-00-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
603-154-00-2	1-[(2- <i>tert</i> -butyl)cyclohexyloxy]-2-butanol	412-300-2	139504-68-0	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
603-155-00-8	Reaction products of 2-(4,6-bis(2,4-dimethylphenyl)-1,3,5-triazin-2-yl)-5-hydroxyphenol with ((C <sub>10-16</sub> , rich in C <sub>12-13</sub> alkyloxy)methyl)oxyrane	410-560-1	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-156-00-3	2-(2,4-dichlorophenyl)-2-(2-propenyl)oxirane	411-210-0	89544-48-9	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
603-157-00-9	6,9-bis(hexadecyloxymethyl)-4,7-dioxanone-1,2,9-triol	411-450-6	143747-72-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
603-158-00-4	reaction mass of 4 diastereoisomers of 2,7-dimethyl-10-(1-methylethyl)-1-oxaspiro [4.5]deca-3,6-diene	412-460-3	—	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
603-159-00-X	2-cyclododecylpropan-1-ol	411-410-8	118562-73-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
603-160-00-5	1,2-diethoxypropane	412-180-1	10221-57-5	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225	EUH019		
603-161-00-0	1,3-diethoxypropane	413-140-6	3459-83-4	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Wng	H226			
603-162-00-6	$\alpha$ [2-[[[(2-hydroxyethyl)methylamino]acetyl]amino]propyl]- $\omega$ nonylphenoxy)poly[oxo(methyl-1,2-ethanediy)]	413-420-8	144736-29-8	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H314 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H411			
603-163-00-1	2-phenyl-1,3-propanediol	411-810-2	1570-95-2	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
603-164-00-7	2-butyl-4-chloro-4,5-dihydro-5-hydroxymethyl-1-[2'-(2-triphenylmethyl-1,2,3,4-2H-tetrazol-5-yl)-1,1'-biphenyl-4-methyl]-1H-imidazole	412-420-5	133909-99-6	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-165-00-2	reaction mass of: 4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenol; 4-allyl-6-[3-[6-[3-[6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol; 4-allyl-6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol; 4-allyl-6-[3-[6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol	417-470-1	—	Muta. 2 Skin Sens. 1	H341 H317	GHS08 GHS07 Wng	H341 H317			
603-166-00-8	R-1-chloro-2,3-epoxypropane	424-280-2	51594-55-9	Flam. Liq. 3 Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H226 H350 H331 H311 H301 H314 H317	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H226 H350 H331 H311 H301 H314 H317			
603-167-00-3	3,3',5,5'-tetra- <i>tert</i> -butylbiphenyl-2,2'-diol	407-920-5	6390-69-8	Aquatic Chronic 4	H413	GHS05 Dgr	H413			
603-168-00-9	3-(2-ethylhexyloxy)propane-1,2-diol	408-080-2	70445-33-9	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
603-169-00-4	(±)- <i>trans</i> -4-(4-fluorophenyl)-3-hydroxymethyl-N-methylpiperidine	415-550-0	109887-53-8	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-170-00-X	reaction mass of: 2-methyl-1-(6-methylbicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-yl)pent-1-en-3-ol; 2-methyl-1-(1-methylbicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-yl)-pent-1-en-3-ol; 2-methyl-1-(5-methylbicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-yl)pent-1-en-3-ol	415-990-3	67739-11-1	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H411			
603-171-00-5	5-thiazolylmethanol	414-780-9	38585-74-9	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
603-172-00-0	mono-2-[2-(4-dibenzo[b,f][1,4]thiazepin-11-yl)piperazinium-1-yl]ethoxy)ethanol <i>trans</i> -butenedioate	415-180-1	773058-82-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			
603-173-00-6	4,4-dimethyl-3,5,8-trioxabicyclo[5.1.0]octane	421-750-9	57280-22-5	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			
603-174-00-1	4-cyclohexyl-2-methyl-2-butanol	420-630-3	83926-73-2	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
603-175-00-7	2-(2-hexyloxyethoxy)ethanol; DEGHE; diethylene glycol monoethyl ether; 3,6-dioxa-1-dodecanol; hexyl carbitol; 3,6-dioxadodecan-1-ol	203-988-3	112-59-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1	H312 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H318			
603-176-00-2	1,2-bis(2-methoxyethoxy)ethane; TEGDME; triethylene glycol dimethyl ether; triglyme	203-977-3	112-49-2	Repr. 1B	H360- Df	GHS08 Dgr	H360Df	EUH019		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-177-00-8	1-ethoxypropan-2-ol; 2PG1EE; 1-ethoxy-2-propanol; propylene glycol monoethyl ether; [1] 2-ethoxy-1-methylethyl acetate; 2PG1EEA [2]	216-374-5 [1] 259-370-9 [2]	1569-02-4 [1] 54839-24-6 [2]	Flam. Liq. 3 STOT SE 3	H226 H336	GHS02 GHS07 Wng	H226 H336			
603-178-00-3	2-hexyloxyethanol; ethylene glycol monohexyl ether; n-hexylglycol	203-951-1	112-25-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314			
603-179-00-9	ergocalciferol (ISO); Vitamin D2	200-014-9	50-14-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1	H330 H311 H301 H372 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H330 H311 H301 H372 (**)			
603-180-00-4	colecalfiferol; Vitamin D3	200-673-2	67-97-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1	H330 H311 H301 H372 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H330 H311 H301 H372 (**)			
603-181-00-X	<i>tert</i> -butyl methyl ether; MTBE; 2-methoxy-2-methylpropane	216-653-1	1634-04-4	Flam. Liq. 2 Skin Irrit. 2	H225 H315	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H315			
603-183-00-0	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; TEGBE; triethylene glycol monobutyl ether; butoxytriethylene glycol	205-592-6	143-22-6	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318		Eye Dam. 1; H318: C ≥ 30 % Eye Irrit. 2; H319: 20 % ≤ C < 30 %	
603-184-00-6	2-(hydroxymethyl)-2-[[2-hydroxy-3-(isooctadecyloxy)propoxy]methyl]-1,3-propanediol	416-380-1	146925-83-9	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
603-185-00-1	2,4-dichloro-3-ethyl-6-nitrophenol	420-740-1	99817-36-4	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H318 H317 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H318 H317 H410			
603-186-00-7	trans-(5RS,6SR)-6-amino-2,2-dimethyl-1,3-dioxepan-5-ol	419-050-3	79944-37-9	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
603-187-00-2	2-((4,6-bis(4-(2-(1-methylpyridinium-4-yl)vinyl)phenylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)(2-hydroxyethyl)amino)ethanol dichloride	419-360-9	163661-77-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
603-189-00-3	reaction mass of complexes of: titanium, 2,2'-oxydiethanol, ammonium lactate, nitri-lotris(2-propanol) and ethylene glycol	405-250-8	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
603-191-00-4	2-(4,6-bis(2,4-dimethylphenyl)-1,3,5-triazin-2-yl)-5-(3-((2-ethylhexyl)oxy)-2-hydroxypropoxy)phenol	419-740-4	137658-79-8	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
603-195-00-6	2-[4-(4-methoxyphenyl)-6-phenyl-1,3,5-triazin-2-yl]-phenol	430-810-3	154825-62-4	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
603-196-00-1	2-(7-ethyl-1H-indol-3-yl)ethanol	431-020-1	41340-36-7	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H373 (**) H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H411			
603-197-00-7	tebuconazole (ISO); 1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol	403-640-2	107534-96-3	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H361d (***) H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361d (***) H302 H411			
603-199-00-8	etoxazol (ISO); (RS)-5-tert-butyl-2-[2-(2,6-difluorophenyl)-4,5-dihydro-1,3-oxazol-4-yl]phenetole	—	153233-91-1	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410		M=100	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-001-00-2	phenol; carbolic acid; monohydroxybenzene; phenylalcohol	203-632-7	108-95-2	Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B	H341 H331 H311 H301 H373 (**) H314	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H341 H331 H311 H301 H373 (**) H314		(*) Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 3 % Skin Irrit. 2; H315: 1 % ≤ C < 3 % Eye Irrit. 2; H319: 1 % ≤ C < 3 %	
604-002-00-8	pentachlorophenol	201-778-6	87-86-5	Carc. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H330 H311 H301 H319 H335 H315 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H330 H311 H301 H319 H335 H315 H410			
604-003-00-3	sodium pentachlorophenolate; [1] potassium pentachlorophenolate [2]	205-025-2 [1] 231-911-3 [2]	131-52-2 [1] 7778-73-6 [2]	Carc. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H330 H311 H301 H319 H335 H315 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H330 H311 H301 H319 H335 H315 H410			
604-004-00-9	<i>m</i> -cresol; [1] <i>o</i> -cresol; [2] <i>p</i> -cresol; [3] mix-cresol [4]	203-577-9 [1] 202-423-8 [2] 203-398-6 [3] 215-293-2 [4]	108-39-4 [1] 95-48-7 [2] 106-44-5 [3] 1319-77-3 [4]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H311 H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H311 H301 H314		(*)	C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-005-00-4	1,4-dihydroxybenzene; hydroquinone; quinol	204-617-8	123-31-9	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H351 H341 H302 H318 H317 H400	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H351 H341 H302 H318 H317 H400			
604-006-00-X	3,4-xilenol; [1] 2,5-xilenol; [2] 2,4-xilenol; [3] 2,3-xilenol; [4] 2,6-xilenol; [5] xilenol; [6] 2,4(or 2,5)-xilenol [7]	202-439-5 [1] 202-461-5 [2] 203-321-6 [3] 208-395-3 [4] 209-400-1 [5] 215-089-3 [6] 276-245-4 [7]	95-65-8 [1] 95-87-4 [2] 105-67-9 [3] 526-75-0 [4] 576-26-1 [5] 1300-71-6 [6] 71975-58-1 [7]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H311 H301 H314 H411	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H311 H301 H314 H411			C
604-007-00-5	2-naphthol	205-182-7	135-19-3	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H332 H302 H400	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H400			
604-008-00-0	2-chlorophenol; [1] 4-chlorophenol; [2] 3-chlorophenol; [3] chlorophenol [4]	202-433-2 [1] 203-402-6 [2] 203-582-6 [3] 246-691-4 [4]	95-57-8 [1] 106-48-9 [2] 108-43-0 [3] 25167-80-0 [4]	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H312 H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H411			C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-009-00-6	pyrogallol; 1,2,3-trihydroxybenzene	201-762-9	87-66-1	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H341 H332 H312 H302 H412	GHS08 GHS07 Wng	H341 H332 H312 H302 H412		(*)	
604-010-00-1	resorcinol; 1,3-benzenediol	203-585-2	108-46-3	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H302 H319 H315 H400	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H315 H400		(*)	
604-011-00-7	2,4-dichlorophenol	204-429-6	120-83-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H311 H302 H314 H411	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H311 H302 H314 H411			
604-012-00-2	4-chloro- <i>o</i> -cresol; 4-chloro-2-methyl phenol	216-381-3	1570-64-5	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H331 H314 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H314 H400		STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
604-013-00-8	2,3,4,6-tetrachlorophenol	200-402-8	58-90-2	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H319 H315 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H319 H315 H410		(*) Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 5 % Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 %	
604-014-00-3	chlorocresol; 4-chloro- <i>m</i> -cresol; 4-chloro-3-methylphenol	200-431-6	59-50-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H312 H302 H318 H317 H400	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H318 H317 H400		(*)	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-015-00-9	2,2'-methylenebis-(3,4,6-trichlorophenol); hexachlorophene	200-733-8	70-30-4	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H301 H410		(*)	
604-016-00-4	1,2-dihydroxybenzene; pyrocatechol	204-427-5	120-80-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H312 H302 H319 H315	GHS07 Wng	H312 H302 H319 H315			
604-017-00-X	2,4,5-trichlorophenol	202-467-8	95-95-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H315 H410		(*) Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 5 % Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 %	
604-018-00-5	2,4,6-trichlorophenol	201-795-9	88-06-2	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H319 H315 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H319 H315 H410			
604-019-00-0	dichlorophen (ISO)	202-567-1	97-23-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H410			
604-020-00-6	2-phenylphenol (ISO) biphenyl-2-ol; 2-hydroxybiphenyl;	201-993-5	90-43-7	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H319 H335 H315 H400	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-021-00-1	sodium 2-biphenylate; 2-phenylphenol, sodium salt	205-055-6	132-27-4	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1	H302 H335 H315 H318 H400	GHS05 GHS07 GHS09 Wng	H302 H335 H315 H318 H400			
604-022-00-7	2,2-dimethyl-1,3-benzodioxol-4-ol	400-900-7	22961-82-6	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
604-023-00-2	2,4-dichloro-3-ethylphenol	401-060-4	—	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H410			
604-024-00-8	4,4-isobutylethylenediphenol	401-720-1	6807-17-6	Repr. 1B Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360F (***) H319 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H360F (***) H319 H410			
604-025-00-3	2,5-bis(1,1-dimethylbutyl)hydroquinone	400-220-0	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
604-026-00-9	2,2-spirobi(6-hydroxy-4,4,7-trimethylchromane)	400-270-3	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
604-027-00-4	2-methyl-5-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)hydroquinone	400-530-6	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			
604-028-00-X	4-amino-3-fluorophenol	402-230-0	399-95-1	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350 H302 H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-029-00-5	1-naphtol	201-969-4	90-15-3	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H312 H302 H335 H315 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H335 H315 H318			
604-030-00-0	bisphenol A; 4,4'-isopropylidenediphenol	201-245-8	80-05-7	Repr. 2 STOT SE 3 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H361f (***) H335 H318 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H361f (***) H335 H318 H317			
604-031-00-6	guaiacol	201-964-7	90-05-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H302 H319 H315	GHS07 Wng	H302 H319 H315			
604-032-00-1	thymol	201-944-8	89-83-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H302 H314 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H411			
604-033-00-7	isobutyl but-3-enoate	401-170-2	24342-03-8	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Wng	H226			
604-034-00-2	4,4'-thiodi-o-cresol	403-330-7	24197-34-0	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
604-035-00-8	4-nonylphenol, reaction products with formaldehyde and dodecane-1-thiol	404-160-6	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
604-036-00-3	4,4'-oxybis(ethylenethio)diphenol	404-590-4	90884-29-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-037-00-9	3,5-xilenol; 3,5-dimethylphenol	203-606-5	108-68-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H311 H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H311 H301 H314			
604-038-00-4	4-chloro-3,5-dimethylphenol; [1] chloroxylenol [2]	201-793-8 [1] 215-316-6 [2]	88-04-0 [1] 1321-23-9 [2]	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H302 H319 H315 H317	GHS07 Wng	H302 H319 H315 H317			
604-039-00-X	ethyl 2-[4-[(6-chlorobenzoxazol-2-yl)oxy] phenoxy]propionate; fenoxaprop-ethyl	266-362-9	66441-23-4	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
604-040-00-5	fomesafen (ISO); 5-[2-chloro-4-(trifluoromethyl)phenoxy]-N-( methylsulphonyl)-2-nitrobenzamide	276-439-9	72178-02-0	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
604-041-00-0	acifluorfen (ISO); 5-[2-chloro-4-(trifluoromethyl)phenoxy]-2- nitrobenzoic acid [1] sodium 5-[2-chloro-4-(trifluoromethyl) phenoxy]-2-nitrobenzoate; acifluorfen-sodium [2]	256-634-5 [1] 263-560-7 [2]	50594-66-6 [1] 62476-59-9 [2]	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H315 H318 H410			
604-042-00-6	4-nitrosophenol	203-251-6	104-91-6	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H341 H302 H318 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H341 H302 H318 H411			
604-043-00-1	monobenzene; 4-hydroxyphenyl benzyl ether; hydroquinone monobenzyl ether	203-083-3	103-16-2	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			
604-044-00-7	mequinol; 4-methoxyphenol; hydroquinone monomethyl ether	205-769-8	150-76-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H302 H319 H317	GHS07 Wng	H302 H319 H317			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-045-00-2	2,3,5-trimethylhydroquinone	211-838-3	700-13-0	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H335 H315 H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H332 H335 H315 H318 H317 H410			
604-046-00-8	4-(4-isopropoxyphenylsulfonyl)phenol	405-520-5	95235-30-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
604-047-00-3	4-(4-tolyloxy)biphenyl	405-730-7	51601-57-1	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 4	H373 (**) H413	GHS08 Wng	H373 (**) H413			
604-048-00-9	4,4',4''-(ethan-1,1,1-triyl)triphenol	405-800-7	27955-94-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
604-049-00-4	4-4'-methylenebis(oxyethylenethio)diphenol	407-480-4	93589-69-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
604-051-00-5	3,5-bis((3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy)benzyl)-2,4,6-trimethylphenol	401-110-5	87113-78-8	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
604-052-00-0	2,2'-methylenebis(6-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol)	403-800-1	103597-45-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
604-053-00-6	2-methyl-4-(1,1-dimethylethyl)-6-(1-methylpentadecyl)-phenol	410-760-9	157661-93-3	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
604-054-00-1	reaction mass of: 2-methoxy-4-(tetrahydro-4-methylene-2H-pyran-2-yl)-phenol; 4-(3,6-dihydro-4-methyl-2H-pyran-2-yl)-2-methoxyphenol	412-020-0	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-055-00-7	2,2'-((3,3',5,5'-tetramethyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diyl)-bis(oxymethylene))-bis-oxirane	413-900-7	85954-11-6	Muta. 2	H341	GHS08 Wng	H341			
604-056-00-2	2-(2-hydroxy-3,5-dinitroanilino)ethanol	412-520-9	99610-72-7	Flam. Sol. 2 Repr. 2 Acute Tox. 4 (*)	H228 H361f (***) H302	GHS02 GHS07 GHS08 Dgr	H228 H361f (***) H302			
604-057-00-8	reaction mass of: isomers of 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-methyl-(n)-dodecylphenol; isomers of 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-methyl-(n)-tetracosylphenol; isomers of 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-methyl-5,6-didodecyl-phenol. n=5 or 6	401-680-5	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
604-058-00-3	1,2-bis(3-methylphenoxy)ethane	402-730-9	54914-85-1	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
604-059-00-9	2-n-hexadecylhydroquinone	406-400-5	—	STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H373 (**) H315 H317 H413	GHS08 GHS07 Wng	H373 (**) H315 H317 H413			
604-060-00-4	9,9-bis(4-hydroxyphenyl)fluorene	406-950-6	3236-71-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H410			
604-061-00-X	reaction mass of: 2-chloro-5-sec-tetradecylhydroquinones where sec-tetradecyl= 1-methyltridecyl; 1-ethyldodecyl; 1-propylundecyl; 1-butyldecyl; 1-pentylnonyl; 1-hexyloctyl	407-740-7	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H315 H317 H412	GHS07 Wng	H315 H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-062-00-5	2,4-dimethyl-6-(1-methyl-pentadecyl)phenol	411-220-5	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
604-063-00-0	5,6-dihydroxyindole	412-130-9	3131-52-0	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			
604-064-00-6	2-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)-5-(hexyloxy)-phenol	411-380-6	147315-50-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
604-065-00-1	4,4',4''-(1-methylpropan-1-yl-3-ylidene)tris(2-cyclohexyl-5-methylphenol)	407-460-5	111850-25-0	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
604-066-00-7	reaction mass of: phenol, 6-(1,1-dimethylethyl)-4-tetrapropyl-2-[(2-hydroxy-5-tetrapropylphenyl)methyl (C <sub>41</sub> -compound) and methane, 2,2'-bis[6-(1,1-dimethyl-ethyl)-1-hydroxy-4-tetrapropyl-phenyl)]- (C <sub>45</sub> -compound); 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-tetra-propyl-phenol and 2-(1,1-dimethylethyl)-4-tetrapropyl-phenol; 2,6-bis[(6-(1,1-dimethylethyl)-1-hydroxy-4-tetrapropylphenyl)methyl]-4-(tetrapropyl)phenol and 2-[(6-(1,1-dimethylethyl)-1-hydroxy-4-tetrapropylphenyl)methyl]-6-[1-hydroxy-4-tetrapropylphenyl)methyl]-4-(tetrapropyl)phenol	414-550-8	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
604-067-00-2	reaction mass of: 2,2'-[[[(2-hydroxyethyl)imino]bis(methylene)bis[4-dodecylphenol]; formaldehyde, oligomer with 4-dodecyl phenol and 2-aminoethanol(n = 2); formaldehyde, oligomer with 4-dodecyl phenol and 2-aminoethanol(n = 3, 4 and higher)	414-520-4	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H315 H318 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
604-068-00-8	(±)-4-[2-[[3-(4-hydroxyphenyl)-1-methylpropyl]amino]-1-hydroxyethyl]phenol hydrochloride	415-170-5	90274-24-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H332 H302 H317	GHS07 Wng	H332 H302 H317			
604-069-00-3	2-(1-methylpropyl)-4-tert-butylphenol	421-740-4	51390-14-8	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H314 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H411			
604-070-00-9	triclosan; 2,4,4'-trichloro-2'-hydroxy-diphenyl-ether; 5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy)phenol	222-182-2	3380-34-5	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H410	M=100		
605-001-00-5	formaldehyde ...%	200-001-8	50-00-0	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H351 H331 H311 H301 H314 H317	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H351 H331 H311 H301 H314 H317	(*) Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 5 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 5 % ≤ C < 25 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 %	B D	
605-002-00-0	1,3,5-trioxan; trioxymethylene	203-812-5	110-88-3	Flam. Sol. 1 Repr. 2 STOT SE 3	H228 H361d (***) H335	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H228 H361d (***) H335		T	
605-003-00-6	acetaldehyde; ethanal	200-836-8	75-07-0	Flam. Liq. 1 Carc. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H224 H351 H319 H335	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H224 H351 H319 H335			
605-004-00-1	2,4,6-trimethyl-1,3,5-trioxan; paraldehyde	204-639-8	123-63-7	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Dgr	H226			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
605-005-00-7	2,4,6,8-tetramethyl-1,3,5,7-tetraoxacyclooctane; metaldehyde	203-600-2	108-62-3	Flam. Sol. 2 Acute Tox. 4 (*)	H228 H302	GHS02 GHS07 Wng	H228 H302			
605-006-00-2	butyraldehyde	204-646-6	123-72-8	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
605-007-00-8	1,1-dimethoxyethane; dimethyl acetal	208-589-8	534-15-6	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
605-008-00-3	acrylaldehyde; acrolein; prop-2-enal	203-453-4	107-02-8	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H225 H330 H311 H301 H314 H400	GHS02 GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H225 H330 H311 H301 H314 H400			D
605-009-00-9	crotonaldehyde; 2-butenal; [1] (E)-2-butenal; (E)-crotonaldehyde [2]	224-030-0 [1] 204-647-1 [2]	4170-30-3 [1] 123-73-9 [2]	Flam. Liq. 2 Muta. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1	H225 H341 H330 H311 H301 H373 (**) H335 H315 H318 H400	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H225 H341 H330 H311 H301 H373 (**) H335 H315 H318 H400			
605-010-00-4	2-furaldehyde	202-627-7	98-01-1	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H351 H331 H301 H312 H319 H335	GHS06 GHS08 Dgr	H351 H331 H301 H312 H319 H335		(*)	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
605-011-00-X	2-chlorobenzaldehyde; o-chlorobenzaldehyde	201-956-3	89-98-5	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
605-012-00-5	benzaldehyde	202-860-4	100-52-7	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
605-013-00-0	chloralose (INN); (R)-1,2-O-(2,2,2-trichloroethylidene)-α-D-glucofuranose; glucochloralose; anhydroglucochloral	240-016-7	15879-93-3	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302			
605-014-00-6	chloral hydrate; 2,2,2-trichloroethane-1,1-diol	206-117-5	302-17-0	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H301 H319 H315	GHS06 Dgr	H301 H319 H315			
605-015-00-1	1,1-diethoxyethane; acetal	203-310-6	105-57-7	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H225 H319 H315	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H315			
605-016-00-7	glyoxal...%; ethandial...%	203-474-9	107-22-2	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H341 H332 H319 H315 H317	GHS07 GHS08 Wng	H341 H332 H319 H315 H317	(*)	B	
605-017-00-2	1,3-dioxolane	211-463-5	646-06-0	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
605-018-00-8	propanal; propionaldehyde	204-623-0	123-38-6	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H225 H319 H335 H315	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335 H315			
605-019-00-3	citral	226-394-6	5392-40-5	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H315 H317	GHS07 Wng	H315 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
605-020-00-9	safrole; 5-allyl-1,3-benzodioxole	202-345-4	94-59-7	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 4 (*)	H350 H341 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H341 H302			
605-021-00-4	formaldehyde, reaction products with butylphenol	294-145-9	91673-30-2	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
605-022-00-X	glutaral; glutaraldehyde; 1,5-pentanedial	203-856-5	111-30-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H331 H301 H314 H334 H317 H400	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H301 H314 H334 H317 H400	(*) Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 10 % Skin Irrit. 2; H315: 0,5 % ≤ C < 10 % Eye Dam. ; H318: 2 % ≤ C < 10 % Eye Irrit. 2; H319: 0,5 % ≤ C < 2 % STOT SE; H335: C ≥ 0,5 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,5 %		
605-025-00-6	chloroacetaldehyde	203-472-8	107-20-0	Carc. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H351 H330 H311 H301 H314 H400	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H330 H311 H301 H314 H400	STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %		
605-026-00-1	2,5,7,7-tetramethyloctanal	405-690-0	114119-97-0	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H411			
605-027-00-7	reaction mass of: 3a,4,5,6,7,7a-hexahydro-4,7-methano-1H-indene-6-carboxaldehyde; 3a,4,5,6,7,7a-hexahydro-4,7-methano-1H-indene-5-carboxaldehyde	410-480-7	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
605-028-00-2	$\beta$ -methyl-3-(1-methylethyl)-benzenepropanal	412-050-4	125109-85-5	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
605-029-00-8	2-cyclohexylpropanal	412-270-0	2109-22-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
605-030-00-3	1-(p-methoxyphenyl)acetaldehyde oxime	411-510-1	3353-51-3	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
605-031-00-9	reaction mass of: 2,2-dimethoxyethanal [this component is considered to be anhydrous in terms of identity, structure and composition. However, 2,2-dimethoxyethanal will exist in a hydrated form. 60 % anhydrous is equivalent to 70.4 % hydrate; water(Including free water and water in hydrated 2,2-dimethoxyethanal)]	421-890-0	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
606-001-00-8	acetone; propan-2-one; propanone	200-662-2	67-64-1	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H336	EUH066		
606-002-00-3	butanone; ethyl methyl ketone	201-159-0	78-93-3	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H336	EUH066		
606-003-00-9	heptan-3-one; butyl ethyl ketone	203-388-1	106-35-4	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H226 H332 H319	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H319			
606-004-00-4	4-methylpentan-2-one; isobutyl methyl ketone	203-550-1	108-10-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H332 H319 H335	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H319 H335	EUH066		
606-005-00-X	2,6-dimethylheptan-4-one; di-isobutyl ketone	203-620-1	108-83-8	Flam. Liq. 3 STOT SE 3	H226 H335	GHS02 GHS07 Wng	H226 H335		STOT SE 3; H335: C $\geq$ 10 %	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-006-00-5	pentan-3-one; diethyl ketone	202-490-3	96-22-0	Flam. Liq. 2 STOT SE 3 STOT SE 3	H225 H335 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H335 H336	EUH066		
606-007-00-0	3-methylbutan-2-one; methyl isopropyl ketone	209-264-3	563-80-4	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
606-009-00-1	4-methylpent-3-en-2-one; mesityl oxide	205-502-5	141-79-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H332 H312 H302	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H312 H302		(*)	
606-010-00-7	cyclohexanone	203-631-1	108-94-1	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H332	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332			
606-011-00-2	2-methylcyclohexanone	209-513-6	583-60-8	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H332	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332			
606-012-00-8	3,5,5-trimethylcyclohex-2-enone; isophorone	201-126-0	78-59-1	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H351 H312 H302 H319 H335	GHS08 GHS07 Wng	H351 H312 H302 H319 H335		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	
606-013-00-3	p-benzoquinone; quinone	203-405-2	106-51-4	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H331 H301 H319 H335 H315 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H319 H335 H315 H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-014-00-9	chlorophacinone (ISO); 2-(2-(4-chlorophenyl)phenylacetyl)indan-1,3-dione	223-003-0	3691-35-8	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H331 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H310 H300 H331 H372 (**) H410			
606-016-00-X	pindone (ISO); 2-pivaloylindan-1,3-dione	201-462-8	83-26-1	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H372 (**) H410			
606-017-00-5	diketene; diketen	211-617-1	674-82-8	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H332	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332		D	
606-018-00-0	dichlone (ISO); 2,3-dichloro-1,4-naphthoquinone	204-210-5	117-80-6	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H315 H410			
606-019-00-6	chlordecone (ISO); perchloropentacyclo[5,3,0,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>4,8</sup> ] decan-5-one; decachloropentacyclo[5,2,1,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>5,8</sup> ] decan-4-one	205-601-3	143-50-0	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H311 H301 H410			
606-020-00-1	5-methylheptan-3-one	208-793-7	541-85-5	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H226 H319 H335	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319 H335	STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-021-00-7	N-methyl-2-pyrrolidone	212-828-1	872-50-4	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H319 H315	GHS07 Wng	H319 H315			
606-022-00-2	1-phenyl-3-pyrazolidone	202-155-1	92-43-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
606-023-00-8	4-methoxy-4-methylpentan-2-one	203-512-4	107-70-0	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H332	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332			
606-024-00-3	heptan-2-one; methyl amyl ketone	203-767-1	110-43-0	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H332 H302	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H302			
606-025-00-9	cyclopentanone	204-435-9	120-92-3	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H226 H319 H315	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319 H315			
606-026-00-4	5-methylhexan-2-one; isoamyl methyl ketone	203-737-8	110-12-3	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H332	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332			
606-027-00-X	heptan-4-one; di-n-propyl ketone	204-608-9	123-19-3	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H332	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332			
606-028-00-5	2,4-dimethylpentan-3-one; di-isopropyl ketone	209-294-7	565-80-0	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*)	H225 H332	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332			
606-029-00-0	pentane-2,4-dione; acetylacetone	204-634-0	123-54-6	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H302	GHS02 GHS07 Wng	H226 H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-030-00-6	hexan-2-one; methyl butyl ketone; butyl methyl ketone; methyl- <i>n</i> -butyl ketone	209-731-1	591-78-6	Flam. Liq. 3 Repr. 2 STOT RE 1 STOT SE 3	H226 H361f (***) H372 (**) H336	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H226 H361f (***) H372 (**) H336			
606-031-00-1	3-propanolide; 1,3-propiolactone	200-340-1	57-57-8	Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H350 H330 H319 H315	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H330 H319 H315			
606-032-00-7	hexachloroacetone	204-129-5	116-16-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
606-033-00-2	2-(3,4-dichlorophenyl)-4-methyl-1,2,4-oxadiazolidinedione; methazole	243-761-6	20354-26-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H319 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H319 H315 H411			
606-034-00-8	metribuzin (ISO); 4-amino-6- <i>tert</i> -butyl-3-methylthio-1,2,4-triazin-5(4 <i>H</i> )-one; 4-amino-4,5-dihydro-6-(1,1-dimethylethyl)-3-methylthio-1,2,4-triazin-5-one	244-209-7	21087-64-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
606-035-00-3	chloridazon (ISO); 5-amino-4-chloro-2-phenylpyridazine-3-(2 <i>H</i> )-one; pyrazon	216-920-2	1698-60-8	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-036-00-9	quinomethionate; chinomethionat (ISO); 6-methyl-1,3-dithiolo(4,5-b)quinoxalin-2-one	219-455-3	2439-01-2	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361f (***) H332 H312 H302 H373 (**) H319 H317 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361f (***) H332 H312 H302 H373 (**) H319 H317 H410			
606-037-00-4	triadimefon (ISO); 1-(4-chlorophenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1,2,4-triazol-1-yl)butanone	256-103-8	43121-43-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H411			
606-038-00-X	diphacinone (ISO); 2-diphenylacetylindan-1,3-dione	201-434-5	82-66-6	Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1	H300 H372 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H300 H372 (**)			
606-039-00-5	5(or 6)-tert-butyl-2'-chloro-6'-ethylamino-3',7'-dimethylspiro(isobenzofuran-1(1H),9'-xanthene)-3-one	400-680-2	—	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H410			
606-040-00-0	(N-benzyl-N-ethyl)amino-3-hydroxyacetophenone hydrochloride	401-840-4	55845-90-4	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
606-041-00-6	2-methyl-1-(4-methylthiophenyl)-2-morpholinopropan-1-one	400-600-6	71868-10-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
606-042-00-1	acetophenone	202-708-7	98-86-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-043-00-7	2,4-di- <i>tert</i> -butylcyclohexanone	405-340-7	13019-04-0	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
606-044-00-2	2,4,6-trimethylbenzophenone	403-150-9	954-16-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H410			
606-045-00-8	oxadiazon (ISO); 3-[2,4-dichloro-5-(1-methylethoxy)phenyl]-5-(1,1-dimethylethyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one	243-215-7	19666-30-9	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-046-00-3	reaction mass of <i>cis</i> - and <i>trans</i> -cyclohexadec-8-en-1-one	401-700-2	3100-36-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-047-00-9	2-benzyl-2-dimethylamino-4-morpholinobutylphenone	404-360-3	119313-12-1	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-048-00-4	2'-anilino-3'-methyl-6'-dipentylaminospiro (isobenzofuran-1(1H),9'-xanthen)-3-one	406-480-1	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
606-049-00-X	4-( <i>trans</i> -4-propylcyclohexyl)acetophenone	406-700-6	78531-61-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
606-050-00-5	6-anilino-1-benzoyl-4-(4- <i>tert</i> -pentylphenoxy)naphtho[1,2,3-de]quinoline-2,7-(3H)-dione	412-480-2	72453-58-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
606-051-00-0	4-pentylcyclohexanone	406-670-4	61203-83-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
606-052-00-6	4-( <i>N,N</i> -dibutylamino)-2-hydroxy-2'-carboxybenzophenone	410-410-5	54574-82-2	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-053-00-1	flurtamone (ISO); (RS)-5-methylamino-2-phenyl-4-( $\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro- <i>m</i> -tolyl)furan-3(2 <i>H</i> )-one	—	96525-23-4	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-054-00-7	isoxaflutole (ISO); 5-cyclopropyl-1,2-oxazol-4-yl $\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro-2-mesyl- <i>p</i> -tolyl ketone	—	141112-29-0	Repr. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H361d (***) H410			
606-055-00-2	1-(2,3-dihydro-1,3,3,6-tetramethyl-1-(1-methylethyl)-1 <i>H</i> -inden-5-yl)ethanone	411-180-9	92836-10-7	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H373 (**) H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H411			
606-056-00-8	4-chloro-3',4'-dimethoxybenzophenone	404-610-1	116412-83-0	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-057-00-3	4-propylcyclohexanone	406-810-4	40649-36-3	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H315 H412	GHS07 Wng	H315 H412			
606-058-00-9	4'-fluoro-2,2-dimethoxyacetophenone	407-500-1	21983-80-2	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
606-059-00-4	2,4-difluoro- $\alpha$ -(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-yl)acetophenone hydrochloride	412-390-3	86386-75-6	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H317			
606-060-00-X	reaction mass of: <i>trans</i> -2,4-dimethyl-2-(5,6,7,8-tetrahydro-5,5,8,8-tetramethylnaphthalene-2-yl)-1,3-dioxolane; <i>cis</i> -2,4-dimethyl-2-(5,6,7,8-tetrahydro-5,5,8,8-tetramethylnaphthalene-2-yl)-1,3-dioxolane	412-950-7	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-061-00-5	(3-chlorophenyl)-(4-methoxy-3-nitrophenyl) methanone	423-290-4	66938-41-8	Muta. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H341 H410			
606-062-00-0	tetrahydrothiopyran-3-carboxaldehyde	407-330-8	61571-06-0	Repr. 1B Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H360D (***) H318 H412	GHS08 GHS05 Dgr	H360D (***) H318 H412			
606-063-00-6	(E)-3-(2-chlorophenyl)-2-(4-fluorophenyl) propenal	410-980-5	112704-51-5	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			
606-064-00-1	pregn-5-ene-3,20-dione bis(ethylene ketal)	407-450-0	7093-55-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
606-065-00-7	1-(4-morpholinophenyl)butan-1-one	413-790-0	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
606-066-00-2	(E)-5[(4-chlorophenyl)methylene]-2,2-dimethylcyclopentanone	410-440-9	164058-20-2	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
606-067-00-8	reaction mass of: 1-(2,3,6,7,8,9-hexahydro-1,1-dimethyl-1H-benz(g)inden-4-yl)ethanone; 1-(2,3,5,6,7,8-hexahydro-1,1-dimethyl-1H-benz(f)inden-4-yl)ethanone; 1-(2,3,6,7,8,9-hexahydro-1,1-dimethyl-1H-benz(g)inden-5-yl)ethanone; 1-(2,3,6,7,8,9-hexahydro-3,3-dimethyl-1H-benz(g)inden-5-yl)ethanone	414-870-8	96792-67-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-068-00-3	2,7,11-trimethyl-13-(2,6,6-trimethylcyclohex-1-en-1-yl)tridecahexaen-2,4,6,8,10,12-al	415-770-7	1638-05-7	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H373 (**) H317 H412	GHS08 GHS07 Wng	H373 (**) H317 H412			
606-069-00-9	spiro[1,3-dioxolane-2,5'-(4',4',8',8'-tetramethyl-hexahydro-3',9'-methanonaphthalene)]	415-460-1	154171-76-3	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-070-00-4	butoxydim (ISO); 5-(3-butyryl-2,4,6-trimethylphenyl)-2-[1-(ethoxyimino)propyl]-3-hydroxycyclohex-2-en-1-one	414-790-3	138164-12-2	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361fd H302 H315 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361fd H302 H315 H410			
606-071-00-X	17-spiro(5,5-dimethyl-1,3-dioxan-2-yl)androsta-1,4-diene-3-one	421-050-3	13258-43-0	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-072-00-5	3-acetyl-1-phenyl-pyrrolidine-2,4-dione	421-600-2	719-86-8	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H373 (**) H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H411			
606-073-00-0	4,4'-bis(dimethylamino)benzophenone; Michler's ketone	202-027-5	90-94-8	Carc. 1B Muta. 2 Eye Dam. 1	H350 H341 H318	GHS08 GHS05 Dgr	H350 H341 H318			
606-075-00-1	1-benzyl-5-ethoxyimidazolidine-2,4-dione	417-340-4	65855-02-9	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
606-076-00-7	1-((2-quinolinyl-carbonyl)oxy)-2,5-pyrrolidinedione	418-630-3	136465-99-1	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
606-077-00-2	(3S,4S)-3-hexyl-4-[(R)-2-hydroxytridecyl]-2-oxetanone	418-650-2	104872-06-2	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-078-00-8	1-octylazepin-2-one	420-040-6	59227-88-2	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H314 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-079-00-3	2-n-butyl-benzo[d]isothiazol-3-one	420-590-7	4299-07-4	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H410			
606-080-00-9	Reaction product of: 3-hydroxy-5,7-di-tert-butylbenzofuran-2-one with o-xylene	417-100-9	—	Aquatic Chronic 4	H413		H413			
606-081-00-4	(3β, 5α, 6β)-3-(acetyloxy)-5-bromo-6-hydroxy-androstan-17-one	419-790-7	4229-69-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
606-082-00-X	reaction mass of: butan-2-one oxime; syn-O,O'-di(butan-2-one oxime)diethoxysilane	406-930-7		STOT RE 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H372 (**) H317 H412	GHS08 GHS07 Dgr	H372 (**) H317 H412			
606-083-00-5	2-chloro-5-sec-hexadecylhydroquinone	407-750-1	137193-60-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H319 H315 H317 H412	GHS07 Wng	H319 H315 H317 H412			
606-084-00-0	1-(4-methoxy-5-benzofuranyl)-3-phenyl-1,3-propanedione	414-540-3	484-33-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-085-00-6	(1R,4S)-2-azabicyclo[2.2.1]hept-5-en-3-one	418-530-1	79200-56-9	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H317			
606-086-00-1	1-(3,3-dimethylcyclohexyl)pent-4-en-1-one	422-330-8	56973-87-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
606-087-00-7	6-ethyl-5-fluoro-4(3H)-pyrimidone	422-460-5	137234-87-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
606-088-00-2	2,4,4,7-tetramethyl-6-octen-3-one	422-520-0	74338-72-0	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
606-089-00-8	reaction mass of: 1,4-diamino-2-chloro-3-phenoxyanthraquinone; 1,4-diamino-2,3-bis-phenoxyanthraquinone	423-220-2	12223-77-7	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
606-091-00-9	6-chloro-5-(2-chloroethyl)-1,3-dihydroindol-2-one	421-320-0	118289-55-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
606-092-00-4	reaction mass of: (E)-oxacyclohexadec-12-en-2-one; (E)-oxacyclohexadec-13-en-2-one; a)(Z)-oxacyclohexadec-(12)-en-2-one and b) (Z)-oxacyclohexadec-(13)-en-2-one	422-320-3		Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-001-00-0	formic acid ... %	200-579-1	64-18-6	Skin Corr. 1A	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 90 % Skin Corr. 1B; H314: 10 % ≤ C < 90 % Skin Irrit. 2; H315: 2 % ≤ C < 10 % Eye Irrit. 2; H319: 2 % ≤ C < 10 %	B
607-002-00-6	acetic acid ... %	200-580-7	64-19-7	Flam. Liq. 3 Skin Corr. 1A	H226 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H226 H314		Skin Corr. 1A; H314: C ≥ 90 % Skin Corr. 1B; H314: 25 % ≤ C < 90 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 %	B

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-003-00-1	chloroacetic acid	201-178-4	79-11-8	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H301 H314 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H314 H400			
607-004-00-7	TCA (ISO); trichloroacetic acid	200-927-2	76-03-9	Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
607-005-00-2	TCA-sodium (ISO); sodium trichloroacetate	211-479-2	650-51-1	STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H335 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H335 H410			
607-006-00-8	oxalic acid	205-634-3	144-62-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302		*	
607-007-00-3	salts of oxalic acid	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302		*	A
607-008-00-9	acetic anhydride	203-564-8	108-24-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H226 H332 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H332 H302 H314		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 5 % ≤ C < 25 % Eye Dam. 1; H318: 5 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 1 % ≤ C < 5 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-009-00-4	phthalic anhydride	201-607-5	85-44-9	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H302 H335 H315 H318 H334 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H335 H315 H318 H334 H317			
607-010-00-X	propionic anhydride	204-638-2	123-62-6	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H315: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 %	
607-011-00-5	acetyl chloride	200-865-6	75-36-5	Flam. Liq. 2 Skin Corr. 1B	H225 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H225 H314	EUH014		
607-012-00-0	benzoyl chloride	202-710-8	98-88-4	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
607-013-00-6	dimethyl carbonate	210-478-4	616-38-6	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
607-014-00-1	methyl formate	203-481-7	107-31-3	Flam. Liq. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H224 H332 H302 H319 H335	GHS02 GHS07 Dgr	H224 H332 H302 H319 H335			
607-015-00-7	ethyl formate	203-721-0	109-94-4	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H332 H302 H319 H335	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H302 H319 H335			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-016-00-2	propyl formate; [1] isopropyl formate [2]	203-798-0 [1] 210-901-2 [2]	110-74-7 [1] 625-55-8 [2]	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 STOT SE 3	H225 H319 H335 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335 H336		C	
607-017-00-8	butyl formate; [1] tert-butyl formate; [2] isobutyl formate [3]	209-772-5 [1] 212-105-0 [2] 208-818-1 [3]	592-84-7 [1] 762-75-4 [2] 542-55-2 [3]	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H335	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335		C	
607-018-00-3	isopentyl formate; [1] 2-methylbutyl formate [2]	203-769-2 [1] 252-343-2 [2]	110-45-2 [1] 35073-27-9 [2]	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H335	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335		C	
607-019-00-9	methyl chloroformate	201-187-3	79-22-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H225 H330 H312 H302 H314	GHS02 GHS06 GHS05 Dgr	H225 H330 H312 H302 H314			
607-020-00-4	ethyl chloroformate	208-778-5	541-41-3	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H225 H330 H302 H314	GHS02 GHS06 GHS05 Dgr	H225 H330 H302 H314			
607-021-00-X	methyl acetate	201-185-2	79-20-9	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H336	EUH066		
607-022-00-5	ethyl acetate	205-500-4	141-78-6	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H336	EUH066		
607-023-00-0	vinyl acetate	203-545-4	108-05-4	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225		D	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-024-00-6	propyl acetate; [1] isopropyl acetate [2]	203-686-1 [1] 203-561-1 [2]	109-60-4 [1] 108-21-4 [2]	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H225 H319 H336	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H336	EUH066		C
607-025-00-1	n-butyl acetate	204-658-1	123-86-4	Flam. Liq. 3 STOT SE 3	H226 H336	GHS02 GHS07 Wng	H226 H336	EUH066		
607-026-00-7	sec-butyl acetate; [1] isobutyl acetate; [2] tert-butyl acetate [3]	203-300-1 [1] 203-745-1 [2] 208-760-7 [3]	105-46-4 [1] 110-19-0 [2] 540-88-5 [3]	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225	EUH066		C
607-027-00-2	methyl propionate	209-060-4	554-12-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*)	H225 H332	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332			
607-028-00-8	ethyl propionate	203-291-4	105-37-3	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
607-029-00-3	n-butyl propionate; [1] sec-butyl propionate; [2] iso-butyl propionate [3]	209-669-5 [1] - [2] 208-746-0 [3]	590-01-2 [1] 591-34-4 [2] 540-42-1 [3]	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Wng	H226			C
607-030-00-9	propyl propionate	203-389-7	106-36-5	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H332	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332			
607-031-00-4	butyl butyrate	203-656-8	109-21-7	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Wng	H226			C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-032-00-X	ethyl acrylate	205-438-8	140-88-5	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H225 H332 H312 H302 H319 H335 H315 H317	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H319 H335 H315 H317		Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 % Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 5 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	D
607-033-00-5	n-butyl methacrylate	202-615-1	97-88-1	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H226 H319 H335 H315 H317	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319 H335 H315 H317			D
607-034-00-0	methyl acrylate; methyl propenoate	202-500-6	96-33-3	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H225 H332 H312 H302 H319 H335 H315 H317	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H319 H335 H315 H317			D
607-035-00-6	methyl methacrylate; methyl 2-methylprop-2-enoate; methyl 2-methylpropenoate	201-297-1	80-62-6	Flam. Liq. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H225 H335 H315 H317	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H335 H315 H317			D
607-036-00-1	2-methoxyethyl acetate; methylglycol acetate	203-772-9	110-49-6	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H360- FD H332 H312 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H360FD H332 H312 H302			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-037-00-7	2-ethoxyethyl acetate; ethylglycol acetate	203-839-2	111-15-9	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H360-FD H332 H312 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H360FD H332 H312 H302			
607-038-00-2	2-butoxyethyl acetate; butylglycol acetate	203-933-3	112-07-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312	GHS07 Wng	H332 H312			
607-039-00-8	2,4-D (ISO); 2,4-dichlorophenoxyacetic acid	202-361-1	94-75-7	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H335 H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H335 H318 H317 H412			
607-040-00-3	salts of 2,4-D	—	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H317 H411			A
607-041-00-9	2,4,5-T (ISO); 2,4,5-trichlorophenoxy acetic acid	202-273-3	93-76-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H335 H315 H410			
607-042-00-4	salts and esters of 2,4,5-T; salts and esters of 2,4,5-trichlorophenoxy acetic acid	—	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H335 H315 H410			A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-043-00-X	dicamba (ISO); 2,5-dichloro-6-methoxybenzoic acid; 3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid	217-635-6	1918-00-9	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H412			
607-044-00-5	3,6-dichloro- <i>o</i> -anisic acid, compound with dimethylamine (1:1); [1] potassium 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisate [2]	218-951-7 [1] 233-002-7 [2]	2300-66-5 [1] 10007-85-9 [2]	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H412	GHS07 Wng	H319 H412			
607-045-00-0	dichlorprop (ISO); 2-(2,4-dichlorophenoxy) propionic acid	204-390-5	120-36-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H312 H302 H315 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H315 H318			
607-046-00-6	salts of dichlorprop	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			A
607-047-00-1	fenoprop (ISO); 2-(2,4,5-trichlorophenoxy)propionic acid	202-271-2	93-72-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H315 H410			
607-048-00-7	salts of fenoprop; salts of 2-(2,4,5-trichlorophenoxy)propionic acid	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410			A
607-049-00-2	mecoprop (ISO); 2-(4-chloro- <i>o</i> -tolylxy) propionic acid; ( <i>RS</i> )-2-(4-chloro- <i>o</i> -tolylxy)propionic acid; [1] 2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propionic acid [2]	230-386-8 [1] 202-264-4 [2]	7085-19-0 [1] 708519-0 [2]	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H315 H318 H410		M=100	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-050-00-8	salts of mecoprop	—	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H315 H318 H410			A
607-051-00-3	MCPA (ISO); 4-chloro- <i>o</i> -tolylxyacetic acid	202-360-6	94-74-6	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H302 H315 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318			
607-052-00-9	salts and esters of MCPA	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			A
607-053-00-4	MCPB (ISO); 4-(4-chloro- <i>o</i> -tolylxy) butyric acid	202-365-3	94-81-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-054-00-X	salts and esters of MCPB	—	—	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			A
607-055-00-5	endothal-sodium (ISO); disodium 7-oxabicyclo(2,2,1)heptane-2,3-dicarboxylate	204-959-8	129-67-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H301 H312 H319 H335 H315	GHS06 Dgr	H301 H312 H319 H335 H315			
607-056-00-0	warfarin (ISO); [1] ( <i>S</i> )-4-hydroxy-3-(3-oxo-1-phenylbutyl)-2-benzopyrone; [2] ( <i>R</i> )-4-hydroxy-3-(3-oxo-1-phenylbutyl)-2-benzopyrone [3]	201-377-6 [1] 226-907-3 [2] 226-908-9 [3]	81-81-2 [1] 5543-57-7 [2] 5543-58-8 [3]	Repr. 1A STOT RE 1 Aquatic Chronic 3	H360D (***) H372 (**) H412	GHS08 Dgr	H360D (***) H372 (**) H412			
607-057-00-6	coumachlor (ISO); 3-[1-(4-chlorophenyl)-3-oxobutyl]-4-hydroxycoumarin	201-378-1	81-82-3	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H373 (**) H412	GHS08 Wng	H373 (**) H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-058-00-1	coumafuryl (ISO); fumarin; (RS)-3-(1-(2-furyl)-3-oxobutyl)4-hydroxy-coumarin; 4-hydroxy-3-[3-oxo-1-(2-furyl) butyl]coumarin	204-195-5	117-52-2	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Chronic 3	H301 H372 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H301 H372 (**) H412			
607-059-00-7	coumatetralyl; 4-hydroxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl)coumarin	227-424-0	5836-29-3	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Aquatic Chronic 3	H310 H300 H372 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H310 H300 H372 (**) H412			
607-060-00-2	dicoumarol; 4,4'-dihydroxy-3,3'-methylenebis(2H-chromen-2-one)	200-632-9	66-76-2	STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H372 ** H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H372 (**) H302 H411			
607-061-00-8	acrylic acid; prop-2-enoic acid	201-177-9	79-10-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H226 H332 H312 H302 H314 H400	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H226 H332 H312 H302 H314 H400	STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	D	
607-062-00-3	n-butyl acrylate	205-480-7	141-32-2	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H226 H319 H335 H315 H317	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319 H335 H315 H317			D
607-063-00-9	isobutyric acid	201-195-7	79-31-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
607-064-00-4	benzyl chloroformate	207-925-0	501-53-1	Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H410	STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-065-00-X	bromoacetic acid	201-175-8	79-08-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H331 H311 H301 H314 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H314 H400			
607-066-00-5	dichloroacetic acid	201-207-0	79-43-6	Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400			
607-067-00-0	dichloroacetyl chloride	201-199-9	79-36-7	Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H314 H400	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H400			
607-068-00-6	iodoacetic acid	200-590-1	64-69-7	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1A	H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H301 H314			
607-069-00-1	ethyl bromoacetate	203-290-9	105-36-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H330 H310 H300	GHS06 Dgr	H330 H310 H300			
607-070-00-7	ethyl chloroacetate	203-294-0	105-39-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1	H331 H311 H301 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H400			
607-071-00-2	ethyl methacrylate	202-597-5	97-63-2	Flam. Liq. 2 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H225 H319 H335 H315 H317	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H319 H335 H315 H317			D
607-072-00-8	2-hydroxyethyl acrylate	212-454-9	818-61-1	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H311 H314 H317 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H311 H314 H317 H400		* Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 %	D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-073-00-3	4-CPA (ISO); 4-chlorophenoxyacetic acid	204-581-3	122-88-3	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-074-00-9	chlorfenac(ISO); 2,3,6-trichlorophenylacetic acid	201-599-3	85-34-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-075-00-4	chlorfenprop-methyl; methyl 2-chloro-3-(4-chlorophenyl)propionate	238-413-5	14437-17-3	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
607-076-00-X	dodine(ISO); dodecylguanidinium acetate	219-459-5	2439-10-3	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H315 H410			
607-077-00-5	erbon (ISO); 2-(2,4,5-trichlorophenoxy)ethyl 2,2-dichloropropionate	—	136-25-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-078-00-0	fluenetil (ISO); 2-fluoroethyl biphenyl-4-ylacetate	—	4301-50-2	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H310 H300	GHS06 Dgr	H310 H300			
607-079-00-6	kelevan (ISO); ethyl 5-(perchloro-5-hydroxypentacyclo [5,3,0,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>4,8</sup> ]decan-5-yl)-4-oxopentanoate; ethyl 5-(1,2,3,5,6,7,8,9,10,10-decachloro-4-hydroxypentacyclo(5,2,1,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>5,8</sup> )dec-4-yl)-4-oxovalerate	—	4234-79-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H311 H302 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H302 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-080-00-1	chloroacetyl chloride	201-171-6	79-04-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H331 H311 H301 H372 (**) H314 H400	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H372 (**) H314 H400	EUH014 EUH029		
607-081-00-7	fluoroacetic acid	205-631-7	144-49-0	Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H300 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H400			
607-082-00-2	fluoroacetates, soluble	—	—	Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H300 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H400			A
607-083-00-8	2,4-DB (ISO); 4-(2,4-dichlorophenoxy)butyric acid	202-366-9	94-82-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-084-00-3	salts of 2,4-DB	—	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			A
607-085-00-9	benzyl benzoate	204-402-9	120-51-4	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-086-00-4	diallyl phthalate	205-016-3	131-17-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
607-088-00-5	methacrylic acid; 2-methylpropenoic acid	201-204-4	79-41-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-089-00-0	propionic acid ... %	201-176-3	79-09-4	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 25 % Skin Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 % Eye Irrit. 2; H319: 10 % ≤ C < 25 % STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	B
607-090-00-6	thioglycolic acid	200-677-4	68-11-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H331 H311 H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H331 H311 H301 H314		*	
607-091-00-1	trifluoroacetic acid . . . %	200-929-3	76-05-1	Acute Tox. 4 (*)	H332	GHS05	H332		*	B
				Skin Corr. 1A Aquatic Chronic 3	H314 H412	GHS07 Dgr	H314 H412			
607-092-00-7	methyl lactate; [1] methyl (±)-lactate; [2] methyl (R)-lactate; [3] methyl (S)-(-)-lactate [4]	208-930-0 [1] 218-449-8 [2] 241-420-6 [3] 248-704-9 [4]	547-64-8 [1] 2155-30-8 [2] 17392-83-5 [3] 27871-49-4 [4]	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H226 H319 H335	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319 H335			C
607-093-00-2	propionyl chloride	201-170-0	79-03-8	Flam. Liq. 2 Skin Corr. 1B	H225 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H225 H314	EUH014		B D



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-094-00-8	peracetic acid . . . %	201-186-8	79-21-0	Flam. Liq. 3 Org. Perox. D (***) <sup>8</sup> Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H226 H242 H332 H312 H302 H314 H400	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H226 H242 H332 H312 H302 H314 H400		* STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	B D
607-095-00-3	maleic acid	203-742-5	110-16-7	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H302 H319 H335 H315	GHS07 Wng	H302 H319 H335 H315			
607-096-00-9	maleic anhydride	203-571-6	108-31-6	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H302 H314 H334 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H334 H317			
607-097-00-4	benzene-1,2,4-tricarboxylic acid 1,2-anhydride; trimellitic anhydride	209-008-0	552-30-7	STOT SE 3 Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H335 H318 H334 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H335 H318 H334 H317			
607-098-00-X	benzene-1,2:4,5-tetracarboxylic dianhydride; benzene-1,2:4,5-tetracarboxylic dianhydride; pyromellitic dianhydride	201-898-9	89-32-7	Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H318 H334 H317	GHS08 GHS05 Dgr	H318 H334 H317			
607-099-00-5	1,2,3,6-tetrahydrophthalic anhydride; [1] cis-1,2,3,6-tetrahydrophthalic anhydride; [2] 3,4,5,6-tetrahydrophthalic anhydride; [3] tetrahydrophthalic anhydride [4]	201-605-4 [1] 213-308-7 [2] 219-374-3 [3] 247-570-9 [4]	85-43-8 [1] 935-79-5 [2] 2426-02-0 [3] 26266-63-7 [4]	Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H334 H317 H412	GHS08 GHS05 Dgr	H318 H334 H317 H412			C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-100-00-9	benzophenone-3,3',4,4'-tetracarboxylic dianhydride; 4,4'-carbonyldi(phthalic anhydride)	219-348-1	2421-28-5	Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H319 H335	GHS07 Wng	H319 H335		Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 1 % STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
607-101-00-4	1,4,5,6,7,7-hexachlorobicyclo [2,2,1]hept-5-ene-2,3-dicarboxylic anhydride chlorendic anhydride	204-077-3	115-27-5	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315		Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 1 % Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 1 % STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
607-102-00-X	cyclohexane-1,2-dicarboxylic anhydride; [1] <i>cis</i> -cyclohexane-1,2-dicarboxylic anhydride; [2] <i>trans</i> -cyclohexane-1,2-dicarboxylic anhydride [3]	201-604-9 [1] 236-086-3 [2] 238-009-9 [3]	85-42-7 [1] 13149-00-3 [2] 14166-21-3 [3]	Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H318 H334 H317	GHS08 GHS05 Dgr	H318 H334 H317			C
607-103-00-5	succinic anhydride	203-570-0	108-30-5	Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H319 H335	GHS07 Wng	H319 H335		Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 1 % STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
607-104-00-0	cyclopentane-1,2,3,4-tetracarboxylic dianhydride	227-964-7	6053-68-5	Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H319 H335	GHS07 Wng	H319 H335		Eye Irrit. 2; H319: C ≥ 1 % STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
607-105-00-6	8,9,10-trinorborn-5-ene-2,3-dicarboxylic anhydride; [1] 1,2,3,6-tetrahydro-3,6-methanophthalic anhydride; [2] (1 $\alpha$ ,2 $\alpha$ ,3 $\beta$ ,6 $\beta$ )-1,2,3,6-tetrahydro-3,6-methanophthalic anhydride [3]	204-957-7 [1] 212-557-9 [2] 220-384-5 [3]	129-64-6 [1] 826-62-0 [2] 2746-19-2 [3]	Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H318 H334 H317	GHS08 GHS05 Dgr	H318 H334 H317			C
607-106-00-1	8,9-dinorborn-5-ene-2,3-dicarboxylic anhydride	—	123748-85-6	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H302 H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H302 H319 H335 H315 H334		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-107-00-7	2-ethylhexyl acrylate	203-080-7	103-11-7	STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H335 H315 H317	GHS07 Wng	H335 H315 H317			D
607-108-00-2	2-hydroxy-1-methylethylacrylate; [1] 2-hydroxypropylacrylate; [2] acrylic acid, monoester with propane-1,2-diol [3]	220-852-9 [1] 213-663-8 [2] 247-118-0 [3]	2918-23-2 [1] 999-61-1 [2] 25584-83-2 [3]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H331 H311 H301 H314 H317	GHS06 GHS05 Dgr	H331 H311 H301 H314 H317		* Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 %	C D
607-109-00-8	hexamethylene diacrylate; hexane-1,6-diol diacrylate	235-921-9	13048-33-4	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			D
607-110-00-3	pentaerythritol triacrylate	222-540-8	3524-68-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			D
607-111-00-9	2,2-bis(acryloyloxymethyl)butyl acrylate; trimethylolpropane triacrylate	239-701-3	15625-89-5	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			D
607-112-00-4	2,2-dimethyltrimethylene diacrylate; neopentyl glycol diacrylate	218-741-5	2223-82-7	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H311 H319 H315 H317	GHS06 Dgr	H311 H319 H315 H317		*	D
607-113-00-X	isobutyl methacrylate	202-613-0	97-86-9	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H226 H319 H335 H315 H317 H400	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H226 H319 H335 H315 H317 H400			D
607-114-00-5	ethylene dimethacrylate	202-617-2	97-90-5	STOT SE 3 Skin Sens. 1	H335 H317	GHS07 Wng	H335 H317		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-115-00-0	isobutyl acrylate	203-417-8	106-63-8	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H226 H332 H312 H315 H317	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H312 H315 H317			D
607-116-00-6	cyclohexyl acrylate	221-319-3	3066-71-5	STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H335 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H335 H315 H411		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	D
607-117-00-1	2,3-epoxypropyl acrylate; glycidyl acrylate	203-440-3	106-90-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H331 H311 H301 H314 H317	GHS06 GHS05 Dgr	H331 H311 H301 H314 H317		* Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 %	D
607-118-00-7	1-methyltrimethylene diacrylate; 1,3-butylene glycol diacrylate	243-105-9	19485-03-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H312 H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H314 H317			D
607-119-00-2	tetramethylene diacrylate; 1,4-butyleneglycol diacrylate	213-979-6	1070-70-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H312 H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H314 H317			D
607-120-00-8	2,2'-oxydiethyl diacrylate; diethylene glycol diacrylate	223-791-6	4074-88-8	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H311 H319 H315 H317	GHS06 Dgr	H311 H319 H315 H317		* Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 %	D
607-121-00-3	8,9,10-trinorborn-2-yl acrylate	—	10027-06-2	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H312 H315 H317	GHS07 Wng	H312 H315 H317			D
607-122-00-9	pentaerythritol tetraacrylate	225-644-1	4986-89-4	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-123-00-4	2,3-epoxypropyl methacrylate; glycidyl methacrylate	203-441-9	106-91-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H332 H312 H302 H319 H315 H317	GHS07 Wng	H332 H312 H302 H319 H315 H317			D
607-124-00-X	2-hydroxyethyl methacrylate	212-782-2	868-77-9	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			D
607-125-00-5	2-hydroxypropyl methacrylate; [1] 3-hydroxypropyl methacrylate [2]	213-090-3 [1] 220-426-2 [2]	923-26-2 [1] 2761-09-3 [2]	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			C D
607-126-00-0	2,2'-(ethylenedioxy)diethyl diacrylate; triethylene glycol diacrylate	216-853-9	1680-21-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			D
607-127-00-6	2-diethylaminoethyl methacrylate	203-275-7	105-16-8	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H332 H319 H315 H317	GHS07 Wng	H332 H319 H315 H317			D
607-128-00-1	2-tert-butylaminoethyl methacrylate	223-228-4	3775-90-4	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			D
607-129-00-7	ethyl lactate; ethyl DL-lactate; [1] ethyl (S)-2-hydroxypropionate; ethyl L-lactate; ethyl-(S)-lactate [2]	202-598-0 [1] 211-694-1 [2]	97-64-3 [1] 687-47-8 [2]	Flam. Liq. 3 STOT SE 3 Eye Dam. 1	H226 H335 H318	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H335 H318			C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-130-00-2	pentyl acetate; [1] isopentyl acetate; [2] 1-methylbutyl acetate; [3] 2-methylbutyl acetate; [4] 2(or 3)-methylbutyl acetate [5]	211-047-3 [1] 204-662-3 [2] 210-946-8 [3] 210-843-8 [4] 282-263-3 [5]	628-63-7 [1] 123-92-2 [2] 626-38-0 [3] 624-41-9 [4] 84145-37-9 [5]	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Wng	H226	EUH066		C
607-131-00-8	isopentyl propionate; [1] pentyl propionate; [2] 2-methylbutyl propionate [3]	203-322-1 [1] 210-852-7 [2] 219-449-0 [3]	105-68-0 [1] 624-54-4 [2] 2438-20-2 [3]	Flam. Liq. 3	H226	GHS02 Wng	H226			C
607-132-00-3	2-dimethylaminoethyl methacrylate	220-688-8	2867-47-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H312 H302 H319 H315 H317	GHS07 Wng	H312 H302 H319 H315 H317			D
607-133-00-9	monoalkyl or monoaryl or monoalkylaryl esters of acrylic acid with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H335 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H411		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	A
607-134-00-4	monoalkyl or monoaryl or monoalkylaryl esters of methacrylic acid with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	A
607-135-00-X	butyric acid	203-532-3	107-92-6	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-136-00-5	butyryl chloride	205-498-5	141-75-3	Flam. Liq. 2 Skin Corr. 1B	H225 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H225 H314			
607-137-00-0	methyl acetoacetate	203-299-8	105-45-3	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
607-138-00-6	butyl chloroformate; chloroformic acid butyl ester	209-750-5	592-34-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H226 H331 H314	GHS02 GHS06 GHS05 Dgr	H226 H331 H314			
607-139-00-1	2-chloropropionic acid	209-952-3	598-78-7	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314			
607-140-00-7	isobutyryl chloride	201-194-1	79-30-1	Flam. Liq. 2 Skin Corr. 1A	H225 H314	GHS02 GHS05 Dgr	H225 H314			
607-141-00-2	oxydiethylene bis(chloroformate)	203-430-9	106-75-2	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H315 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H315 H318 H411			
607-142-00-8	propyl chloroformate; chloroformic acid propylester; <i>n</i> -propyl chloroformate	203-687-7	109-61-5	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H225 H331 H314	GHS02 GHS06 GHS05 Dgr	H225 H331 H314			
607-143-00-3	valeric acid	203-677-2	109-52-4	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H314 H412	GHS05 Dgr	H314 H412			
607-144-00-9	adipic acid	204-673-3	124-04-9	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-145-00-4	methanesulphonic acid	200-898-6	75-75-2	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
607-146-00-X	fumaric acid	203-743-0	110-17-8	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
607-147-00-5	oxalic acid diethylester; diethyl oxalate	202-464-1	95-92-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			
607-148-00-0	guanidinium chloride; guanadine hydrochloride	200-002-3	50-01-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H302 H319 H315	GHS07 Wng	H302 H319 H315			
607-149-00-6	urethane (INN); ethyl carbamate	200-123-1	51-79-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			
607-150-00-1	endothal (ISO); 7-oxabicyclo(2,2,1)heptane-2,3-dicarboxylic acid	205-660-5	145-73-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H301 H312 H319 H335 H315	GHS06 Dgr	H301 H312 H319 H335 H315			
607-151-00-7	propargite (ISO); 2-(4-tert-butylphenoxy) cyclohexyl prop-2-ynyl sulphite	219-006-1	2312-35-8	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H331 H315 H318 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H331 H315 H318 H410		M=10	
607-152-00-2	2,3,6-TBA (ISO); 2,3,6-trichlorobenzoic acid	200-026-4	50-31-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-153-00-8	benazolin (ISO); 4-chloro-2,3-dihydro-2-oxo-1,3-benzothiazol-3-ylacetic acid	223-297-0	3813-05-6	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H315 H412	GHS07 Wng	H319 H315 H412			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-154-00-3	ethyl N-benzoyl-N-(3,4-dichlorophenyl)-DL-alaninate; benzoylprop-ethyl (ISO)	244-845-5	22212-55-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
607-155-00-9	3-(3-amino-5-(1-methylguanidino)-1-oxopentylamino-6-(4-amino-2-oxo-2,3-dihydro-pyrimidin-1-yl)-2,3-dihydro-(6H)-pyran-2-carboxylic acid; blasticidin-s	—	2079-00-7	Acute Tox. 2 (*)	H300	GHS06 Dgr	H300			
607-156-00-4	chlorfenson (ISO); 4-chlorophenyl 4-chlorobenzenesulfonate	201-270-4	80-33-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H315 H410			
607-157-00-X	3-(3-biphenyl-4-yl-1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl)-4-hydroxycoumarin; difenacoum	259-978-4	56073-07-5	Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H300 H372 (**) H410			
607-158-00-5	sodium salt of chloroacetic acid; sodium chloroacetate	223-498-3	3926-62-3	Acute Tox. 3 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H301 H315 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H315 H400			
607-159-00-0	chlorobenzilate (ISO); ethyl 2,2-di(4-chlorophenyl)-2-hydroxyacetate; ethyl 4,4'-dichlorobenzilate	208-110-2	510-15-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
607-160-00-6	isobutyl 2-(4-(4-chlorophenoxy)phenoxy)propionate; clofop-isobutyl (ISO)	—	51337-71-4	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-161-00-1	diethanolamine salt of 4-CPA	—	—	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-162-00-7	2,2-dichloropropionic acid; dalapon	200-923-0	75-99-0	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H315 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318 H412			
607-163-00-2	3-acetyl-6-methyl-2H-pyran-2,4(3H)-dione; dehydracetic acid	208-293-9	520-45-6	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-164-00-8	sodium 1-(3,4-dihydro-6-methyl-2,4-dioxo-2H-pyran-3-ylidene)ethonolate; sodium dehydracetate	224-580-1	4418-26-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-165-00-3	diclofop-methyl (ISO) methyl 2-(4-(2,4-dichlorophenoxy)phenoxy) propionate; methyl (RS)-2-[4-(2,4-dichlorophenoxy)phenoxy]propionate;	257-141-8	51338-27-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
607-166-00-9	medinoterb acetate (ISO); 6-tert-butyl-3-methyl-2,4-dinitrophenyl acetate	219-634-6	2487-01-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*)	H301 H312	GHS06 Dgr	H301 H312			
607-167-00-4	sodium 3-chloroacrylate	—	4312-97-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
607-168-00-X	dipropyl 6,7-methylenedioxy-1,2,3,4-tetrahydro-3-methylnaphthalene-1,2-dicarboxylate; propylisome	—	83-59-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H302 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H311 H302 H410			
607-169-00-5	sodium fluoroacetate	200-548-2	62-74-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1	H330 H310 H300 H400	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-170-00-0	bis(1,2,3-trithiaclohexyldimethylammonium) oxalate; thiocyclam-oxalate	250-859-2	31895-22-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
607-172-00-1	4-hydroxy-3-(3-(4'-bromo-4-biphenyl)-1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl)coumarin; brodifacoum	259-980-5	56073-10-0	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H310 H300 H372 (**) H410			
607-173-00-7	dimethyl (3-methyl-4-(5-nitro-3-ethoxycarbonyl-2-thienyl)azo)phenylnitrilodipropionate	400-460-6	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
607-174-00-2	reaction mass of dodecyl 3-(2,2,4,4-tetramethyl-21-oxo-7-oxa-3,20-diazadispiro(5,1,1,1,2)henicosan-20-yl)propionate and tetradecyl 3-(2,2,4,4-tetramethyl-21-oxo-7-oxa-3,20-diazadispiro(5,1,1,1,2)henicosan-20-yl)propionate	400-580-9	—	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
607-175-00-8	methyl 2-(2-nitrobenzylidene)acetoacetate	400-650-9	39562-27-1	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-176-00-3	reaction mass of $\alpha$ -3-(3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyl- $\omega$ -hydroxypoly(oxyethylene) and $\alpha$ -3-(3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyl- $\omega$ -3-(3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyloxypoly(oxyethylene)	400-830-7	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-177-00-9	methyl 2-(3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)3-methylureidosulphonyl)benzoate	401-190-1	101200-48-0	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-178-00-4	methyl $\alpha$ -((4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)ureidosulphonyl)- <i>o</i> -toluate	401-340-6	83055-99-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-179-00-X	(benzothiazol-2-ylthio)succinic acid	401-450-4	95154-01-1	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-180-00-5	potassium 2-hydroxycarbazole-1-carboxylate	401-630-2	96566-70-0	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Chronic 3	H302 H319 H335 H412	GHS07 Wng	H302 H319 H335 H412			
607-181-00-0	3,5-dichloro-2,4-difluorobenzoyl fluoride	401-800-6	101513-70-6	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H331 H314 H302 H317 H412	GHS06 GHS05 Dgr	H331 H314 H302 H317 H412	EUH029		
607-182-00-6	methyl 3-sulphamoyl-2-thenoate	402-050-2	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-183-00-1	zinc 2-hydroxy-5-C <sub>13-18</sub> alkylbenzoate	402-280-3	—	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H411			
607-184-00-7	S-(3-trimethoxysilyl)propyl 19-isocyanato-11-(6-isocyanatohexyl)-10,12-dioxo-2,9,11,13-tetraazonadecanethioate	402-290-8	85702-90-5	Flam. Liq. 3 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H226 H334 H317	GHS02 GHS08 Dgr	H226 H334 H317			
607-185-00-2	ethyl <i>trans</i> -3-dimethylaminoacrylate	402-650-4	1117-37-9	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-186-00-8	quinclorac (ISO); 3,7-dichloroquinoline-8-carboxylic acid	402-780-1	84087-01-4	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-187-00-3	bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) succinate	402-940-0	62782-03-0	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H412	GHS07 Wng	H319 H412			
607-188-00-9	hydrogen sodium N-carboxylatoethyl-N-octadec-9-enylmaleamate	402-970-4	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-189-00-4	trimethylenediaminetetraacetic acid	400-400-9	1939-36-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H410			
607-190-00-X	methyl acrylamidomethoxyacetate (containing $\geq 0,1$ % acrylamid)	401-890-7	77402-03-0	Carc. 1B Muta. 1B Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H350 H340 H302 H319	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H340 H302 H319			
607-191-00-5	isobutyl 3,4-epoxybutyrate	401-920-9	100181-71-3	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
607-192-00-0	disodium N-carboxymethyl-N-(2-(2-hydroxyethoxy)ethyl)glycinate	402-360-8	92511-22-3	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-194-00-1	propylene carbonate	203-572-1	108-32-7	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
607-195-00-7	2-methoxy-1-methylethyl acetate	203-603-9	108-65-6	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2	H226 H319	GHS02 GHS07 Wng	H226 H319			
607-196-00-2	heptanoic acid	203-838-7	111-14-8	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-197-00-8	nonanoic acid	203-931-2	112-05-0	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
607-198-00-3	propyl 3,4,5-trihydroxybenzoate	204-498-2	121-79-9	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			
607-199-00-9	octyl 3,4,5-trihydroxybenzoate	213-853-0	1034-01-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			
607-200-00-2	dodecyl 3,4,5-trihydroxybenzoate	214-620-6	1166-52-5	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-201-00-8	thiocarbonyl chloride	207-341-6	463-71-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H331 H302 H319 H335 H315	GHS06 Dgr	H331 H302 H319 H335 H315			
607-203-00-9	2-ethylhexyl[[[3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]methyl]thio]acetate	279-452-8	80387-97-9	Repr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H360D (***) H317 H412	GHS08 GHS07 Dgr	H360D (***) H317 H412			
607-204-00-4	(chlorophenyl)(chlorotolyl)methane, mixed isomers	400-140-6	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-205-00-X	methyl chloroacetate	202-501-1	96-34-4	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H226 H331 H301 H335 H315 H318	GHS02 GHS06 GHS05 Dgr	H226 H331 H301 H335 H315 H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-206-00-5	isopropyl chloroacetate	203-301-7	105-48-6	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H226 H301 H319 H335 H315	GHS02 GHS06 Dgr	H226 H301 H319 H335 H315			
607-207-00-0	haloxyfop-etotyl (ISO); 2-ethoxyethyl 2-(4-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy)propionate; haloxyfop-(2-ethoxyethyl)	402-560-5	87237-48-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
607-208-00-6	4,8,12-trimethyltrideca-3,7,11-trienoic acid, mixed isomers	403-000-2	91853-67-7	Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H410			
607-209-00-1	reaction mass of O,O'-diisopropyl (penta-thio)dithioformate and O,O'-diisopropyl (trithio)dithioformate and O,O'-diisopropyl (tetrathio)dithioformate	403-030-6	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
607-210-00-7	methyl acrylamidoglycolate (containing ≥ 0,1 % acrylamide)	403-230-3	77402-05-2	Carc. 1B Muta. 1B Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H350 H340 H314 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H350 H340 H314 H317			
607-211-00-2	methyl 3-(3-tert-butyl-4-hydroxy-5-methylphenyl)propionate	403-270-1	6386-39-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-212-00-8	poly(oxypropylenecarbonyl-co-oxy(ethylene)ethylene)carbonyl, containing 27 % hydroxyvalerate	403-300-3	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-213-00-3	ethyl 3,3-bis( <i>tert</i> -pentylperoxy)butyrate	403-320-2	67567-23-1	Org. Perox. D (****) Flam. Liq. 3 Aquatic Chronic 2	H242 H226 H411	GHS02 GHS09 Dgr	H242 H226 H411			
607-214-00-9	N,N-hydrazinodiacetic acid	403-510-5	19247-05-3	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H301 H373 (**) H317 H412	GHS06 GHS08 Dgr	H301 H373 (**) H317 H412			
607-215-00-4	3-(3- <i>tert</i> -butyl-4-hydroxyphenyl)propionic acid	403-920-4	107551-67-7	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			
607-216-00-X	glutamic acid, reaction products with N-(C <sub>12</sub> - <sub>14</sub> alkyl)propylenediamine	403-950-8	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H302 H314 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H302 H314 H410			
607-217-00-5	2-ethoxyethyl 2-(4-(2,6-dihydro-2,6-dioxo-7-phenyl-1,5-dioxaindacen-3-yl)phenoxy)acetate	403-960-2	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
607-218-00-0	dichlorprop-P (ISO); (+)-R-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionic acid	403-980-1	15165-67-0	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318 H317			
607-219-00-6	bis(2-ethylhexyl) dithiodiacetate	404-510-8	62268-47-7	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H411			
607-221-00-7	6-docosyloxy-1-hydroxy-4-(1-(4-hydroxy-3-methylphenanthren-1-yl)-3-oxo-2-oxaphenalen-1-yl)naphthalene-2-carboxylic acid	404-550-6	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-222-00-2	6-(2,3-dimethylmaleimido)hexyl methacrylate	404-870-6	63740-41-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-223-00-8	transfluthrin (ISO); 2,3,5,6-tetrafluorobenzyl <i>trans</i> -2-(2,2-dichlorovinyl)-3,3-dimethylcyclopropanecarboxylate	405-060-5	118712-89-3	Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H410			
607-224-00-3	methyl 2-(3-nitrobenzylidene)acetoacetate	405-270-7	39562-17-9	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
607-225-00-9	3-azidosulfonylbenzoic acid	405-310-3	15980-11-7	Self-React. C (***) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H241 H373 (**) H318 H317	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H241 H373 (**) H318 H317			
607-226-00-4	reaction mass of 2-acryloyloxyethyl hydrogen cyclohexane-1,2-dicarboxylate and 2-methacryloyloxyethyl hydrogen cyclohexane-1,2-dicarboxylate	405-360-6	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H315 H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H315 H318 H317 H412			
607-227-00-X	potassium 2-amino-2-methylpropionate octahydrate	405-560-3	120447-91-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314			
607-228-00-5	bis(2-methoxyethyl) phthalate	204-212-6	117-82-8	Repr. 1B	H360Df	GHS08 Dgr	H360Df			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-229-00-0	diethylcarbamoyl chloride	201-798-5	88-10-8	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H351 H332 H302 H319 H335 H315	GHS08 GHS07 Wng	H351 H332 H302 H319 H335 H315			
607-230-00-6	2-ethylhexanoic acid	205-743-6	149-57-5	Repr. 2	H361d (***)	GHS08 Wng	H361d (***)			
607-231-00-1	3,6-dichloropyridine-2-carboxylic acid; clopyralid	216-935-4	1702-17-6	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
607-232-00-7	pyridate (ISO); O-(6-chloro-3-phenylpyridazin-4-yl) S-octyl thiocarbonate	259-686-7	55512-33-9	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
607-233-00-2	hexyl acrylate	219-698-5	2499-95-8	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H319 H335 H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H317 H411			
607-234-00-8	flurenol (ISO); 9-hydroxy-9H-fluorene-9-carboxylic acid	207-397-1	467-69-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-235-00-3	mecrilate; methyl 2-cyanoacrylate	205-275-2	137-05-3	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	
607-236-00-9	ethyl 2-cyanoacrylate	230-391-5	7085-85-0	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-237-00-4	benzyl 2-chloro-4-(trifluoromethyl)thiazole-5-carboxylate; flurazole	276-942-3	72850-64-7	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-238-00-X	tau-fluvalinate (ISO); cyano-(3-phenoxyphenyl)methyl N-[2-chloro-4-(trifluoromethyl)phenyl]-D-valinate	—	102851-06-9	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H315 H410			
607-239-00-5	fenprothrin (ISO); $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl 2,2,3,3-tetramethylcyclopropanecarboxylate	254-485-0	39515-41-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H301 H312 H410			
607-240-00-0	<i>cis</i> -1,2,3,6-tetrahydro-4-methylphthalic anhydride; [1] 1,2,3,6-tetrahydro-4-methylphthalic anhydride; [2] 1,2,3,6-tetrahydro-3-methylphthalic anhydride; [3] tetrahydromethylphthalic anhydride; [4] 1,2,3,6-tetrahydromethylphthalic anhydride; [5] tetrahydro-4-methylphthalic anhydride; [6] 2,3,5,6-tetrahydro-2-methylphthalic anhydride [7]	216-906-6 [1] 222-323-8 [2] 226-247-6 [3] 234-290-7 [4] 247-830-1 [5] 251-823-9 [6] 255-853-3 [7]	1694-82-2 [1] 3425-89-6 [2] 5333-84-6 [3] 11070-44-3 [4] 26590-20-5 [5] 34090-76-1 [6] 42498-58-8 [7]	Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H318 H334 H317	GHS08 GHS05 Dgr	H318 H334 H317			C
607-241-00-6	hexahydro-4-methylphthalic anhydride; [1] hexahydromethylphthalic anhydride; [2] hexahydro-1-methylphthalic anhydride; [3] hexahydro-3-methylphthalic anhydride [4]	243-072-0 [1] 247-094-1 [2] 256-356-4 [3] 260-566-1 [4]	19438-60-9 [1] 25550-51-0 [2] 48122-14-1 [3] 57110-29-9 [4]	Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H318 H334 H317	GHS08 GHS05 Dgr	H318 H334 H317			C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-242-00-1	tetrachlorophthalic anhydride	204-171-4	117-08-8	Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H334 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H318 H334 H317 H410			
607-243-00-7	sodium 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisate; [1] 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisic acid, compound with 2,2'-iminodiethanol (1:1); [2] 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisic acid, compound with 2-aminoethanol (1:1) [3]	217-846-3 [1] 246-590-5 [2] 258-527-9 [3]	1982-69-0 [1] 25059-78-3 [2] 53404-28-7 [3]	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-244-00-2	isooctyl acrylate	249-707-8	29590-42-9	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H410	STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %		
607-245-00-8	<i>tert</i> -butyl acrylate	216-768-7	1663-39-4	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H225 H332 H312 H302 H335 H315 H317 H412	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H335 H315 H317 H412		D	
607-246-00-3	allyl methacrylate; 2-methyl-2-propenoic acid 2-propenyl ester	202-473-0	96-05-9	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H226 H331 H312 H302 H400	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H226 H331 H312 H302 H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-247-00-9	dodecyl methacrylate	205-570-6	142-90-5	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H335 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	
607-248-00-4	naptalam-sodium (ISO); sodium <i>N</i> -naphth-1-ylphthalamate	205-073-4	132-67-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-249-00-X	(1-methyl-1,2-ethanediyl)bis[oxy(methyl-2,1-ethanediyl)] diacrylate	256-032-2	42978-66-5	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H319 H335 H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H317 H411		STOT SE 3; H335: C ≥ 10 %	
607-250-00-5	4 <i>H</i> -3,1-benzoxazine-2,4(1 <i>H</i> )-dione	204-255-0	118-48-9	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			
607-251-00-0	2-methoxypropyl acetate	274-724-2	70657-70-4	Flam. Liq. 3 Repr. 1B STOT SE 3	H226 H360D (***) H335	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H226 H360D (***) H335			
607-252-00-6	lambda-cyhalothrin (ISO); reaction mass of ( <i>S</i> )- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl( <i>Z</i> )-(1 <i>R</i> )- <i>cis</i> -3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and ( <i>R</i> )- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl( <i>Z</i> )-(1 <i>S</i> )- <i>cis</i> -3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate (1:1)	415-130-7	91465-08-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H301 H312 H410			
607-253-00-1	$\alpha$ -cyano-4-fluoro-3-phenoxybenzyl-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate; cyfluthrin	269-855-7	68359-37-5	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H300 H331 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H300 H331 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-254-00-7	$\alpha$ -cyano-4-fluoro-3-phenoxybenzyl-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate; beta-cyfluthrin	269-855-7	68359-37-5	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H410			
607-255-00-2	fluroxypyr (ISO); 4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridyloxyacetic acid	—	69377-81-7	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-256-00-8	azoxystrobin (ISO); methyl (E)-2-[2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yloxy]phenyl]-3-methoxyacrylate	—	131860-33-8	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H410			
607-257-00-3	isopropyl propionate	211-300-8	637-78-5	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			
607-258-00-9	dodecyl 3-(2-(3-benzyl-4-ethoxy-2,5-dioximidazolidin-1-yl)-3-(4-methoxybenzoyl)acetamido)-4-chlorobenzoate	403-990-6	70950-45-7	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-259-00-4	methyl 2R,3S-(-)-3-(4-methoxyphenyl)oxiranecarboxylate	404-130-2	105560-93-8	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			
607-260-00-X	ethyl 2-(3-nitrobenzylidene)acetoacetate	404-490-0	39562-16-8	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			
607-261-00-5	iso(C <sub>10</sub> -C <sub>14</sub> )alkyl (3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)methylthioacetate	404-800-4	118832-72-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-262-00-0	7-chloro-1-cyclopropyl-6-fluoro-1,4-dihydro-4-oxoquinoline-3-carboxylic acid	405-050-0	86393-33-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-263-00-6	potassium iron(III) 1,3-propanediamine-N,N,N',N'-tetraacetate hemihydrate	405-680-6	—	Self-heat. 2 (***) Aquatic Chronic 2	H252 H411	GHS02 GHS09 Wng	H252 H411			
607-264-00-1	2-chloro-4-(methylsulfonyl)benzoic acid	406-520-8	53250-83-2	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-265-00-7	ethyl-2-chloro-2,2-diphenylacetate	406-580-5	52460-86-3	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H315 H412	GHS07 Wng	H315 H412			
607-266-00-2	reaction mass of: hydroxyaluminium bis[2-hydroxy-3,5-di- <i>tert</i> -butylbenzoate]; 3,5-di- <i>tert</i> -butyl-salicylic acid	406-890-0	130296-87-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
607-267-00-8	<i>tert</i> -butyl (5 <i>S</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>R</i> )-3-bromomethyl-5,8-dioxo-7-(2-(2-phenylacetamido)-5-thia-1-azabicyclo[4.2.0] oct-2-ene-2-carboxylate	407-620-4	33610-13-8	Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H334 H317 H412	GHS08 Dgr	H334 H317 H412			
607-268-00-3	2-methylpropyl (R)-2-hydroxypropanoate	407-770-0	61597-96-4	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
607-269-00-9	(R)-2-(4-hydroxyphenoxy)propanoic acid	407-960-3	94050-90-5	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-270-00-4	3,9-bis(2-(3-(3- <i>tert</i> -butyl-4-hydroxy-5-methylphenyl)propionyloxy-1,1-dimethylethyl)-2,4,8,10-tetraoxaspiro[5.5]undecane	410-730-5	90498-90-1	Acute Tox. 4 (*)	H312	GHS07 Wng	H312			
607-271-00-X	2-isopropyl-5-methylcyclohexyloxycarbonyloxy-2-hydroxypropane	417-420-9	156324-82-2	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-272-00-5	fluroxypyr-meptyl (ISO); methylheptyl, O-(4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridyloxy) acetate; [1] fluroxypyr-butometyl (ISO); 2-butoxy-1-methylethyl, O-(4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridyloxy) acetate [2]	279-752-9 [1] - [2]	81406-37-3 [1] 154486-27-8 [2]	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-273-00-0	ammonium 7-(2,6-dimethyl-8-(2,2-dimethylbutyryloxy)-1,2,6,7,8,8a-hexahydro-1-naphthyl)-3,5-dihydroxyheptanoate	404-520-2	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-274-00-6	2-(N-benzyl-N-methylamino)ethyl 3-amino-2-butenate	405-350-1	54527-73-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-275-00-1	sodium benzoyloxybenzene-4-sulfonate	405-450-5	66531-87-1	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-276-00-7	bis[(1-methylimidazol)-(2-ethyl-hexanoate)], zinc complex	405-635-0	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H315 H318 H410			
607-277-00-2	reaction mass of: 2-(hexylthio)ethylamine hydrochloride; sodium propionate	405-720-2	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H317 H411			
607-278-00-8	reaction mass of isomers of: sodium phenethylnaphthalenesulfonate; sodium naphthylethylbenzenesulfonate	405-760-0	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			
607-279-00-3	reaction mass of n-octadecylaminodiethyl bis(hydrogen maleate); n-octadecylaminodiethyl hydrogen maleate hydrogenphthalate	405-960-8	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-280-00-9	sodium 4-chloro-1-hydroxybutane-1-sulfonate	406-190-5	54322-20-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H302 H319 H317	GHS07 Wng	H302 H319 H317			
607-281-00-4	reaction mass of branched and linear C <sub>7</sub> -C <sub>9</sub> alkyl 3-[3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]propionates	407-000-3	127519-17-9	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-282-00-X	2-acetoxymethyl-4-benzyloxybut-1-yl acetate	407-140-5	131266-10-9	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-283-00-5	E-ethyl-4-oxo-4-phenylcrotonate	408-040-4	15121-89-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H315 H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H315 H318 H317 H410			
607-284-00-0	reaction mass of: sodium 3,3'-(1,4-phenylenebis(carbonylimino-3,1-propanediylimino))bis(10-amino-6,13-dichloro-4,11-triphenodioxazinedisulfonate); lithium 3,3'-(1,4-phenylenebis-(carbonylimino-3,1-propanediyl-imino))bis(10-amino-6,13-dichloro)-4,11-triphenodioxazinedisulfonate (9:1)	410-040-4	136213-76-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-285-00-6	reaction mass of: 7-(((3-aminophenyl)sulfonyl)amino)-naphthalene-1,3-disulfonic acid; sodium 7-(((3-aminophenyl)sulfonyl)amino)-naphthalene-1,3-disulfonate; potassium 7-(((3-aminophenyl)sulfonyl)amino)-naphthalene-1,3-disulfonate	410-065-0	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng				
607-286-00-1	reaction mass of: sodium/potassium 7-[[[3-[[4-((2-hydroxy-naphthyl)azo)phenyl]azo]phenyl]sulfonyl]amino]-naphthalene-1,3-disulfonate	410-070-8	141880-36-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-287-00-7	O'-methyl O-(1-methyl-2-methacryloyloxyethyl)-1,2,3,6-tetrahydrophthalate	410-140-8	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-288-00-2	tetrasodium (c-(3-(1-(3-(e-6-dichloro-5-cyanopyrimidin-f-yl(methyl)amino)propyl)-1,6-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxo-3-pyridylazo)-4-sulfonatophenylsulfamoyl)phthalocyanine-a,b,d-trisulfonato(6-))nickelato II, where a is 1 or 2 or 3 or 4, b is 8 or 9 or 10 or 11, c is 15 or 16 or 17 or 18, d is 22 or 23 or 24 or 25 and where e and f together are 2 and 4 or 4 and 2 respectively	410-160-7	148732-74-5	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H319 H317 H412	GHS07 Wng	H319 H317 H412			
607-289-00-8	3-(3-(4-(2,4-bis(1,1-dimethylpropyl)phenoxy)butylaminocarbonyl-4-hydroxy-1-naphthalenyl)thio)propanoic acid	410-370-9	105488-33-3	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-290-00-3	reaction mass (ratio not known) of: ammonium 1-C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> -alkyloxycarbonyl-2-(3-allyloxy-2-hydroxypropoxycarbonyl)ethane-1-sulfonate; ammonium 2-C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> -alkyloxycarbonyl-1-(3-allyloxy-2-hydroxypropoxycarbonyl)ethane-1-sulfonate	410-540-2	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
607-291-00-9	dodecyl-ω-(C <sub>5</sub> /C <sub>6</sub> -cycloalkyl)alkyl carboxylate	410-630-1	104051-92-5	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-292-00-4	reaction mass of: [1-(methoxymethyl)-2-(C <sub>12</sub> -alkoxy)-ethoxy]acetic acid; [1-(methoxymethyl)-2-(C <sub>14</sub> -alkoxy)-ethoxy]acetic acid	410-640-6	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H315 H318 H410			
607-293-00-X	reaction mass of: N-aminoethylpiperazonium mono-2,4,6-trimethylnonyldiphenyl ether di-sulfonate; N-aminoethylpiperazonium di-2,4,6-trimethylnonyldiphenyl ether di-sulfonate	410-650-0	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			
607-294-00-5	sodium 2-benzoyloxy-1-hydroxyethane-sulfonate	410-680-4	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-295-00-0	reaction mass of: tetrasodium phosphonothane-1,2-dicarboxylate; hexasodium phosphonobutane-1,2,3,4-tetracarboxylate	410-800-5	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-296-00-6	reaction mass of: pentaerythriol tetraesters with heptanoic acid and 2-ethylhexanoic acid	410-830-9	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-297-00-1	(E—E)-3,3'-(1,4-phenylenedimethylidene)bis(2-oxobornane-10-sulfonic acid)	410-960-6	92761-26-7	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-298-00-7	2-(trimethylammonium)ethoxycarboxybenzene-4-sulfonate	411-010-3	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-299-00-2	methyl 3-(acetylthio)-2-methyl-propanoate	411-040-7	97101-46-7	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
607-300-00-6	trisodium [2-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)-5-(b-sulfamoyl-c, d-sulfonatophthalocyanin-a-yl-K4,N29,N30,N31,N32-sulfonylamino)benzoato(5-)]cuprate(II) where a=1,2,3,4 b=8,9,10,11 c=15,16,17,18 d=22,23,24,25	411-430-7	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
607-301-00-1	reaction mass of: dodecanoic acid; poly(1-7)lactate esters of dodecanoic acid	411-860-5	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-302-00-7	reaction mass of: tetradecanoic acid; poly(1-7)lactate esters of tetradecanoic acid	411-910-6	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-303-00-2	1-cyclopropyl-6,7-difluoro-1,4-dihydro-4-oxoquinoline-3-carboxylic acid	413-760-7	93107-30-3	Repr. 2 Aquatic Chronic 3	H361f (***) H412	GHS08 Wng	H361f (***) H412			
607-304-00-8	fluazifop-butyl (ISO); butyl (RS)-2-[4-(5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy]propionate	274-125-6	69806-50-4	Repr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360D (***) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H360D (***) H410			
607-305-00-3	fluazifop-P-butyl (ISO); butyl (R)-2-[4-(5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy]propionate	—	79241-46-6	Repr. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H361d (***) H410			
607-306-00-9	chlozolate (ISO); ethyl (RS)-3-(3,5-dichlorophenyl)-5-methyl-2,4-dioxo-oxazolidine-5-carboxylate	282-714-4	84332-86-5	Carc. 2 Aquatic Chronic 2	H351 H411	GHS08 GHS09 Wng	H351 H411			
607-307-00-4	vinclozolin (ISO); N—3,5-dichlorophenyl-5-methyl-5-vinyl-1,3-oxazolidine-2,4-dione	256-599-6	50471-44-8	Carc. 2 Repr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H351 H360FD H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H351 H360FD H317 H411			
607-308-00-X	esters of 2,4-D	—	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			A
607-309-00-5	carfentrazone-ethyl (ISO); ethyl (RS)-2-chloro-3-[2-chloro-4-fluoro-5-[4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H—1,2,4-triazol-1-yl]phenyl]propionate	—	128639-02-1	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-310-00-0	kresoxim-methyl (ISO); methyl (E)-2-methoxyimino-[2-(o-tolyloxy-methyl)phenyl]acetate	—	143390-89-0	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			
607-311-00-6	benazolin-ethyl; ethyl 4-chloro-2-oxo-2H-benzothiazole-3-acetate	246-591-0	25059-80-7	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-312-00-1	methoxyacetic acid	210-894-6	625-45-6	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H360-FD H302 H314	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H360FD H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
607-313-00-7	neodecanoyl chloride	254-875-0	40292-82-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H330 H302 H314	GHS06 GHS06 Dgr	H330 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
607-314-00-2	ethofumesate (ISO); (±)-2-ethoxy-2,3-dihydro-3,3-dimethylbenzofuran-5-yl methanesulfonate	247-525-3	26225-79-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-315-00-8	glyphosate (ISO); N-(phosphonomethyl)glycine	213-997-4	1071-83-6	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
607-316-00-3	glyphosate-trimesium; glyphosate-trimethylsulfonium	—	81591-81-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-317-00-9	bis(2-ethylhexyl) phthalate; di-(2-ethylhexyl) phthalate; DEHP	204-211-0	117-81-7	Repr. 1B	H360-FD	GHS08 Dgr	H360FD			
607-318-00-4	dibutyl phthalate; DBP	201-557-4	84-74-2	Repr. 1B Aquatic Acute 1	H360-Df H400	GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-319-00-X	deltamethrin (ISO); (S)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	258-256-6	52918-63-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H410			
607-320-00-5	bis[4-(ethenylloxy)butyl] 1,3-benzenedicarboxylate	413-930-0	130066-57-8	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
607-321-00-0	(S)-methyl-2-chloropropionate	412-470-8	73246-45-4	Flam. Liq. 3 STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2	H226 H373 (**) H319	GHS02 GHS08 Wng	H226 H373 (**) H319			
607-322-00-6	4-(4,4-dimethyl-3-oxo-pyrazolidin-1-yl)-benzoic acid	413-120-7	107144-30-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-323-00-1	2-(1-(2-hydroxy-3,5-di- <i>tert</i> -pentyl-phenyl)ethyl)-4,6-di- <i>tert</i> -pentylphenyl acrylate	413-850-6	123968-25-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-324-00-7	reaction mass of: N,N-di(hydrogenated alkyl C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> )phthalamic acid; dihydrogenated alkyl (C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> )amine	413-800-3	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-325-00-2	(S)-2-chloropropionic acid	411-150-5	29617-66-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314			
607-326-00-8	reaction mass of: isobutyl hydrogen 2-( $\alpha$ -2,4,6-trimethylnon-2-enyl)succinate; isobutyl hydrogen 2-( $\beta$ -2,4,6-trimethylnon-2-enyl)succinate	410-720-0	141847-13-4	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
607-327-00-3	2-(2-iodoethyl)-1,3-propanediol diacetate	411-780-0	127047-77-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-328-00-9	methyl 4-bromomethyl-3-methoxybenzoate	410-310-1	70264-94-7	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H410			
607-329-00-4	reaction mass of: sodium 2-(C <sub>12-18</sub> -n-alkyl) amino-1,4-butandioate; sodium 2-octadecenyl-amino-1,4-butandioate	411-250-9	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-330-00-X	(S)-2,3-dihydro-1H-indole-2-carboxylic acid	410-860-2	79815-20-6	Repr. 2 STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1	H361f (***) H373 (**) H317	GHS08 GHS07 Wng	H361f (***) H373 (**) H317			
607-331-00-5	reaction mass of: bis(2,2,6,6-tetramethyl-1-octyloxypiperidin-4-yl)-1,10-decanedioate; 1,8-bis[(2,2,6,6-tetramethyl-4-((2,2,6,6-tetramethyl-1-octyloxypiperidin-4-yl)-decan-1,10-diyl)piperidin-1-yl)oxy]octane	406-750-9	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-332-00-0	cyclopentyl chloroformate	411-460-0	50715-28-1	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H226 H331 H302 H373 (**) H318 H317	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H226 H331 H302 H373 (**) H318 H317			
607-333-00-6	reaction mass of: dodecyl N-(2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)-β-alaninate; tetradecyl N-(2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)-β-alaninate	405-670-1	—	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H314 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H373 (**) H314 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-334-00-1	ethyl 1-ethyl-6,7,8-trifluoro-1,4-dihydro-4-oxoquinoline-3-carboxylate	405-880-3	100501-62-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
607-335-00-7	methyl (R)-2-(4-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy)propionate	406-250-0	72619-32-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
607-336-00-2	4-methyl-8-methylenetricyclo[3.3.1.1 <sup>3,7</sup> ]dec-2-yl acetate	406-560-6	122760-85-4	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H411			
607-337-00-8	di-tert-(C <sub>12-14</sub> )-alkylammonium 2-benzothiazolylthiosuccinate	406-052-4	125078-60-6	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H226 H302 H315 H318 H411	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H226 H302 H315 H318 H411			
607-338-00-3	2-methylpropyl 2-hydroxy-2-methylbut-3-enoate	406-235-9	72531-53-4	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H319 H315	GHS07 Wng	H319 H315			
607-339-00-9	2,3,4,5-tetrachlorobenzoylchloride	406-760-3	42221-52-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H302 H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H317			
607-340-00-4	1,3-bis(4-benzoyl-3-hydroxyphenoxy)prop-2-yl acetate	406-990-4	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-341-00-X	(9S)-9-amino-9-deoxyerythromycin	406-790-7	26116-56-3	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
607-342-00-5	4-chlorobutyl veratrate	410-950-1	69788-75-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-343-00-0	4,7-methanooctahydro-1H-indene-diyl-dimethyl bis(2-carboxybenzoate)	407-410-2	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-344-00-6	reaction mass of: 3-(N-(3-dimethylamino-propyl)-(C <sub>4-8</sub> )perfluoroalkylsulfonamido)propionic acid; N-[dimethyl-3-(C <sub>4-8</sub> -perfluoroalkylsulfonamido)propylammonium propionate; 3-(N-(3-dimethyl-propylammonium)-(C <sub>4-8</sub> )perfluoroalkylsulfonamido)propionic acid propionate	407-810-7	—	STOT RE 2 (*)	H373 (**)	GHS08 Wng	H373 (**)			
607-345-00-1	potassium 2-(2,4-dichlorophenoxy)-(R)-propionate	413-580-9	113963-87-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318 H317			
607-346-00-7	3-icosyl-4-henicosylidene-2-oxetanone	401-210-9	83708-14-9	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-347-00-2	sodium (R)-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionate	413-340-3	119299-10-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318 H317			
607-348-00-8	magnesium bis((R)-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionate)	413-360-2	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318 H317			
607-349-00-3	mono-(tetrapropylammonium) hydrogen 2,2'-dithiobisbenzoate	411-270-8	—	Aquatic Chronic 3	H412		H412			
607-350-00-9	bis(4-(1,2-bis(ethoxycarbonyl)ethylamino)-3-methylcyclohexyl)methane	412-060-9	136210-32-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
607-351-00-4	methyl O-(4-amino-3,5-dichloro-6-fluoropyridin-2-yloxy)acetate	407-550-4	69184-17-4	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-352-00-X	4,4'-oxydiphthalic anhydride	412-830-4	1823-59-2	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-353-00-5	reaction mass of: ethyl <i>exo</i> -tricyclo[5.2.1.0 <sup>2,6</sup> ]decane- <i>endo</i> -2-carboxylate; ethyl <i>endo</i> -tricyclo[5.2.1.0 <sup>2,6</sup> ]decane- <i>exo</i> -2-carboxylate	407-520-0	80657-64-3	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
607-354-00-0	ethyl 2-cyclohexylpropionate	412-280-5	2511-00-4	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-355-00-6	<i>p</i> -tolyl 4-chlorobenzoate	411-530-0	15024-10-9	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
607-356-00-1	ethyl <i>trans</i> -2,2,6-trimethylcyclohexanecarboxylate	412-540-8	—	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
607-357-00-7	reaction mass of: <i>trans</i> -4-acetoxy-4-methyl-2-propyl-tetrahydro-2 <i>H</i> -pyran; <i>cis</i> -4-acetoxy-4-methyl-2-propyl-tetrahydro-2 <i>H</i> -pyran	412-450-9	131766-73-9	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-358-00-2	(1 <i>S</i> ,3 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,6 <i>R</i> )-(4-nitrophenylmethyl)-1-dioxo-6-phenylacetamido-penam-3-carboxylate	412-670-5	54275-93-3	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			
607-359-00-8	(1 <i>S</i> ,4 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>R</i> )-(4-nitrophenylmethyl)3-methylene-1-oxo-7-phenylacetamido-cepham-4-carboxylateido-penam-3-carboxylate	412-800-0	76109-32-5	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			
607-360-00-3	sodium 3-acetoacetyl-amino-4-methoxytolyl-6-sulfonate	411-680-7	133167-77-8	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-361-00-9	methyl ( <i>R</i> )-2-(4-hydroxyphenoxy)propionate	411-950-4	96562-58-2	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-362-00-4	reaction mass of: (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(2-(bis(2-hydroxyethyl)amino)ethoxycarbonylmethyl)hexadec-4-enoate; (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(2-(bis(2-hydroxyethyl)amino)ethoxycarbonylmethyl)tetradec-4-enoate; (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(3-methoxypropylcarbamoylmethyl)hexadec-4-enoate; (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(3-methoxypropylcarbamoylmethyl)tetradec-4-enoate	413-500-2	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H315 H318 H411			
607-363-00-X	methyl-3-methoxyacrylate	412-900-4	5788-17-0	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-364-00-5	3-phenyl-7-[4-(tetrahydrofurfuryloxy)phenyl]-1,5-dioxo-s-indacen-2,6-dione	413-330-9	134724-55-3	Aquatic Chronic 4	H413		H413			
607-365-00-0	2-(2-amino-1,3-thiazol-4-yl)-(Z)-2-methoxyiminoacetyl chloride hydrochloride	410-620-7	119154-86-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H302 H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H317			
607-366-00-6	3,5-dimethylbenzoyl chloride	413-010-9	6613-44-1	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H317			
607-367-00-1	potassium bis(N-carboxymethyl)-N-methylglycinato-(2-)N,O,O,N)-ferrate-(1-) monohydrate	411-640-9	153352-59-1	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-368-00-7	1-(N,N-dimethylcarbamoyl)-3-tert-butyl-5-carbethoxymethylthio-1H-1,2,4-triazole	411-650-3	110895-43-7	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-369-00-2	reaction mass of: <i>trans</i> -(2 <i>R</i> )-5-acetoxy-1,3-oxathiolane-2-carboxylic acid; <i>cis</i> -(2 <i>R</i> )-5-acetoxy-1,3-oxathiolane-2-carboxylic acid	411-660-8	147027-04-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318 H317			
607-370-00-8	2-[[2-(acetyloxy)-3-(1,1-dimethyl-ethyl)-5-methylphenyl]methyl]-6-(1,1-dimethyl-ethyl)-4-methylphenol	412-210-3	41620-33-1	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-371-00-3	3-ethyl 5-methyl 4-(2-chlorophenyl)-1,4-dihydro-2-[2-(1,3-dihydro-1,3-dioxo-(2 <i>H</i> )isoindol-2-yl)-ethoxymethyl]-6-methyl-3,5-pyridinedicarboxylate	413-410-3	88150-62-3	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-372-00-9	ethoxylated bis phenol A di-(norbornene carboxylate)	412-410-0	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-373-00-4	(±) tetrahydrofurfuryl ( <i>R</i> )-2-[4-(6-chloroquinoxalin-2-yloxy)phenoxy]propionate	414-200-4	119738-06-6	Muta. 2 Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H360Df H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H341 H360Df H302 H373 (**) H410			
607-374-00-X	5-amino-2,4,6-triiodo-1,3-benzenedicarbonyldichloride	417-220-1	37441-29-5	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-375-00-5	reaction mass of: <i>cis</i> -4-hydroxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro-3-(4-(4-trifluoromethylbenzyloxy)phenyl)-1-naphthyl)coumarin; <i>trans</i> -4-hydroxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro-3-(4-(4-trifluoromethylbenzyloxy)phenyl)-1-naphthyl)coumarin	421-960-0	90035-08-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H372 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H372 (**) H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-376-00-0	benzyl 2,4-dibromobutanoate	420-710-8	23085-60-1	Repr. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361f (***) H315 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361f (***) H315 H317 H410			
607-377-00-6	<i>trans</i> -4-cyclohexyl-L-proline monohydrochloride	419-160-1	90657-55-9	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H361f (***) H302 H315 H318 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H361f (***) H302 H315 H318 H317			
607-378-00-1	ammonium (Z)- $\alpha$ -methoxyimino-2-furylacetate	405-990-1	97148-39-5	Flam. Sol. 2	H228	GHS02 Dgr	H228		T	
607-379-00-7	reaction mass of: 2-[N-(2-hydroxyethyl)stearamido]ethyl stearate; sodium [bis[2-(stearoyloxy)ethyl]amino]methylsulfonate; sodium [bis(2-hydroxyethyl)amino]methylsulfonate; N,N-bis(2-hydroxyethyl)stearamide	401-230-8		Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-380-00-2	reaction mass of: ammonium-1,2-bis(hexyloxycarbonyl)ethanesulfonate; ammonium-1-hexyloxycarbonyl-2-octyloxycarbonylethanesulfonate; ammonium-2-hexyloxycarbonyl-1-octyloxycarbonylethanesulfonate	407-320-3	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H315 H318 H412	GHS05 Dgr	H315 H318 H412			
607-381-00-8	reaction mass of triesters of 2,2-bis(hydroxymethyl)butanol with C <sub>7</sub> -alkanoic acids and 2-ethylhexanoic acid	413-710-4	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-382-00-3	2-((4-amino-2-nitrophenyl)amino)benzoic acid	411-260-3	117907-43-4	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-383-00-9	reaction mass of: 2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl-hexadecanoate; 2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl-octadecanoate	415-430-8	86403-32-9	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H410			
607-384-00-4	reaction mass of: esters of C <sub>14</sub> -C <sub>15</sub> branched alcohols with 3,5-di-t-butyl-4-hydroxyphenyl propionic acid; C <sub>15</sub> branched and linear alkyl 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxybenzenepropanoate; C <sub>13</sub> branched and linear alkyl 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxybenzenepropanoate	413-750-2	171090-93-0	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-385-00-X	Copolymer of vinyl-alcohol and vinyl acetate partially acetylated with 4-(2-(4-formylphenyl)ethenyl)-1-methylpyridinium methylsulfate	414-590-6	125229-74-5	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-386-00-5	reaction mass of: tetradecanoic acid (42,5-47,5 %); poly(1-7)lactate esters of tetradecanoic acid (52,5- 57,5 %)	412-580-6	174591-51-6	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H410			
607-387-00-0	reaction mass of: dodecanoic acid (35-40 %); poly(1-7)lactate esters of dodecanoic acid (60-65 %)	412-590-0	58856-63-6	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H410			
607-388-00-6	4-ethylamino-3-nitrobenzoic acid	412-090-2	2788-74-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H317 H412	GHS07 Wng	H302 H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-389-00-1	trisodium N,N-bis(carboxymethyl)-3-amino-2-hydroxypropionate	414-130-4	119710-96-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
607-390-00-7	1,2,3,4-tetrahydro-6-nitro-quinoxaline	414-270-6	41959-35-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
607-391-00-2	dimethylcyclopropane-1,1-dicarboxylate	414-240-2	6914-71-2	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-392-00-8	2-phenoxyethyl 4-((5-cyano-1,6-dihydro-2-hydroxy-1,4-dimethyl-6-oxo-3-pyridinyl)azo)benzoate	414-260-1	88938-37-8	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-393-00-3	3-(cis-1-propenyl)-7-amino-8-oxo-5-thia-1-azabicyclo[4.2.0]oct-2-ene-2-carboxylic acid	415-750-8	106447-44-3	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-394-00-9	5-methylpyrazine-2-carboxylic acid	413-260-9	5521-55-1	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-395-00-4	reaction mass of: sodium 1-tridecyl-4-allyl-(2 or 3)-sulfobutanedioate; sodium 1-dodecyl-4-allyl-(2 or 3)-sulfobutanedioate	410-230-7	—	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H314 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H411			
607-396-00-X	bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidinyl) 2-(4-methoxybenzylidene)malonate	414-840-4	147783-69-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-397-00-5	reaction mass of: Ca salicylates (branched C <sub>10-14</sub> and C <sub>18-30</sub> alkylated); Ca phenates (branched C <sub>10-14</sub> and C <sub>18-30</sub> alkylated); Ca sulfurized phenates (branched C <sub>10-14</sub> and C <sub>18-30</sub> alkylated)	415-930-6	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-398-00-0	ethyl N-(5-chloro-3-(4-(diethylamino)-2-methylphenylimino)-4-methyl-6-oxo-1,4-cyclohexadienyl)carbamate	414-820-5	125630-94-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-399-00-6	2,2-dimethyl 3-methyl-3-butenyl propanoate	415-610-6	104468-21-5	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H315 H412	GHS07 Wng	H315 H412			
607-400-00-X	methyl 3-[[[dibutylamino]thioxomethyl]thio]propanoate	414-400-1	32750-89-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-401-00-5	ethyl 3-hydroxy-5-oxo-3-cyclohexene-1-carboxylate	414-450-4	88805-65-6	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H315 H318 H317			
607-402-00-0	methyl N-(phenoxy-carbonyl)-L-valinate	414-500-5	153441-77-1	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-403-00-6	reaction mass of: bis(1S,2S,4S)-(1-benzyl-4-tert-butoxycarboxamido-2-hydroxy-5-phenyl)pentylammonium succinate; isopropyl alcohol	414-810-0	—	STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H318 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H373 (**) H318 H410			
607-404-00-1	reaction mass of: ((Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl)oxycarbonylpropanoic acid; di-((E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl) butanedioate; di-((Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl) butanedioate; (Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl butanedioate; ((E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl)oxycarbonylpropanoic acid	415-190-4	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-405-00-7	2-hexyldecyl-p-hydroxybenzoate	415-380-7	148348-12-3	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-406-00-2	potassium 2,5-dichlorobenzoate	415-700-5	184637-62-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1	H302 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-407-00-8	ethyl 2-carboxy-3-(2-thienyl)propionate	415-680-8	143468-96-6	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H315 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H315 H318 H317			
607-408-00-3	potassium N-(4-fluorophenyl)glycinate	415-710-1	184637-63-6	STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H373 (**) H318 H317 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H373 (**) H318 H317 H412			
607-409-00-9	reaction mass of: (3R)-[1S-(1α, 2α, 6β-((2S)-2-methyl-1-oxo-butoxy)-8α)]hexahydro-2,6-dimethyl-1-naphthalene]-3,5-dihydroxyheptanoic acid; inert biomass from <i>Aspergillus terreus</i>	415-840-7	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
607-410-00-4	mono[2-(dimethylamino)ethyl]monohydrogen-2-(hexadec-2-enyl)butanedioate and/or mono[2-(dimethylamino)ethyl]monohydrogen-3-(hexadec-2-enyl)butanedioate	415-880-5	779343-34-9	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H410			
607-411-00-X	oxiranemethanol, 4-methylbenzene-sulfonate, (S)-	417-210-7	70987-78-9	Carc. 1B Muta. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350 H341 H318 H317 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H341 H318 H317 H411			
607-412-00-5	ethyl 2-(1-cyanocyclohexyl)acetate	415-970-4	133481-10-4	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H373 (**) H412	GHS08 GHS07 Wng	H302 H373 (**) H412			
607-413-00-0	trans-4-phenyl-L-proline	416-020-1	96314-26-0	Repr. 2 Skin Sens. 1	H361f (***) H317	GHS08 GHS07 Wng	H361f (***) H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-414-00-6	tris(2-ethylhexyl)-4,4',4''-(1,3,5-triazine-2,4,6-triyltriimino)tribenzoate	402-070-1	88122-99-0	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-415-00-1	poly-(methyl methacrylate)-co-(butylmethacrylate)-co-(4-acryloxybutyl-isopropenyl- $\alpha$ , $\alpha$ -dimethylbenzyl carbamate)-co-(maleicanhydride)	419-590-1	—	Flam. Sol. 1 Skin Sens. 1	H228 H317	GHS02 GHS07 Dgr	H228 H317			T
607-416-00-7	4-(2-carboxymethylthio)ethoxy-1-hydroxy-5-isobutyloxycarbonylamino-N-(3-dodecylxypropyl)-2-naphthamide	420-730-7	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-418-00-8	2-ethylhexyl 4-aminobenzoate	420-170-3	26218-04-2	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-419-00-3	(3'-carboxymethyl-5-(2-(3-ethyl-3H-benzothiazol-2-ylidene)-1-methyl-ethylidene)-4,4'-dioxo-2'-thioxo-(2,5')bithiazolidinyliden-3-yl)-acetic acid	422-240-9	166596-68-5	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
607-420-00-9	2,2-bis(hydroxymethyl)butanoic acid	424-090-1	10097-02-6	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
607-421-00-4	cypermethrin <i>cis/trans</i> +/- 40/60; ( <i>RS</i> )- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl (1 <i>RS</i> ,3 <i>RS</i> ;1 <i>RS</i> ,3 <i>SR</i> )-3-(2,2-dichlorovinyl)- 2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	257-842-9	52315-07-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H335 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H335 H410			
607-422-00-X	$\alpha$ -cypermethrin	257-842-9	67375-30-8	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H373 (**) H335 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H373 (**) H335 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-423-00-5	esters of mecoprop and of mecoprop-P	—	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			A
607-424-00-0	trifloxystrobin (ISO); (E,E)- $\alpha$ -methoxyimino-{2-[[[1-[3-(trifluoromethyl)phenyl]ethylidene]amino]oxy]methyl]benzeneacetic acid methyl ester	—	141517-21-7	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
607-425-00-6	metalaxyl (ISO); methyl-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)-DL-alaninate	260-979-7	57837-19-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H317 H412	GHS07 Wng	H302 H317 H412			
607-426-00-1	1,2-benzenedicarboxylic acid, dipentylester, branched and linear; [1] n-pentyl-isopentylphthalate; [2] di-n-pentyl phthalate; [3] diisopentylphthalate [4]	284-032-2 [1] - [2] 205-017-9 [3] 210-088-4 [4]	84777-06-0 [1] - [2] 131-18-0 [3] 605-50-5 [4]	Repr. 1B Aquatic Acute 1	H360-FD H400	GHS08 GHS09 Dgr	H360FD H400			
607-427-00-7	bromoxynil heptanoate (ISO); 2,6-dibromo-4-cyanophenyl heptanoate	260-300-4	56634-95-8	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H332 H302 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361d (***) H332 H302 H317 H410			
607-430-00-3	BBP; benzyl butyl phthalate e	201-622-7	85-68-7	Repr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-431-00-9	prallethrin (ISO); ETOC; 2-methyl-4-oxo-3-(prop-2-ynyl)cyclopent-2-en-1-yl 2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate	245-387-9	23031-36-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H302 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H302 H410			
607-432-00-4	S-metolachlor; reaction mass of (S)-2-chloro-N-(2-ethyl-6-methyl-phenyl)-N-(2-methoxy-1-methyl-ethyl)-acetamide (80-100 %); [1] (R)-2-chloro-N-(2-ethyl-6-methyl-phenyl)-N-(2-methoxy-1-methyl-ethyl)-acetamide (0-20 %) [2]	- [1] - [2]	87392-12-9 [1] 178961-20-1 [2]	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
607-433-00-X	cypermethrin <i>cis/trans</i> +/- 80/20; (RS)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl (1RS; 3RS; 1RS, 3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	257-842-9	52315-07-8	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H335 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H335 H315 H317 H410			
607-434-00-5	mecoprop-P [1] and its salts; (R)-2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propionic acid	240-539-0	16484-77-8	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			
607-435-00-0	2S-isopropyl-5R-methyl-1R-cyclohexyl 2,2-dihydroxyacetate	416-810-6	111969-64-3	STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H373 (**) H318 H411	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H373 (**) H318 H411			
607-436-00-6	2-hydroxy-3-(2-ethyl-4-methylimidazolyl)propyl neodecanoate	417-350-9	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H315 H318 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-437-00-1	3-(4-aminophenyl)-2-cyano-2-propenoic acid	417-480-6	252977-62-1	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-438-00-7	methyl-2-[(aminosulfonyl)methyl]benzoate	419-010-5	112941-26-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			
607-439-00-2	methyl tetrahydro-2-furancarboxylate	420-670-1	37443-42-8	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-440-00-8	methyl 2-aminosulfonyl-6-(trifluoromethyl)pyridine-3-carboxylate	421-220-7	144740-59-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
607-441-00-3	3-[3-(2-dodecyloxy-5-methylphenylcarbamoyl)-4-hydroxy-1-naphthylthio]propionic acid	421-490-6	167684-63-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-442-00-9	benzyl [hydroxy-(4-phenylbutyl)phosphinyl]acetate	416-050-5	87460-09-1	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-443-00-4	bis(2,4-di-tert-butyl-6-methylphenyl)ethyl phosphate	416-140-4	145650-60-8	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-444-00-X	reaction mass of: <i>cis</i> -1,4-dimethylcyclohexyl dibenzoate; <i>trans</i> -1,4-dimethylcyclohexyl dibenzoate	416-230-3	35541-81-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-445-00-5	Iron (III) tris(4-methylbenzenesulfonate)	420-960-8	77214-82-5	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-446-00-0	methyl 2-[4-(2-chloro-4-nitrophenylazo)-3-(1-oxopropyl)amino]phenylaminopropionate	416-240-8	155522-12-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
607-447-00-6	sodium 4-[4-(4-hydroxyphenylazo)phenylamino]-3-nitrobenzenesulfonate	416-370-5	156738-27-1	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-448-00-1	2,3,5,6-tetrafluorobenzoic acid	416-800-1	652-18-6	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H315 H318	GHS05 Dgr	H315 H318			
607-449-00-7	reaction mass of: 4,4',4''-[(2,4,6-trioxo-1,3,5(2H,4H,6H)-triazine-1,3,5-triyl)tris[methylene(3,5,5-trimethyl-3,1-cyclohexanediy)]iminocarbonyloxy-2,1-ethanediy](ethylamino)]trisbenzenediazoniumtri[bis(2-methylpropyl)naphthalenesulfonate]; 4,4',4''-4'''-[5,5'-[carbonylbis[imino(1,5,5-trimethyl-3,1-cyclohexanediy)]methylene]]-2,4,6-trioxo-1,3,5(2H,4H,6H)-triazine-1,1',3,3'-tetrayl]tetrakis[methylene(3,5,5-trimethyl-3,1-cyclohexanediy)]iminocarbonyloxy-2,1-ethanediy](ethylamino)]tetrakisbenzenediazoniumtetra[bis(2-methylpropyl)naphthalenesulfonate]	417-080-1	—	Self-react. D (***) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H242 H317 H400 H410	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H242 H317 H410			
607-450-00-2	2-mercaptobenzothiazolyl-(Z)-(2-aminothiazol-4-yl)-2-(tert-butoxycarbonyl) isopropoxyiminoacetate	419-040-9	89604-92-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-451-00-8	4-[4-amino-5-hydroxy-3-(4-(2-sulfoxyethylsulfonyl)phenylazo)-2,7-disulfonaphth-6-ylazo]-6-[3-(4-amino-5-hydroxy-3-(4-(2-sulfoxyethylsulfonyl)phenylazo)-2,7-disulfonaphth-6-ylazo]phenylcarbonylamino]benzenesulfonic acid, sodium salt	417-640-5	161935-19-9	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
607-453-00-9	4-benzyl-2,6-dihydroxy-4-aza-heptylene bis(2,2-dimethyloctanoate)	418-100-1	172964-15-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
607-454-00-4	reaction mass of: <i>trans</i> -2-(1-methylethyl)-1,3-dioxane-5-carboxylic acid; <i>cis</i> -2-(1-methylethyl)-1,3-dioxane-5-carboxylic acid	418-170-3	116193-72-7	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
607-455-00-X	1-amino-4-(3-[4-chloro-6-(2,5-di-sulfophenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2,2-dimethyl-propylamino)-anthraquinone-2-sulfonic acid, sodium/lithium salt	419-520-8	172890-93-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-456-00-5	3-amino-4-chlorobenzoic acid, hexadecyl ester	419-700-6	143269-74-3	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-457-00-0	tetrasodium dihydrogen 1,1'-dihydroxy-8,8"-[p-phenylbis(imino-{6-[4-(2-aminoethyl)piperazin-1-yl]}-1,3,5-triazine-4,2-diylimino)]bis(2,2'-azonaphthalene-1',3,6-trisulfonate)	420-350-1	172277-97-3	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
607-458-00-6	reaction mass of: 2-ethyl-[2,6-dibromo-4-[1-[3,5-dibromo-4-(2-hydroxyethoxy)phenyl]-1-methylethyl]phenoxy]propenoate; 2,2'-diethyl-[4,4'-bis(2,6-dibromophenoxy)-1-methylethylidene] dipropenoate; 2,2'-[(1-methylethylidene)bis[[2,6-dibromo-4,1-phenyleneoxy]ethanol]]	420-850-1	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-459-00-1	isopentyl 4-{2-[5-cyano-1,2,3,6-tetrahydro-1-(2-isopropoxyethoxy-carbonylmethyl)-4-methyl-2,6-dioxo-3-pyridylidene]hydrazino}benzoate	418-930-4	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-460-00-7	3-tridecyloxy-propyl-ammonium 9-octadecenoate	418-990-1	778577-53-0	STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H319 H315 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H373 (**) H319 H315 H410			
607-461-00-2	reaction mass of: pentasodium 2-{4-[3-methyl-4-[6-sulfonato-4-(2-sulfonato-phenylazo)-naphthalen-1-ylazo]-phenylamino]-6-[3-(2-sulfato-ethanesulfonyl)-phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-benzene-1,4-disulfonate; pentasodium 2-{4-[3-methyl-4-[7-sulfonato-4-(2-sulfonato-phenylazo)-naphthalen-1-ylazo]-phenylamino]-6-[3-(2-sulfato-ethanesulfonyl)-phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-benzene-1,4-disulfonate	421-160-1	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-462-00-8	reaction mass of: 1-hexyl acetate; 2-methyl-1-pentyl acetate; 3-methyl-1-pentyl acetate; 4-methyl-1-pentyl acetate; other mixed linear and branched C <sub>6</sub> -alkyl acetates	421-230-1	88230-35-7	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-463-00-3	3-(phenothiazin-10-yl)propionic acid	421-260-5	362-03-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-464-00-9	reaction mass of: 7-chloro-1-ethyl-6-fluoro-1,4-dihydro-4-oxo-quinoline-3-carboxylic acid; 5-chloro-1-ethyl-6-fluoro-1,4-dihydro-4-oxo-quinoline-3-carboxylic acid	421-280-4		Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-465-00-4	tris(2-hydroxyethyl)ammonium 7-{4-[4-(2-cyanoamino-4-hydroxy-6-oxidopyrimidin-5-ylazo)benzamido]-2-ethoxy-phenylazo} naphthalene-1,3-disulfonate	421-440-3	778583-04-3	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-466-00-X	reaction mass of: phenyl 1-(1-[2-chloro-5-(hexadecyloxy carbonyl)phenylcarbamoyl]-3,3-dimethyl-2-oxobutyl)-1H—2,3,3a,7a-tetrahydrobenzotriazole-5-carboxylate; phenyl 2-(1-(2-chloro-5-(hexadecyloxy carbonyl)phenylcarbamoyl)-3,3-dimethyl-2-oxobutyl)-1H—2,3,3a,7a-tetrahydrobenzotriazole-5-carboxylate; phenyl 3-(1-(2-chloro-5-(hexadecyloxy carbonyl)phenylcarbamoyl)-3,3-dimethyl-2-oxobutyl)-1H—2,3,3a,7a-tetrahydrobenzotriazole-5-carboxylate	421-480-1	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-467-00-5	1,1,3,3-tetrabutyl-1,3-ditinoxidicaprlylate	419-430-9	56533-00-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H373 (**) H314 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H373 (**) H314 H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-468-00-0	reaction mass of: monosodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate; disodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate; trisodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate; tetrasodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate	419-450-8	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-469-00-6	disodium 7-((4,6-bis(3-diethylaminopropylamino)-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-4-hydroxy-3-(4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo)-2-naphthalene sulfonate	419-460-2	120029-06-3	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-470-00-1	potassium sodium 6,13-dichloro-3,10-bis{2-[4-[3-(2-hydroxysulphonyloxyethanesulfonyl)phenylamino]-6-(2,5-disulfonatophenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]ethylamino}benzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b]phenoazine-4,11-disulfonate	414-100-0	154336-20-6	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
607-472-00-2	ammonium iron(III) trimethylenediaminetetraacetate hemihydrate	400-660-3	111687-36-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-474-00-3	(4-(4-(4-dimethylaminobenzyliden-1-yl)-3-methyl-5-oxo-2-pyrazolin-1-yl)benzoic acid	410-430-4	117573-89-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-475-00-9	reaction mass of: tetrasodium 7-(4-[4-chloro-6-[methyl-(3-sulfonatophenyl)amino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-ureidophenylazo)naphthalene-1,3,6-trisulfonate; tetrasodium 7-(4-[4-chloro-6-[methyl-(4-sulfonatophenyl)amino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-ureidophenylazo)naphthalene-1,3,6-trisulfonate (1:1)	412-940-2	148878-18-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-476-00-4	trisodium N,N-bis(carboxymethyl)-β-alanine	414-070-9	129050-62-0	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H314 H412	GHS05 Dgr	H314 H412			
607-478-00-5	tetramethylammonium hydrogen phthalate	416-900-5	79723-02-7	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1	H301 H373 (**) H400	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H373 (**) H400			
607-479-00-0	hexadecyl 4-chloro-3-[2-(5,5-dimethyl-2,4-dioxo-1,3-oxazolidin-3-yl)-4,4-dimethyl-3-oxopentamido]benzoate	418-550-9	168689-49-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-480-00-6	1,2-benzenedicarboxylic acid; di-C <sub>7-11</sub> -branched and linear alkylesters	271-084-6	68515-42-4	Repr. 1B	H360-Df	GHS08 Dgr	H360Df			
607-487-00-4	reaction mass of: disodium 4-(3-ethoxycarbonyl-4-(5-(3-ethoxycarbonyl-5-hydroxy-1-(4-sulfonatophenyl)pyrazol-4-yl)penta-2,4-dienylidene)-4,5-dihydro-5-oxopyrazol-1-yl) benzenesulfonate; trisodium 4-(3-ethoxycarbonyl-4-(5-(3-ethoxycarbonyl-5-oxido-1-(4-sulfonatophenyl)pyrazol-4-yl)penta-2,4-dienylidene)-4,5-dihydro-5-oxopyrazol-1-yl)benzenesulfonate	402-660-9	—	Repr. 1B Aquatic Chronic 3	H360-D (***) H412	GHS08 Dgr	H360D (***) H412			
607-488-00-X	ethyl (2-acetyl-amino-5-fluoro-4-isothiocyanatophenoxy)acetate	414-210-9	147379-38-2	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-489-00-5	reaction mass of: 2-ethylhexyl linolenate, linoleate and oleate; 2-ethylhexyl epoxyoleate; 2-ethylhexyl diepoxylinoleate; 2-ethylhexyl triepoxylinolenate	414-890-7	71302-79-9	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-490-00-0	N-[2-hydroxy-3-(C <sub>12-16</sub> -alkyloxy)propyl]-N-methyl glycinate	415-060-7	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
607-492-00-1	2-(1-(3',3'-dimethyl-1'-cyclohexyl)ethoxy)-2-methyl propyl propanoate	415-490-5	141773-73-1	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-493-00-7	methyl (3aR,4R,7aR)-2-methyl-4-(1S,2R,3-triacetoxypropyl)-3a,7a-dihydro-4H-pyrano [3,4-d]oxazole-6-carboxylate	415-670-3	78850-37-0	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-494-00-2	bis(2-ethylhexyl)octylphosphonate	417-170-0	52894-02-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
607-495-00-8	sodium 4-sulfophenyl-6-((1-oxononyl)amino)hexanoate	417-550-6	168151-92-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
607-496-00-3	2,2'-methylenebis(4,6-di- <i>tert</i> -butyl-phenyl)-2-ethylhexyl phosphite	418-310-3	126050-54-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-497-00-9	cerium oxide isostearate	419-760-3	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-498-00-4	(E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienylhexadecanoate	421-370-3	3681-73-0	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 4	H315 H413	GHS07 Wng	H315 H413			
607-499-00-X	bis(dimethyl-(2-hydroxyethyl)ammonium) 1,2-ethanediyl-bis(2-hexadecenylsuccinate)	421-660-1	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-500-00-3	calcium 2,2,bis[(5-tetrapropylene-2-hydroxy)phenyl]ethanoate	421-670-4	—	Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H410			
607-501-00-9	reaction mass of: triphenylthiophosphate and tertiary butylated phenyl derivatives	421-820-9	192268-65-8	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
607-502-00-4	(N-benzyl-N,N,N-tributyl)ammonium 4-dodecylbenzenesulfonate	422-200-0	178277-55-9	Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H314 H302 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H302 H411			
607-503-00-X	2,4,6-tri-n-propyl-2,4,6-trioxo-1,3,5,2,4,6-trioxatriphosphorinane	422-210-5	68957-94-8	Skin Corr. 1B	H314	GHS05 Dgr	H314			
607-505-00-0	pentasodium 7-(4-(4-(5-amino-4-sulfonato-2-(4-((2-(sulfonato-ethoxy)sulfonyl)phenylazo)phenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazin-2-yl)amino-2-ureidophenylazo)naphtalene-1,3,6-trisulfonate	422-930-1		Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-506-00-6	reaction mass of: strontium (4-chloro-2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-(3-sulfonatophenyl)-1H-pyrazol-4-yl)azo)-5-methyl)benzenesulfonate; disodium (4-chloro-2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-(3-sulfonatophenyl)-1H-pyrazol-4-yl)azo)-5-methyl)benzenesulfonate	422-970-8		Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
607-507-00-1	potassium, sodium 2,4-diamino-3-[4-(2-sulfonatoethoxysulfonyl)phenylazo]-5-[4-(2-sulfonatoethoxysulfonyl)-2-sulfonatophenylazo]-benzenesulfonate	422-980-2	187026-95-5	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-508-00-7	disodium 3,3'-[iminobis(sulfonyl-4,1-phenylene-(5-hydroxy-3-methylpyrazole-1,4-diyl)azo-4,1-phenylenesulfonylimino-(4-amino-6-hydroxypyrimidine-2,5-diyl)azo-4,1-phenylenesulfonylimino(4-amino-6-hydroxypyrimidine-2,5-diyl)azo]bis(benzenesulfonate)]	423-110-4	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
607-512-00-9	trisodium 2,4-diamino-3,5-bis-[4-(2-sulfonatoethoxy)sulfonyl]phenylazo]benzenesulfonate	423-970-0	182926-43-8	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
607-513-00-4	reaction mass of: trisodium 4-benzoylamino-6-(6-ethenesulfonyl-1-sulfato-naphthalen-2-ylazo)-5-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate; 5-(benzoylamino)-4-hydroxy-3-((1-sulfo-6-((2-(sulfooxy)ethyl)sulfonyl)-2-naphthyl)azo)naphthalene-2,7-disulfonic acid sodium salt; 5-(benzoylamino)-4-hydroxy-3-((1-sulfo-6-((2-(sulfooxy)ethyl)sulfonyl)-2-naphthyl)azo)naphthalene-2,7-disulfonic acid	423-200-3	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			
607-515-00-5	reaction mass of: disodium hexyldiphenyl ether disulphonate; disodium dihexyldiphenyl ether disulphonate	429-650-7	147732-60-3	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H411			
607-516-00-0	N,N'-bis(trifluoroacetyl)-S,S'-bis-L-homocysteine	429-670-6	105996-54-1	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
607-517-00-6	(S)- $\alpha$ -(acetylthio)benzenepropanoic acid	430-300-0	76932-17-7	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H317			
607-526-00-5	cartap (ISO); 1,3-bis(carbamoylthio)-2-(dimethylamino)propane	—	15263-53-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
607-527-00-0	reaction mass of: 1-(1'H,1'H,2'H,2'H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-tridecafluorooctyl)dodecanedioate; 1-(1'H,1'H,2'H,2'H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heptadecafluorodecyl)dodecanedioate; 1-(1'H,1'H,2'H,2'H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heneicosafuorododecyl)dodecanedioate; 1-(1'H,1'H,2'H,2'H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-pentacosafuorotetradecyl)dodecanedioate; 1-(1'H,1'H,2'H,2'H-heptadecafluorodecyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heptadecafluorodecyl)dodecanedioate; 1-(1'H,1'H,2'H,2'H-heptadecafluorodecyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heneicosafuorododecyl)dodecanedioate	423-180-6	—	STOT RE 2 (*)	H373 (**)	GHS08 Wng	H373 (**)			
607-696-00-0	pentyl formate	211-340-6	638-49-3	Flam. Liq. 3 Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H226 H319 H335	GHS02 GHS07 Dgr	H226 H319 H335			C
607-697-00-6	tert-butyl propionate	—	20487-40-5	Flam. Liq. 2	H225	GHS02 Dgr	H225			C
608-001-00-3	acetonitrile; cyanomethane	200-835-2	75-05-8	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H225 H332 H312 H302 H319	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H319			
608-002-00-9	trichloroacetonitrile	208-885-7	545-06-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
608-003-00-4	acrylonitrile	203-466-5	107-13-1	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H225 H350 H331 H311 H301 H335 H315 H318 H317 H411	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H225 H350 H331 H311 H301 H335 H315 H318 H317 H411	*	D	
608-004-00-X	2-hydroxy-2-methylpropionitrile; 2-cyanopropan-2-ol; acetone cyanohydrin	200-909-4	75-86-5	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H410			
608-005-00-5	n-butyronitrile	203-700-6	109-74-0	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H225 H331 H311 H301	GHS02 GHS06 Dgr	H225 H331 H311 H301			
608-006-00-0	bromoxynil (ISO) 3,5-dibromo-4-hydroxybenzonnitrile; bromoxynil phenol	216-882-7	1689-84-5	Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H330 H301 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H361d (***) H330 H301 H317 H410	M=10		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
608-007-00-6	ioxynil (ISO) 4-hydroxy-3,5-diiodobenzonitrile	216-881-1	1689-83-4	Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H331 H301 H312 H373 (**) H319 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H361d (***) H331 H301 H312 H373 (**) H319 H410		M=10	
608-008-00-1	chloroacetonitrile	203-467-0	107-14-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H411			
608-009-00-7	malononitrile	203-703-2	109-77-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410			
608-010-00-2	methacrylonitrile; 2-methyl-2-propene nitrile	204-817-5	126-98-7	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1	H225 H331 H311 H301 H317	GHS02 GHS06 Dgr	H225 H331 H311 H301 H317		* Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,2 %	D
608-011-00-8	oxalonitrile; cyanogen	207-306-5	460-19-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H220 H331 H400 H410	GHS02 GHS04 GHS06 GHS09 Dgr	H220 H331 H410			U



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
608-012-00-3	benzonnitrile	202-855-7	100-47-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H312 H302	GHS07 Wng	H312 H302			
608-013-00-9	2-chlorobenzonnitrile	212-836-5	873-32-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H312 H302 H319	GHS07 Wng	H312 H302 H319			
608-014-00-4	chlorothalonil (ISO); tetrachloroisophthalonitrile	217-588-1	1897-45-6	Carc. 2 Acute Tox. 2 (*) Eye Dam. 1 STOT SE 3 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H330 H318 H335 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H330 H318 H335 H317 H410		M=10	
608-015-00-X	dichlobenil (ISO); 2,6-dichlorobenzonnitrile	214-787-5	1194-65-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H312 H411	GHS07 GHS09 Wng	H312 H411			
608-016-00-5	1,4-Dicyano-2,3,5,6-tetra-chloro-benzene	401-550-8	1897-41-2	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
608-017-00-0	bromoxynil octanoate (ISO); 2,6-dibromo-4-cyanophenyl octanoate	216-885-3	1689-99-2	Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H331 H302 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H361d (***) H331 H302 H317 H410		M=10	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
608-018-00-6	ioxynil octanoate (ISO); 4-cyano-2,6-diiodophenyl octanoate	223-375-4	3861-47-0	Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H301 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H361d (***) H301 H319 H317 H410		M=10	
608-019-00-1	2,2'-dimethyl-2,2'-azodipropionitrile; ADZN	201-132-3	78-67-1	Self-react. C Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H242 H332 H302 H412	GHS02 GHS07 Dgr	H242 H332 H302 H412			T
608-021-00-2	3-(2-(diaminomethyleneamino)thiazol-4-ylmethylthio)propionitrile	403-710-2	76823-93-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			
608-022-00-8	3,7-dimethyloctanenitrile	403-620-3	40188-41-8	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H411			
608-023-00-3	fenbuconazole (ISO); 4-(4-chlorophenyl)-2-phenyl-2-[(1H—1,2,4-triazol-1-yl)methyl]butanenitrile	406-140-2	114369-43-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
608-024-00-9	2-(4-(N-butyl-N-phenethylamino)phenyl)ethylene-1,1,2-tricarbonitrile	407-650-8	97460-76-9	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
608-025-00-4	2-nitro-4,5-bis(benzyloxy)phenylacetone nitrile	410-970-0	117568-27-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
608-026-00-X	3-cyano-3,5,5-trimethylcyclohexanone	411-490-4	7027-11-4	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H373 (**) H317 H412	GHS08 GHS07 Wng	H302 H373 (**) H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
608-027-00-5	reaction mass of: 3-(4-ethylphenyl)-2,2-dimethylpropanenitrile; 3-(2-ethylphenyl)-2,2-dimethylpropanenitrile; 3-(3-ethylphenyl)-2,2-dimethylpropanenitrile	412-660-0	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
608-028-00-0	4-(2-cyano-3-phenylamino acryloyloxymethyl)-cyclohexyl-methyl 2-cyano-3-phenylamino-acrylate	413-510-7	147374-67-2	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H373 (**) H317 H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H317 H411			
608-029-00-6	1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-1-[3-(1-methylethoxy)propyl]-2-oxo-3-pyridinecarbonitrile	411-990-2	68612-94-2	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
608-030-00-1	N-acetyl-N-[5-cyano-3-(2-dibutylamino-4-phenylthiazol-5-yl-methylene)-4-methyl-2,6-dioxo-1,2,3,6-tetrahydropyridin-1-yl] benzamide	412-340-0	147741-93-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
608-031-00-7	2-benzyl-2-methyl-3-butenitrile	407-870-4	97384-48-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
608-033-00-8	N-butyl-3-(2-chloro-4-nitrophenylhydrazono)-1-cyano-2-methylprop-1-ene-1,3-dicarboximide	407-970-8	75511-91-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
608-034-00-3	chlorfenapyr; 4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-trifluoromethylpyrrole-3-carbonitrile	—	122453-73-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H302 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H302 H410			
608-035-00-9	(±)-α-[(2-acetyl-5-methylphenyl)-amino]-2,6-dichlorobenzene-aceto-nitrile	419-290-9	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
608-036-00-4	3-(2-{4-[2-(4-cyanophenyl)vinyl]phenyl}vinyl)benzonnitrile	419-060-8	79026-02-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
608-037-00-X	reaction mass of: (E)-2,12-tridecadiennitrile; (E)-3,12-tridecadiennitrile; (Z)-3,12-tridecadiennitrile	422-190-8		Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
608-038-00-5	2,2,4-trimethyl-4-phenyl-butane-nitrile	422-580-8	75490-39-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
608-039-00-0	2-phenylhexanenitrile	423-460-8	3508-98-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
608-040-00-6	4,4'-dithiobis(5-amino-1-(2,6-dichloro-4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carbonitrile)	423-490-1	130755-46-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
608-041-00-1	4'-((2-butyl-4-oxo-1,3-diazaspiro[4.4]non-1-ene-3-yl)methyl)(1,1'-biphenyl)-2-carbonitrile	423-500-4	138401-24-8	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
608-043-00-2	3-(cis-3-hexenyloxy)propanenitril	415-220-6	142653-61-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H302 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H302 H410			
608-065-00-2	salts of bromoxynil with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H330 H301 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H361d (***) H330 H301 H317 H410		M=10	A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
608-066-00-8	salts of ioxynil with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H331 H301 H312 H373 (**) H319 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H361d (***) H331 H301 H312 H373 (**) H319 H410		M=10	A
609-001-00-6	1-nitropropane	203-544-9	108-03-2	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H332 H312 H302	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H312 H302		*	
609-002-00-1	2-nitropropane	201-209-1	79-46-9	Flam. Liq. 3 Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H350 H332 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H226 H350 H332 H302			
609-003-00-7	nitrobenzene	202-716-0	98-95-3	Carc. 2 Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Chronic 2	H351 H361f (***) H331 H311 H301 H372 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H361f (***) H331 H311 H301 H372 (**) H411			
609-004-00-2	dinitrobenzene; [1] 1,4-dinitrobenzene; [2] 1,3-dinitrobenzene; [3] 1,2-dinitrobenzene [4]	246-673-6 [1] 202-833-7 [2] 202-776-8 [3] 208-431-8 [4]	25154-54-5 [1] 100-25-4 [2] 99-65-0 [3] 528-29-0 [4]	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-005-00-8	1,3,5-trinitrobenzene	202-752-7	99-35-4	Expl. 1.1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H410			
609-006-00-3	4-nitrotoluene	202-808-0	99-99-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H411			
609-007-00-9	2,4-dinitrotoluene; dinitrotoluene, technical grade; [1] dinitrotoluene [2]	204-450-0 [1] 246-836-1 [2]	121-14-2 [1] 25321-14-6 [2]	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H411			
609-008-00-4	2,4,6-trinitrotoluene; TNT	204-289-6	118-96-7	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H201 H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H201 H331 H311 H301 H373 (**) H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-009-00-X	2,4,6-trinitrophenol; picric acid	201-865-9	88-89-1	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H201 H331 H311 H301	GHS01 GHS06 Dgr	H201 H331 H311 H301			
609-010-00-5	salts of picric acid	—	—	Unst. Expl Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H201 H331 H311 H301	GHS01 GHS06 Dgr	H201 H331 H311 H301		T	
609-011-00-0	2,4,6-trinitroanisole	—	606-35-9	Expl. 1.1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H201 H332 H312 H302 H411	GHS01 GHS07 GHS09 Wng	H201 H332 H312 H302 H411			
609-012-00-6	2,4,6-trinitro- <i>m</i> -cresol	210-027-1	602-99-3	Expl. 1.1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H201 H332 H312 H302	GHS01 GHS07 Wng	H201 H332 H312 H302			
609-013-00-1	2,4,6-trinitro- <i>m</i> -xylene	211-187-5	632-92-8	Expl. 1.1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*)	H201 H332 H312 H302 H373 (**)	GHS01 GHS08 GHS07 Wng	H201 H332 H312 H302 H373 (**)			
609-015-00-2	4-nitrophenol; <i>p</i> -nitrophenol	202-811-7	100-02-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*)	H332 H312 H302 H373 (**)	GHS08 GHS07 Wng	H332 H312 H302 H373 (**)			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-016-00-8	dinitrophenol (reaction mass of isomers); [1] 2,4(or 2,6)-dinitrophenol [2]	247-096-2 [1] 275-732-9 [2]	25550-58-7 [1] 71629-74-8 [2]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H410			
609-018-00-9	2,4,6-trinitroresorcinol; styphnic acid	201-436-6	82-71-3	Expl. 1.1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H201 H332 H312 H302	GHS01 GHS07 Wng	H201 H332 H312 H302			T
609-019-00-4	lead 2,4,6-trinitro- <i>m</i> -phenylene dioxide; lead 2,4,6-trinitroresorcinoxide; lead styphnate	239-290-0	15245-44-0	Unst. Expl Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H200 H360-Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H200 H360Df H332 H302 H373 (**) H410			1
609-019-01-1	lead 2,4,6-trinitro- <i>m</i> -phenylene dioxide; lead 2,4,6-trinitroresorcinoxide; lead styphnate (≥ 20 % phlegmatiser)	239-290-0	15245-44-0	Expl. 1.1 Repr. 1A Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H360-Df H332 H302 H373 (**) H400 H410	GHS01 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H201 H360Df H332 H302 H373 (**) H410			1



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-020-00-X	DNOC (ISO); 4,6-dinitro- <i>o</i> -cresol	208-601-1	534-52-1	Muta. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H330 H310 H300 H315 H318 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H341 H330 H310 H300 H315 H318 H317 H410	EUH044		
609-021-00-5	sodium salt of DNOC; sodium 4,6-dinitro- <i>o</i> -cresolate; [1] potassium salt of DNOC; potassium 4,6-dinitro- <i>o</i> -cresolate [2]	219-007-7 [1] - [2]	2312-76-7 [1] 5787-96-2 [2]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H410			
609-022-00-0	ammonium salt of DNOC; ammonium 4,6-dinitro- <i>o</i> -tolyl oxide	221-037-0	2980-64-5	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H310 H300 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H410			
609-023-00-6	dinocap (ISO)	254-408-0	39300-45-3	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360D (***) H332 H373 (**) H315 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H360D (***) H332 H373 (**) H315 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-024-00-1	binapacryl (ISO); 2-sec-butyl-4,6-dinitrophenyl-3-methylcrotonate	207-612-9	485-31-4	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-D (***) H312 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H360D (***) H312 H302 H410			
609-025-00-7	dinoseb(ISO); 6-sec-butyl-2,4-dinitrophenol	201-861-7	88-85-7	Repr. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H311 H301 H319 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H311 H301 H319 H410	EUH044		
609-026-00-2	salts and esters of dinoseb, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Repr. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-Df H311 H301 H319 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H311 H301 H319 H410	EUH044		A
609-027-00-8	dinocton; reaction mass of isomers: methyl 2-octyl-4,6-dinitrophenyl carbonate, methyl 4-octyl-2,6-dinitrophenyl carbonate	—	63919-26-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
609-028-00-3	dinex (ISO); 2-cyclohexyl-4,6-dinitrophenol	205-042-5	131-89-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-029-00-9	salts and esters of dinex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410			A
609-030-00-4	dinoterb (ISO); 2-tert-butyl-4,6-dinitrophenol	215-813-8	1420-07-1	Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360D (***) H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H360D (***) H300 H311 H410	EUH044		
609-031-00-X	salts and esters of dinoterb	—	—	Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360D (***) H300 H311 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H360D (***) H300 H311 H410			A
609-032-00-5	bromofenoxim (ISO); 3,5-dibromo-4-hydroxybenzaldehyde-O-(2,4-dinitrophenyl)-oxime	236-129-6	13181-17-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
609-033-00-0	dinosam (ISO); 2-(1-methylbutyl)-4,6-dinitrophenol	—	4097-36-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-034-00-6	salts and esters of dinosam	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H410			A
609-035-00-1	nitroethane	201-188-9	79-24-3	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H332 H302	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H302		*	
609-036-00-7	nitromethane	200-876-6	75-52-5	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*)	H226 H302	GHS02 GHS07 Wng	H226 H302		*	
609-037-00-2	5-nitroacenaphthene	210-025-0	602-87-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			
609-038-00-8	2-nitronaphthalene	209-474-5	581-89-5	Carc. 1B Aquatic Chronic 2	H350 H411	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H411			
609-039-00-3	4-nitrobiphenyl	202-204-7	92-93-3	Carc. 1B Aquatic Chronic 2	H350 H411	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H411			
609-040-00-9	nitrofen (ISO); 2,4-dichlorophenyl 4-nitrophenyl ether	217-406-0	1836-75-5	Carc. 1B Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H360D (***) H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H360D (***) H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-041-00-4	2,4-dinitrophenol	200-087-7	51-28-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H400			
609-042-00-X	pendimethalin (ISO); N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine	254-938-2	40487-42-1	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
609-043-00-5	quintozene (ISO); pentachloronitrobenzene	201-435-0	82-68-8	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
609-044-00-0	tecnazene (ISO); 1,2,4,5-tetrachloro-3-nitrobenzene	204-178-2	117-18-0	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
609-045-00-6	reaction mass of: 4,6-dinitro-2-(3-octyl)phenyl methyl carbonate and 4,6-dinitro-2-(4-octyl)phenyl methyl carbonate; dinocron-6	—	8069-76-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
609-046-00-1	trifluralin (ISO) (containing < 0.5 ppm NPDA); $\alpha, \alpha, \alpha$ -trifluoro-2,6-dinitro- <i>N,N</i> -dipropyl- <i>p</i> -toluidine (containing < 0.5 ppm NPDA); 2,6-dinitro- <i>N,N</i> -dipropyl-4-trifluoromethylaniline (containing < 0.5 ppm NPDA); <i>N,N</i> -dipropyl-2,6-dinitro-4-trifluoromethylaniline (containing < 0.5 ppm NPDA)	216-428-8	1582-09-8	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-047-00-7	2-nitroanisole	202-052-1	91-23-6	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*)	H350 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H302			
609-048-00-2	sodium 3-nitrobenzenesulphonate	204-857-3	127-68-4	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			
609-049-00-8	2,6-dinitrotoluene	210-106-0	606-20-2	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H412			
609-050-00-3	2,3-dinitrotoluene	210-013-5	602-01-7	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-051-00-9	3,4-dinitrotoluene	210-222-1	610-39-9	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H411			
609-052-00-4	3,5-dinitrotoluene	210-566-2	618-85-9	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H412			
609-053-00-X	hydrazine-trinitromethane	414-850-9	—	Expl. 1.1 (****) Self-react. A Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1	H201 H240 H350 H331 H301 H317	GHS01 GHS06 GHS08 Dgr	H201 H240 H350 H331 H301 H317			
609-054-00-5	2,3-dinitrophenol; [1] 2,5-dinitrophenol; [2] 2,6-dinitrophenol; [3] 3,4-dinitrophenol; [4] salts of dinitrophenol [5]	200-628-7 [1] 206-348-1 [2] 209-357-9 [3] 209-415-3 [4] - [5]	66-56-8 [1] 329-71-5 [2] 573-56-8 [3] 577-71-9 [4] - [5]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-055-00-0	2,5-dinitrotoluene	210-581-4	619-15-8	Carc. 1B Muta. 2 Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H361f (***) H331 H311 H301 H373 (**) H411			
609-056-00-6	2,2-dibromo-2-nitroethanol	412-380-9	69094-18-4	Expl. 1.1 Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1A Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H351 H302 H373 (**) H314 H317 H400 H410	GHS01 GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H201 H351 H302 H373 (**) H314 H317 H410	* STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	T	
609-057-00-1	3-chloro-2,4-difluoronitrobenzene	411-980-8	3847-58-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H317 H410			
609-058-00-7	2-nitro-2-phenyl-1,3-propanediol	410-360-4	5428-02-4	STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H372 (**) H312 H302 H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H372 (**) H312 H302 H317 H411	EUH070		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-059-00-2	2-chloro-6-(ethylamino)-4-nitrophenol	411-440-1	131657-78-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H411			
609-060-00-8	4-[(3-hydroxypropyl)amino]-3-nitrophenol	406-305-9	92952-81-3	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
609-061-00-3	(E,Z)-4-chlorophenyl(cyclopropyl)ketone O-(4-nitrophenylmethyl)oxime	406-100-4	94097-88-8	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
609-062-00-9	2-bromo-2-nitropropanol	407-030-7	24403-04-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H311 H302 H373 (**) H314 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H311 H302 H373 (**) H314 H317 H410			
609-063-00-4	2-[(4-chloro-2-nitrophenyl)amino]ethanol	413-280-8	59320-13-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
609-064-00-X	mesotriione(ISO); 2-[4-(methylsulfonyl)-2-nitrobenzoyl]-1,3-cyclohexanedione	—	104206-82-8	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
609-065-00-5	2-nitrotoluene	201-853-3	88-72-2	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H340 H361f (***) H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H340 H361f (***) H302 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
609-066-00-0	lithium sodium 3-amino-10-{4-(10-amino-6,13-dichloro-4,11-disulfonatobenzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b]phenoxazine-3-ylamino)-6-[methyl(2-sulfonato-ethyl)amino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-6,13-dichlorobenzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b]phenoxazine-4,11-disulfonate	418-870-9	154212-58-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 2 (*) (*)	H332 H312 H302 H371 (**)	GHS08 GHS07 Dgr	H332 H312 H302 H371 (**)			
609-067-00-6	sodium and potassium 4-(3-aminopropylamino)-2,6-bis[3-(4-methoxy-2-sulfophenylazo)-4-hydroxy-2-sulfo-7-naphthylamino]-1,3,5-triazine	416-280-6	156769-97-0	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
609-068-00-1	musk xylene; 5-tert-butyl-2,4,6-trinitro- <i>m</i> -xylene	201-329-4	81-15-2	Expl. 1.1 Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H351 H400 H410	GHS01 GHS08 GHS09 Wng	H201 H351 H410			T
609-070-00-2	1,4-dichloro-2-(1,1,2,3,3,3-hexafluoropropoxy)-5-nitrobenzene	415-580-4	130841-23-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
609-071-00-8	reaction mass of: 2-methylsulfanyl-4,6-bis-(2-hydroxy-4-methoxy-phenyl)-1,3,5-triazine; 2-(4,6-bis-methylsulfanyl-1,3,5-triazin-2-yl)-5-methoxy-phenol	423-520-3	156137-33-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
610-001-00-3	trichloronitromethane; chloropicrin	200-930-9	76-06-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H330 H302 H319 H335 H315	GHS06 Dgr	H330 H302 H319 H335 H315			
610-002-00-9	1,1-dichloro-1-nitroethane	209-854-0	594-72-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
610-003-00-4	chlorodinitrobenzene	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H410		C	
610-004-00-X	2-chloro-1,3,5-trinitrobenzene	201-864-3	88-88-0	Expl. 1.1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H201 H330 H310 H300 H400 H410	GHS01 GHS06 GHS09 Dgr	H201 H330 H310 H300 H410			
610-005-00-5	1-chloro-4-nitrobenzene	202-809-6	100-00-5	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H351 H341 H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H341 H331 H311 H301 H373 (**) H411			
610-006-00-0	chloronitroanilines with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H330 H310 H300 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H411		A C	
610-007-00-6	1-chloro-1-nitropropane	209-990-0	600-25-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302	*		
610-008-00-1	2,6-dichloro-4-nitroanisole	403-350-6	17742-69-7	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H301 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
610-009-00-7	2-chloro-4-nitroaniline	204-502-2	121-87-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
610-010-00-2	2-bromo-1-(2-furyl)-2-nitroethylene	406-110-9	35950-52-8	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H314 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H373 (**) H314 H317 H410			
611-001-00-6	azobenzene	203-102-5	103-33-3	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H341 H332 H302 H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H341 H332 H302 H373 (**) H410			
611-002-00-1	azoxybenzene	207-802-1	495-48-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H302	GHS07 Wng	H332 H302			
611-003-00-7	fenaminosulf (ISO); sodium 4-dimethylaminobenzenediazosulphonate	205-419-4	140-56-7	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H301 H312 H412	GHS06 Dgr	H301 H312 H412			
611-004-00-2	methyl-ONN-azoxymethyl acetate; methyl azoxy methyl acetate	209-765-7	592-62-1	Carc. 1B Repr. 1B	H350 H360D (***)	GHS08 Dgr	H350 H360D (***)			
611-005-00-8	disodium {5-[(4'-((2,6-hydroxy-3-((2-hydroxy-5-sulphophenyl)azo)phenyl)azo)(1,1'-biphenyl)-4-yl)azo]salicylato(4-)} cuprate(2-); CI Direct Brown 95	240-221-1	16071-86-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-006-00-3	4- <i>o</i> -tolylazo- <i>o</i> -toluidine; 4-amino-2',3-dimethylazobenzene; fast garnet GBC base; AAT; <i>o</i> -aminoazotoluene	202-591-2	97-56-3	Carc. 1B Skin Sens. 1	H350 H317	GHS08 Dgr	H350 H317			
611-007-00-9	tricyclazole (ISO); 5-methyl-1,2,4-triazolo(3,4- <i>b</i> )benzo-1,3-thiazole;	255-559-5	41814-78-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
611-008-00-4	4-aminoazobenzene; 4-phenylazoaniline	200-453-6	60-09-3	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410			
611-009-00-X	sodium (1-(5-(4-(4-anilino-3-sulphophenylazo)-2-methyl-5-methylsulphonamidophenylazo)-4-hydroxy-2-oxido-3-(phenylazo)phenylazo)-5-nitro-4-sulphonato-2-naphtholato)iron(II)	401-220-3	—	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H332 H412	GHS07 Wng	H332 H412			
611-010-00-5	2'-(2-cyano-4,6-dinitrophenylazo)-5'-( <i>N,N</i> -dipropylamino)propionanilide	403-010-7	106359-94-8	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
611-011-00-0	<i>N,N,N',N'</i> -tetramethyl-3,3'-(propylenebis(iminocarbonyl-4,1-phenylenazo(1,6-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxopyridine-3,1-diy)))di(propylammonium) dilactate	403-340-1	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dg	H318 H411			
611-012-00-6	reaction mass of 2,2-iminodiethanol 6-methyl-2-(4-(2,4,6-triaminopyrimidin-5-ylazo)phenyl)benzothiazole-7-sulfonate and 2-methylaminoethanol 6-methyl-2-(4-(2,4,6-triaminopyrimidin-5-ylazo)phenyl)benzothiazole-7-sulfonate and <i>N,N</i> -diethylpropane-1,3-diamine 6-methyl-2-(4-(2,4,6-triaminopyrimidin-5-ylazo)phenyl)benzothiazole-7-sulfonate	403-410-1	114565-65-0	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-013-00-1	trilithium-1-hydroxy-7-(3-sulfonatoanilino)-2-(3-methyl-4-(2-methoxy-4-(3-sulfonato-phenylazo)phenylazo)phenylazo)naphthalene-3-sulfonate	403-650-7	117409-78-6	Expl. 1.3 (****) Aquatic Chronic 2	H203 H411	GHS01 GHS09 Dgr	H203 H411			
611-014-00-7	(tetrasodium 1-(4-(3-acetamido-4-(4'-nitro-2,2'-disulfonostilben-4-ylazo)anilino)-6-(2,5-disulfonatoanilino)-1,3,5-triazin-2-yl)-3-carboxypyridinium) hydroxide	404-250-5	115099-55-3	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-015-00-2	tetrasodium 4-amino-5-hydroxy-6-(4-(2-(2-sulfonatooxy)ethylsulfonyl)ethylcarbamoyl)phenylazo)-3-(4-(2-(sulfonatooxy)ethylsulfonyl)phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	404-320-5	116889-78-2	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-016-00-8	reaction mass of 1,1'-((dihydroxyphenylene) bis(azo-3,1-phenylenazo(1-(3-dimethylaminopropyl)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-2-oxopyridine-5,3-diyl)))dipyridinium dichloride dihydrochloride, mixed isomers and 1-(1-(3-dimethylaminopropyl)-5-(3-((4-(1-(3-dimethylaminopropyl)-1,6-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxo-5-pyridinio-3-pyridylazo)phenylazo)-2,4(or 2,6 or 3,5)-dihydroxyphenylazo)phenylazo)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-2-oxo-3-pyridyl)pyridinium dichloride	404-540-1	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-017-00-3	2-(4-(diethylaminopropylcarbamoyl)phenylazo)-3-oxo-N-(2,3-dihydro-2-oxobenzimidazol-5-yl)butyramide	404-910-2	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
611-018-00-9	tetraammonium 5-(4-(7-amino-1-hydroxy-3-sulfonato-2-naphthylazo)-6-sulfonato-1-naphthylazo)isophthalate	405-130-5	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-019-00-4	tetalithium 6-amino-4-hydroxy-3-(7-sulfonato-4-(4-sulfonatophenylazo)-1-naphthylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	405-150-4	106028-58-4	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-020-00-X	tetrakis(tetramethylammonium) 6-amino-4-hydroxy-3-(7-sulfonato-4-(4-sulfonatophenylazo)-1-naphthylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	405-170-3	116340-05-7	Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H301 H317 H412	GHS06 Dgr	H301 H317 H412			
611-021-00-5	2-(4-(4-cyano-3-methylisothiazol-5-ylazo)-N-ethyl-3-methylanilino)ethyl acetate	405-480-9	—	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 4	H302 H373 (**) H315 H413	GHS08 GHS07 Wng	H302 H373 (**) H315 H413			
611-022-00-0	4-dimethylaminobenzenediazonium 3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate	404-980-4	—	Self-react. C Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H242 H331 H301 H312 H373 (**) H318 H317 H400 H410	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H242 H331 H301 H312 H373 (**) H318 H317 H410		T	
611-023-00-6	disodium 7-(4,6-dichloro-1,3,5-triazin-2-ylamino)-4-hydroxy-3-(4-(2-(sulfonatoxy)ethylsulfonyl)phenylazo) naphthalene-2-sulfonate	404-600-7	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-024-00-1	Benzidine based azo dyes; 4,4'-diarylazobiphenyl dyes, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350		A	
611-025-00-7	disodium 4-amino-3-[[4'-[(2,4-diaminophenyl)azo][1,1'-biphenyl]-4-yl]azo]-5-hydroxy-6-(phenylazo)naphthalene-2,7-disulphonate; C.I. Direct Black 38	217-710-3	1937-37-7	Carc. 1B Repr. 2	H350 H361d (***)	GHS08 Dgr	H350 H361d (***)			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-026-00-2	tetrasodium 3,3'-[[1,1'-biphenyl]-4,4'-diylbis(azo)]bis[5-amino-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulphonate]; C.I. Direct Blue 6	220-012-1	2602-46-2	Carc. 1B Repr. 2	H350 H361d (***)	GHS08 Dgr	H350 H361d (***)			
611-027-00-8	disodium 3,3'-[[1,1'-biphenyl]-4,4'-diylbis(azo)]bis(4-aminonaphthalene-1-sulphonate); C.I. Direct Red 28	209-358-4	573-58-0	Carc. 1B Repr. 2	H350 H361d (***)	GHS08 Dgr	H350 H361d (***)			
611-028-00-3	C,C'-azodi(formamide)	204-650-8	123-77-3	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			G
611-029-00-9	<i>o</i> -dianisidine based azo dyes; 4,4'-diarylaazo-3,3'-dimethoxybiphenyl dyes with the exception of those mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			A H
611-030-00-4	<i>o</i> -tolidine based dyes; 4,4'-diarylaazo-3,3'-dimethylbiphenyl dyes, with the exception of those mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			A H
611-031-00-X	4,4'-(4-iminocyclohexa-2,5-dienylidene)methylene)dianiline hydrochloride; C.I. Basic Red 9	209-321-2	569-61-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			
611-032-00-5	1,4,5,8-tetraaminoanthraquinone; C.I. Disperse Blue 1	219-603-7	2475-45-8	Carc. 1B Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H350 H315 H318 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H350 H315 H318 H317			
611-033-00-0	hexasodium [4,4"-azoxybis(2,2'-disulfonato-stilbene-4,4'-diylazo)]-bis[5'-sulfonatobenzene-2,2'-diolato-O(2),O(2),N(1)]-copper(II)	400-020-3	82027-60-9	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-034-00-6	N-(5-(bis(2-methoxyethyl)amino)-2-((5-nitro-2,1-benzisothiazol-3-yl)azo)phenylacetamide	402-430-8	105076-77-5	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-035-00-1	tetralithium 6-amino-4-hydroxy-3-[7-sulfonato-4-(5-sulfonato-2-naphthylazo)-1-naphthylazo]naphthalene-2,7-disulfonate	403-660-1	107246-80-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
611-036-00-7	2-(4-(5,6(or 6,7)-dichloro-1,3-benzothiazol-2-ylazo)-N-methyl-m-toluidino)ethyl acetate	405-440-0	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-037-00-2	3(or 5)-(4-(N-benzyl-N-ethylamino)-2-methylphenylazo)-1,4-dimethyl-1,2,4-triazolium methylsulphate	406-055-0	124584-00-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H317 H411			
611-038-00-8	trisodium 1-hydroxynaphthalene-2-azo-4'(5',5"-dimethylbiphenyl)-4"-azo(4"-phenylsulfonyloxybenzene)- 2',2",4-trisulfonate	406-820-9	—	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
611-039-00-3	7-[[[(4,6-dichloro-1,3,5-triazin-2-yl)amino]-4-hydroxy-3-(4-((2-sulfoxy)ethyl)sulfonyl)phenylazo]naphthalene-2-sulfonic acid	407-050-6	117715-57-8	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-040-00-9	3-(5-acetylamino-4-(4-[4,6-bis(3-diethylaminopropylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]phenylazo)-2-(2-methoxyethoxy)phenylazo)-6-amino-4-hydroxy-2-naphthalenesulfonic acid	407-670-7	115099-58-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
611-041-00-4	2-[[[4[[4,6-bis[[3-(diethylamino)propyl]amino]-1,3,5-triazine-2-yl]amino]phenyl]azo]-N-(2,3-dihydro-2-oxo-1H-benzimidazol-5-yl)-3-oxobutanamide	407-680-1	98809-11-1	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			
611-042-00-X	trisodium 5-amino-3-[5-(2-bromoacryloylamino)-2-sulfonatophenylazo]-4-hydroxy-6-(4-vinylsulfonylphenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	411-770-6	136213-71-3	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-043-00-5	reaction mass of: trisodium N(1')-N(2):N(1'')-N(2'')-η-6-[2-amino-4-(or 6)-hydroxy-(or 4-amino-2-hydroxy)phenylazo]-6''-(1-carbaniloyl-2-hydroxyprop-1-enylazo)-5',5'''-disulfamoyl-3,3'''-disulfonatobis(naphthalene-2,1'-azobenzene-1,2'-diolato-O(1),O(2'))-chromate; trisodium N(1')-N(2):N(1'')-N(2'')-η-6,6''-bis(1-carbaniloyl-2-hydroxyprop-1-enylazo)-5',5'''-disulfamoyl-3,3'''-disulfonatobis(naphthalene-2,1'-azobenzene-1,2'-diolato-O(1),O(2'))-chromate; trisodium N(1')-N(2):N(1'')-N(2'')-η-6,6''-bis[2-amino-4-(or 6)-hydroxy-(or 4-amino-2-hydroxy)phenylazo]5',5'''-disulfamoyl-3,3'''-disulfonatobis(naphthalene-2,1'-azobenzene-1,2'-diolato-O(1),O(2'))-chromate (2:1:1)	402-850-1	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
611-044-00-0	reaction mass of: <i>tert</i> -alkyl(C <sub>12</sub> -C <sub>14</sub> )ammonium bis[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]-chromate(1-); <i>tert</i> -alkyl(C <sub>12</sub> -C <sub>14</sub> )ammonium bis[1-[(2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]-chromate(1-); <i>tert</i> -alkyl(C <sub>12</sub> -C <sub>14</sub> )ammonium bis[1-[[5-(1,1-dimethylpropyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl]azo]-2-naphthalenolato(2-)]-chromate(1-); <i>tert</i> -alkyl(C <sub>12</sub> -C <sub>14</sub> )ammonium [[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]-[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]]-chromate(1-); <i>tert</i> -alkyl(C <sub>12</sub> -C <sub>14</sub> )ammonium [[1-[[5-(1,1-dimethylpropyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl]azo]-2-naphthalenolato(2-)]-[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]]-chromate(1-); <i>tert</i> -alkyl(C <sub>12</sub> -C <sub>14</sub> )ammonium ((1-(4(or 5)-nitro-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)(1-(3-nitro-2-oxido-5-pentylphenylazo)-2-naphtholato)chromate(1-)	403-720-7	117527-94-3	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-045-00-6	2-[4-[N-(4-acetoxybutyl)-N-ethyl]amino-2-methylphenylazo]-3-acetyl-5-nitrothiophene	404-830-8	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-046-00-1	4,4'-diamino-2-methylazobenzene	407-590-2	43151-99-1	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H373 (**) H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H373 (**) H317 H410			
611-047-00-7	reaction mass of: 2-[[4-[N-ethyl-N-(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-5,6-dichlorobenzothiazole; 2-[[4-[N-ethyl-N-(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-6,7-dichlorobenzothiazole (1:1)	407-890-3	111381-11-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
611-048-00-2	reaction mass of: 2-[[4-[bis(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-5,6-dichlorobenzothiazole; 2-[[4-[bis(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-6,7-dichlorobenzothiazole (1:1)	407-900-6	111381-12-5	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
611-049-00-8	reaction mass of 7-[4-(3-diethylaminopropylamino)-6-(3-diethylammoniopropylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-hydroxy-3-(4-phenylazophenylazo)-naphthalene-2-sulfonate, acetic acid, lactic acid (2:1:1)	408-000-6	118658-98-3	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H373 (**) H317 H412	GHS08 Wng	H373 (**) H317 H412			
611-051-00-9	2-(4-(N-ethyl-N-(2-hydroxyethyl)amino-2-methylphenyl)azo-6-methoxy-3-methylbenzothiazolium chloride	411-110-7	136213-74-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
611-052-00-4	monosodium aqua-[5-[[2,4-dihydroxy-5-[(2-hydroxy-3,5-dinitrophenyl)azo]phenyl]azo]-2-naphthalensulfonate], iron complex	400-720-9	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
611-053-00-X	2,2'-azobis[2-methylpropionamide] dihydrochloride	221-070-0	2997-92-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			
611-055-00-0	C.I. Disperse Yellow 3; N-[4-[(2-hydroxy-5-methylphenyl)azo]phenyl]acetamide	220-600-8	2832-40-8	Carc. 2 Skin Sens. 1	H351 H317	GHS08 GHS07 Wng	H351 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-056-00-6	C.I. Solvent Yellow 14; 1-phenylazo-2-naphthol	212-668-2	842-07-9	Carc. 2 Muta. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H351 H341 H317 H413	GHS08 GHS07 Wng	H351 H341 H317 H413			
611-057-00-1	6-hydroxy-1-(3-isopropoxypropyl)-4-methyl-2-oxo-5-[4-(phenylazo)phenylazo]-1,2-dihydro-3-pyridinecarbonitrile	400-340-3	85136-74-9	Carc. 1B Aquatic Chronic 4	H350 H413	GHS08 Wng	H350 H413			
611-058-00-7	(6-(4-hydroxy-3-(2-methoxyphenylazo)-2-sulfonato-7-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2,4-diyl)bis[(amino-1-methylethyl)ammonium] formate	402-060-7	108225-03-2	Carc. 1B Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H350 H318 H411	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H350 H318 H411			
611-059-00-2	octasodium 2-(6-(4-chloro-6-(3-(N-methyl-N-(4-chloro-6-(3,5-disulfonato-2-naphthylazo)-1-hydroxy-6-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)aminomethyl)phenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-3,5-disulfonato-1-hydroxy-2-naphthylazo)naphthalene-1,5-disulfonate	412-960-1	148878-21-1	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			
611-060-00-8	reaction mass of: sodium 5-[8-[4-[4-[4-[7-(3,5-dicarboxylatophenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-1-ylamino]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-yl]-2,5-dimethylpiperazin-1-yl]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]-1-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-2-ylazo]-isophthalate; ammonium 5-[8-[4-[4-[4-[7-(3,5-dicarboxylatophenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-1-ylamino]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-yl]-2,5-dimethylpiperazin-1-yl]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]-1-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-2-ylazo]-isophthalate; 5-[8-[4-[4-[4-[7-(3,5-dicarboxylatophenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-1-ylamino]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-yl]-2,5-dimethylpiperazin-1-yl]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]-1-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-2-ylazo]-isophthalic acid	413-180-4	187285-15-0	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-061-00-3	disodium 5-[5-[4-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)benzamido]-2-sulfonato-phenylazo]-1-ethyl-6-hydroxy-4-methyl-2-oxo-3-pyridylmethylsulfonate	412-530-3	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
611-062-00-9	octasodium 2-(8-(4-chloro-6-(3-((4-chloro-6-(3,6-disulfonato-2-(1,5-disulfonatonaphthalen-2-ylazo)-1-hydroxynaphthalen-8-ylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)aminomethyl)phenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-3,6-disulfonato-1-hydroxynaphthalen-2-ylazo)naphthalene-1,5-disulfonate	413-550-5	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H315 H318	GHS05 Dgr	H315 H318			
611-063-00-4	trisodium [4'-(8-acetylamino-3,6-disulfonato-2-naphthylazo)-4''-(6-benzoylamino-3-sulfonato-2-naphthylazo)-biphenyl-1,3',3'',1'''-tetraolato-O,O',O'',O''']copper(II)	413-590-3	164058-22-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			
611-064-00-X	4-(3,4-dichlorophenylazo)-2,6-di-sec-butyl-phenol	410-600-8	124719-26-2	STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H315 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H373 (**) H315 H410			
611-065-00-5	4-(4-nitrophenylazo)-2,6-di-sec-butyl-phenol	410-610-2	111850-24-9	STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H319 H315 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H373 (**) H319 H315 H317 H410			
611-066-00-0	tetrasodium 5-[4-chloro-6-(N-ethyl-anilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-hydroxy-3-(1,5-disulfonatonaphthalen-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate	411-540-5	130201-57-9	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-067-00-6	reaction mass of: bis(tris(2-(2-hydroxy(1-methyl)ethoxy)ethyl)ammonium) 7-anilino-4-hydroxy-3-(2-methoxy-5-methyl-4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo)naphthalene-2-sulfonate; bis(tris(2-(2-hydroxy(2-methyl)ethoxy)ethyl)ammonium) 7-anilino-4-hydroxy-3-(2-methoxy-5-methyl-4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo)naphthalene-2-sulfonate	406-910-8	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H412			
611-068-00-1	tetrasodium 4-amino-3,6-bis(5-[4-chloro-6-(2-hydroxyethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-sulfonatophenylazo)-5-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate	400-690-7	85665-98-1	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-069-00-7	N,N-di-[poly(oxyethylene)-co-poly(oxypropylene)]-4-[(3,5-dicyano-4-methyl-2-thienylazo)]-3-methylaniline	413-380-1	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-070-00-2	reaction mass of: disodium (6-(4-anisidino)-3-sulfonato-2-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-1-naphtholato)(1-(5-chloro-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)chromate(1-); trisodium bis(5-(4-anisidino)-3-sulfonato-2-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-1-naphtholato)chromate(1-)	405-665-4	—	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
611-071-00-8	tris(tetramethylammonium) 5-hydroxy-1-(4-sulphonatophenyl)-4-(4-sulphonatophenylazo)pyrazole-3-carboxylate	406-073-9	131013-81-5	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 3	H301 H412	GHS06 Dgr	H301 H412			
611-072-00-3	2,4-bis[2,2'-[2-(N,N-dimethylamino)ethoxy-carbonyl]phenylazo]-1,3-dihydroxybenzene, dihydrochloride	407-010-8	118208-02-9	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H411			
611-073-00-9	dimethyl 3,3'-(N-(4-(4-bromo-2,6-dicyanophenylazo)-3-hydroxyphenyl)imino)dipropionate	407-310-9	122630-55-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-074-00-4	reaction mass of: sodium/potassium (3-(4-(5-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)-2-methoxy-3-sulfonatophenylazo)-2-oxidophenylazo)-2,5,7-trisulfonato-4-naphtholato)copper(II); sodium/potassium (3-(4-(5-(5-chloro-4,6-difluoropyrimidin-2-ylamino)-2-methoxy-3-sulfonatophenylazo)-2-oxidophenylazo)-2,5,7-trisulfonato-4-naphtholato)copper(II)	407-100-7	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-075-00-X	reaction mass of: tris(3,5,5-trimethylhexylammonium) 4-amino-3-(4-(4-(2-amino-4-hydroxyphenylazo)anilino)-3-sulfonatophenylazo)-5,6-dihydro-5-oxo-6-phenylhydrazononaphthalene-2,7-disulfonate; tris(3,5,5-trimethylhexylammonium) 4-amino-3-(4-(4-(4-amino-2-hydroxyphenylazo)anilino)-3-sulfonatophenylazo)-5,6-dihydro-5-oxo-6-phenylhydrazononaphthalene-2,7-disulfonate (2:1)	406-000-0	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
611-076-00-5	3-(2,6-dichloro-4-nitrophenylazo)-1-methyl-2-phenylindole	406-280-4	117584-16-4	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
611-077-00-0	dilithium disodium (5,5'-diamino-(μ-4,4'-dihydroxy-1:2-κ-2,O4,O4',-3,3'-[3,3'-dihydroxy-1:2-κ-2-O3,O3'-biphenyl-4,4'-ylenebisazo-1:2-(N3,N4-η:N3',N4'-η)]-dinaphthalene-2,7-disulfonato(8)))dicuprate(2-)	407-230-4	126637-70-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			
611-078-00-6	(2,2'-(3,3'-dioxidobiphenyl-4,4'-diyldiazo)bis(6-(4-(3-(diethylamino)propylamino)-6-(3-(diethylammonio)propylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-3-sulfonato-1-naphtholato)) dicopper(II) acetate lactate	407-240-9	159604-94-1	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
611-079-00-1	disodium 7-[4-chloro-6-(N-ethyl-o-toluidino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-hydroxy-3-(4-methoxy-2-sulfonatophenylazo)-2-naphthalenesulfonate	410-390-8	147703-64-8	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
611-080-00-7	sodium 3-(2-acetamido-4-(4-(2-hydroxybutoxy)phenylazo)phenylazo)benzenesulfonate	410-150-2	147703-65-9	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-081-00-2	tetrasodium [7-(2,5-dihydroxy-KO2-7-sulfonato-6-[4-(2,5,6-trichloro-pyrimidin-4-ylamino)phenylazo]-(N1,N7-N)-1-naphthylazo)-8-hydroxy-KO8-naphthalene-1,3,5-trisulfonato(6-)]cuprate(II)	411-470-5	141048-13-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
611-082-00-8	reaction mass of: pentasodium bis(1-(3(or 5)-(4-anilino-3-sulfonatophenylazo)-4-hydroxy-2-oxidophenylazo)-6-nitro-4-sulfonato-2-naphtholato)ferrate(1-); pentasodium [(1-(3-(4-anilino-3-sulfonato-phenylazo)-4-hydroxy-2-oxidophenylazo)-6-nitro-4-sulfonato-2-naphtholato)-(5-(4-anilino-3-sulfonatophenylazo)-4-hydroxy-2-oxidophenylazo)-6-nitro-4-sulfonato-2-naphtholato]ferrate(1-)	407-570-3	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-083-00-3	reaction mass of: 2-[N-ethyl-4-[(5,6-dichlorobenzothiazol-2-yl)azo]-m-toluidino]ethyl acetate; 2-[N-ethyl-4-[(6,7-dichlorobenzothiazol-2-yl)azo]-m-toluidino]ethyl acetate (1:1)	411-560-4	—	STOT RE 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H372 (**) H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H372 (**) H317 H411			
611-084-00-9	reaction mass of: N-(4-chlorophenyl)-4-(2,5-dichloro-4-(dimethylsulfamoyl)phenylazo)-3-hydroxy-2-naphthalenecarboxamide; N-(4-chlorophenyl)-4-(2,5-dichloro-4-(methylsulfamoyl)phenylazo)-3-hydroxy-2-naphthalenecarboxamide	412-550-2	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
611-085-00-4	reaction mass of: 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-2-(2-hydroxy-ethylamino)-4-methyl-6-[3-(2-phenoxyethoxy)propylamino]pyridine; 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-6-(2-hydroxy-ethylamino)-4-methyl-2-[3-(2-phenoxyethoxy)propylamino]pyridine; 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-2-amino-4-methyl-6-[3-(3-hydroxypropoxy)propylamino]pyridine; 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-6-amino-4-methyl-2-[3-(3-methoxypropoxy)propylamino]pyridine	411-880-4	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-086-00-X	monolithium 5-[[[2,4-dihydroxy-5-[(2-hydroxy-3,5-dinitrophenyl)azo]phenyl]azo]-2-naphthalenesulfonate], iron complex, monohydrate	411-360-7	—	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
611-087-00-5	reaction mass of: 3-((5-cyano-1,6-dihydro-1,4-dimethyl-2-hydroxyl-6-oxo-3-pyridinyl)azo)-benzoyloxy-2-phenoxyethane; 3-((5-cyano-1,6-dihydro-1,4-dimethyl-2-hydroxy-6-oxo-3-pyridinyl)azo)-benzoyloxy-2-ethoxy-2-(ethylphenol)	411-710-9	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
611-088-00-0	reaction mass of: trilithium 4-amino-3-((4-((4-((2-amino-4-hydroxyphenyl)azo)phenyl)amino)-3-sulfofenyl)azo)-5-hydroxy-6-(phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate; trilithium 4-amino-3-((4-((4-((4-amino-2-hydroxyphenyl)azo)phenyl)amino)-3-sulfofenyl)azo)-5-hydroxy-6-(phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	411-890-9	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H412			
611-089-00-6	2-((4-(ethyl-(2-hydroxyethyl)amino)-2-methylphenyl)azo)-6-methoxy-3-methylbenzothiazolium methylsulfate	411-100-2	136213-73-5	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H373 (**) H317 H410			
611-090-00-1	2,5-dibutoxy-4-(morpholin-4-yl)benzenediazonium 4-methylbenzenesulfonate	413-290-2	93672-52-7	Self-react. C Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H242 H302 H318 H317 H412	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H242 H302 H318 H317 H412			T
611-091-00-7	sodium (1,0-1,95)/lithium (0,05-1) 5-((5-((5-chloro-6-fluoro-pyrimidin-4-yl)amino)-2-sulfonatophenyl)azo)-1,2-dihydro-6-hydroxy-1,4-dimethyl-2-oxo-3-pyridinemethylsulfonate	413-470-0	134595-59-8	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-092-00-2	<i>tert</i> -(dodecyl/tetradecyl)-ammonium bis(3-(4-((5-(1,1-dimethyl-propyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl)azo)-3-methyl-5-hydroxy-(1H)pyrazol-1-yl)benzenesulfonamidato)chromate	413-210-6	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-093-00-8	sodium 2-(4-(4-fluoro-6-(2-sulfo-ethylamino)-[1,3,5]triazin-2-ylamino)-2-ureidophenylazo)-5-(4-sulfophenylazo)benzene-1-sulfonate	410-770-3	146177-84-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-094-00-3	reaction mass of: 2-[2-acetylamino-4-[N,N-bis[2-ethoxy-carbonyloxy]ethyl]amino]phenylazo]-5,6-dichloro-1,3-benzothiazole; 2-[2-acetylamino-4-[N,N-bis[2-ethoxy-carbonyloxy]ethyl]amino]phenylazo]-6,7-dichloro-1,3-benzotriazole (1:1)	411-600-0	143145-93-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
611-095-00-9	hexasodium 1,1'-[(1-amino-8-hydroxy-3,6-disulfonate-2,7-naphthalenediyl)bis(azo(4-sulfonate-1,3-phenyl)imino[6-[(4-chloro-3-sulfonatophenyl)amino]-1,3,5-triazin-2,4-diyl]]]bis[3-carboxypyridinium] dihydroxide	412-240-7	89797-03-5	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-096-00-4	methyl N-[3-acetylamino)-4-(2-cyano-4-nitrophenylazo)phenyl]-N-[(1-methoxy)acetyl]glycinate	413-040-2	149850-30-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-097-00-X	reaction mass of iron complexes of: 1,3-dihydroxy-4-[(5-phenylaminosulfonyl)-2-hydroxyphenylazo]- <i>n</i> -(5-amino-sulfonyl-2-hydroxyphenylazo)benzene and: 1,3-dihydroxy-4-[(5-phenylaminosulfonyl)-2-hydroxyphenylazo]- <i>n</i> -[4-(4-nitro-2-sulfophenylamino)phenylazo]benzene ( <i>n</i> =2,5,6)	414-150-3	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
611-098-00-5	tetrakis(tetramethylammonium)3,3'-(6-(2-hydroxyethylamino)1,3,5-triazine-2,4-diyl-bisimino(2-methyl-4,1-phenyleneazo))bisnaphthalene-1,5-disulfonate	405-950-3	131013-83-7	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 3	H301 H412	GHS06 Dgr	H301 H412			
611-099-00-0	(methylenebis(4,1-phenyleneazo(1-(3-(dimethylamino)propyl)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-2-oxopyridine-5,3-diyl)))1,1'-dipyridinium dichloride dihydrochloride	401-500-5	118658-99-4	Carc. 1B Aquatic Chronic 2	H350 H411	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-100-00-4	potassium sodium 3,3'-(3(or4)-methyl-1,2-phenylenebis(imino(6-chloro)-1,3,5-triazine-4,2-diylimino(2-acetamido-5-methoxy)-4,1-phenylenazo)dinaphthalene-1,5-disulfonate	403-810-6	140876-13-7	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
611-101-00-X	2'-(4-chloro-3-cyano-5-formyl-2-thienyl)azo-5'-diethylaminoacetanilide	405-200-5	104366-25-8	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-103-00-0	trisodium (1-(3-carboxylato-2-oxido-5-sulfonatophenylazo)-5-hydroxy-7-sulfonato-naphthalen-2-amido)nickel(II)	407-110-1	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			
611-104-00-6	reaction mass of: trisodium (2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)(2(or 4or 6)-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxy-4(or 2or 6)-(4-(4-nitro-2-sulfonatoanilino)phenylazo)phenolato)ferrate(1-); trisodium bis(2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)ferrate(1-); trisodium (2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)(2(or 4 or 6)-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxy-4(or 2 or 6)-(4-nitro-2-sulfonato)phenolato)ferrate(1-); trisodium (2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)(2(or 4 or 6)-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxy-4(or 2 or 6)-(3-sulfonatophenylazo)phenolato)ferrate(1-); disodium 3,3'-(2,4-dihydroxy-1,3(or 1,5 or 3,5)-phenylenediazo)dibenzenesulfonate	406-870-1	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
611-105-00-1	sodium 4-(4-chloro-6-(N-ethylanilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-(1-(2-chlorophenyl)-5-hydroxy-3-methyl-1H-pyrazol-4-ylazo)benzenesulfonate	407-800-2	136213-75-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-106-00-7	hexasodium 4,4'-dihydroxy-3,3'-bis[2-sulfonato-4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo]-7,7'[p-phenylenebis(imino(6-chloro-1,3,5-triazine-4,2-diy))imino]]dinaphthalene-2-sulfonate	410-180-6	157627-99-1	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
611-107-00-2	potassium sodium 4-(4-chloro-6-(3,6-disulfonato-7-(5,8-disulfonato-naphthalen-2-ylazo)-8-hydroxy-naphthalen-1-ylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-5-hydroxy-6-(4-(2-sulfatoethanesulfonyl)-phenylazo)-naphthalene-1,7-disulfonate	412-490-7	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-108-00-8	disodium 5-(((4-(4-chloro-3-sulfonatophenyl)azo)-1-naphthyl)azo)-8-(phenylamino)-1-naphthalenesulfonate	413-600-6	6527-62-4	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
611-109-00-3	reaction products of: copper(II) sulfate and tetrasodium 2,4-bis[6-(2-methoxy-5-sulfonatophenylazo)-5-hydroxy-7-sulfonato-2-naphthylamino]-6-(2-hydroxyethylamino)-1,3,5-triazine (2:1)	407-710-3	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
611-110-00-9	tetra-sodium/lithium 4,4'-bis-(8-amino-3,6-disulfonato-1-naphthol-2-ylazo)-3-methylazobenzene	408-210-8	124605-82-9	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
611-111-00-4	disodium 2-[[4-(2-chloroethylsulfonyl)phenyl]-[(2-hydroxy-5-sulfo-3-[3-[2-(2-sulfooxy)ethylsulfonyl]ethylazo]-4-sulfobenzoato(3-)cuprate(1-)	414-230-8	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-112-00-X	tetrasodium 4-hydroxy-5-[4-[3-(2-sulfatoethanesulfonyl)phenylamino]-6-morpholin-4-yl-1,3,5-triazin-2-ylamino]-3-(1-sulfonatophthalen-2-ylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	413-070-6	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-113-00-5	lithium sodium (2-(((5-((2,5-dichlorophenyl)azo)-2-hydroxyphenyl)methylene)amino)benzoato(2-))(2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)azo)-5-sulfobenzoato(3-)) chromate(2-)	414-280-0	149626-00-6	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-114-00-0	lithium sodium (4-((5-chloro-2-hydroxyphenyl)azo)-2,4-dihydro-5-methyl-3H-pyrazol-3-onato(2-))(3-((4,5-dihydro-3-methyl-1-(4-methylphenyl)-5-oxo-1H-pyrazol-4-yl)azo)-4-hydroxy-5-nitrobenzenesulfonato(3-)) chromate(2-)	414-250-7	149564-66-9	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H412			
611-115-00-6	trilithium bis(4-((4-(diethylamino)-2-hydroxyphenyl)azo)-3-hydroxy-1-naphthalenesulfonato(3-))chromate(3-)	414-290-5	149564-65-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
611-116-00-1	reaction mass of: trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(2,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-4-ylamino)-propylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatophthalene-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate; trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(2,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-4-ylamino)-1-methyl-ethylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatophthalene-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate; trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(4,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-2-ylamino)-propylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatophthalene-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate; trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(4,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-2-ylamino)-1-methyl-ethylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatophthalene-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate	414-620-8	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
611-117-00-7	1,3-bis{6-fluoro-4-[1,5-disulfo-4-(3-aminocarbonyl-1-ethyl-6-hydroxy-4-methyl-pyrid-2-on-5-ylazo)-phenyl-2-ylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}propane lithium-, sodium salt	415-100-3	149850-29-3	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
611-118-00-2	sodium 1,2-bis[4-[4-(4-sulfophenylazo)-2-sulfophenylazo]-2-ureido-phenyl-amino]-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino]-propane, sodium salt	413-990-8		Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-119-00-8	tetrasodium 4-[4-chloro-6-(4-methyl-2-sulfophenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-6-(4,5-dimethyl-2-sulfophenylazo)-5-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate	415-400-4	148878-22-2	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
611-120-00-3	5-{4-[5-amino-2-[4-(2-sulfoxyethylsulfonyl)phenylazo]-4-sulfo-phenylamino]-6-chloro-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-hydroxy-3-(1-sulfo-naphthalen-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonicacid sodium salt	418-340-7	157707-94-3	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
611-121-00-9	main component 6 (isomer): asym. 1:2 Cr(III)-complex of: A: 3-hydroxy-4-(2-hydroxynaphthalene-1-ylazo)naphthalene-1-sulfonic acid, Na-salt and B: 1-[2-hydroxy-5-(4-methoxy-phenylazo)phenylazo]naphthalene-2-ol; main component 8 (isomer): asym. 1:2 Cr-complex of: A: 3-hydroxy-4-(2-hydroxynaphthalene-1-ylazo)-naphthalene-1-sulfonic acid, Na-salt and B: 1-[2-hydroxy-5-(4-methoxy-phenylazo)-phenylazo]-naphthalene-2-ol	417-280-9	30785-74-1	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
611-122-00-4	hexasodium (di[N-(3-(4-[5-(5-amino-3-methyl-1-phenylpyrazol-4-yl-azo)-2,4-disulfo-anilino]-6-chloro-1,3,5-triazin-2-ylamino)phenyl)-sulfamoyl](di-sulfo)-phthalocyaninato)nickel	417-250-5	151436-99-6	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
611-123-00-X	3-(2,4-bis(4-((5-(4,6-bis(2-aminopropylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-4-hydroxy-2,7-disulfonaphthalen-3-yl)azo)phenylamino)-1,3,5-triazin-6-ylamino)propyl-diethylammonium lactate	424-310-4	178452-66-9	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-124-00-5	reaction mass of: pentasodium 5-amino-3-(5-{4-chloro-6-[4-(2-sulfoxyethoxysulfonato)phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-2-sulfonatophenylazo)-6-[5-(2,3-dibromopropionylamino)-2-sulfonatophenylazo]-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate; pentasodium 5-amino-6-[5-(2-bromoacryloylamino)-2-sulfonatophenylazo]-3-(5-{4-chloro-6-[4-(2-sulfoxyethoxysulfonato)phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-2-sulfonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate; tetrasodium 5-amino-3-[5-{4-chloro-6-[4-(vinylsulfonyl)phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-2-sulfonatophenylazo)-6-[5-(2,3-dibromopropionylamino)-2-sulfonatophenylazo]-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate	424-320-9		Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
611-125-00-0	reaction mass of: Disodium 6-[3-carboxy-4,5-dihydro-5-oxo-4-sulfonatophenyl]pyrazolin-4-yl-azo]-3-[2-oxido-4-(ethensulfonyl)-5-methoxyphenylazo]-4-oxidonaphthalene-2-sulfonate copper (II) complex; Disodium 6-[3-carboxy-4,5-dihydro-5-oxo-4-sulfonatophenyl]pyrazolin-4-yl-azo]-3-[2-oxido-4-(2-hydroxyethylsulfonyl)-5-methoxyphenylazo]-4-oxidonaphthalene-2-sulfonate copper (II) complex	423-940-7	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
611-126-00-6	2,6-bis-(2-(4-(4-amino-phenylamino)-phenylazo)-1,3-dimethyl-3H-imidazolium)-4-dimethylamino-1,3,5-triazine, dichloride	424-120-1	174514-06-8	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
611-127-00-1	pentasodium 4-amino-6-(5-(4-(2-ethyl-phenylamino)-6-(2-sulfatoethanesulfonyl)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-sulfonatophenylazo)-5-hydroxy-3-(4-(2-sulfatoethanesulfonyl)phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	423-790-2	—	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			G

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-128-00-7	N,N'-bis(6-chloro-4-[6-(4-vinylsulfonylphenylazo)-2,7-disulfonicacid-5-hydroxynaphth-4-ylamino]-1,3,5-triazin-2-yl)-N-(2-hydroxyethyl)ethane-1,2-diamine, sodium salt	419-500-9	171599-85-2	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			
611-129-00-2	reaction mass of: 5-[(4-[(7-amino-1-hydroxy-3-sulfo-2-naphthyl)azo]-2,5-diethoxyphenyl)azo]-2-[(3-phosphonophenyl)azo]benzoic acid; 5-[(4-[(7-amino-1-hydroxy-3-sulfo-2-naphthyl)azo]-2,5-diethoxyphenyl)azo]-3-[(3-phosphonophenyl)azo]benzoic acid	418-230-9	163879-69-4	Expl. 1.3 (****) Repr. 2 STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H203 H361f (***) H373 (**) H317 H411	GHS01 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H203 H361f (***) H373 (**) H317 H411			
611-130-00-8	tetra-ammonium 2-[6-[7-(2-carboxylatophenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonato-1-naphthylamino]-4-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]benzoate	418-520-5	183130-96-3	Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H410			
611-131-00-3	2-[2-hydroxy-3-(2-chlorophenyl)carbamoil-1-naphthylazo]-7-[2-hydroxy-3-(3-methylphenyl)carbamoil-1-naphthylazo]fluoren-9-one	420-580-2	151798-26-4	Repr. 1B Aquatic Chronic 4	H360D (***) H413	GHS08 Dgr	H360D (***) H413			
611-132-00-9	pentasodium bis{7-[4-(1-butyl-5-cyano-1,2-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxo-3-pyridylazo)phenylsulfonilamino]-5'-nitro-3,3'-disulfonatonaphthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato} chromate (III)	419-210-2	178452-71-6	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
611-133-00-4	Product by process iron complex of azo dyestuffs obtained by coupling a mixture of diazotized 2-amino-1-hydroxybenzene-4-sulfanilide and 2-amino-1-hydroxybenzene-4-sulfonamide with resorcin, the obtained mixture being subsequently submitted to a second coupling reaction with a mixture of diazotized 3-aminobenzene-1-sulfonic acid (metanilic acid) and 4'-amino-4-nitro-1,1'-diphenylamine-2-sulfonic acid and metallization with ferric chloride, sodium salt	419-260-5	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
611-134-00-X	trisodium 2-{α[2-hydroxy-3-[4-chloro-6-[4-(2,3-dibromopropionylamino)-2-sulfonato-phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-5-sulfonatophenylazo]-benzylidenehydrazino}-4-sulfonatobenzoate, copper complex	423-770-3	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H411			
611-135-00-5	reaction product of: 2-[[4-amino-2-ureido-phenylazo]-5-[(2-(sulfooxyethyl)sulfonyl]] benzenesulfonic acid with 2,4,6-trifluoropyrimidine and partial hydrolysis to the corresponding vinylsulfonyl derivative, mixed potassium/sodium salt	424-250-9	—	Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H412	GHS05 Dgr	H318 H412			
611-136-00-0	2-{4-(2-ammoniopropylamino)-6-[4-hydroxy-3-(5-methyl-2-methoxy-4-sulfamoylphenylazo)-2-sulfonataphth-7-ylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-2-amino-propyl formate	424-260-3	—	Repr. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H361f (***) H318 H411	GHS05 GHS08 GHS09 Dgr	H361f (***) H318 H411			
611-137-00-6	6-tert-butyl-7-chloro-3-tridecyl-7,7a-dihydro-1H-pyrazolo[5,1-c]-1,2,4-triazole	419-870-1	159038-16-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
611-138-00-1	2-(4-aminophenyl)-6-tert-butyl-1H-pyrazolo [1,5-b][1,2,4]triazole	415-910-7	152828-25-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
611-140-00-2	azafenidin (ISO); 2-(2,4-dichloro-5-prop-2-ynyloxyphenyl)-5,6,7,8-tetrahydro-1,2,4-triazolo[4,3-a]pyridin-3(2H)-one	—	68049-83-2	Repr. 1B STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360Df H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H360Df H373 (**) H410		M=1000	
612-001-00-9	mono-methylamine; [1] di-methylamine; [2] tri-methylamine [3]	200-820-0 [1] 204-697-4 [2] 200-875-0 [3]	74-89-5 [1] 124-40-3 [2] 75-50-3 [3]	Flam. Gas 1 Press. Gas Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H220 H332 H335 H315 H318	GHS02 GHS04 GHS05 GHS07 Dgr	H220 H332 H335 H315 H318		* Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 % Eye Dam. 1; H318: C ≥ 5 % Eye Irrit. 2; H319: 0,5 % ≤ C < 5 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	U 5

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-001-01-6	mono-methylamine ...%; [1] di-methylamine ...%; [2] tri-methylamine ...% [3]	200-820-0 [1] 204-697-4 [2] 200-875-0 [3]	74-89-5 [1] 124-40-3 [2] 75-50-3 [3]	Flam. Liq. 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H224 H332 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H224 H332 H302 H314		* STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	B
612-002-00-4	ethylamine	200-834-7	75-04-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H220 H319 H335	GHS02 GHS04 GHS07 Dgr	H220 H319 H335			U
612-003-00-X	diethylamine	203-716-3	109-89-7	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H225 H332 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
612-004-00-5	triethylamine	204-469-4	121-44-8	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H225 H332 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
612-005-00-0	butylamine	203-699-2	109-73-9	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H225 H332 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %	
612-006-00-6	ethylenediamine; 1,2-diaminoethane	203-468-6	107-15-3	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H226 H312 H302 H314 H334 H317	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H312 H302 H314 H334 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-007-00-1	2-aminopropane; isopropylamine	200-860-9	75-31-0	Flam. Liq. 1 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H224 H319 H335 H315	GHS02 GHS07 Dgr	H224 H319 H335 H315			
612-008-00-7	aniline	200-539-3	62-53-3	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H351 H341 H331 H311 H301 H372 (**) H318 H317 H400	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H341 H331 H311 H301 H372 (**) H318 H317 H400	* STOT RE 1; H372: C ≥ 1 % STOT RE 2; H373:/ais:Frag- ment/table/ tgroup/tbody/row [835]/entry[10]/P [3] 0,2 % ≤ C < 1 %		
612-009-00-2	salts of aniline	—	—	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H351 H341 H331 H311 H301 H372 (**) H318 H317 H400	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H341 H331 H311 H301 H372 (**) H318 H317 H400	* STOT RE 1; H372: C ≥ 1 % STOT RE 2; H373; 0,2 % ≤ C < 1 %	A	
612-010-00-8	chloroanilines (with exception of those specified elsewhere in this Annex)	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H410		C	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-011-00-3	4-nitrosoaniline	211-535-6	659-49-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			
612-012-00-9	<i>o</i> -nitroaniline; [1] <i>m</i> -nitroaniline; [2] <i>p</i> -nitroaniline [3]	201-855-4 [1] 202-729-1 [2] 202-810-1 [3]	88-74-4 [1] 99-09-2 [2] 100-01-6 [3]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H331 H311 H301 H373 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H412			C
612-013-00-4	3-aminobenzene sulphonic acid; metanilic acid	204-473-6	121-47-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			
612-014-00-X	sulphanilic acid; 4-aminobenzenesulphonic acid	204-482-5	121-57-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H315 H317			
612-015-00-5	<i>N</i> -methylaniline	202-870-9	100-61-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H410			
612-016-00-0	<i>N,N</i> -dimethylaniline	204-493-5	121-69-7	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H351 H331 H311 H301 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H331 H311 H301 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-017-00-6	N-methyl-N,2,4,6-tetranitroaniline; tetryl	207-531-9	479-45-8	Expl. 1.1 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*)	H201 H331 H311 H301 H373 (**)	GHS01 GHS06 GHS08 Dgr	H201 H331 H311 H301 H373 (**)			
612-018-00-1	bis(2,4,6-trinitrophenyl)amine; hexyl	205-037-8	131-73-7	Expl. 1.1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H411	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H411			
612-019-00-7	dipicrylamine, ammonium salt	220-639-0	2844-92-0	Expl. 1.1 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H411	GHS01 GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H201 H330 H310 H300 H373 (**) H411	EUH001		
612-020-00-2	1-naphthylamine	205-138-7	134-32-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
612-022-00-3	2-naphthylamine	202-080-4	91-59-8	Carc. 1A Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H411		Carc. 1A; H350: C ≥ 0,01 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-023-00-9	phenylhydrazine; [1] phenylhydrazinium chloride; [2] phenylhydrazine hydrochloride; [3] phenylhydrazinium sulphate (2:1) [4]	202-873-5 [1] 200-444-7 [2] 248-259-0 [3] 257-622-2 [4]	100-63-0 [1] 59-88-1 [2] 27140-08-5 [3] 52033-74-6 [4]	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H350 H341 H331 H311 H301 H372 (**) H319 H315 H317 H400	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H331 H311 H301 H372 (**) H319 H315 H317 H400			
612-024-00-4	m-toluidine; 3-aminotoluene	203-583-1	108-44-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H400			
612-025-00-X	nitrotoluidines, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H411			C
612-026-00-5	diphenylamine	204-539-4	122-39-4	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H373 (**) H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-027-00-0	xylidines with the exception of those specified elsewhere in this Annex; dimethyl anilines with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H411			C
612-028-00-6	p-phenylenediamine	203-404-7	106-50-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H319 H317 H410			
612-029-00-1	benzene-1,4-diamine dihydrochloride; p-phenylenediamine dihydrochloride	210-834-9	624-18-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H319 H317 H410			
612-030-00-7	2-methyl-p-phenylenediamine sulphate [1]	210-431-8 [1] 228-871-4 [2]	615-50-9 [1] 6369-59-1 [2]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H301 H332 H312 H317 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H332 H312 H317 H411			
612-031-00-2	N,N-dimethylbenzene-1,3-diamine; [1] 4-amino-N,N-dimethylaniline; 3-amino-N,N'-dimethylaniline [2]	220-623-3 [1] 202-807-5 [2]	2836-04-6 [1] 99-98-9 [2]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H331 H311 H301	GHS06 Dgr	H331 H311 H301			C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-032-00-8	N,N,N',N'-tetramethyl-p-phenylenediamine	202-831-6	100-22-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			
612-033-00-3	2-aminophenol	202-431-1	95-55-6	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H341 H332 H302	GHS08 GHS07 Wng	H341 H332 H302			
612-034-00-9	2-amino-4,6-dinitrophenol; picramic acid (< 20 % water)	202-544-6	96-91-3	Expl. 1.1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H201 H332 H312 H302 H412	GHS01 GHS07 Wng	H201 H332 H312 H302 H412			T
612-034-01-6	2-amino-4,6-dinitrophenol; picramic acid; [≥ 20 % water]	202-544-6	96-91-3	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H332 H312 H302 H412	GHS07 Wng	H332 H312 H302 H412			G
612-035-00-4	2-methoxyaniline; o-anisidine	201-963-1	90-04-0	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H350 H341 H331 H311 H301	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H341 H331 H311 H301			
612-036-00-X	3,3'-dimethoxybenzidine; o-dianisidine	204-355-4	119-90-4	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*)	H350 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H302			
612-037-00-5	salts of 3,3'-dimethoxybenzidine; salts of o-dianisidine	—	—	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*)	H350 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H302			A



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-038-00-0	2-nitro- <i>p</i> -anisidine; 4-methoxy-2-nitroaniline	202-547-2	96-96-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H330 H310 H300 H373 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H412			
612-039-00-6	2-ethoxyaniline; <i>o</i> -phenetidine	202-356-4	94-70-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*)	H331 H311 H301 H373 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**)			
612-040-00-1	2,4-dinitroaniline	202-553-5	97-02-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H330 H310 H300 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H411			
612-041-00-7	4,4'-bi- <i>o</i> -toluidine	204-358-0	119-93-7	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H411			
612-042-00-2	benzidine; 1,1'-biphenyl-4,4'-diamine; 4,4'-diaminobiphenyl; biphenyl-4,4'-ylenediamine	202-199-1	92-87-5	Carc. 1A Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H410		Carc. 1A; H350: C ≥ 0,01 %	
612-043-00-8	<i>N,N'</i> -dimethylbenzidine	—	2810-74-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			
612-044-00-3	<i>N,N'</i> -diacetylbenzidine	210-338-2	613-35-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H332 H312 H302	GHS07 Wng	H332 H312 H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-046-00-4	allylamine	203-463-9	107-11-9	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H225 H331 H311 H301 H411	GHS02 GHS06 GHS09 Dgr	H225 H331 H311 H301 H411			
612-047-00-X	benzylamine	202-854-1	100-46-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314			
612-048-00-5	dipropylamine	205-565-9	142-84-7	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H225 H332 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H314	STOT SE 3; H335: C ≥ 1 %		
612-049-00-0	di-n-butylamine; [1] di-sec-butylamine [2]	203-921-8 [1] 210-937-9 [2]	111-92-2 [1] 626-23-3 [2]	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H226 H332 H312 H302	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H312 H302			
612-050-00-6	cyclohexylamine	203-629-0	108-91-8	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H226 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H312 H302 H314			
612-051-00-1	4,4'-diaminodiphenylmethane; 4,4'-methylenedianiline	202-974-4	101-77-9	Carc. 1B Muta. 2 STOT SE 1 STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350 H341 H370 (**) H373 (**) H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H341 H370 (**) H373 (**) H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-052-00-7	(S)- <i>sec</i> -butylamine; [1] (S)-2-aminobutane; [1] (R)- <i>sec</i> -butylamine; [2] (R)-2-aminobutane; [2] <i>sec</i> -butylamine; [3] 2-aminobutane [3]	208-164-7 [1] 236-232-6 [2] 237-732-7 [3]	513-49-5 [1] 13250-12-9 [2] 13952-84-6 [3]	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H225 H332 H302 H314 H400	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H225 H332 H302 H314 H400			C
612-053-00-2	N-ethylaniline	203-135-5	103-69-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*)	H331 H311 H301 H373 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**)			
612-054-00-8	N,N-diethylaniline	202-088-8	91-66-7	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H411	*		
612-055-00-3	N-methyl- <i>o</i> -toluidine; [1] N-methyl- <i>m</i> -toluidine; [2] N-methyl- <i>p</i> -toluidine [3]	210-260-9 [1] 211-795-0 [2] 210-769-6 [3]	611-21-2 [1] 696-44-6 [2] 623-08-5 [3]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H331 H311 H301 H373 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H412			C
612-056-00-9	N,N-dimethyl- <i>p</i> -toluidine; [1] N,N-dimethyl- <i>m</i> -toluidine; [2] N,N-dimethyl- <i>o</i> -toluidine [3]	202-805-4 [1] 204-495-6 [2] 210-199-8 [3]	99-97-8 [1] 121-72-2 [2] 609-72-3 [3]	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H331 H311 H301 H373 (**) H412	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H412	*		C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-057-00-4	piperazine	203-808-3	110-85-0	Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H314 H334 H317 H412	GHS08 GHS05 Dgr	H314 H334 H317 H412			
612-058-00-X	2,2'-iminodiethylamine; diethylenetriamine	203-865-4	111-40-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H312 H302 H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314 H317			
612-059-00-5	3,6-diazaoctanethylenediamin; triethylenetetramine	203-950-6	112-24-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H312 H314 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H314 H317 H412			
612-060-00-0	3,6,9-triazaundecamethylenediamine; tetraethylenepentamine	203-986-2	112-57-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H314 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H314 H317 H411			
612-061-00-6	3-aminopropyldimethylamine; N,N-dimethyl-1,3-diaminopropane	203-680-9	109-55-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H226 H302 H314 H317	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H302 H314 H317			
612-062-00-1	3-aminopropyldiethylamine; N,N-diethyl-1,3-diaminopropane	203-236-4	104-78-9	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H226 H312 H302 H314 H317	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H312 H302 H314 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-063-00-7	3,3'-iminodi(propylamine); dipropylentriamine	200-261-2	56-18-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Skin Sens. 1	H330 H311 H302 H314 H317	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H311 H302 H314 H317			
612-064-00-2	3,6,9,12-tetra-azatetradecamethylenediamine; pentactylenhexamine	223-775-9	4067-16-7	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H410			
612-065-00-8	polyethylenepolyamines with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H314 H317 H410			
612-066-00-3	dicyclohexylamine	202-980-7	101-83-7	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H410			
612-067-00-9	3-aminomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexylamine	220-666-8	2855-13-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H312 H302 H314 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314 H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-068-00-4	3,3'-dichlorobenzidine; 3,3'-dichlorobiphenyl-4,4'-ylenediamine	202-109-0	91-94-1	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H312 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H312 H317 H410			
612-069-00-X	salts of 3,3'-dichlorobenzidine; salts of 3,3'-dichlorobiphenyl-4,4'-ylenediamine	—	—	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H312 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H312 H317 H410			A
612-070-00-5	salts of benzidine	208-519-6 208-520-1 244-236-4 252-984-8	531-85-1 531-86-2 21136-70-9 36341-27-2	Carc. 1A Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H410			A
612-071-00-0	salts of 2-naphthylamine	209-030-0 210-313-6	553-00-4 612-52-2	Carc. 1A Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H411			A
612-072-00-6	biphenyl-4-ylamine; xenylamine; 4-aminobiphenyl	202-177-1	92-67-1	Carc. 1A Acute Tox. 4 (*)	H350 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H302			
612-073-00-1	salts of biphenyl-4-ylamine; salts of xenylamine; salts of 4-aminobiphenyl	—	—	Carc. 1A Acute Tox. 4 (*)	H350 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H302			A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-074-00-7	benzylidimethylamine	203-149-1	103-83-3	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H226 H332 H312 H302 H314 H412	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H332 H312 H302 H314 H412			
612-075-00-2	2-aminoethylidimethylamine; 2-dimethylaminoethylamine	203-541-2	108-00-9	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H225 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H312 H302 H314			
612-076-00-8	ethylidimethylamine	209-940-8	598-56-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H225 H332 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H332 H302 H314			
612-077-00-3	dimethylnitrosoamine; N-nitrosodimethylamine	200-549-8	62-75-9	Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Aquatic Chronic 2	H350 H330 H301 H372 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H330 H301 H372 (**) H411	Carc. 1B; H350: C ≥ 0,001 %		
612-078-00-9	2,2'-dichloro-4,4'-methylenedianiline; 4,4'-methylene bis(2-chloroaniline)	202-918-9	101-14-4	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H410			
612-079-00-4	salts of 2,2'-dichloro-4,4'-methylenedianiline; salts of 4,4'-methylenebis(2-chloroaniline)	—	—	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H410		A	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-080-00-X	4-amino- <i>N,N</i> -diethylaniline; <i>N,N</i> -diethyl- <i>p</i> -phenyldiamine	202-214-1	93-05-0	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H301 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H301 H314			
612-081-00-5	salts of 4,4'-bi- <i>o</i> -toluidine; salts of 3,3'-dimethylbenzidine; salts of <i>o</i> -toluidine	210-322-5 265-294-7 277-985-0	612-82-8 64969-36-4 74753-18-7	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H411			A
612-082-00-0	thiourea; thiocarbamide	200-543-5	62-56-6	Carc. 2 Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H351 H361d (***) H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H361d (***) H302 H411			
612-083-00-6	1-methyl-3-nitro-1-nitrosoguanidine	200-730-1	70-25-7	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H350 H332 H319 H315 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H332 H319 H315 H411		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 %	
612-084-00-1	dapsone; 4,4'-diamino diphenyl sulfone	201-248-4	80-08-0	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
612-085-00-7	4,4'-methylenedi- <i>o</i> -toluidine	212-658-8	838-88-0	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H317 H410			
612-086-00-2	amitraz (ISO); <i>N,N</i> -bis(2,4-xylyliminomethyl) methylamine	251-375-4	33089-61-1	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H317 H410		M=10	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-087-00-8	guazatine (ISO)		108173-90-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H312 H302 H335 H315 H318 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H312 H302 H335 H315 H318 H410			
612-088-00-3	simazine (ISO); 6-chloro-N,N'-diethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine	204-535-2	122-34-9	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			
612-089-00-9	1,5-naphthylenediamine	218-817-8	2243-62-1	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			
612-090-00-4	2,2'-(nitrosoimino)bisethanol	214-237-4	1116-54-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			
612-091-00-X	o-toluidine; 2-aminotoluene	202-429-0	95-53-4	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1	H350 H331 H301 H319 H400	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H301 H319 H400			
612-092-00-5	N,N'-(2,2-dimethylpropylidene)hexamethylenediamine	401-660-6	1000-78-8	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H315 H317	GHS07 Wng	H315 H317			
612-093-00-0	3,5-dichloro-4-(1,1,2,2-tetrafluoroethoxy)aniline	401-790-3	104147-32-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-094-00-6	4-(2-chloro-4-trifluoromethyl)phenoxy-2-fluoroaniline hydrochloride	402-190-4	—	STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H372 (**) H302 H318 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H372 (**) H302 H318 H317 H410			
612-095-00-1	benzyl-2-hydroxydodecyltrimethylammonium benzoate	402-610-6	113694-52-3	Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H302 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H302 H410			
612-096-00-7	4,4'-carbonimidoylbis[N,N-dimethylaniline]	207-762-5	492-80-8	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H351 H302 H319 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H319 H411			
612-097-00-2	salts of 4,4'-carbonimidoylbis[N,N-dimethylaniline]	—	—	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H351 H302 H319 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H319 H411		A	
612-098-00-8	nitrosodipropylamine	210-698-0	621-64-7	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H411	Carc. 1B; H350: C ≥ 0,001 %		
612-099-00-3	4-methyl-m-phenylenediamine; 2,4-toluenediamine	202-453-1	95-80-7	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350 H301 H312 H319 H317 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H301 H312 H319 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-100-00-7	propylenediamine	201-155-9	78-90-0	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A	H226 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H312 H302 H314			
612-101-00-2	methenamine; hexamethylenetetramine	202-905-8	100-97-0	Flam. Sol. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H228 H334 H317	GHS02 GHS08 Dgr	H228 H334 H317			
612-102-00-8	N,N-bis(3-aminopropyl)methylamine	203-336-8	105-83-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H331 H311 H302 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H331 H311 H302 H314			
612-103-00-3	N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine	203-744-6	110-18-9	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H225 H332 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H332 H302 H314			
612-104-00-9	hexamethylenediamine	204-679-6	124-09-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Corr. 1B	H312 H302 H335 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H335 H314			
612-105-00-4	2-piperazin-1-ylethylamine	205-411-0	140-31-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H312 H302 H314 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314 H317 H412			
612-106-00-X	2,6-diethylaniline	209-445-7	579-66-8	Acute Tox. 4 (*)	H302	—	H302			
612-107-00-5	1-phenylethylamine; [1] DL- $\alpha$ -methylbenzylamine [2]	202-706-6 [1] 210-545-8 [2]	98-84-0 [1] 618-36-0 [2]	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-108-00-0	3-aminopropyltriethoxysilane	213-048-4	919-30-2	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314			
612-109-00-6	bis(2-dimethylaminoethyl)(methyl)amine	221-201-1	3030-47-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H311 H302 H314	GHS06 GHS05 Dgr	H311 H302 H314			
612-110-00-1	2,2'-dimethyl-4,4'-methylenebis(cyclohexylamine)	229-962-1	6864-37-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Chronic 2	H331 H311 H302 H314 H411	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H311 H302 H314 H411			
612-111-00-7	2-methyl- <i>m</i> -phenylenediamine; 2,6-toluenediamine	212-513-9	823-40-5	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H341 H312 H302 H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H341 H312 H302 H317 H411			
612-112-00-2	<i>p</i> -anisidine; 4-methoxyaniline	203-254-2	104-94-9	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1	H330 H310 H300 H373 (**) H400	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H373 (**) H400			
612-113-00-8	6-methyl-2,4-bis(methylthio)phenylene-1,3-diamine	403-240-8	106264-79-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-114-00-3	R,R-2-hydroxy-5-(1-hydroxy-2-(4-phenylbut-2-ylamino)ethyl)benzamide hydrogen 2,3-bis(benzoyloxy)succinate	404-390-7	—	Flam. Sol. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H228 H317 H412	GHS02 GHS07 Wng	H228 H317 H412			
612-115-00-9	dimethyldioctadecylammonium hydrogen sulfate	404-050-8	123312-54-9	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 4	H319 H413	GHS07 Wng	H319 H413			
612-116-00-4	C <sub>8-18</sub> alkylbis(2-hydroxyethyl)ammonium bis(2-ethylhexyl)phosphate	404-690-8	68132-19-4	Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H314 H317 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H314 H317 H410			
612-117-00-X	C <sub>12-14</sub> — <i>tert</i> -alkylamine, methylphosphonic acid salt	404-750-3	119415-07-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H302 H314 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H411			
612-118-00-5	A reaction mass of: (1,3-dioxo-2 <i>H</i> -benz(de)isoquinolin-2-ylpropyl)hexadecyldimethylammonium 4-toluenesulfonate; (1,3-dioxo-2 <i>H</i> -benz(de)isoquinolin-2-ylpropyl)hexadecyldimethylammonium bromide	405-080-4	—	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
612-119-00-0	benzyltrimethyloctadecylammonium 3-nitrobenzenesulfonate	405-330-2	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H315 H318 H410			
612-120-00-6	aclonifen (ISO); 2-chloro-6-nitro-3-phenoxyaniline	277-704-1	74070-46-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-121-00-1	amines, polyethylenepoly-; HEPA	268-626-9	68131-73-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H314 H317 H410			
612-122-00-7	hydroxylamine	232-259-2	7803-49-8	Unst. Expl. Met. Corr. 1 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H200 H290 H302 H373 (**) H335 H315 H318 H317 H400	GHS01 GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H200 H290 H302 H373 (**) H335 H315 H318 H317 H400		T	
612-123-00-2	hydroxylammonium chloride; hydroxylamine hydrochloride; [1] bis(hydroxylammonium) sulphate; hydroxylamine sulphate (2:1); [2] hydroxylammonium hydrogensulphate; hydroxylamine sulphate (1:1) [3]	226-798-2 [1] 233-118-8 [2] 233-154-4 [3]	5470-11-1 [1] 10039-54-0 [2] 10046-00-1 [3]	Met. Corr. 1 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H290 H302 H373 (**) H319 H315 H317 H400	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Wng	H290 H302 H373 (**) H319 H315 H317 H400		G T	
612-124-00-8	N,N,N-trimethylanilinium chloride	205-319-0	138-24-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H311 H301	GHS06 Dgr	H311 H301			
612-125-00-3	2-methyl-p-phenylenediamine; 2,5-toluenediamine	202-442-1	95-70-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H301 H332 H312 H317 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H332 H312 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-126-00-9	toluene-2,4-diammonium sulphate; 4-methyl-m-phenylenediamine sulfate	265-697-8	65321-67-7	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350 H301 H312 H319 H317 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H301 H312 H319 H317 H411			
612-127-00-4	3-aminophenol	209-711-2	591-27-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H411			
612-128-00-X	4-aminophenol	204-616-2	123-30-8	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H332 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H341 H332 H302 H410			
612-129-00-5	diisopropylamine	203-558-5	108-18-9	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H225 H332 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H332 H302 H314	STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %		
612-130-00-0	2,6-diamino-3,5-diethyltoluene; 4,6-diethyl-2-methyl-1,3-benzenediamine; [1] 2,4-diamino-3,5-diethyltoluene; 2,4-diethyl-6-methyl-1,3-benzenediamine; [2] diethylmethylbenzenediamine [3]	218-255-3 [1] 218-256-9 [2] 270-877-4 [3]	2095-01-4 [1] 2095-02-5 [2] 68479-98-1 [3]	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H373 (**) H319 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H373 (**) H319 H410		C	
612-131-00-6	didecyldimethylammonium chloride	230-525-2	7173-51-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-132-00-1	<i>N,N'</i> -diphenyl- <i>p</i> -phenylenediamine; <i>N,N'</i> -diphenyl-1,4-benzenediamine	200-806-4	74-31-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
612-133-00-7	(4-ammonio- <i>m</i> -tolyl)ethyl(2-hydroxyethyl) ammonium sulphate; 4-( <i>N</i> -ethyl- <i>N</i> -2-hydroxyethyl)-2-methylphenylenediamine sulphate	247-162-0	25646-77-9	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H373 (**) H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H373 (**) H317 H410			
612-134-00-2	<i>N</i> -(2-(4-amino- <i>N</i> -ethyl- <i>m</i> -toluidino)ethyl) methanesulphonamide sesquisulphate; 4-( <i>N</i> -ethyl- <i>N</i> -2-methanesulphonylaminoethyl)-2-methylphenylenediamine sesquisulphate monohydrate	247-161-5	25646-71-3	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
612-135-00-8	<i>N</i> -2-naphthylaniline; <i>N</i> -phenyl-2-naphthylamine	205-223-9	135-88-6	Carc. 2 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H351 H319 H315 H317 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H319 H315 H317 H411			
612-136-00-3	<i>N</i> -isopropyl- <i>N'</i> -phenyl- <i>p</i> -phenylenediamine	202-969-7	101-72-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410		Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,1 %	
612-137-00-9	4-chloroaniline	203-401-0	106-47-8	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H331 H311 H301 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H311 H301 H317 H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-138-00-4	furalaxyl (ISO); methyl N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(2-furyl-carbonyl)-DL-alaninate	260-875-1	57646-30-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
612-139-00-X	mefenacet (ISO); 2-(benzothiazol-2-yloxy)-N-methyl-N-phenylacetamide	277-328-8	73250-68-7	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
612-140-00-5	quaternary ammonium compounds, benzyl-C <sub>8-18</sub> -alkyldimethyl, chlorides	264-151-6	63449-41-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1	H312 H302 H314 H400	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H314 H400			
612-141-00-0	4,4'-methylenebis(2-ethylaniline); 4,4'-methylenebis(2-ethylbenzeneamine)	243-420-1	19900-65-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H410			
612-142-00-6	biphenyl-2-ylamine	201-990-9	90-41-5	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H351 H302 H412	GHS08 GHS07 Wng	H351 H302 H412			
612-143-00-1	N <sup>5</sup> ,N <sup>5</sup> -diethyltoluene-2,5-diamine monohydrochloride; 4-diethylamino-2-methylaniline monohydrochloride	218-130-3	2051-79-8	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H319 H317 H410			
612-144-00-7	flumetralin (ISO); N-(2-chloro-6-fluorobenzyl)-N-ethyl- $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro-2,6-dinitro- <i>p</i> -toluidine	—	62924-70-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-145-00-2	<i>o</i> -phenylenediamine	202-430-6	95-54-5	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H341 H301 H332 H312 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H341 H301 H332 H312 H319 H317 H410			
612-146-00-8	<i>o</i> -phenylenediamine dihydrochloride	210-418-7	615-28-1	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H341 H301 H332 H312 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H341 H301 H332 H312 H319 H317 H410			
612-147-00-3	<i>m</i> -phenylenediamine	203-584-7	108-45-2	Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H331 H311 H301 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H331 H311 H301 H319 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-148-00-9	<i>m</i> -phenylenediamine dihydrochloride	208-790-0	541-69-5	Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H331 H311 H301 H319 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H331 H311 H301 H319 H317 H410			
612-149-00-4	1,3-diphenylguanidine	203-002-1	102-06-7	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H361f (***) H302 H319 H335 H315 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361f (***) H302 H319 H335 H315 H411			
612-150-00-X	spiroxamine (ISO); 8- <i>tert</i> -butyl-1,4-dioxaspiro[4.5]decan-2-ylmethyl(ethyl)(propyl)amine	—	118134-30-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H315 H317 H410			
612-151-00-5	diaminotoluene, technical product — reaction mass of [2] and [3]; methyl-phenylenediamine; [1] 4-methyl- <i>m</i> -phenylene diamine; [2] 2-methyl- <i>m</i> -phenylene diamine [3]	246-910-3 [1] 202-453-1 [2] 212-513-9 [3]	25376-45-8 [1] 95-80-7 [2] 823-40-5 [3]	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H350 H301 H332 H312 H319 H317 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H301 H332 H312 H319 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-152-00-0	N,N-diethyl-N',N'-dimethylpropan-1,3-diyl-diamine	406-610-7	62478-82-4	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Chronic 3	H226 H332 H302 H373 (**) H314 H412	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H332 H302 H373 (**) H314 H412			
612-153-00-6	4-[N-ethyl-N-(2-hydroxyethyl)amino]-1-(2-hydroxyethyl)amino-2-nitrobenzene, monohydrochloride	407-020-2	132885-85-9	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H317 H412	GHS07 Wng	H302 H317 H412			
612-154-00-1	6'-(isobutylethylamino)-3'-methyl-2'-phenylamino-spiro[isobenzofuran-7,9'-[9H]-xanthene]	410-890-6	95235-29-3	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
612-155-00-7	2'-anilino-6'-((3-ethoxypropyl)ethylamino)-3'-methylspiro(isobenzofuran-3-oxofuran)-1-(1H)-9'-xanthene	411-730-8	93071-94-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
612-156-00-2	reaction mass of: trihexadecylmethylammonium chloride; dihexadecyldimethylammonium chloride	405-620-9	—	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
612-157-00-8	(Z)-1-benzo[b]thien-2-ylethanone oxime hydrochloride	410-780-8	—	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H373 (**) H318 H317 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H373 (**) H318 H317 H411			
612-158-00-3	reaction mass of: bis(5-dodecyl-2-hydroxybenzald-oximate) copper (II) C <sub>12</sub> -alkyl group is branched; 4-dodecylsalicylaldoxime	410-820-4	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-159-00-9	Reaction products of: trimethylhexamethylene diamine (a mixture of 2,2,4-trimethyl-1,6-hexanediamine and 2,4,4-trimethyl-1,6-hexanediamine, EINECS listed), Epoxide 8 (mono[(C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub> -alkyloxy)methyl]oxirane derivatives) and <i>p</i> -toluene-sulfonic acid	410-880-1	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H410			
612-160-00-4	<i>p</i> -toluidine; 4-aminotoluene; [1] toluidinium chloride; [2] toluidine sulphate (1:1) [3]	203-403-1 [1] 208-740-8 [2] 208-741-3 [3]	106-49-0 [1] 540-23-8 [2] 540-25-0 [3]	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H351 H331 H311 H301 H319 H317 H400	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H331 H311 H301 H319 H317 H400			
612-161-00-X	2,6-xylidine; 2,6-dimethylaniline	201-758-7	87-62-7	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H351 H332 H312 H302 H335 H315 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H332 H312 H302 H335 H315 H411			
612-162-00-5	dimethyldioctadecylammonium chloride; DODMAC	203-508-2	107-64-2	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
612-163-00-0	metalaxyl-M (ISO); mefenoxam; ( <i>R</i> )-2-[(2,6-dimethylphenyl)-methoxyacetyl-amino]propionic acid methyl ester	—	70630-17-0	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1	H302 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-164-00-6	2-butyl-2-ethyl-1,5-diaminopentane	412-700-7	137605-95-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H312 H302 H373 (**) H314 H317 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H373 (**) H314 H317 H412			
612-165-00-1	N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-(1,1'-diphenyl)-4,4'-diamine	413-810-8	65181-78-4	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
612-166-00-7	reaction mass of: <i>cis</i> -(5-ammonium-1,3,3-trimethyl)-cyclohexanemethylammonium phosphate (1:1); <i>trans</i> -(5-ammonium-1,3,3-trimethyl)-cyclohexanemethylammonium phosphate (1:1)	411-830-1	114765-88-7	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H318 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317 H412			
612-167-00-2	5-acetyl-3-amino-10,11-dihydro-5 <i>H</i> -dibenz[ <i>b,f</i> ]azepine-hydrochloride	410-490-1	—	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H373 (**) H318 H317 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H373 (**) H318 H317 H411			
612-168-00-8	3,5-dichloro-2,6-difluoropyridine-4-amine	220-630-1	2840-00-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H312 H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H411			
612-170-00-9	4-chlorophenyl cyclopropyl ketone <i>O</i> -(4-aminobenzyl)oxime	405-260-2	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
612-171-00-4	N,N,N',N'-tetraglycidyl-4,4'-diamino-3,3'-diethyldiphenylmethane	410-060-3	130728-76-6	Muta. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H341 H317 H411	GHS08 GHS09 Wng	H341 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-172-00-X	4,4'-methylenebis(N,N'-dimethylcyclohexanamine)	412-840-9	13474-64-1	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Chronic 3	H302 H373 (**) H314 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H373 (**) H314 H412			
612-173-00-5	lithium 1-amino-4-(4-tert-butylanilino)anthraquinone-2-sulfonate	411-140-0	125328-86-1	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			
612-174-00-0	4,4-dimethoxybutylamine	407-690-6	19060-15-2	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H314 H317 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H317 H412			
612-175-00-6	2-(O-aminoxy)ethylamine dihydrochloride	412-310-7	37866-45-8	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
612-176-00-1	polymer of 1,3-dibromopropane and N,N-diethyl-N',N'-dimethyl-1,3-propanediamine	410-570-6	143747-73-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
612-177-00-7	2-naphthylamino-6-sulfomethylamide	412-120-4	104295-55-8	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H373 (**) H317 H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H317 H411			
612-178-00-2	1,4,7,10-tetraazacyclododecane disulfate	412-080-8	112193-77-8	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H335 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H335 H318 H412			
612-179-00-8	1-(2-propenyl)pyridinium chloride	412-740-5	25965-81-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-180-00-3	3-aminobenzylamine	412-230-2	4403-70-7	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H302 H314 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H411			
612-181-00-9	2-phenylthioaniline	413-030-8	1134-94-7	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
612-182-00-4	1-ethyl-1-methylmorpholinium bromide	418-210-1	65756-41-4	Muta. 2	H341	GHS08 Wng	H341			
612-183-00-X	1-ethyl-1-methylpyrrolidinium bromide	418-200-5	69227-51-6	Muta. 2	H341	GHS08 Wng	H341			
612-184-00-5	6'-(dibutylamino)-3'-methyl-2'-(phenylamino)spiro[isobenzofuran-1(3H),9-(9H)-xanthen]-3-one	403-830-5	89331-94-2	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
612-185-00-0	1-[3-[4-((heptadecafluorononyl)oxy)-benzamide]propyl]-N,N,N-trimethylammonium iodide	407-400-8	59493-72-0	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			
612-186-00-6	bis(N-(7-hydroxy-8-methyl-5-phenylphenazin-3-ylidene)dimethylammonium) sulfate	406-770-8	149057-64-7	STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H318 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H373 (**) H318 H317 H410			
612-187-00-1	2,3,4-trifluoroaniline	407-170-9	3862-73-5	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H373 (**) H315 H318 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H373 (**) H315 H318 H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-188-00-7	4,4'-(9H-fluoren-9-ylidene)bis(2-chloroaniline)	407-560-9	107934-68-9	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
612-189-00-2	4-amino-2-(aminomethyl)phenol dihydrochloride	412-510-4	135043-64-0	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
612-190-00-8	4,4'-methylenebis(2-isopropyl-6-methylaniline)	415-150-6	16298-38-7	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H373 (**) H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H411			
612-191-00-3	polymer of allylamine hydrochloride	415-050-2	71550-12-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			
612-192-00-9	2-isopropyl-4-(N-methyl)aminomethylthiazole	414-800-6	154212-60-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H315 H318 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H315 H318 H411			
612-193-00-4	3-methylaminomethylphenylamine	414-570-7	18759-96-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H314 H317 H410			
612-194-00-X	2-hydroxy-3-[(2-hydroxyethyl)-[2-(1-oxotetradecyl)amino]ethyl]amino]-N,N,N-trimethyl-1-propanammonium chloride	414-670-0	141890-30-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-195-00-5	bis[tributyl 4-(methylbenzyl)ammonium] 1,5-naphthalenedisulfonate	415-210-1	160236-81-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H332 H302 H318 H410			
612-196-00-0	4-chloro- <i>o</i> -toluidine; [1] 4-chloro- <i>o</i> -toluidine hydrochloride [2]	202-441-6 [1] 221-627-8 [2]	95-69-2 [1] 3165-93-3 [2]	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H341 H331 H311 H301 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H341 H331 H311 H301 H410			
612-197-00-6	2,4,5-trimethylaniline; [1] 2,4,5-trimethylaniline hydrochloride [2]	205-282-0 [1] - [2]	137-17-7 [1] 21436-97-5 [2]	Carc. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H331 H311 H301 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H331 H311 H301 H411			
612-198-00-1	4,4'-thiodianiline and its salts	205-370-9	139-65-1	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H411			
612-199-00-7	4,4'-oxydianiline and its salts; <i>p</i> -aminophenyl ether	202-977-0	101-80-4	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H340 H361f (***) H331 H311 H301 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H350 H340 H361f (***) H331 H311 H301 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-200-00-0	2,4-diaminoanisole; 4-methoxy- <i>m</i> -phenylenediamine; [1] 2,4-diaminoanisole sulphate [2]	210-406-1 [1] 254-323-9 [2]	615-05-4 [1] 39156-41-7 [2]	Carc. 1B Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H350 H341 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H341 H302 H411			
612-201-00-6	<i>N,N,N',N'</i> -tetramethyl-4,4'-methylenedianiline	202-959-2	101-61-1	Carc. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H410			
612-202-00-1	3,4-dichloroaniline	202-448-4	95-76-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H318 H317 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H318 H317 H410			
612-204-00-2	C.I. Basic Violet 3; 4-[4,4'-bis(dimethylamino) benzhydrylidene]cyclohexa-2,5-dien-1-ylidene]dimethylammonium chloride	208-953-6	548-62-9	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H318 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H351 H302 H318 H410			
612-205-00-8	C.I. Basic Violet 3 with $\geq 0,1$ % of Michler's ketone (EC no. 202-027-5)	208-953-6	548-62-9	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H302 H318 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H350 H302 H318 H410			
612-206-00-3	famoxadone (ISO); 3-anilino-5-methyl-5-(4-phenoxyphenyl)-1,3-oxazolidine-2,4-dione	—	131807-57-3	STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-207-00-9	4-ethoxyaniline; <i>p</i> -phenetidine	205-855-5	156-43-4	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H341 H332 H312 H302 H319 H317	GHS08 GHS07 Wng	H341 H332 H312 H302 H319 H317			
612-209-00-X	6-methoxy- <i>m</i> -toluidine; <i>p</i> -cresidine	204-419-1	120-71-8	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*)	H350 H302	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H302			
612-210-00-5	5-nitro- <i>o</i> -toluidine; [1] 5-nitro- <i>o</i> -toluidine hydrochloride [2]	202-765-8 [1] 256-960-8 [2]	99-55-8 [1] 51085-52-0 [2]	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 3	H351 H331 H311 H301 H412	GHS06 GHS08 Dgr	H351 H331 H311 H301 H412			
612-211-00-0	<i>N</i> -[(benzotriazole-1-yl)methyl]-4-carboxybenzenesulfonamide	416-470-9	170292-97-4	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H411			
612-212-00-6	2,6-dichloro-4-trifluoromethylaniline	416-430-0	24279-39-8	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H315 H317 H410			
612-213-00-1	isobutylidene-(2-(2-isopropyl-4,4-dimethylloxazolidine-3-yl)-1,1-dimethylethyl)amine	419-850-2	148348-13-4	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H314 H412	GHS05 Dgr	H314 H412			
612-214-00-7	4-(2,2-diphenylethenyl)- <i>N,N</i> -di-phenylbenzenamine	421-390-2	89114-90-9	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
612-215-00-2	3-chloro-2-(isopropylthio)aniline	421-700-6	179104-32-6	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
612-217-00-3	1-methoxy-2-propylamine	422-550-4	37143-54-7	Flam. Liq. 2 Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H225 H314 H302 H412	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H225 H314 H302 H412			
613-001-00-1	ethyleneimine; aziridine	205-793-9	151-56-4	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Muta. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H225 H350 H340 H330 H310 H300 H314 H411	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H225 H350 H340 H330 H310 H300 H314 H411			D
613-002-00-7	pyridine	203-809-9	110-86-1	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H225 H332 H312 H302	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302	*		
613-003-00-2	1,2,3,4-tetranitrocarbazole	—	6202-15-9	Expl. 1.1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H201 H332 H312 H302	GHS01 GHS07 Wng	H201 H332 H312 H302			
613-004-00-8	crimidine (ISO); 2-chloro-6-methylpyrimidin-4-ylidimethylamine	208-622-6	535-89-7	Acute Tox. 2 (*)	H300	GHS06 Dgr	H300			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-007-00-4	desmetryne (ISO); 6-isopropylamino-2-methylamino-4-methylthio-1,3,5-triazine	213-800-1	1014-69-3	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
613-008-00-X	dazomet (ISO); tetrahydro-3,5-dimethyl-1,3,5-thiadiazine-2-thione	208-576-7	533-74-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H410			
613-009-00-5	2,4,6-trichloro-1,3,5-triazine; cyanuric chloride	203-614-9	108-77-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H330 H302 H314 H317	GHS06 GHS05 Dgr	H330 H302 H314 H317	EUH014	STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
613-010-00-0	ametryn (ISO); 2-ethylamino-4-isopropylamino-6-methylthio-1,3,5-triazine	212-634-7	834-12-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-011-00-6	amitrole (ISO); 1,2,4-triazol-3-ylamine	200-521-5	61-82-5	Repr. 2 STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H361d (***) H373 (**) H411	GHS08 GHS09 Wng	H361d (***) H373 (**) H411			
613-012-00-1	bentazone (ISO); 3-isopropyl-2,1,3-benzothiadiazine-4-one-2,2-dioxide	246-585-8	25057-89-0	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H319 H317 H412	GHS07 Wng	H302 H319 H317 H412			
613-013-00-7	cyanazine (ISO); 2-(4-chloro-6-ethylamino-1,3,5-triazine-2-ylamino)-2-methylpropionitrile	244-544-9	21725-46-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-014-00-2	ethoxyquin(ISO); 6-ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	202-075-7	91-53-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-015-00-8	fenazaflor (ISO); phenyl 5,6-dichloro-2-trifluoromethylbenzimidazole-1-carboxylate	238-134-9	14255-88-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
613-016-00-3	fuberidazole(ISO); 2-(2-furyl)benzimidazole	223-404-0	3878-19-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-017-00-9	bis (8-hydroxyquinolinium) sulphate	205-137-1	134-31-6	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-018-00-4	morfamquat (ISO); 1,1'-bis(3,5-dimethylmorpholinocarbonylmethyl)-4,4'-bipyridilium ion	—	7411-47-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H302 H319 H335 H315 H412	GHS07 Wng	H302 H319 H335 H315 H412			
613-019-00-X	thioquinox(ISO); 2-thio-1,3-dithiolo(4,5,b)quinoxaline	202-272-8	93-75-4	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-020-00-5	tridemorph (ISO); 2,6-dimethyl-4-tridecylmorpholine	246-347-3	24602-86-6	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360D (***) H332 H302 H315 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H360D (***) H332 H302 H315 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-021-00-0	dithianon (ISO); 5,10-dihydro-5,10-dioxonaphtho(2,3-b) (1,4)dithiazine-2,3-dicarbonitrile	222-098-6	3347-22-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-022-00-6	pyrethrins including cinerins, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410			A
613-023-00-1	2-methyl-4-oxo-3-(penta-2,4-dienyl)cyclopent-2-enyl [1R-[1 $\alpha$ [S*(Z)],3 $\beta$ ]]-chrysanthemate; pyrethrin I	204-455-8	121-21-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410			
613-024-00-7	2-methyl-4-oxo-3-(penta-2,4-dienyl)cyclopent-2-enyl[1R-[1 $\alpha$ [S*(Z)](3 $\beta$ )]-3-(3-methoxy-2-methyl-3-oxoprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate; pyrethrin II	204-462-6	121-29-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410			
613-025-00-2	cinerin I; 3-(but-2-enyl)-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl 2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate	246-948-0	25402-06-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-026-00-8	cinerin II; 3-(but-2-enyl)-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl 2,2-dimethyl-3-(3-methoxy-2-methyl-3-oxoprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate	204-454-2	121-20-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-027-00-3	piperidine	203-813-0	110-89-4	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B	H225 H331 H311 H314	GHS02 GHS06 GHS05 Dgr	H225 H331 H311 H314		*	
613-028-00-9	morpholine	203-815-1	110-91-8	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H226 H332 H312 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dg	H226 H332 H312 H302 H314			
613-029-00-4	dichloro-1,3,5-triazinetrione; dichloroisocyanuric acid	220-487-5	2782-57-2	Ox. Sol. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H302 H319 H335 H400 H410	GHS03 GHS07 GHS09 Dgr	H272 H302 H319 H335 H410	EUH031		T
613-030-00-X	troclosene potassium; [1] troclosene sodium [2]	218-828-8 [1] 220-767-7 [2]	2244-21-5 [1] 2893-78-9 [2]	Ox. Sol. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H302 H319 H335 H400 H410	GHS03 GHS07 GHS09 Dgr	H272 H302 H319 H335 H410	EUH031	* STOT SE 3; H335: C ≥ 10 % EUH031: C ≥ 10 %	
613-030-01-7	troclosene sodium, dihydrate	220-767-7	51580-86-0	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H335 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H335 H410	EUH031		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-031-00-5	symclosene; trichloroisocyanuric acid; trichloro-1,3,5-triazinetrión	201-782-8	87-90-1	Ox. Sol. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H272 H302 H319 H335 H400 H410	GHS03 GHS07 GHS09 Dgr	H272 H302 H319 H335 H410	EUH031		
613-032-00-0	methyl-2,3,5,6-tetrachloro-4-pyridylsulphone; 2,3,5,6-tetrachloro-4-(methylsulphonyl)pyridine	236-035-5	13108-52-6	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H312 H302 H319 H317	GHS07 Wng	H312 H302 H319 H317			
613-033-00-6	2-methylaziridine; propyleneimine	200-878-7	75-55-8	Flam. Liq. 2 Carc. 1B Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H225 H350 H330 H310 H300 H318 H411	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H225 H350 H330 H310 H300 H318 H411		Carc. 1B; H350: C ≥ 0,01 %	
613-034-00-1	1,2-dimethylimidazole	217-101-2	1739-84-0	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1	H302 H315 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H315 H318			
613-035-00-7	1-methylimidazole	210-484-7	616-47-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H312 H302 H314	GHS05 GHS07 Dgr	H312 H302 H314			
613-036-00-2	2-methylpyridine; 2-picoline	203-643-7	109-06-8	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3	H226 H332 H312 H302 H319 H335	GHS02 GHS07 Wng	H226 H332 H312 H302 H319 H335			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-037-00-8	4-methylpyridine; 4-picoline	203-626-4	108-89-4	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H226 H311 H332 H302 H319 H335 H315	GHS02 GHS06 Dgr	H226 H311 H332 H302 H319 H335 H315			
613-038-00-3	6-phenyl-1,3,5-triazine-2,4-diyl diamine; 6-phenyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine; benzoguanamine	202-095-6	91-76-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
613-039-00-9	ethylene thiourea; imidazolidine-2-thione; 2-imidazoline-2-thiol	202-506-9	96-45-7	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*)	H360D (***) H302	GHS08 GHS07 Dgr	H360D (***) H302			
613-040-00-4	azaconazole (ISO); 1-{{2-(2,4-dichlorophenyl)-1,3-dioxolan-2-yl}methyl}-1H-1,2,4-triazole	262-102-3	60207-31-0	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-041-00-X	morpholine-4-carbonyl chloride	239-213-0	15159-40-7	Carc. 2 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2	H351 H319 H315	GHS08 Wng	H351 H319 H315	EUH014		
613-042-00-5	imazalil (ISO); 1-[2-(allyloxy)-2-(2,4-dichlorophenyl)ethyl]-1H-imidazole	252-615-0	35554-44-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H332 H302 H318 H410			
613-043-00-0	imazalil sulphate (ISO) powder; 1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazolium hydrogen sulphate; [1] (±)-1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazolium hydrogen sulphate [2]	261-351-5 [1] 281-291-3 [2]	58594-72-2 [1] 83918-57-4 [2]	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-043-01-8	imazalil sulphate (ISO), aqueous solution; 1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazolium hydrogen sulphate; [1] (±)-1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazolium hydrogen sulphate [2]	261-351-5 [1] 281-291-3 [2]	58594-72-2 [1] 83918-57-4 [2]	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Wng	H302 H314 H317 H410		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 50 % Skin Irrit. 2; H315: 30 % ≤ C < 50 % Eye Dam. 1; H318: 15 % ≤ C < 50 % Eye Irrit. 2; H319: 5 % ≤ C < 15 %	
613-044-00-6	captan (ISO); 1,2,3,6-tetrahydro-N-(trichloromethylthio)phthalimide	205-087-0	133-06-2	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H351 H331 H318 H317 H400	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H331 H318 H317 H400			
613-045-00-1	folpet (ISO); N-(trichloromethylthio)phthalimide	205-088-6	133-07-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H351 H332 H319 H317 H400	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H332 H319 H317 H400			
613-046-00-7	captafol (ISO); 1,2,3,6-tetrahydro-N-(1,1,2,2-tetrachloroethylthio)phthalimide	219-363-3	2425-06-1	Carc. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H350 H317 H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H350 H317 H410			
613-047-00-2	1-dimethylcarbamoyl-5-methylpyrazol-3-yl dimethylcarbamate; dimetilan (ISO)	211-420-0	644-64-4	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-048-00-8	carbendazim (ISO); methyl benzimidazol-2-ylcarbamate	234-232-0	10605-21-7	Muta. 1B Repr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H340 H360FD H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H340 H360FD H410			
613-049-00-3	benomyl (ISO); methyl 1-(butylcarbamoyl)benzimidazol-2-ylcarbamate	241-775-7	17804-35-2	Muta. 1B Repr. 1B STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H340 H360FD H335 H315 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H340 H360FD H335 H315 H317 H410		M=10	
613-050-00-9	carbadox (INN); methyl 3-(quinoxalin-2-ylmethylene)carbamate 1,4-dioxide; 2-(methoxycarbonylhydrazonomethyl)quinoxaline 1,4-dioxide	229-879-0	6804-07-5	Flam. Sol. 1 Carc. 1B Acute Tox. 4 (*)	H228 H350 H302	GHS02 GHS08 GHS07 Dgr	H228 H350 H302			T
613-051-00-4	molinate (ISO); S-ethyl 1-perhydroazepinecarbothioate; S-ethyl perhydroazepine-1-carbothioate	218-661-0	2212-67-1	Carc. 2 Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H361f (***) H332 H302 H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H361f (***) H332 H302 H373 (**) H317 H410		M=100	
613-052-00-X	trifenmorph (ISO); 4-tritylmorpholine	215-812-2	1420-06-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-053-00-5	anilazine (ISO); 2-chloro-N-(4,6-dichloro-1,3,5-triazin-2-yl)aniline	202-910-5	101-05-3	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H315 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H410			
613-054-00-0	thiabendazol (ISO); 2-(thiazole-4-yl)benzimidazole	205-725-8	148-79-8	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-056-00-1	1,2-dimethyl-3,5-diphenylpyrazolium methylsulphate; difenzoquat methyl sulfate	256-152-5	43222-48-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS09 Wng	H302 H410			
613-057-00-7	dodemorph (ISO); 4-cyclododecyl-2,6-dimethylmorpholine	216-474-9	1593-77-7	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H335 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H335 H315 H411			
613-058-00-2	permethrin (ISO); m-phenoxybenzyl 3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	258-067-9	52645-53-1	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H302 H317 H410		M=1000	
613-059-00-8	profluralin (ISO); N-(cyclopropylmethyl)-α, α,α-trifluoro-2,6-dinitro-N-propyl-p-toluidine	247-656-6	26399-36-0	Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H410			
613-060-00-3	resmethrin (ISO); 5-benzyl-3-furylmethyl (±)-cis—trans-chrysanthemate	233-940-7	10453-86-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-061-00-9	6-(1 $\alpha$ ,5 $\alpha$ ,8 $\alpha$ ,9-pentahydroxy-7 $\beta$ -isopropyl-2 $\beta$ ,5 $\beta$ ,8 $\beta$ -trimethylperhydro-8 $\alpha$ ,9-epoxy-5,8-ethanocyclopenta[1,2-b]indanyl) pyrrole-2-carboxylate; ryania	239-732-2	15662-33-6	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
613-062-00-4	sabadilla (ISO); veratrine	—	8051-02-3	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H319 H335 H315	GHS07 Wng	H319 H335 H315			
613-063-00-X	secbumeton (ISO); 2-sec-butylamino-4-ethylamino-6-methoxy-1,3,5-triazine	247-554-1	26259-45-0	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H410			
613-064-00-5	5-(3,6,9-trioxa-2-undecyloxy)benzo(d)-1,3-dioxolane; sesamex	—	51-14-9	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-065-00-0	simetryn (ISO); 2,4-bis(ethylamino)-6-methylthio-1,3,5-triazine	213-801-7	1014-70-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-066-00-6	terbumeton (ISO); 2-tert-butylamino-4-ethylamino-6-methoxy-1,3,5-triazine	251-637-8	33693-04-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-067-00-1	propazine(ISO); 2-chloro-4,6-bis(isopropylamino)-1,3,5-triazine	205-359-9	139-40-2	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-068-00-7	atrazine (ISO); 2-chloro-4-ethylamine-6-isopropylamine-1,3,5-triazine	217-617-8	1912-24-9	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H317 H410			
613-069-00-2	ε-caprolactam	203-313-2	105-60-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2	H332 H302 H319 H335 H315	GHS07 Wng	H332 H302 H319 H335 H315			
613-070-00-8	propylenethiourea	—	2122-19-2	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H361d (***) H302 H412	GHS08 GHS07 Wng	H361d (***) H302 H412			
613-071-00-3	2-fluoro-5-trifluoromethylpyridine	400-290-2	69045-82-5	Flam. Liq. 3 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H226 H317 H412	GHS02 GHS07 Wng	H226 H317 H412			
613-072-00-9	N,N-bis(2-ethylhexyl)-((1,2,4-triazol-1-yl)methyl)amine	401-280-0	91273-04-0	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H314 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H411			
613-073-00-4	N,N-dimethyl-2-(3-(4-chlorophenyl)-4,5-dihydropyrazol-1-ylphenylsulphonyl)ethylamine	401-410-6	10357-99-0	STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H373 (**)(*) H317 H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**)(*) H317 H411			
613-074-00-X	3-(3-methylpent-3-yl)isoxazol-5-ylamine	401-460-9	82560-06-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H331 H301 H318 H412	GHS06 GHS05 Dgr	H331 H301 H318 H412			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-075-00-5	1,3-dichloro-5-ethyl-5-methylimidazolidine-2,4-dione	401-570-7	89415-87-2	Ox. Sol. 1 <sup>(*)</sup> <sup>(*)</sup> <sup>(*)</sup> Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H271 H331 H314 H302 H317 H400	GHS03 GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H271 H331 H314 H302 H317 H400			
613-076-00-0	3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridylamine	401-670-0	79456-26-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
613-077-00-6	reaction mass of 5-heptyl-1,2,4-triazol-3-ylamine and 5-nonyl-1,2,4-triazol-3-ylamine	401-940-8	—	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H302 H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H411			
613-078-00-1	N,N,N,N-tetrakis(4,6-bis(butyl-(N-methyl-2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)amino)triazin-2-yl)-4,7-diazadecane-1,10-diamine	401-990-0	106990-43-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
613-079-00-7	4-(1(or 4 or 5 or 6)-methyl-8,9,10-trinorborn-5-en-2-yl)pyridine, reaction mass of isomers	402-520-7	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H315 H317 H410			
613-080-00-2	3-(bis(2-ethylhexyl)aminomethyl)benzothiazole-2(3H)-thione	402-540-6	105254-85-1	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H410			
613-081-00-8	1-butyl-2-methylpyridinium bromide	402-680-8	26576-84-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-082-00-3	2-methyl-1-pentylpyridinium bromide	402-690-2	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H312 H302 H412	GHS07 Wng	H312 H302 H412			
613-083-00-9	2-(4-(3-(4-chlorophenyl)-2-pyrazolin-1-yl)phenylsulfonyl)ethyl dimethylammonium formate	402-120-2	—	Skin Corr. 1B STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H373 (**) H317 H410			
613-084-00-4	2-(4-(3-(4-chlorophenyl)-4,5-dihydropyrazolyl)phenylsulphonyl)ethyl dimethylammonium hydrogen phosphonate	402-490-5	106359-93-7	Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H410			
613-085-00-X	reaction mass of 1,1'-(methylenebis(4,1-phenylene))dipyrrole-2,5-dione and N-(4-(4-(2,5-dioxopyrrol-1-yl)benzyl)phenyl)acetamide and 1-(4-(4-(5-oxo-2H-2-furylidena-amino)benzyl)phenyl)pyrrole-2,5-dione	401-970-1	—	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
613-086-00-5	caffeine	200-362-1	58-08-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-087-00-0	tetrahydrothiophene	203-728-9	110-01-0	Flam. Liq. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H225 H332 H312 H302 H319 H315 H412	GHS02 GHS07 Dgr	H225 H332 H312 H302 H319 H315 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-088-00-6	1,2-benzisothiazol-3(2H)-one; 1,2-benzisothiazolin-3-one	220-120-9	2634-33-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H302 H315 H318 H317 H400	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H315 H318 H317 H400		Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,05 %	
613-089-00-1	diquat dibromide; [1] diquat dichloride; [2] 6,7-dihydrodipyrido[1,2-α:2',1'-c]pyrazine-diylium dihydroxide [3]	201-579-4 [1] 223-714-6 [2] 301-467-6 [3]	85-00-7 [1] 4032-26-2 [2] 94021-76-8 [3]	Acute Tox. 2 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H372 (**) H302 H319 H335 H315 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H372 (**) H302 H319 H335 H315 H317 H410			
613-090-00-7	paraquat dichloride; 1,1-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride; [1] paraquat dimethylsulfate; 1,1-dimethyl-4,4'-bipyridinium dimethyl sulphate [2]	217-615-7 [1] 218-196-3 [2]	1910-42-5 [1] 2074-50-2 [2]	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H311 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H330 H311 H301 H372 (**) H319 H335 H315 H410			
613-091-00-2	morfamquat dichloride; [1] morfamquat sulfate [2]	225-062-8 [1] -[2]	4636-83-3 [1] 29873-36-7 [2]	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H302 H319 H335 H315 H412	GHS07 Wng	H302 H319 H335 H315 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-092-00-8	1,10-phenanthroline	200-629-2	66-71-7	Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410			
613-093-00-3	hexasodium 6,13-dichloro-3,10-bis((4-(2,5-disulfonatoanilino)-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino)prop-3-ylamino)-5,12-dioxa-7,14-diazapentacene-4,11-disulfonate	400-050-7	85153-92-0	Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H334 H317	GHS08 Dgr	H334 H317			
613-094-00-9	4-methoxy-N,6-dimethyl-1,3,5-triazin-2-ylamine	401-360-5	5248-39-5	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*)	H302 H373 (**)	GHS08 GHS07 Wng	H302 H373 (**)			
613-095-00-4	sodium 3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-sec-butyl-4-hydroxybenzenesulfonate	403-080-9	92484-48-5	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
613-096-00-X	2-amino-6-ethoxy-4-methylamino-1,3,5-triazine	403-580-7	62096-63-3	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-097-00-5	7-amino-3-((5-carboxymethyl-4-methyl-1,3-thiazol-2-ylthio)methyl)-8-oxo-5-thia-1-azabicyclo(4.2.0)oct-2-ene-2-carboxylic acid	403-690-5	111298-82-9	Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H334 H317 H412	GHS08 Dgr	H334 H317 H412			
613-098-00-0	N-(n-octyl)-2-pyrrolidone	403-700-8	2687-94-7	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H314 H411	GHS05 GHS09 Dgr	H314 H411			
613-099-00-6	1-dodecyl-2-pyrrolidone	403-730-1	2687-96-9	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H314 H317 H410			
613-100-00-X	2,9-bis(3-(diethylamino)propylsulfamoyl)quino(2,3-b)acridine-7,14-dione	404-230-6	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-101-00-5	<i>N</i> -tert-pentyl-2-benzothiazolesulfenamide	404-380-2	110799-28-5	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
613-102-00-0	dimethomorph (ISO); 4-(3-(4-chlorophenyl)-3-(3,4-dimethoxyphenyl)acryloyl)morpholine	404-200-2	110488-70-5	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
613-103-00-6	sodium 5- <i>n</i> -butylbenzotriazole	404-450-2	118685-34-0	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H314 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H317 H411			
613-104-00-1	5- <i>tert</i> -butyl-3-isoxazolylamine hydrochloride	404-840-2	—	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H373 (**) H318 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H373 (**) H318 H412			
613-105-00-7	hexakis(tetramethylammonium) 4,4'-vinylenebis((3-sulfonato-4,1-phenylene)imino(6-morpholino-1,3,5-triazine-4,2-diyl)imino)bis(5-hydroxy-6-phenylazonaphthalene-2,7-disulfonate)	405-160-9	124537-30-0	Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H301 H317 H412	GHS06 Dgr	H301 H317 H412			
613-106-00-2	tetrapotassium 2-(4-(5-(1-(2,5-disulfonato-phenyl)-3-ethoxycarbonyl-5-hydroxypyrazol-4-yl)penta-2,4-dienylidene)-3-ethoxycarbonyl-5-oxo-2-pyrazolin-1-yl)benzene-1,4-disulfonate	405-240-3	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
613-107-00-8	hexasodium 2,2'-vinylenebis((3-sulfonato-4,1-phenylene)imino(6-( <i>N</i> -cyanoethyl- <i>N</i> -(2-hydroxypropyl)amino)-1,3,5-triazine-4,2-diyl)imino)dibenzene-1,4-disulfonate	405-280-1	76508-02-6	Eye Irrit. 2	H319	GHS07 Wng	H319			
613-108-00-3	benzothiazole-2-thiol	205-736-8	149-30-4	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-109-00-9	bis(piperidinothiocarbonyl) disulphide	202-328-1	94-37-1	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H335 H315 H317	GHS07 Wng	H319 H335 H315 H317			
613-110-00-4	dimepiperate (ISO); S-(1-methyl-1-phenylethyl) piperidine-1-carbothioate	262-784-2	61432-55-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
613-111-00-X	1,2,4-triazole	206-022-9	288-88-0	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H361d (***) H302 H319	GHS08 GHS07 Wng	H361d (***) H302 H319			
613-112-00-5	octhilinone (ISO); 2-octyl-2H-isothiazol-3-one	247-761-7	26530-20-1	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H302 H314 H317 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H311 H302 H314 H317 H410		Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,05 %	
613-113-00-0	2-(morpholinothio)benzothiazole	203-052-4	102-77-2	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H319 H315 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H315 H317 H411			
613-114-00-6	2,2',2''-(hexahydro-1,3,5-triazine-1,3,5-triyl) triethanol; 1,3,5-tris(2-hydroxyethyl)hexahydro-1,3,5-triazine	225-208-0	4719-04-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317		Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,1 %	
613-115-00-1	hymexazol (ISO); 3-hydroxy-5-methylisoxazole	233-000-6	10004-44-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H302 H318 H412	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-116-00-7	tolylfluaniid (ISO); dichloro-N-[(dimetilamino)sulphonyl]fluoro-N-(p-tolyl)methanesulphenamide	211-986-9	731-27-1	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H373 (**) H319 H335 H315 H317 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H373 (**) H319 H335 H315 H317 H410			
613-117-00-2	diniconazole (ISO); (E)-β-[(2,4-dichlorophenyl)methylene]-α-(1,1-dimethylethyl)-1H-1,2,4-triazol-1-ethanol; (E)-(RS)-1-(2,4-dichlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pent-1-en-3-ol	—	76714-88-0	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-118-00-8	flubenzimine (ISO); N-[3-phenyl-4,5-bis[(trifluoromethyl)imino]thiazolidin-2-ylidene]aniline	253-703-1	37893-02-0	Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H319 H410			
613-119-00-3	(benzothiazol-2-ylthio)methyl thiocyanate; TCMTB	244-445-0	21564-17-0	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H302 H319 H315 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H302 H319 H315 H317 H410			
613-120-00-9	bioresmethrin; (5-bezylfur-3-yl)methyl(1R)-trans-2,2-dimethyl-3-(2-methylpropenyl)cyclopropanecarboxylate	249-014-0	28434-01-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-121-00-4	chlorsulfuron (ISO); 2-chloro-N-[[[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)amino]carbonyl]benzenesulphonamide	265-268-5	64902-72-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-122-00-X	diclobutrazole (ISO); (R*, R*)-(±)-β-[(2,4-dichlorophenyl)methyl]-α-(1,1-dimethylethyl)-1H-1,2,4-triazole-1-ethanol; (2RS, 3RS)-1-(2,4-dichlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-ol	—	75736-33-3	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H411			
613-123-00-5	5,6-dihydro-3H-imidazo[2,1-c]-1,2,4-dithiazole-3-thione; etem	251-684-4	33813-20-6	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-124-00-0	fenpropimorph (ISO); cis-4-[3-(p-tert-butylphenyl)-2-methylpropyl]-2,6-dimethylmorpholine	266-719-9	67564-91-4	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H361d (***) H302 H315 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361d (***) H302 H315 H411			
613-125-00-6	hexythiazox(ISO); trans-5-(4-chlorophenyl)-N-cyclohexyl-4-methyl-2-oxo-3-thiazolidine-carboxamide	—	78587-05-0	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-126-00-1	imazapyr (ISO); 2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methylethyl)-5-oxo-1H-imidazol-2-yl]-3-pyridine carboxylate	—	81334-34-1	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H412	GHS07 Wng	H319 H412			
613-127-00-7	1,1-dimethylpiperidinium chloride; mepiquat chloride	246-147-6	24307-26-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-128-00-2	prochloraz (ISO); N-propyl-N-[2-(2,4,6-trichlorophenoxy)ethyl]-1H-imidazole-1-carboxamide	266-994-5	67747-09-5	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-129-00-8	metamitron (ISO); 4-amino-3-methyl-6-phenyl-1,2,4-triazin-5-one	255-349-3	41394-05-2	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H302 H400	GHS07 GHS09 Wng	H302 H400			
613-131-00-9	pyroquilon (ISO); 1,2,5,6-tetrahydropyrrolo[3,2,1-ij]quinolin-4-one	—	57369-32-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
613-132-00-4	hexazinone (ISO); 3-cyclohexyl-6-dimethylamino-1-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-1,3,5-triazine-2,4-dione	257-074-4	51235-04-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H410			
613-133-00-X	etridiazole (ISO); 5-ethoxy-3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazole	219-991-8	2593-15-9	Carc. 2 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H331 H312 H302 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H351 H331 H312 H302 H410			
613-134-00-5	myclobutanil(ISO); 2-(4-chlorophenyl)-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)hexanenitrile	—	88671-89-0	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H361d (***) H302 H319 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361d (***) H302 H319 H411			
613-135-00-0	di(benzothiazol-2-yl) disulphide	204-424-9	120-78-5	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410	EUH031		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-136-00-6	N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulphenamide	202-411-2	95-33-0	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
613-137-00-1	methabenzthiazuron (ISO); 1-(1,3-benzothiazol-2-yl)1,3-dimethylurea	242-505-0	18691-97-9	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-138-00-7	quinoxifen (ISO); 5,7-dichloro-4-(4-fluorophenoxy)quinoline	—	124495-18-7	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
613-139-00-2	metsulfuron-methyl; 2-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-ylcarbamoylsulfamoyl) benzoic acid	—	74223-64-6	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-140-00-8	cycloheximide (ISO); 4-((2R)-2-[(1S,3S,5S)-3,5-dimethyl-2-oxocyclohexyl]-2-hydroxyethyl)piperidine-2,6-dione	200-636-0	66-81-9	Muta. 2 Repr. 1B Acute Tox. 2 (*) Aquatic Chronic 2	H341 H360D H300 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H341 H360D H300 H411			
613-141-00-3	1,4-diamino-2-(2-butyltetrazol-5-yl)-3-cyanoanthraquinone	401-470-3	93686-63-6	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
613-142-00-9	<i>trans</i> -N-methyl-2-styryl-[4'-aminomethine-(1-acetyl-1-(2-methoxyphenyl)acetamido)]pyridinium acetate	405-860-4	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
613-143-00-4	1-(3-phenylpropyl)-2-methylpyridinium bromide	405-930-4	10551-42-5	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H302 H319 H412	GHS07 Wng	H302 H319 H412			
613-144-00-X	reaction products of: poly(vinyl acetate), partially hydrolyzed, with (E)-2-(4-formylstyryl)-3,4-dimethylthiazoliummethyl sulfate	406-460-2	125139-08-4	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-145-00-5	(S)-3-benzoyloxycarbonyl-1,2,3,4-tetrahydroisoquinolinium 4-methylbenzenesulfonate	406-960-0	77497-97-3	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
613-146-00-0	N-ethyl-N-methylpiperidinium iodide	407-780-5	4186-71-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
613-147-00-6	4-[2-(1-methyl-2-(4-morpholinyl)ethoxy)ethyl]morpholine	407-940-4	111681-72-2	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
613-148-00-1	tetrasodium 1,2-bis(4-fluoro-6-[5-(1-amino-2-sulfonatoanthrachinon-4-ylamino)-2,4,6-trimethyl-3-sulfonatophenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino)ethane	411-240-4	143683-23-2	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
613-149-00-7	pyridaben (ISO); 2-tert-butyl-5-(4-tert-butylbenzylthio)-4-chloropyridazin-3(2H)-one	405-700-3	96489-71-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H410			
613-150-00-2	2,2'-[3,3'-(piperazine-1,4-diyl)dipropyl]bis(1H-benzimidazo[2,1-b]benzo[l,m,n][3,8]phenanthroline-1,3,6-trione	406-295-6	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
613-151-00-8	1-(3-mesyloxy-5-trityloxymethyl-2-D-thiofuryl)thymine	406-360-9	104218-44-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
613-152-00-3	phenyl N-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)carbamate	406-600-2	89392-03-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
613-153-00-9	2,3,5-trichloropyridine	407-270-2	16063-70-0	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
613-154-00-4	2-amino-4-chloro-6-methoxypyrimidine	410-050-9	5734-64-5	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-155-00-X	5-chloro-2,3-difluoropyridine	410-090-7	89402-43-7	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H226 H302 H412	GHS02 GHS07 Wng	H226 H302 H412			
613-156-00-5	2-butyl-4-chloro-5-formylimidazole	410-260-0	83857-96-9	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
613-157-00-0	2,4-diamino-5-methoxymethylpyrimidine	410-330-0	54236-98-5	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Irrit. 2	H302 H373 (**) H319	GHS08 GHS07 Wng	H302 H373 (**) H319			
613-158-00-6	2,3-dichloro-5-trifluoromethyl-pyridine	410-340-5	69045-84-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H332 H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H332 H302 H318 H317 H411			
613-159-00-1	fenazaquin (ISO); 4-[2-[4-(1,1-dimethylethyl)phenyl]-ethoxy] quinazoline	410-580-0	120928-09-8	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H332 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H332 H410			
613-160-00-7	(1S)-2-methyl-2,5-diazobicyclo[2.2.1]heptane dihydrobromide	411-000-9	125224-62-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
613-163-00-3	azimsulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxy-pyrimidin-2-yl)-3-[1-methyl-4-(2-methyl-2H-tetrazol-5-yl)pyrazol-5-ylsulfonyl]urea	—	120162-55-2	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-164-00-9	flufenacet (ISO); N-(4-fluorophenyl)-N-isopropyl-2-(5-trifluoromethyl-[1,3,4]thiadiazol-2-yloxy)acetamide	—	142459-58-3	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 (**) H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 (**) H317 H410			
613-165-00-4	flupyrsulfuron-methyl-sodium (ISO); methyl 2-[[[4,6-dimethoxypyrimidin-2-ylcarbamoyl)sulfamoyl]-6-trifluoromethyl]nicotinate, monosodium salt	—	144740-54-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-166-00-X	flumioxazin (ISO); N-(7-fluoro-3,4-dihydro-3-oxo-4-prop-2-ynyl-2H-1,4-benzoxazin-6-yl)cyclohex-1-ene-1,2-dicarboxamide	—	103361-09-7	Repr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360-D (***) H400 H410	GHS08 GHS09 Dgr	H360D (***) H410			
613-167-00-5	reaction mass of: 5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-2H -isothiazol-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1); reaction mass of: 5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1)	—	55965-84-9	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H311 H301 H314 H317 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H314 H317 H410		Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 0,6 % Skin Irrit. 2; H315: 0,06 % ≤ C < 0,6 % Eye Irrit. 2; H319: 0,06 % ≤ C < 0,6 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,0015 %	
613-168-00-0	1-vinyl-2-pyrrolidone	201-800-4	88-12-0	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) STOT SE 3 Eye Dam. 1	H351 H332 H312 H302 H373 (**) H335 H318	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H351 H332 H312 H302 H373 (**) H335 H318			D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-169-00-6	9-vinylcarbazole	216-055-0	1484-13-5	Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H341 H312 H302 H315 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H341 H312 H302 H315 H317 H410			
613-170-00-1	2,2-ethylmethylthiazolidine	404-500-3	694-64-4	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H317 H411			
613-171-00-7	hexaconazole (ISO); (RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol	413-050-7	79983-71-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H411			
613-172-00-2	5-chloro-1,3-dihydro-2H-indol-2-one	412-200-9	17630-75-0	Repr. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H361f (***) H302 H317 H412	GHS08 GHS07 Wng	H361f (***) H302 H317 H412			
613-173-00-8	fluquinconazole (ISO); 3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-2-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)quinazolin-4-(3H)-one	411-960-9	136426-54-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H372 (**) H312 H315 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H301 H372 (**) H312 H315 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-174-00-3	(±) 2-(2,4-dichlorophenyl)-3-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)propyl-1,1,2,2-tetrafluoroethylether	407-760-6	112281-77-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H351 H332 H302 H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H332 H302 H411			
613-175-00-9	epoxiconazole(ISO); (2RS,3SR)-3-(2-chlorophenyl)-2-(4-fluorophenyl)-[1H-1,2,4-triazol-1-yl)methyl]oxirane	406-850-2	133855-98-8	Carc. 2 Repr. 2 Aquatic Chronic 2	H351 H361fd H411	GHS08 GHS09 Wng	H351 H361fd H411			
613-176-00-4	2-methyl-2-azabicyclo[2.2.1]heptane	404-810-9	4524-95-2	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B	H226 H312 H302 H373 (**) H314	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H312 H302 H373 (**) H314			
613-177-00-X	8-amino-7-methylquinoline	412-760-4	5470-82-6	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H317 H411			
613-178-00-5	4-ethyl-2-methyl-2-isopentyl-1,3-oxazolidine	410-470-2	137796-06-6	Skin Corr. 1B Skin Sens. 1	H314 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H317		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
613-179-00-0	lithium 3-oxo-1,2(2H)-benzisothiazol-2-ide	411-690-1	111337-53-2	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H314 H317 H411	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H314 H317 H411			
613-180-00-6	N-(1,1-dimethylethyl)bis(2-benzothiazole-sulfen)amide	407-430-1	3741-80-8	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-181-00-1	5,5-dimethyl-perhydro-pyrimidin-2-one $\alpha$ -(4-trifluoromethylstyryl)- $\alpha$ -(4-trifluoromethyl)cinnamylidenehydrazone	405-090-9	67485-29-4	STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H372 (**) H302 H319 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H372 (**) H302 H319 H410			
613-182-00-7	1-(1-naphthylmethyl)quinolinium chloride	406-220-7	65322-65-8	Carc. 2 Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 3	H351 H341 H302 H315 H318 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H351 H341 H302 H315 H318 H412			
613-183-00-2	reaction mass of: 5-(N-methylperfluorooctylsulfonamido)methyl-3-octadecyl-1,3-oxazolidin-2-one; 5-(N-methylperfluoroheptylsulfonamido)methyl-3-octadecyl-1,3-oxazolidin-2-one	413-640-4	—	STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H410			
613-184-00-8	nitrilotriethyleneammoniopropane-2-ol 2-ethylhexanoate	413-670-8	—	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H319 H317	GHS07 Wng	H319 H317			
613-185-00-3	2,3,5,6-tetrahydro-2-methyl-2H-cyclopenta[d]-1,2-thiazol-3-one	407-630-9	82633-79-2	Acute Tox. 3 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H318 H317 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H301 H318 H317 H410			
613-186-00-9	(2R,3R)-3-((R)-1-(tert-butyl)dimethylsiloxyethyl)-4-oxoazetid-2-yl acetate	408-050-9	76855-69-1	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H319 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H317 H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-188-00-X	1-(3-(4-fluorophenoxy)propyl)-3-methoxy-4-piperidinone	411-500-7	116256-11-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H317 H411			
613-189-00-5	1,4,7,10-tetrakis(p-toluensulfonyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecane	414-030-0	52667-88-6	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
613-190-00-0	disodium 1-amino-4-(2-(5-chloro-6-fluoropyrimidin-4-ylamino-methyl)-4-methyl-6-sulfo-phenylamino)-9,10-dioxo-9,10-dihydro-anthracene-2-sulfonate	414-040-5	149530-93-8	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1	H302 H317	GHS07 Wng	H302 H317			
613-191-00-6	3-ethyl-2-methyl-2-(3-methylbutyl)-1,3-oxazolidine	421-150-7	143860-04-2	Repr. 1B Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H360F (***) H314 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H360F (***) H314 H410			
613-193-00-7	pentakis[3-(dimethylammonio)propylsulfamoyl]-[(6-hydroxy-4,4,8,8-tetramethyl-4,8-diazoniaundecane-1,11-diyl)disulfamoyl]di [phthalocyaninecopper(II)] heptalactate	414-930-3	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
613-194-00-2	6,13-dichloro-3,10-bis[2-[4-fluoro-6-(2-sulfofenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]propylamino]benzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b.]phenoxazine-4,11-disulphonic acid, lithium-, sodium salt	418-000-8	163062-28-0	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
613-195-00-8	2,2-(1,4-phenylene)bis((4H-3,1-benzoxazine-4-one)	418-280-1	18600-59-4	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-196-00-3	5-[[4-chloro-6-[[2-[[4-fluoro-6-[[5-hydroxy-6-[[4-methoxy-2-sulfofenil]azo]-7-sulfo-2-naphthalenyl]amino]-1,3,5-triazin-2-yl]amino]-1-methylethyl]amino]-1,3,5-triazin-2-yl]amino]-3-[[4-(ethenylsulfonyl)phenyl]azo]-4-hydroxy-naphthalene-2,7-disulfonic acid, sodium salt	418-380-5	168113-78-8	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
613-197-00-9	reaction mass of: 2,4,6-tri(butylcarbamoil)-1,3,5-triazine; 2,4,6-tri(methylcarbamoil)-1,3,5-triazine; [[2-butyl-4,6-dimethyl]tricarbamoil]-1,3,5-triazine; [(2,4-dibutyl-6-methyl)tricarbamoil]-1,3,5-triazine	420-390-1	187547-46-2	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
613-199-00-X	reaction mass of: 1,3,5-tris(3-aminomethylphenyl)-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazine-2,4,6-trione; reaction mass of oligomers of 3,5-bis(3-aminomethylphenyl)-1-poly[3,5-bis(3-aminomethylphenyl)-2,4,6-trioxo-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazin-1-yl]-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazine-2,4,6-trione	421-550-1	—	Carc. 1B Repr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H350 H360D (***) H317 H412	GHS08 Dgr	H350 H360D (***) H317 H412			
613-200-00-3	Reaction product of: copper, (29H,31H-phthalocyaninato(2-)-N29,N30,N31,N32)-, chlorosulfuric acid and 3-(2-sulfooxyethyl-sulfonyl)aniline, sodium salts	420-980-7	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
613-201-00-9	(R)-5-bromo-3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl methyl)-1H-indole	422-390-5	143322-57-0	Repr. 2 STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361f (***) H372 (**) H332 H302 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H361f (***) H372 (**) H332 H317 H410	EUH070		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-202-00-4	pymetrozine (ISO); (E)-4,5-dihydro-6-methyl-4-(3-pyridylmethyleneamino)-1,2,4-triazin-3(2H)-one	—	123312-89-0	Carc. 2 Aquatic Chronic 3	H351 H412	GHS08 Wng	H351 H412			
613-203-00-X	pyraflufen-ethyl: [1] pyraflufen [2]	-[1] -[2]	129630-19-9 [1] 129630-17-7 [2]	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-204-00-5	oxadiargyl (ISO); 3-[2,4-dichloro-5-(2-propynyloxy)phenyl]-5-(1,1-dimethylethyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one; 5-tert-butyl-3-[2,4-dichloro-5-(prop-2-ynyloxy)phenyl]-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one	254-637-6	39807-15-3	Repr. 2 STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d (***) H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H361d (***) H373 (**) H410			
613-205-00-0	propiconazole(ISO); (±) 1-[2-(2,4-dichlorophenyl)-4-propyl-1,3-dioxolan-2-ylmethyl]-1H-1,2,4-triazole	262-104-4	60207-90-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
613-206-00-6	fenamidone (ISO); (S)-5-methyl-2-methylthio-5-phenyl-3-phenylamino-3,5-dihydroimidazol-4-one	—	161326-34-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-208-00-7	imazamox (ISO); (RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)-5-methoxymethylnicotinic acid	—	114311-32-9	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-209-00-2	cis-1-(3-chloropropyl)-2,6-dimethyl-piperidin hydrochloride	417-430-3	63645-17-0	Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H301 H373 (**) H317 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H301 H373 (**) H317 H411			
613-210-00-8	2-(3-chloropropyl)-2,5,5-trimethyl-1,3-dioxane	417-650-1	88128-57-8	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 3	H373 (**) H412	GHS08 Wng	H373 (**) H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-211-00-3	N-methyl-4-(p-formylstyryl)pyridinium methylsulfate	418-240-3	74401-04-0	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
613-212-00-9	4-[4-(2-ethylhexyloxy)phenyl](1,4-thiazinane-1,1-dioxide)	418-320-8	133467-41-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
613-213-00-4	cis-1-benzoyl-4-[(4-methylsulfonyl)oxy]-L-proline	416-040-0	120807-02-5	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
613-214-00-X	N,N-di-n-butyl-2-(1,2-dihydro-3-hydroxy-6-isopropyl-2-quinolydene)-1,3-dioxindan-5-carboxamide	416-260-7	147613-95-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
613-215-00-5	2-chloromethyl-3,4-dimethoxypyridinium chloride	416-440-5	72830-09-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H373 (**) H315 H318 H317 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H312 H302 H373 (**) H315 H318 H317 H411			
613-216-00-0	6-tert-butyl-7-(6-diethylamino-2-methyl-3-pyridylimino)-3-(3-methylphenyl)pyrazolo [3,2-c][1,2,4]triazole	416-490-8	162208-01-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-217-00-6	4-[3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyloxy]-1-[2-[3-(3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyloxy]ethyl]-2,2,6,6-tetramethylpiperidine	416-770-1	73754-27-5	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
613-218-00-1	6-hydroxyindole	417-020-4	2380-86-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H302 H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-219-00-7	7a-ethyl-3,5-bis(1-methylethyl)-2,3,4,5-tetrahydrooxazolo[3,4-c]-2,3,4,5-tetrahydrooxazole	417-140-7	79185-77-6	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
613-220-00-2	trans-(4S,6S)-5,6-dihydro-6-methyl-4H-thieno[2,3-b]thiopyran-4-ol, 7,7-dioxide	417-290-3	147086-81-5	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
613-221-00-8	2-chloro-5-methyl-pyridine	418-050-0	18368-64-4	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H312 H302 H315 H412	GHS07 Wng	H312 H302 H315 H412			
613-222-00-3	4-(1-oxo-2-propenyl)-morpholine	418-140-1	5117-12-4	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H302 H373 (**) H318 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H302 H373 (**) H318 H317			
613-223-00-9	N-isopropyl-3-(4-fluorophenyl)-1H-indole	418-790-4	93957-49-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
613-224-00-4	2,5-dimercaptomethyl-1,4-dithiane	419-770-8	136122-15-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H317 H410			
613-225-00-X	reaction mass of:[2-(anthraquinon-1-ylamino)-6-[(5-benzoylamino)-anthraquinone-1-ylamino]-4-phenyl]-1,3,5-triazine; 2,6-bis-[(5-benzoylamino)-anthraquinon-1-ylamino]-4-phenyl-1,3,5-triazine.	421-290-9	—	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 4	H373 (**) H413	GHS08 Wng	H373 (**) H413			
613-226-00-5	1-(2-(ethyl(4-(4-(4-(ethyl(2-pyridinoethyl)amino)-2-methylphenylazo)benzoylamino)-phenylazo)-3-methylphenyl)amino)ethyl)-pyridinium dichloride	420-950-3	163831-67-2	Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H318 H400 H410	GHS05 GHS09 Dgr	H318 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
613-227-00-0	(±)-[(R*,R*) and (R*,S*)]-6-fluoro-3,4-dihydro-2-oxiranyl-2H-1-benzopyran	419-600-2	99199-90-3	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
613-228-00-6	(±)-(R*,S*)-6-fluoro-3,4-dihydro-2-oxiranyl-2H-1-benzopyran	419-630-6	793669-26-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
613-230-00-7	florasulam (ISO); 2',6',8-trifluoro-5-methoxy-5-triazolo[1,5-c]; pyrimidine-2-sulfonilide	—	145701-23-1	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
613-233-00-3	4,4'-(oxy-(bismethylene))-bis-1,3-dioxolane	423-230-7	56552-15-9	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
614-001-00-4	nicotine (ISO); 3-(N-methyl-2-pyrrolidinyl)pyridine	200-193-3	54-11-5	Acute Tox. 1 Acute Tox. 3 (*) Aquatic Chronic 2	H310 H301 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H301 H411			
614-002-00-X	salts of nicotine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Chronic 2	H330 H310 H300 H411	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H310 H300 H411			A
614-003-00-5	strychnine	200-319-7	57-24-9	Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H310 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H310 H300 H410			
614-004-00-0	salts of strychnine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H330 H300 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H330 H300 H410			A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
614-005-00-6	colchicine	200-598-5	64-86-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			
614-006-00-1	brucine; 2,3-dimethoxystrychnine	206-614-7	357-57-3	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Aquatic Chronic 3	H330 H300 H412	GHS06 Dgr	H330 H300 H412			
614-007-00-7	brucine sulphate; [1] brucine nitrate; [2] strychnidin-10-one, 2,3-dimethoxy-, mono [(R)-1-methylheptyl 1,2-benzenedicarboxylate]; [3] strychnidin-10-one, 2,3-dimethoxy-, compd. with (S)mono(1-methylheptyl)-1,2-benzenedicarboxylate (1:1) [4]	225-432-9 [1] 227-317-9 [2] 269-439-5 [3] 269-710-8 [4]	4845-99-2 [1] 5786-97-0 [2] 68239-26-9 [3] 68310-42-9 [4]	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*) Aquatic Chronic 3	H330 H300 H412	GHS06 Dgr	H330 H300 H412			A
614-008-00-2	aconitine	206-121-7	302-27-2	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			
614-009-00-8	salts of aconitine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			A
614-010-00-3	atropine	200-104-8	51-55-8	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			
614-011-00-9	salts of atropine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			A
614-012-00-4	hyoscyamine	202-933-0	101-31-5	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			
614-013-00-X	salts of hyoscyamine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			A
614-014-00-5	hyoscine	200-090-3	51-34-3	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H330 H310 H300	GHS06 Dgr	H330 H310 H300			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
614-015-00-0	salts of hyoscine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 1 Acute Tox. 2 (*)	H330 H310 H300	GHS06 Dgr	H330 H310 H300			A
614-016-00-6	pilocarpine	202-128-4	92-13-7	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			
614-017-00-1	salts of pilocarpine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			A
614-018-00-7	papaverine	200-397-2	58-74-2	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
614-019-00-2	salts of papaverine	—	—	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			A
614-020-00-8	physostigmine	200-332-8	57-47-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			
614-021-00-3	salts of physostigmine	—	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 2 (*)	H330 H300	GHS06 Dgr	H330 H300			A
614-022-00-9	digitoxin	200-760-5	71-63-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*)	H331 H301 H373 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H301 H373 (**)			
614-023-00-4	ephedrine	206-080-5	299-42-3	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
614-024-00-X	salts of ephedrine	—	—	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			A
614-025-00-5	ouabain	211-139-3	630-60-4	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*)	H331 H301 H373 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H301 H373 (**)			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
614-026-00-0	strophantin-K	234-239-9	11005-63-3	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*)	H331 H301 H373 (**)	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H301 H373 (**)			
614-027-00-6	bufa-4,20,22-trienolide, 6-(acetyloxy)-3-( $\beta$ -D-glucopyranosyloxy)-8,14-dihydroxy-, (3 $\beta$ , 6 $\beta$ )-; red squill; scilliroside	208-077-4	507-60-8	Acute Tox. 2 (*)	H300	GHS06 Dgr	H300			
614-028-00-1	reaction mass of: 2-ethylhexyl mono-D-glucopyranoside; 2-ethylhexyl di-D-glucopyranoside	414-420-0	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
614-029-00-7	constitutional isomers of penta-O-allyl- $\beta$ -D-fructofuranosyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside; constitutional isomers of hexa-O-allyl- $\beta$ -D-fructofuranosyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside; constitutional isomers of hepta-O-allyl- $\beta$ -D-fructofuranosyl- $\alpha$ -D-glucopyranoside	419-640-0	68784-14-5	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
615-001-00-7	methyl isocyanate	210-866-3	624-83-9	Flam. Liq. 2 Repr. 2 Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H225 H361d (***) H330 H311 H301 H335 H315 H318 H334 H317	GHS02 GHS06 GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H225 H361d (***) H330 H311 H301 H335 H315 H318 H334 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
615-002-00-2	methyl isothiocyanate	209-132-5	556-61-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H314 H317 H400 H410	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H301 H314 H317 H410			
615-003-00-8	thiocyanic acid	207-337-4	463-56-9	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H332 H312 H302 H412	GHS07 Wng	H332 H312 H302 H412	EUH032		
615-004-00-3	salts of thiocyanic acid	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H332 H312 H302 H412	GHS07 Wng	H332 H312 H302 H412	EUH032		A
615-005-00-9	4,4'-methylenediphenyl diisocyanate; diphenylmethane-4,4'-diisocyanate; [1] 2,2'-methylenediphenyl diisocyanate; diphenylmethane-2,2'-diisocyanate; [2] o-(p-isocyanatobenzyl)phenyl isocyanate; diphenylmethane-2,4'-diisocyanate; [3] methylenediphenyl diisocyanate [4]	202-966-0 [1] 219-799-4 [2] 227-534-9 [3] 247-714-0 [4]	101-68-8 [1] 2536-05-2 [2] 5873-54-1 [3] 26447-40-5 [4]	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H332 H319 H335 H315 H334 H317	GHS08 GHS07 Dgr	H332 H319 H335 H315 H334 H317		Eye Irrit.; H319: C ≥ 5 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 % Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 % Resp. Sens. 1; H334: C ≥ 0,1 %	C 2
615-006-00-4	2-methyl-m-phenylene diisocyanate; toluene-2,4-di-isocyanate; [1] 4-methyl-m-phenylene diisocyanate; toluene-2,6-di-isocyanate; [2] m-tolylidene diisocyanate; toluene-diisocyanate [3]	202-039-0 [1] 209-544-5 [2] 247-722-4 [3]	91-08-7 [1] 584-84-9 [2] 26471-62-5 [3]	Carc. 2 Acute Tox. 2 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H351 H330 H319 H335 H315 H334 H317 H412	GHS06 GHS08 Dgr	H351 H330 H319 H335 H315 H334 H317 H412		Resp. Sens. 1; H334: C ≥ 0,1 %	C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
615-007-00-X	1,5-naphthylene diisocyanate	221-641-4	3173-72-6	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H332 H319 H335 H315 H334 H412	GHS08 GHS07 Dgr	H332 H319 H335 H315 H334 H412			
615-008-00-5	3-isocyanatomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexyl isocyanate; isophorone di-isocyanate	223-861-6	4098-71-9	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H331 H319 H335 H315 H334 H317 H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H319 H335 H315 H334 H317 H411	(*) Resp. Sens. 1; H334: C ≥ 0,5 % Skin Sens.1; H317: C ≥ 0,5 %	2	
615-009-00-0	4,4'-methylenedi(cyclohexyl isocyanate); dicyclohexylmethane-4,4'-di-isocyanate	225-863-2	5124-30-1	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H331 H319 H335 H315 H334 H317	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H319 H335 H315 H334 H317	(*) Resp. Sens. 1; H334: C ≥ 0,5 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,5 %	2	
615-010-00-6	2,2,4-trimethylhexamethylene-1,6-di-isocyanate; [1] 2,4,4-trimethylhexamethylene-1,6-di-isocyanate [2]	241-001-8 [1] 239-714-4 [2]	16938-22-0 [1] 15646-96-5 [2]	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H331 H319 H335 H315 H334	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H319 H335 H315 H334	(*) Resp. Sens. 1; H334: C ≥ 0,5 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,5 %	C 2	
615-011-00-1	hexamethylene-di-isocyanate	212-485-8	822-06-0	Acute Tox. 3 (*) Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H331 H319 H335 H315 H334 H317	GHS06 GHS08 Dgr	H331 H319 H335 H315 H334 H317	(*) Resp. Sens. 1; H334: C ≥ 0,5 % Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,5 %	2	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
615-012-00-7	4-isocyanatosulphonyltoluene; tosyl isocyanate	223-810-8	4083-64-1	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334	EUH014	Eye Irrit.; H319: C ≥ 5 % STOT SE 3; H335: C ≥ 5 % Skin Irrit. 2; H315: C ≥ 5 %	
615-013-00-2	cyanamide; carbanonitril	206-992-3	420-04-2	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H301 H312 H319 H315 H317	GHS06 Dgr	H301 H312 H319 H315 H317			
615-014-00-8	tris(1-dodecyl-3-methyl-2-phenylbenzimidazolium)hexacyanoferrate	—	7276-58-6	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
615-015-00-3	1,7,7-trimethylbicyclo(2,2,1)hept-2-yl thiocyanatoacetate; isobornyl thiocyanacetate	204-081-5	115-31-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
615-016-00-9	potassium cyanate	209-676-3	590-28-3	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			
615-017-00-4	calcium cyanamide	205-861-8	156-62-7	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Eye Dam. 1	H302 H335 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H335 H318			
615-018-00-X	2-(2-butoxyethoxy)ethyl thiocyanate	203-985-7	112-56-1	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*)	H226 H311 H301	GHS02 GHS06 Dgr	H226 H311 H301			
615-019-00-5	dicyclohexylcarbodiimide	208-704-1	538-75-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H311 H302 H318 H317	GHS06 GHS05 Dgr	H311 H302 H318 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
615-020-00-0	methylene dithiocyanate	228-652-3	6317-18-6	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H330 H301 H314 H317 H400	GHS06 GHS05 GHS09 Dgr	H330 H301 H314 H317 H400			
615-021-00-6	1,3,5-tris(oxiranylmethyl)-1,3,5-triazine-2,4,6(1H,3H,5H)-trione; TGIC	219-514-3	2451-62-9	Muta. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H340 H331 H301 H373 (**) H318 H317 H412	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H340 H331 H301 H373 (**) H318 H317 H412			
615-022-00-1	methyl 3-isocyanatosulfonyl-2-thiophene-carboxylate	410-550-7	79277-18-2	STOT RE 2 (*) Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H373 (**) H334 H317	GHS08 Dgr	<del>E; R2</del> H373 (**) H334 H317	EUH014		
615-023-00-7	2-(isocyanatosulfonylmethyl)benzoic acid methyl ester; (alt.):methyl 2-(isocyanatosulfonylmethyl) benzoate	410-900-9	83056-32-0	Flam. Liq. 3 Muta. 2 Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1	H226 H341 H332 H373 (**) H318 H334	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H226 H341 H332 H373 (**) H318 H334	EUH014		
615-024-00-2	2-phenylethylisocyanate	413-080-0	1943-82-4	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1A Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H331 H302 H314 H334 H317 H411	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H302 H314 H334 H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
615-025-00-8	4,4'-ethylidenediphenyl dicyanate	405-740-1	47073-92-7	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H302 H373 (**) H318 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H332 H302 H373 (**) H318 H410			
615-026-00-3	4,4'-methylenebis(2,6-dimethylphenyl cyanate)	405-790-4	101657-77-6	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
615-028-00-4	ethyl 2-(isocyanatosulfonyl)benzoate	410-220-2	77375-79-2	**** Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1	H302 H373 (**) H318 H334 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	<del>E, R2</del> H302 H373 (**) H318 H334 H317	EUH014		
615-029-00-X	2,5-bis-isocyanatomethyl-bicyclo[2.2.1]heptane	411-280-2	—	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H330 H302 H314 H334 H317 H412	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H330 H302 H314 H334 H317 H412			
615-030-00-5	alkali salts, alkali earth salts and other salts of thiocyanic acid not mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H332 H312 H302 H412	GHS07 Wng	H332 H312 H302 H412	EUH032		A
615-031-00-0	thallium salt of thiocyanic acid	222-571-7	3535-84-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H332 H312 H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H411	EUH032		A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
615-032-00-6	metal salts of thiocyanic acid not mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H312 H302 H410	EUH032		A
616-001-00-X	N,N-dimethylformamide; dimethyl formamide	200-679-5	68-12-2	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H360D (***) H332 H312 H319	GHS08 GHS07 Dgr	H360D (***) H332 H312 H319			
616-002-00-5	2-fluoroacetamide	211-363-1	640-19-7	Acute Tox. 2 (*) Acute Tox. 3 (*)	H300 H311	GHS06 Dgr	H300 H311			
616-003-00-0	acrylamide; prop-2-enamide	201-173-7	79-06-1	Carc. 1B Muta. 1B Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) STOT RE 1 Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H350 H340 H361f (***) H301 H372 (**) H332 H312 H319 H315 H317	GHS06 GHS08 Dgr	H350 H340 H361f (***) H301 H372 (**) H332 H312 H319 H315 H317			D
616-004-00-6	allidochlor (ISO); N,N-diallylchloroacetamide	202-270-7	93-71-0	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H312 H302 H319 H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H319 H315 H411			
616-005-00-1	chlorthiamid (ISO); 2,6-dichloro (thiobenzamide)	217-637-7	1918-13-4	Acute Tox. 4 (*)	H302	GHS07 Wng	H302			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-006-00-7	dichlofluaniid (ISO); N-dichlorofluoromethylthio-N',N'-dimethyl-N-phenylsulphamide	214-118-7	1085-98-9	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H319 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H319 H317 H410			
616-007-00-2	diphenamid (ISO); N,N-dimethyl-2,2-diphenylacetamide	213-482-4	957-51-7	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
616-008-00-8	propachlor (ISO); 2-chloro-N-isopropylacetanilide; $\alpha$ -chloro-N-isopropylacetanilide	217-638-2	1918-16-7	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H319 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H317 H410			
616-009-00-3	propanil (ISO); 3',4'-dichloropropionanilide	211-914-6	709-98-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1	H302 H400	GHS07 GHS09 Wng	H302 H400			
616-010-00-9	tosylchloramide sodium	204-854-7	127-65-1	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Resp. Sens. 1	H302 H314 H334	GHS08 GHS05 GHS07 Dg	H302 H314 H334	EUH031		
616-011-00-4	N,N-dimethylacetamide	204-826-4	127-19-5	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*)	H360D (***) H332 H312	GHS08 GHS07 Dgr	H360D (***) H332 H312		Repr. 1B; H360D: C $\geq$ 5 %	
616-012-00-X	N-(dichlorofluoromethylthio)phthalimide; N-(fluorodichloromethylthio)phthalimide	211-952-3	719-96-0	Skin Irrit. 2	H315	GHS07 Wng	H315			
616-013-00-5	butyaldehyde oxime	203-792-8	110-69-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H311 H302 H319	GHS06 Dgr	H311 H302 H319			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-014-00-0	2-butanone oxime; ethyl methyl ketoxime; ethyl methyl ketone oxime	202-496-6	96-29-7	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H351 H312 H318 H317	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H351 H312 H318 H317			
616-015-00-6	alachlor (ISO); 2-chloro-2',6'-diethyl-N-(methoxymethyl) acetanilide	240-110-8	15972-60-8	Carc. 2 Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H317 H410	M=10		
616-016-00-1	1-(3,4-dichlorophenylimino) thiosemicarbazide	—	5836-73-7	Acute Tox. 2 (*)	H300	GHS06 Dgr	H300			
616-017-00-7	cartap hydrochloride	239-309-2	15263-52-2	Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H312 H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H312 H302 H410			
616-018-00-2	N,N-diethyl-m-toluamide; deet	205-149-7	134-62-3	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H302 H319 H315 H412	GHS07 Wng	H302 H319 H315 H412			
616-019-00-8	perfluidone (ISO); 1,1,1-trifluoro-N-(4-phenylsulphonyl- <i>o</i> - tolyl)methanesulphonamide;	253-718-3	37924-13-3	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			
616-020-00-3	tebuthiuron (ISO); 1-(5- <i>tert</i> -butyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3- dimethylurea	251-793-7	34014-18-1	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-021-00-9	thiazafluron (ISO); 1,3-dimethyl-1-(5-trifluoromethyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)urea	246-901-4	25366-23-8	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
616-022-00-4	acetamide	200-473-5	60-35-5	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			
616-023-00-X	N-hexadecyl(or octadecyl)-N-hexadecyl(or octadecyl)benzamide	401-980-6	—	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1	H315 H317	GHS07 Wng	H315 H317			
616-024-00-5	2-(4,4-dimethyl-2,5-dioxooxazolidin-1-yl)-2-chloro-5-(2-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)butyramido)-4,4-dimethyl-3-oxovaleraniide	402-260-4	54942-74-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-025-00-0	valinamide	402-840-7	20108-78-5	Repr. 2 Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H361f (***) H319 H317	GHS08 Wng	H361f (***) H319 H317			
616-026-00-6	thioacetamide	200-541-4	62-55-5	Carc. 1B Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H350 H302 H319 H315 H412	GHS08 GHS07 Dgr	H350 H302 H319 H315 H412			
616-027-00-1	tris(2-(2-hydroxyethoxy)ethyl)ammonium 3-acetoacetamido-4-methoxybenzenesulfonate	403-760-5	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
616-028-00-7	N-(4-(3-(4-cyanophenyl)ureido)-3-hydroxyphenyl)-2-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)octanamide	403-790-9	108673-51-4	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
616-029-00-2	N,N'-ethylenebis(vinylsulfonilacetamide)	404-790-1	66710-66-5	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H318 H317	GHS05 GHS07 Dgr	H318 H317			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-030-00-8	ethidimuron (ISO); 1-(5-ethylsulphonyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3-dimethylurea	250-010-6	30043-49-3	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
616-031-00-3	dimethachlor (ISO); 2-chloro-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(2-methoxyethyl)acetamide;	256-625-6	50563-36-5	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
616-032-00-9	diflufenican (ISO); N-(2,4-difluorophenyl)-2-[3-(trifluoromethyl)phenoxy]-3-pyridinecarboxamide	—	83164-33-4	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
616-033-00-4	cyprofuram (ISO); N-(3-chlorophenyl)-N-(tetrahydro-2-oxo-3-furyl)cyclopropanecarboxamide	274-050-9	69581-33-5	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H312 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H312 H410			
616-034-00-X	pyracarbolid; (ISO); 3,4-dihydro-6-methyl-2H-pyran-5-carboxanilide	246-419-4	24691-76-7	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
616-035-00-5	cymoxanil (ISO); 2-cyano-N-[(ethylamino)carbonyl]-2-(methoxyimino)acetamide	261-043-0	57966-95-7	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
616-036-00-0	2-chloracetamide	201-174-2	79-07-2	Repr. 2 Acute Tox. 3 (*) Skin Sens. 1	H361f (***) H301 H317	GHS06 GHS08 Dgr	H361f (***) H301 H317		Skin Sens. 1; H317: C ≥ 0,1 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-037-00-6	acetochlor (ISO); 2-chloro-N-(ethoxymethyl)-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)acetamide	251-899-3	34256-82-1	Acute Tox. 4 (*) STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H332 H335 H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H332 H335 H315 H317 H410			
616-038-00-1	(4-aminophenyl)-N-methylmethanesulfonamide hydrochloride	406-010-5	88918-84-7	Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H318 H317 H411	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H318 H317 H411			
616-039-00-7	3',5'-dichloro-4'-ethyl-2'-hydroxypalmitanilide	406-200-8	117827-06-2	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
616-040-00-2	potassium N-(4-toluenesulfonyl)-4-toluenesulfonamide	406-650-5	97888-41-0	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
616-041-00-8	3',5'-dichloro-2-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)-4'-ethyl-2'-hydroxyhexananilide	406-840-8	101664-25-9	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-042-00-3	N-(2-(6-ethyl-7-(4-methylphenoxy)-1H-pyrazolo[1,5-b][1,2,4]triazol-2-yl)propyl)-2-octadecyloxybenzamide	407-070-5	142859-67-4	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
616-043-00-9	isoxaben (ISO); N-[3-(1-ethyl-1-methylpropyl)-1,2-oxazol-5-yl]-2,6-dimethoxybenzamide	407-190-8	82558-50-7	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-044-00-4	N-(3,5-dichloro-4-ethyl-2-hydroxyphenyl)-2-(3-pentadecylphenoxy)butanamide	402-510-2	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
616-045-00-X	2'-(4-chloro-3-cyano-5-formyl-2-thienylazo)-5'-diethylamino-2-methoxyacetanilide	405-190-2	122371-93-1	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-046-00-5	N-(2-(6-chloro-7-methylpyrazolo(1,5-b)-1,2,4-triazol-4-yl)propyl)-2-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)octanamide	406-390-2	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
616-047-00-0	reaction mass of: 2,2',2'',2'''-(ethylenedinitrilotetrakis-N,N-di(C <sub>16</sub> )alkylacetamide; 2,2',2'',2'''-(ethylenedinitrilotetrakis-N,N-di(C <sub>18</sub> )alkylacetamide	406-640-0	—	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
616-048-00-6	3'-trifluoromethylisobutyranilide	406-740-4	1939-27-1	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H373 (**) H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H411			
616-049-00-1	2-(2,4-bis(1,1-dimethylethyl)phenoxy)-N-(3,5-dichloro-4-ethyl-2-hydroxyphenyl)-hexanamide	408-150-2	99141-89-6	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-050-00-7	lufenuron (ISO); N-[2,5-dichloro-4-(1,1,2,3,3,3-hexafluoropropoxy)-phenyl-aminocarbonyl]-2,6-difluorobenzamide	410-690-9	103055-07-8	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
616-051-00-2	reaction mass of: 2,4 -bis(N'-(4-methylphenyl)-ureido)-toluene; 2,6 -bis(N'-(4-methylphenyl)-ureido)-toluene	411-070-0	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-052-00-8	formamide	200-842-0	75-12-7	Repr. 1B	H360-D (***)	GHS08 Dgr	H360D (***)			
616-053-00-3	N-methylacetamide	201-182-6	79-16-3	Repr. 1B	H360-D (***)	GHS08 Dgr	H360D (***)			
616-054-00-9	iprodione (ISO); 3-(3,5-dichlorophenyl)-2,4-dioxo-N-isopropylimidazolidine-1-carboxamide	253-178-9	36734-19-7	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-055-00-4	propyzamide (ISO); 3,5-dichloro-N-(1,1-dimethylprop-2-ynyl)benzamide	245-951-4	23950-58-5	Carc. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H410			
616-056-00-X	N-methylformamide	204-624-6	123-39-7	Repr. 1B Acute Tox. 4 (*)	H360D (***) H312	GHS08 GHS07 Dg	H360D (***) H312			
616-057-00-5	reaction mass of: N-[3-hydroxy-2-(2-methylacryloylaminoethoxy)propoxymethyl]-2-methylacrylamide; N-[2,3-bis-(2-methylacryloylaminoethoxy)propoxymethyl]-2-methylacrylamide; methacrylamide; 2-methyl-N-(2-methylacryloylaminoethoxymethyl)-acrylamide; N-(2,3-dihydroxypropoxymethyl)-2-methylacrylamide	412-790-8	—	Carc. 1B Muta. 2 STOT RE 2 (*)	H350 H341 H373 (**)	GHS08 Dgr	H350 H341 H373 (**)			
616-058-00-0	1,3-bis(3-methyl-2,5-dioxo-1H-pyrrolinylmethyl)benzene	412-570-1	119462-56-5	STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H318 H317 H400 H410	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H373 (**) H318 H317 H410			
616-059-00-6	4-((4-(diethylamino)-2-ethoxyphenyl)imino)-1,4-dihydro-1-oxo-N-propyl-2-naphthalenecarboxamide	412-650-6	121487-83-0	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-060-00-1	Condensation product of: 3-(7-carboxyhept-1-yl)-6-hexyl-4-cyclohexene-1,2-dicarboxylic acid with polyamines (primarily aminoethyl-piperazine and triethylenetetramine)	413-770-1	—	Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H314 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H314 H317 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-061-00-7	N,N'-1,6-hexanedilbis(N-(2,2,6,6-tetramethyl-piperidin-4-yl)-formamide	413-610-0	124172-53-8	Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 3	H319 H412	GHS07 Wng	H319 H412			
616-062-00-2	N-[3-[(2-acetyloxy)ethyl](phenyl-methyl)amino]-4-methoxyphenylacetamide	411-590-8	70693-57-1	Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H314 H412	GHS05 Dgr	H314 H412			
616-063-00-8	3-dodecyl-(1-(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidin-yl)-2,5-pyrrolidindione	411-920-0	106917-30-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H302 H373 (**) H314 H400 H410	GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H331 H302 H373 (**) H314 H410			
616-064-00-3	N-tert-butyl-3-methylpicolinamide	406-720-5	32998-95-1	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
616-065-00-9	3'-(3-acetyl-4-hydroxyphenyl)-1,1-diethylurea	411-970-3	79881-89-3	Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*)	H302 H373 (**)	GHS08 GHS07 Wng	H302 H373 (**)			
616-066-00-4	5,6,12,13-tetrachloroanthra(2,1,9-def:6,5,10-d'ef)diisoquinoline-1,3,8,10 (2H,9H)-tetrone	405-100-1	115662-06-1	Repr. 2	H361f (***)	GHS08 Wng	H361f (***)			
616-067-00-X	dodecyl 3-(2-(3-benzyl-4-ethoxy-2,5-dioximidazolidin-1-yl)-4,4-dimethyl-3-oxovaleramido)-4-chlorobenzoate	407-300-4	92683-20-0	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-068-00-5	potassium 4-(11-methacrylamidoundecanamido)benzenesulfonate	406-500-9	174393-75-0	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
616-069-00-0	1-hydroxy-5-(2-methylpropyloxycarbonylamino)-N-(3-dodecyloxypropyl)-2-naphthoamide	406-210-2	110560-22-0	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-070-00-6	reaction mass of: 3,3'-dicyclohexyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea; 3-cyclohexyl-1-(4-(4-(3-octadecylureido)benzyl)phenyl)urea; 3,3'-dioctadecyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea	406-530-2	—	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-071-00-1	reaction mass of: bis(N-cyclohexyl-N'-phenyleneureido)methylene; bis(N-octadecyl-N'-phenyleneureido)methylene; bis(N-dicyclohexyl-N'-phenyleneureido)methylene (1:2:1)	406-550-1	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
616-072-00-7	1-(2-deoxy-5-O-trityl-β-D-threopentofuranosyl)thymine	407-120-6	55612-11-8	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-073-00-2	4'-ethoxy-2-benzimidazoleanilide	407-600-5	120187-29-3	Muta. 2 Aquatic Chronic 4	H341 H413	GHS08 Wng	H341 H413			
616-074-00-8	N-butyl-2-(4-morpholinylcarbonyl)benzamide	407-730-2	104958-67-0	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H319 H317 H412	GHS07 Wng	H319 H317 H412			
616-075-00-3	D,L-(N,N-diethyl-2-hydroxy-2-phenylacetamide)	408-120-9	65197-96-8	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1	H302 H318	GHS05 GHS07 Dgr	H302 H318			
616-076-00-9	tebufenozide (ISO); N-tert-butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethylbenzohydrazide	412-850-3	112410-23-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-077-00-4	reaction mass of: 2-(9-methyl-1,3,8,10-tetraoxo-2,3,9,10-tetrahydro-(1 <i>H</i> ,8 <i>H</i> )-anthra[2,1,9- <i>def</i> : 6,5,10- <i>d'ef'</i> ]diisoquinolin-2-ylethansulfonic acid; potassium 2-(9-methyl-1,3,8,10-tetraoxo-2,3,9,10-tetrahydro-(1 <i>H</i> ,8 <i>H</i> )-anthra[2,1,9- <i>def</i> : 6,5,10- <i>d'ef'</i> ]diisoquinolin-2-ylethansulfate	411-310-4	—	Eye Dam. 1	H318	GHS05 Dgr	H318			
616-078-00-X	2-[2,4-bis(1,1-dimethyl-ethyl)phenoxy]- <i>N</i> -(2-hydroxy-5-methyl-phenyl)hexanamide	411-330-3	104541-33-5	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-079-00-5	1,6-hexanediyil-bis(2-(2-(1-ethylpentyl)-3-oxazolidinyl)ethyl)carbamate	411-700-4	140921-24-0	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
616-080-00-0	4-(2-((3-ethyl-4-methyl-2-oxo-pyrrolin-1-yl)carboxamido)ethyl)benzenesulfonamide)	411-850-0	119018-29-0	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
616-081-00-6	5-bromo-8-naphtholactam	413-480-5	24856-00-6	Acute Tox. 4 (*) Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H317 H410			
616-082-00-1	<i>N</i> -(5-chloro-3-((4-(diethylamino)-2-methylphenyl)imino-4-methyl-6-oxo-1,4-cyclohexadien-1-yl)benzamide	413-200-1	129604-78-0	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
616-083-00-7	[2-[(4-nitrophenyl)amino]ethyl]urea	410-700-1	27080-42-8	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
616-084-00-2	2,4-bis[ <i>N'</i> -(4-methylphenyl)ureido]toluene	411-790-5	—	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
616-085-00-8	3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-quinazoline-2,4(1 <i>H</i> ,3 <i>H</i> )-dione	412-190-6	168900-02-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-086-00-3	2-acetilamino-6-chloro-4-[(4-diethylamino)2-methylphenyl-imino]-5-methyl-1-oxo-2,5-cyclohexadiene	412-250-1	102387-48-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-087-00-9	reaction mass of: 7,9,9-trimethyl-3,14-dioxo-4,13-dioxo-5,12-diazahexadecane-1,16-diyl-prop-2-enoate; 7,7,9-trimethyl-3,14-dioxo-4,13-dioxo-5,12-diazahexadecane-1,16-diyl-prop-2-enoate	412-260-6	52658-19-2	Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H319 H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H319 H317 H411			
616-088-00-4	2-aminosulfonyl-N,N-dimethylnicotinamide	413-440-7	112006-75-4	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H317 H412	GHS07 Wng	H317 H412			
616-089-00-X	5-(2,4-dioxo-1,2,3,4-tetrahydropyrimidine)-3-fluoro-2-hydroxymethyltetrahydrofuran	415-360-8	41107-56-6	Muta. 2	H341	GHS08 Wng	H341			
616-090-00-5	1-(1,4-benzodioxan-2-ylcarbonyl)piperazine hydrochloride	415-660-9	70918-74-0	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H331 H311 H301 H373 (**) H411	GHS06 GHS08 GHS09 Dgr	H331 H311 H301 H373 (**) H411			
616-091-00-0	1,3,5-tris-[(2S and 2R)-2,3-epoxypropyl]-1,3,5-triazine-2,4,6-(1H,3H,5H)-trione	423-400-0	59653-74-6	Muta. 1B Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Eye Dam. 1 Skin Sens. 1	H340 H331 H302 H373 (**) H318 H317	GHS06 GHS08 GHS05 Dgr	H340 H331 H302 H373 (**) H318 H317			
616-092-00-6	Polymeric reaction product of bicyclo[2.2.1]hepta-2,5-diene, ethene, 1,4-hexadiene, 1-propene with N,N-di-2-propenylformamide	404-035-6	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
616-093-00-1	Reaction products of: aniline-terephthalaldehyde- <i>o</i> -toluidine condensate with maleic anhydride	406-620-1	129217-90-9	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-094-00-7	3,3'-dicyclohexyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea	406-370-3	58890-25-8	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 4	H317 H413	GHS07 Wng	H317 H413			
616-095-00-2	3,3'-dioctadecyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea	406-690-3	43136-14-7	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-096-00-8	N-(3-hexadecyloxy-2-hydroxyprop-1-yl)-N-(2-hydroxyethyl)palmitamide	408-110-4	110483-07-3	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-097-00-3	N,N'-1,4-phenylenebis(2-((2-methoxy-4-nitrophenyl)azo)-3-oxobutanamide	411-840-6	83372-55-8	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-098-00-9	1-[4-chloro-3-((2,2,3,3,3-pentafluoropropoxy)methyl)phenyl]-5-phenyl-1H-1,2,4-triazole-3-carboxamide	411-750-7	119126-15-7	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
616-099-00-4	2-[4-[(4-hydroxyphenyl)sulfonyl]phenoxy]-4,4-dimethyl-N-[5-[(methylsulfonyl)amino]-2-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]phenyl]-3-oxopentanamide	414-170-2	135937-20-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-100-00-8	1,3-dimethyl-1,3-bis(trimethylsilyl)urea	414-180-7	10218-17-4	Acute Tox. 4 (*) Skin Irrit. 2	H302 H315	GHS07 Wng	H302 H315			
616-101-00-3	(S)-N-tert-butyl-1,2,3,4-tetrahydro-3-isoquinolinecarboxamide	414-600-9	149182-72-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
616-102-00-9	reaction mass of: α-[3-(3-mercaptopropanoxycarbonylamino)methylphenylaminocarbonyl]-ω-[3-(3-mercaptopropanoxycarbonylamino)methylphenylaminocarbonyloxy]-poly-(oxyethylene-co-oxypropylene); 1,2-(or 1,3-)bis[α-(3-mercaptopropanoxycarbonylamino)methylphenylaminocarbonyl]-ω-oxy-poly(oxyethylene-co-oxypropylene)]-3-(or 2-)propanol; 1,2,3-tris[α-(3-mercaptopropanoxycarbonylamino)methylphenylaminocarbonyl]-ω-oxy-poly-(oxyethylene-co-oxypropylene)]propane]	415-870-0	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-103-00-4	(S,S)-trans-4-(acetilamino)-5,6-dihidro-6-metil-7,7-dioxo-4H-thieno[2,3-b]tiopyran-2-sulfonamide	415-030-3	120298-38-6	Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H317 H410			
616-104-00-X	benalaxyl (ISO); methyl N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(phenylacetyl)-DL-alaninate	275-728-7	71626-11-4	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
616-105-00-5	chlorotoluron (ISO); 3-(3-chloro-p-tolyl)-1,1-dimethylurea	239-592-2	15545-48-9	Carc. 2 Repr. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H361d (***) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H351 H361d (***) H410			
616-106-00-0	phenmedipham (ISO); methyl 3-(3-methylcarbaniloyloxy)carbanilate	237-199-0	13684-63-4	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
616-108-00-1	iodosulfuron-methyl-sodium; sodium ([5-iodo-2-(methoxycarbonyl)phenyl]sulfonyl)carbamoyl(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)azanide	—	144550-36-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
616-109-00-7	sulfosulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(2-ethylsulfonylimidazo[1,2-a]pyridin-3-yl)sulfonylurea	—	141776-32-1	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
616-110-00-2	cyclanilide (ISO); 1-(2,4-dichloroanilino-carbonyl)cyclopropanecarboxylic acid	419-150-7	113136-77-9	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 2	H302 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H411			
616-111-00-8	fenhexamid (ISO); N-(2,3-dichlor-4-idrossifenil)-1-metilcicloesancarbossamid	422-530-5	126833-17-8	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-112-00-3	oxasulfuron (ISO); oxetan-3-yl 2-[[4,6-dimethylpyrimidin-2-yl]- carbamoylsulfamoyl]benzoate	—	144651-06-9	STOT RE 2 (*) Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H373 (**) H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H410			
616-113-00-9	desmedipham (ISO); ethyl 3-phenylcarbamoyloxyphenylcarbamate	237-198-5	13684-56-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410		M=10	
616-114-00-4	dodecanamide, N,N'-(9,9',10,10'-tetrahydro- 9,9',10,10'-tetraoxo(1,1'-bianthracene)-4,4'- diyl)bis-	418-010-2	136897-58-0	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-115-00-X	N-(3-acetyl-2-hydroxyphenyl)-4-(4-phenyl- butoxy)benzamide	416-150-9	136450-06-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-116-00-5	N-(4-dimethylaminopyridinium)-3- methoxy-4-(1-methyl-5-nitroindol-3-ylme- thyl)-N-(o-tolylsulfonyl)benzamidate	416-790-9	143052-96-4	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-117-00-0	N-[2-(3-acetyl-5-nitrothiophen-2-ylazo)-5- diethylaminophenyl]acetamide	416-860-9	777891-21-1	Repr. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361f (***) H317 H400 H410	GHS08 GHS09 Wng	H361f (***) H317 H410			
616-118-00-6	N-(2',6'-dimethylphenyl)-2-piperidinecarbo- xamide hydrochloride	417-950-0	65797-42-4	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
616-119-00-1	2-(1-butyl-3,5-dioxo-2-phenyl-(1,2,4)-triaz- olidin-4-yl)-4,4-dimethyl-3-oxo-N-(2- methoxy-5-(2-(dodecyl-1-sulfonyl))propio- nylamino)-phenyl)-pentanamide	418-060-5	118020-93-2	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-120-00-7	reaction mass of: N-(3-dimethylamino-4- methyl-phenyl)-benzamide; N-(3-dimethylamino-2-methyl-phenyl)-ben- zamide; N-(3-dimethylamino-3-methyl-phenyl)-ben- zamide	420-600-1	—	STOT RE 2 (*) Aquatic Chronic 2	H373 (**) H411	GHS08 GHS09 Wng	H373 (**) H411			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-121-00-2	2,4-dihydroxy-N-(2-methoxyphenyl)benzamide	419-090-1	129205-19-2	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
616-123-00-3	N-[3-[[4-(diethylamino)-2-methylphenyl]imino]-6-oxo-1,4-cyclohexadienyl]acetamide	414-740-0	96141-86-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
616-124-00-9	lithium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide	415-300-0	90076-65-6	Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 3 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 3	H311 H301 H314 H412	GHS06 GHS05 Dgr	H311 H301 H314 H412			
616-125-00-4	3-cyano-N-(1,1-dimethylethyl)androsta-3,5-diene-17-β-carboxamide	415-730-9	151338-11-3	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	410			
616-127-00-5	reaction mass of: N,N'-Ethane-1,2-diylbis(decanamide); 12-Hydroxy-N-[2-[1-oxydecyl]amino]ethyl octadecanamide; N,N'-Ethane-1,2-diylbis(12-hydroxyoctadecanamide)	430-050-2	—	Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H317 H411	GHS07 GHS09 Wng	H317 H411			
616-128-00-0	N-(2-(1-allyl-4,5-dicyanoimidazol-2-ylazo)-5-(dipropylamino)phenyl)-acetamide	417-530-7	123590-00-1	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-129-00-6	N,N'-bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)isophthalamide	419-710-0	42774-15-2	Acute Tox. 4 (*) Eye Irrit. 2	H302 H319	GHS07 Wng	H302 H319			
616-130-00-1	N-(3-(2-(4,4-dimethyl-2,5-dioxoimidazolin-1-yl)-4,4-dimethyl-3-oxo-pentanoylamino)-4-methoxy-phenyl)-octadecanamide	421-780-2	150919-56-5	Aquatic Chronic 4	H413	—	H413			
616-132-00-2	N-[4-(4-cyano-2-furfurylidene-2,5-dihydro-5-oxo-3-furyl)phenyl]butane-1-sulfonamide	423-250-6	130016-98-7	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
616-133-00-8	N-cyclohexyl-S,S-dioxobenzob[b]tiophene-2-carboxamide	423-990-1	149118-66-1	Acute Tox. 4 (*) Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H318 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H302 H318 H410			
616-134-00-3	3,3'-bis(dioctyloxyphosphinothioylthio)-N,N'-oxybis(methylene)dipropionamide	401-820-5	793710-14-2	Aquatic Chronic 3	H412	—	H412			
616-135-00-9	(3S,4aS,8aS)-2-[(2R,3S)-3-amino-2-hydroxy-4-phenylbutyl]-N-tert-butyldecahydroisoquinoline-3-carboxamide	430-230-0	136522-17-3	Acute Tox. 4 (*) Aquatic Chronic 3	H302 H412	GHS07 Wng	H302 H412			
616-142-00-7	1,3-Bis(vinylsulfonylacetamido)propane	428-350-3	93629-90-4	Muta. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H341 H318 H317 H412	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H341 H318 H317 H412			
616-143-00-2	N,N'-dihexadecyl-N,N'-bis(2-hydroxyethyl)propanediamide	422-560-9	149591-38-8	Repr. 2 Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 4	H361f (***) H319 H413	GHS08 Wng	H361f (***) H319 H413			
617-001-00-2	di-tert-butyl peroxide	203-733-6	110-05-4	Org. Perox. E Flam. Liq. 2	H242 H225	GHS02 Dgr	H242 H225			
617-002-00-8	α,α-dimethylbenzyl hydroperoxide; cumene hydroperoxide	201-254-7	80-15-9	Org. Perox. E Acute Tox. 3 (*) Acute Tox. 4 (*) Acute Tox. 4 (*) STOT RE 2 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Chronic 2	H242 H331 H312 H302 H373 (**) H314 H411	GHS02 GHS06 GHS08 GHS05 GHS09 Dgr	H242 H331 H312 H302 H373 (**) H314 H411	Skin Corr. 1B; H314: C ≥ 10 % Skin Irrit. 2; H315: 3 % ≤ C < 10 % Eye Dam. 1; H318: 3 % ≤ C < 10 % Eye Irrit. 2; H319: 1 % ≤ C < 3 % STOT SE 3; H335: C < 10 %		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
617-003-00-3	dilauroyl peroxide	203-326-3	105-74-8	Org. Perox. D	H242	GHS02 Dgr	H242			
617-004-00-9	1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl hydroperoxide	212-230-0	771-29-9	Org. Perox. D Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H242 H302 H314 H400 H410	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H242 H302 H314 H410		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
617-006-00-X	bis(α,α-dimethylbenzyl) peroxide	201-279-3	80-43-3	Org. Perox. F Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H242 H319 H315 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H242 H319 H315 H411			
617-007-00-5	tert-butyl α,α-dimethylbenzyl peroxide	222-389-8	3457-61-2	Org. Perox. E Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H242 H315 H411	GHS02 GHS07 GHS09 Wng	H242 H315 H411			
617-008-00-0	dibenzoyl peroxide; benzoyl peroxide	202-327-6	94-36-0	Org. Perox. B Eye Irrit. 2 Skin Sens. 1	H241 H319 H317	GHS01 GHS02 GHS07 Wng	H241 H319 H317			T
617-010-00-1	1-hydroperoxycyclohexyl 1-hydroxycyclohexyl peroxide; [1] 1,1'-dioxybiscyclohexan-1-ol; [2] cyclohexylidene hydroperoxide; [3] cyclohexanone, peroxide [4] [> 91 % solution]	201-091-1 [1] 219-306-2 [2] 220-279-4 [3] 235-527-7 [4]	78-18-2 [1] 2407-94-5 [2] 2699-11-8 [3] 12262-58-7 [4]	Org. Perox. A Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H240 H302 H314	GHS01 GHS05 GHS07 Dgr	H240 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	C T



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
617-010-01-9	1-hydroperoxycyclohexyl 1-hydroxycyclohexyl peroxide; [1] 1,1'-dioxybiscyclohexan-1-ol; [2] cyclohexylidene hydroperoxide; [3] cyclohexanone, peroxide [4] [≤ 91 % solution]	201-091-1 [1] 219-306-2 [2] 220-279-4 [3] 235-527-7 [4]	78-18-2 [1] 2407-94-5 [2] 2699-11-8 [3] 12262-58-7 [4]	Org. Perox. C Acute Tox. 4 (*) Skin Corr. 1B	H242 H302 H314	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H242 H302 H314		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	C T
617-012-00-2	8-p-menthyl hydroperoxide; p-menthane hydroperoxide	201-281-4	80-47-7	Org. Perox. D Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 (*)	H242 H314 H332	GHS02 GHS05 GHS07 Dgr	H242 H314 H332		STOT SE 3; H335: C ≥ 5 %	
617-013-00-8	O,O-tert-butyl O-docosyl monoperoxyoxalate	404-300-6	116753-76-5	Org. Perox. C *** Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H242 H400 H410	GHS02 GHS09 Dgr	H242 H410			
617-014-00-3	6-(nonylamino)-6-oxo-peroxyhexanoic acid	406-680-9	104788-63-8	Org. Perox. C *** Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1	H242 H318 H317 H400	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H242 H318 H317 H400			
617-015-00-9	bis(4-methylbenzoyl)peroxide	407-950-9	895-85-2	Org. Perox. B *** Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H241 H400 H410	GHS01 GHS02 GHS09 Dgr	H241 H410			
617-016-00-4	3-hydroxy-1,1-dimethylbutyl 2-ethyl-2-methylheptaneperoxoate	413-910-1	—	Org. Perox. C *** Flam. Liq. 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H242 H226 H315 H400 H410	GHS02 GHS07 GHS09 Dgr	H242 H226 H315 H410			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
617-017-00-X	reaction mass of: 2,2'-bis( <i>tert</i> -pentylperoxy)- <i>p</i> -diisopropylbenzene; 2,2'-bis( <i>tert</i> -pentylperoxy)- <i>m</i> -diisopropylbenzene	412-140-3	32144-25-5	Org. Perox. D **** Aquatic Chronic 4	H242 H413	GHS02 Dgr	H242 H413			T
617-018-00-5	reaction mass of: 1-methyl-1-(3-(1-methylethyl)phenyl)ethyl-1-methyl-1-phenylethylperoxide, 63 % by weight; 1-methyl-1-(4-(1-methylethyl)phenyl)ethyl-1-methyl-1-phenylethylperoxide, 31 % by weight	410-840-3	71566-50-2	Org. Perox. C **** Aquatic Chronic 2	H242 H411	GHS02 GHS09 Dgr	H242 H411			T
617-019-00-0	6-(phthalimido)peroxyhexanoic acid	410-850-8	128275-31-0	Org. Perox. D Eye Dam. 1 Aquatic Acute 1	H242 H318 H400	GHS02 GHS05 GHS09 DgDgr	H242 H318 H400			T
617-020-00-6	1,3-di(prop-2,2-diyl)benzene bis(neodecanoylperoxide)	420-060-5	117663-11-3	Flam. Liq. 3 Org. Perox. D **** Aquatic Chronic 2	H226 H242 H411	GHS02 GHS09 Dgr	H226 H242 H411			
647-001-00-8	glucosidase, $\beta$ -	232-589-7	9001-22-3	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			
647-002-00-3	cellulase	232-734-4	9012-54-8	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			
647-003-00-9	cellobiohydrolase, exo-	253-465-9	37329-65-0	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			
647-004-00-4	cellulases with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			A
647-005-00-X	bromelain, juice	232-572-4	9001-00-7	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
647-006-00-5	ficin	232-599-1	9001-33-6	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-007-00-0	papain	232-627-2	9001-73-4	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-008-00-6	pepsin A	232-629-3	9001-75-6	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-009-00-1	rennin	232-645-0	9001-98-3	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-010-00-7	trypsin	232-650-8	9002-07-7	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-011-00-2	chymotrypsin	232-671-2	9004-07-3	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-012-00-8	subtilisin	232-752-2	9014-01-1	STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Resp. Sens. 1	H335 H315 H318 H334	GHS08 GHS05 GHS07 Dgr	H335 H315 H318 H334			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
647-013-00-3	proteinase, microbial neutral	232-966-6	9068-59-1	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-014-00-9	proteases with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Resp. Sens. 1	H319 H335 H315 H334	GHS08 GHS07 Dgr	H319 H335 H315 H334			
647-015-00-4	amylase, α-	232-565-6	9000-90-2	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			
647-016-00-X	amylases with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Resp. Sens. 1	H334	GHS08 Dgr	H334			
648-001-00-0	Distillates (coal tar), benzole fraction; Light Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of coal tar. It consists of hydrocarbons having carbon numbers primarily in the range of C <sub>4</sub> to C <sub>10</sub> and distilling in the approximate range of 80°C to 160°C (175°F to 320°F).]	283-482-7	84650-02-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350		H	
648-002-00-6	Tar oils, brown-coal; Light Oil; [The distillate from lignite tar boiling in the range of approximately 80°C to 250°C (176°F to 482°F). Composed primarily of aliphatic and aromatic hydrocarbons and monobasic phenols.]	302-674-4	94114-40-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350		H J	
648-003-00-1	Benzol forerunnings (coal); Light Oil Redistillate, low boiling; [The distillate from coke oven light oil having an approximate distillation range below 100°C (212°F). Composed primarily of C <sub>4</sub> to C <sub>6</sub> aliphatic hydrocarbons.]	266-023-5	65996-88-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350		H J	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-004-00-7	Distillates (coal tar), benzole fraction, BTX-rich; Light Oil Redistillate, low boiling; [A residue from the distillation of crude benzole to remove benzole fronts. Composed primarily of benzene, toluene and xylenes boiling in the range of approximately 75°C to 200°C (167°F to 392°F).]	309-984-9	101896-26-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-005-00-2	Aromatic hydrocarbons, C <sub>6-10</sub> , C <sub>8</sub> -rich; Light Oil Redistillate, low boiling	292-697-5	90989-41-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-006-00-8	Solvent naphtha (coal), light; Light Oil Redistillate, low boiling	287-498-5	85536-17-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-007-00-3	Solvent naphtha (coal), xylene-styrene cut; Light Oil Redistillate, intermediate boiling	287-502-5	85536-20-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-008-00-9	Solvent naphtha (coal), coumarone-styrene contg.; Light Oil Redistillate, intermediate boiling	287-500-4	85536-19-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-009-00-4	Naphtha (coal), distn. residues; Light Oil Redistillate, high boiling; [The residue remaining from the distillation of recovered naphtha. Composed primarily of naphthalene and condensation products of indene and styrene.]	292-636-2	90641-12-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-010-00-X	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8</sub> ; Light Oil Redistillate, high boiling	292-694-9	90989-38-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-012-00-0	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8-9</sub> , hydrocarbon resin polymn. by-product; Light Oil Redistillate, high boiling; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the evaporation of solvent under vacuum from polymerized hydrocarbon resin. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>9</sub> and boiling in the range of approximately 120°C to 215°C (248°F to 419°F).]	295-281-1	91995-20-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-013-00-6	Aromatic hydrocarbons, C <sub>9-12</sub> , benzene distn.; Light Oil Redistillate, high boiling	295-551-9	92062-36-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-014-00-1	Extract residues (coal), benzole fraction alk., acid ext.; Light Oil Extract Residues, low boiling; [The redistillate from the distillate, freed of tar acids and tar bases, from bituminous coal high temperature tar boiling in the approximate range of 90°C to 160°C (194°F to 320°F). It consists predominantly of benzene, toluene and xylenes.]	295-323-9	91995-61-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-015-00-7	Extract residues (coal tar), benzole fraction alk., acid ext.; Light Oil Extract Residues, low boiling; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the redistillation of the distillate of high temperature coal tar (tar acid and tar base free). It consists predominantly of unsubstituted and substituted mononuclear aromatic hydrocarbons boiling in the range of 85°C-195°C (185°F-383°F).]	309-868-8	101316-63-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-016-00-2	Extract residues (coal), benzole fraction acid; Light Oil Extract Residues, low boiling; [An acid sludge by-product of the sulphuric acid refining of crude high temperature coal. Composed primarily of sulfuric acid and organic compounds.]	298-725-2	93821-38-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-017-00-8	Extract residues (coal), light oil alk., distn. overheads; Light Oil Extract Residues, low boiling; [The first fraction from the distillation of aromatic hydrocarbons, coumarone, naphthalene and indene rich prefractionator bottoms or washed carbolic oil boiling substantially below 145°C (293°F). Composed primarily of C <sub>7</sub> and C <sub>8</sub> aliphatic and aromatic hydrocarbons.]	292-625-2	90641-02-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-018-00-3	Extract residues (coal), light oil alk., acid ext., indene fraction; Light Oil Extract Residues, intermediate boiling	309-867-2	101316-62-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-019-00-9	Extract residues (coal), light oil alk., indene naphtha fraction; Light Oil Extract Residues, high boiling; [The distillate from aromatic hydrocarbons, coumarone, naphthalene and indene rich prefractionator bottoms or washed carbolic oils, having an approximate boiling range of 155°C to 180°C (311°F to 356°F). Composed primarily of indene, indan and trimethylbenzenes.]	292-626-8	90641-03-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-020-00-4	Solvent naphtha (coal); Light Oil Extract Residues, high boiling; [The distillate from either high temperature coal tar, coke oven light oil, or coal tar oil alkaline extract residue having an approximate distillation range of 130°C to 210°C (266°F to 410°F) Composed primarily of indene and other polycyclic ring systems containing a single aromatic ring. May contain phenolic compounds and aromatic nitrogen bases.]	266-013-0	65996-79-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-021-00-X	Distillates (coal tar), light oils, neutral fraction; Light Oil Extract Residues, high boiling; [A distillate from the fractional distillation of high temperature coal tar. Composed primarily of alkyl-substituted one ring aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 135°C to 210°C (275°F to 410°F). May also include unsaturated hydrocarbons such as indene and coumarone.]	309-971-8	101794-90-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-022-00-5	Distillates (coal tar), light oils, acid exts.; Light Oil Extract Residues, high boiling; [This oil is a complex mixture of aromatic hydrocarbons, primarily indene, naphthalene, coumarone, phenol, and <i>o</i> -, <i>m</i> - and <i>p</i> -cresol and boiling in the range of 140°C to 215°C (284°F to 419°F).]	292-609-5	90640-87-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-023-00-0	Distillates (coal tar), light oils; Carbolic Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of coal tar. It consists of aromatic and other hydrocarbons, phenolic compounds and aromatic nitrogen compounds and distills at the approximate range of 150°C to 210°C (302°F to 410°F).]	283-483-2	84650-03-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-024-00-6	Tar oils, coal; Carbolic Oil; [The distillate from high temperature coal tar having an approximate distillation range of 130°C to 250°C (266°F to 410°F). Composed primarily of naphthalene, alkyl-naphthalenes, phenolic compounds, and aromatic nitrogen bases.]	266-016-7	65996-82-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-026-00-7	Extract residues (coal), light oil alk., acid ext.; Carbolic Oil Extract Residue; [The oil resulting from the acid washing of alkali-washed carbolic oil to remove the minor amounts of basic compounds (tar bases). Composed primarily of indene, indan and alkylbenzenes.]	292-624-7	90641-01-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-027-00-2	Extract residues (coal), tar oil alk.; Carbolic Oil Extract Residue; [The residue obtained from coal tar oil by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxide after the removal of crude coal tar acids. Composed primarily of naphthalenes and aromatic nitrogen bases.]	266-021-4	65996-87-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-028-00-8	Extract oils (coal), light oil; Acid Extract; [The aqueous extract produced by an acidic wash of alkali-washed carbolic oil. Composed primarily of acid salts of various aromatic nitrogen bases including pyridine, quinoline and their alkyl derivatives.]	292-622-6	90640-99-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-029-00-3	Pyridine, alkyl derivs.; Crude Tar Bases; [The complex combination of polyalkylated pyridines derived from coal tar distillation or as high-boiling distillates approximately above 150°C (302°F) from the reaction of ammonia with acetaldehyde, formaldehyde or paraformaldehyde.]	269-929-9	68391-11-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-030-00-9	Tar bases, coal, picoline fraction; Distillate Bases; [Pyridine bases boiling in the range of approximately 125°C to 160°C (257°F 320°F) obtained by distillation of neutralized acid extract of the base-containing tar fraction obtained by the distillation of bituminous coal tars. Composed chiefly of lutidines and picolines.]	295-548-2	92062-33-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-031-00-4	Tar bases, coal, lutidine fraction; Distillate Bases	293-766-2	91082-52-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-032-00-X	Extract oils (coal), tar base, collidine fraction; Distillate Bases; [The extract produced by the acidic extraction of bases from crude coal tar aromatic oils, neutralization, and distillation of the bases. Composed primarily of collidines, aniline, toluidines, lutidines, xylidines.]	273-077-3	68937-63-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-033-00-5	Tar bases, coal, collidine fraction; Distillate Bases; [The distillation fraction boiling in the range of approximately 181°C to 186°C (356°F to 367°F) from the crude bases obtained from the neutralized, acid-extracted base-containing tar fractions obtained by the distillation of bituminous coal tar. It contains chiefly aniline and collidines.]	295-543-5	92062-28-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-034-00-0	Tar bases, coal, aniline fraction; Distillate Bases; [The distillation fraction boiling in the range of approximately 180°C to 200°C (356°F to 392°F) from the crude bases obtained by dephenolating and debasing the carbolated oil from the distillation of coal tar. It contains chiefly aniline, collidines, lutidines and toluidines.]	295-541-4	92062-27-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-035-00-6	Tar bases, coal, toluidine fraction; Distillate Bases	293-767-8	91082-53-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-036-00-1	Distillates (petroleum), alkene-alkyne manuf. pyrolysis oil, mixed with high-temp. coal tar, indene fraction; Redistillates; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a redistillate from the fractional distillation of bituminous coal high temperature tar and residual oils that are obtained by the pyrolytic production of alkenes and alkynes from petroleum products or natural gas. It consists predominantly of indene and boils in a range of approximately 160°C to 190°C (320°F to 374°F).]	295-292-1	91995-31-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-037-00-7	Distillates (coal), coal tar-residual pyrolysis oils, naphthalene oils; Redistillates; [The redistillate obtained from the fractional distillation of bituminous coal high temperature tar and pyrolysis residual oils and boiling in the range of approximately 190°C to 270°C (374°F to 518°F). Composed primarily of substituted dinuclear aromatics.]	295-295-8	91995-35-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-038-00-2	Extract oils (coal), coal tar-residual pyrolysis oils, naphthalene oil, redistillate; Redistillates; [The redistillate from the fractional distillation of dephenolated and debased methylnaphthalene oil obtained from bituminous coal high temperature tar and pyrolysis residual oils boiling in the approximate range of 220°C to 230°C (428°F to 446°F). It consists predominantly of unsubstituted and substituted dinuclear aromatic hydrocarbons.]	295-329-1	91995-66-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-039-00-8	Extract oils (coal), coal tar-residual pyrolysis oils, naphthalene oils; Redistillates; [A neutral oil obtained by debasing and dephenolating the oil obtained from the distillation of high temperature tar and pyrolysis residual oils which has a boiling range of 225°C to 255°C (437°F to 491°F). Composed primarily of substituted dinuclear aromatic hydrocarbons.]	310-170-0	122070-79-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-040-00-3	Extract oils (coal), coal tar residual pyrolysis oils, naphthalene oil, distn. residues; Redistillates; [Residue from the distillation of dephenolated and debased methylnaphthalene oil (from bituminous coal tar and pyrolysis residual oils) with a boiling range of 240°C to 260°C (464°F to 500°F). Composed primarily of substituted dinuclear aromatic and heterocyclic hydrocarbons.]	310-171-6	122070-80-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-041-00-9	Absorption oils, bicyclo arom. and heterocyclic hydrocarbon fraction; Wash Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a redistillate from the distillation of wash oil. It consists predominantly of 2-ringed aromatic and heterocyclic hydrocarbons boiling in the range of approximately 260°C to 290°C (500°F to 554°F).]	309-851-5	101316-45-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-042-00-4	Distillates (coal tar), upper, fluorene-rich; Wash Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the crystallization of tar oil. It consists of aromatic and polycyclic hydrocarbons primarily fluorene and some acenaphthene.]	284-900-0	84989-11-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-043-00-X	Creosote oil, acenaphthene fraction, acenaphthene-free; Wash Oil Redistillate; [The oil remaining after removal by a crystallization process of acenaphthene from acenaphthene oil from coal tar. Composed primarily of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	292-606-9	90640-85-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-044-00-5	Distillates (coal tar), heavy oils; Heavy Anthracene Oil; [Distillate from the fractional distillation of coal tar of bituminous coal, with boiling range of 240°C to 400°C (464°F to 752°F). Composed primarily of tri- and polynuclear hydrocarbons and heterocyclic compounds.]	292-607-4	90640-86-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-045-00-0	Distillates (coal tar), upper; Heavy Anthracene Oil; [The distillate from coal tar having an approximate distillation range of 220°C to 450°C (428°F to 842°F). Composed primarily of three to four membered condensed ring aromatic hydrocarbons and other hydrocarbons.]	266-026-1	65996-91-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-046-00-6	Anthracene oil, acid ext.; Anthracene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons from the base-freed fraction obtained from the distillation of coal tar and boiling in the range of approximately 325°C to 365°C (617°F to 689°F). It contains predominantly anthracene and phenanthrene and their alkyl derivatives.]	295-274-3	91995-14-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-047-00-1	Distillates (coal tar); Heavy Anthracene Oil; [The distillate from coal tar having an approximate distillation range of 100°C to 450°C (212°F to 842°F). Composed primarily of two to four membered condensed ring aromatic hydrocarbons, phenolic compounds, and aromatic nitrogen bases.]	266-027-7	65996-92-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-048-00-7	Distillates (coal tar), pitch, heavy oils; Heavy Anthracene Oil; [The distillate from the distillation of the pitch obtained from bituminous high temperature tar. Composed primarily of tri- and polynuclear aromatic hydrocarbons and boiling in the range of approximately 300°C to 470°C (572°F to 878°F). The product may also contain heteroatoms.]	295-312-9	91995-51-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-049-00-2	Distillates (coal tar), pitch; Heavy Anthracene Oil; [The oil obtained from condensation of the vapors from the heat treatment of pitch. Composed primarily of two- to four-ring aromatic compounds boiling in the range of 200°C to greater than 400°C (392°F to greater than 752°F).]	309-855-7	101316-49-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-050-00-8	Distillates (coal tar), heavy oils, pyrene fraction; Heavy Anthracene Oil Redistillate; [The redistillate obtained from the fractional distillation of pitch distillate boiling in the range of approximately 350°C to 400°C (662°F to 752°F). Consists predominantly of tri- and polynuclear aromatics and heterocyclic hydrocarbons.]	295-304-5	91995-42-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-051-00-3	Distillates (coal tar), pitch, pyrene fraction; Heavy Anthracene Oil Redistillate; [The redistillate obtained from the fractional distillation of pitch distillate and boiling in the range of approximately 380°C to 410°C (7160 to 770°F). Composed primarily of tri- and polynuclear aromatic hydrocarbons and heterocyclic compounds.]	295-313-4	91995-52-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-052-00-9	Paraffin waxes (coal), brown-coal high-temp. tar, carbon-treated; Coal Tar Extract; [A complet combination of hydrocarbons obtained by the treatment of lignite carbonization tar with activated carbon for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-296-6	97926-76-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-053-00-4	Paraffin waxes (coal), brown-coal high-temp tar, clay-treated; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of lignite carbonization tar with bentonite for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-297-1	97926-77-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-054-00-X	Pitch; Pitch	263-072-4	61789-60-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-055-00-5	Pitch, coal tar, high-temp.; Pitch; [The residue from the distillation of high temperature coal tar. A black solid with an approximate softening point from 30°C to 180°C (86°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of three or more membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	266-028-2	65996-93-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-056-00-0	Pitch, coal tar, high-temp., heat-treated; Pitch; [The heat treated residue from the distillation of high temperature coal tar. A black solid with an approximate softening point from 80°C to 180°C (176°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of three or more membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	310-162-7	121575-60-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-057-00-6	Pitch, coal tar, high-temp., secondary; Pitch Redistillate; [The residue obtained during the distillation of high boiling fractions from bituminous coal high temperature tar and/or pitch coke oil, with a softening point of 140°C to 170°C (284°F to 392°F) according to DIN 52025. Composed primarily of tri- and polynuclear aromatic compounds which also contain heteroatoms.]	302-650-3	94114-13-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-058-00-1	Residues (coal tar), pitch distn.; Pitch Redistillate; [Residue from the fractional distillation of pitch distillate boiling in the range of approximately 400°C to 470°C (752°F to 846°F). Composed primarily of polynuclear aromatic hydrocarbons, and heterocyclic compounds.]	295-507-9	92061-94-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-059-00-7	Tar, coal, high-temp., distn. and storage residues; Coal Tar Solids Residue; [Coke- and ash-containing solid residues that separate on distillation and thermal treatment of bituminous coal high temperature tar in distillation installations and storage vessels. Consists predominantly of carbon and contains a small quantity of hetero compounds as well as ash components.]	295-535-1	92062-20-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-060-00-2	Tar, coal, storage residues; Coal Tar Solids Residue; [The deposit removed from crude coal tar storages. Composed primarily of coal tar and carbonaceous particulate matter.]	293-764-1	91082-50-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-061-00-8	Tar, coal, high-temp., residues; Coal Tar Solids Residue; [Solids formed during the coking of bituminous coal to produce crude bituminous coal high temperature tar. Composed primarily of coke and coal particles, highly aromatized compounds and mineral substances.]	309-726-5	100684-51-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-062-00-3	Tar, coal, high-temp., high-solids; Coal Tar Solids Residue; [The condensation product obtained by cooling, to approximately ambient temperature, the gas evolved in the high temperature (greater than 700°C (1292°F)) destructive distillation of coal. Composed primarily of a complex mixture of condensed ring aromatic hydrocarbons with a high solid content of coal-type materials.]	273-615-7	68990-61-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-063-00-9	Waste solids, coal-tar pitch coking; Coal Tar Solids Residue; [The combination of wastes formed by the coking of bituminous coal tar pitch. It consists predominantly of carbon.]	295-549-8	92062-34-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-064-00-4	Extract residues (coal), brown; Coal Tar Extract; [The residue from extraction of dried coal.]	294-285-0	91697-23-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-065-00-X	Paraffin waxes (coal), brown-coal-high-temp. tar; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained from lignite carbonization tar by solvent crystallisation (solvent deoiling), by sweating or an adducting process. It consists predominantly of straight and branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-454-1	92045-71-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-066-00-5	Paraffin waxes (coal), brown-coal-high-temp. tar, hydrotreated; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained from lignite carbonization tar by solvent crystallisation (solvent deoiling), by sweating or an adducting process treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of straight and branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-455-7	92045-72-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-067-00-0	Paraffin waxes (coal), brown-coal high-temp tar, silicic acid-treated; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of lignite carbonization tar with silicic acid for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-298-7	97926-78-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-068-00-6	Tar, coal, low-temp., distn. residues; Tar Oil, intermediate boiling; [Residues from fractional distillation of low temperature coal tar to remove oils that boil in a range up to approximately 300°C (572° F). Composed primarily of aromatic compounds.]	309-887-1	101316-85-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-069-00-1	Pitch, coal tar, low-temp; Pitch Residue; [A complex black solid or semi-solid obtained from the distillation of a low temperature coal tar. It has a softening point within the approximate range of 40°C to 180°C (104°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of hydrocarbons.]	292-651-4	90669-57-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-070-00-7	Pitch, coal tar, low-temp., oxidized; Pitch Residue, oxidised; [The product obtained by air-blowing, at elevated temperature, low-temperature coal tar pitch. It has a softening-point within the approximate range of 70°C to 180°C (158°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of hydrocarbons.]	292-654-0	90669-59-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-071-00-2	Pitch, coal tar, low-temp., heat-treated; Pitch Residue, oxidised; Pitch Residue, heat-treated; [A complex black solid obtained by the heat treatment of low temperature coal tar pitch. It has a softening point within the approximate range of 50°C to 140°C (122°F to 284° F). Composed primarily of a complex mixture of aromatic compounds.]	292-653-5	90669-58-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-072-00-8	Distillates (coal-petroleum), condensed-ring arom; Distillates; [The distillate from a mixture of coal and tar and aromatic petroleum streams having an approximate distillation range of 220°C to 450°C (428°F to 842°F). Composed primarily of 3- to 4-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-159-3	68188-48-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-073-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>20-28</sub> , polycyclic, mixed coal-tar pitch-polyethylene-polypropylene pyrolysis-derived; Pyrolysis Products; [A complex combination hydrocarbons obtained from mixed coal tar pitch-polyethylene-polypropylene pyrolysis. Composed primarily of polycyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>28</sub> and having a softening point of 100°C to 220°C (212°F to 428°F) according to DIN 52025.]	309-956-6	101794-74-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-074-00-9	Aromatic hydrocarbons, C <sub>20-28</sub> , polycyclic, mixed coal-tar pitch-polyethylene pyrolysis-derived; Pyrolysis Products; [A complex combination of hydrocarbons obtained from mixed coal tar pitch-polyethylene pyrolysis. Composed primarily of polycyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>28</sub> and having a softening point of 100°C to 220°C (212°F to 428°F) according to DIN 52025.]	309-957-1	101794-75-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-075-00-4	Aromatic hydrocarbons, C <sub>20-28</sub> , polycyclic, mixed coal-tar pitch-polystyrene pyrolysis-derived; Pyrolysis Products; [A complex combination of hydrocarbons obtained from mixed coal tar pitch-polystyrene pyrolysis. Composed primarily of polycyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>28</sub> and having a softening point of 100°C to 220°C (212°F to 428°F) according to DIN 52025.]	309-958-7	101794-76-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-076-00-X	Pitch, coal tar-petroleum; Pitch Residues; [The residue from the distillation of a mixture of coal tar and aromatic petroleum streams. A solid with a softening point from 40°C to 180°C (140°F to 356°F). Composed primarily of a complex combination of three or more membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-109-0	68187-57-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-077-00-5	Phenanthrene, distn. residues; Heavy Anthracene Oil Redistillate; [Residue from the distillation of crude phenanthrene boiling in the approximate range of 340°C to 420°C (644°F to 788°F). It consists predominantly of phenanthrene, anthracene and carbazole.]	310-169-5	122070-78-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-078-00-0	Distillates (coal tar), upper, fluorene-free; Wash Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the crystallization of tar oil. It consists of aromatic polycyclic hydrocarbons, primarily diphenyl, dibenzofuran and acenaphthene.]	284-899-7	84989-10-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-079-00-6	Anthracene oil; Anthracene oil; [A complex combination of polycyclic aromatic hydrocarbons obtained from coal tar having an approximate distillation range of 300°C to 400°C (572°F to 752°F). Composed primarily of phenanthrene, anthracene and carbazole.]	292-602-7	90640-80-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-080-00-1	Residues (coal tar), creosote oil distn.; Wash Oil Redistillate; [The residue from the fractional distillation of wash oil boiling in the approximate range of 270°C to 330°C (518°F to 626°F). It consists predominantly of dinuclear aromatic and heterocyclic hydrocarbons.]	295-506-3	92061-93-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-081-00-7	Tar, coal; Coal tar; [The by-product from the destructive distillation of coal. Almost black semisolid. A complex combination of aromatic hydrocarbons, phenolic compounds, nitrogen bases and thiophene.]	232-361-7	8007-45-2	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-082-00-2	Tar, coal, high-temp.; Coal tar; [The condensation product obtained by cooling, to approximately ambient temperature, the gas evolved in the high temperature (greater than 700°C (1292°F)) destructive distillation of coal. A black viscous liquid denser than water. Composed primarily of a complex mixture of condensed ring aromatic hydrocarbons. May contain minor amounts of phenolic compounds and aromatic nitrogen bases.]	266-024-0	65996-89-6	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-083-00-8	Tar, coal, low-temp.; Coal oil; [The condensation product obtained by cooling, to approximately ambient temperature, the gas evolved in low temperature (less than 700°C (1292°F)) destructive distillation of coal. A black viscous liquid denser than water. Composed primarily of condensed ring aromatic hydrocarbons, phenolic compounds, aromatic nitrogen bases, and their alkyl derivatives.]	266-025-6	65996-90-9	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-084-00-3	Distillates (coal), coke-oven light oil, naphthalene cut; Naphthalene Oil; [The complex combination of hydrocarbons obtained from prefractionation (continuous distillation) of coke oven light oil. It consists predominantly of naphthalene, coumarone and indene and boils above 148°C (298°F).]	285-076-5	85029-51-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-085-00-9	Distillates (coal tar), naphthalene oils; Naphthalene Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of coal tar. It consists primarily of aromatic and other hydrocarbons, phenolic compounds and aromatic nitrogen compounds and distills in the approximate range of 200°C to 250°C (392°F to 482°F).]	283-484-8	84650-04-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-086-00-4	Distillates (coal tar), naphthalene oils, naphthalene-low; Naphthalene Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained by crystallization of naphthalene oil. Composed primarily of naphthalene, alkyl naphthalenes and phenolic compounds.]	284-898-1	84989-09-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-087-00-X	Distillates (coal tar), naphthalene oil crystn. mother liquor; Naphthalene Oil Redistillate; [A complex combination of organic compounds obtained as a filtrate from the crystallization of the naphthalene fraction from coal tar and boiling in the range of approximately 200°C to 230°C (392°F to 446°F). Contains chiefly naphthalene, thionaphthene and alkylnaphthalenes.]	295-310-8	91995-49-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-088-00-5	Extract residues (coal), naphthalene oil, alk.; Naphthalene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the alkali washing of naphthalene oil to remove phenolic compounds (tar acids). It is composed of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	310-166-9	121620-47-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-089-00-0	Extract residues (coal), naphthalene oil, alk., naphthalene-low; Naphthalene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons remaining after the removal of naphthalene from alkali-washed naphthalene oil by a crystallization process. It is composed primarily of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	310-167-4	121620-48-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-090-00-6	Distillates (coal tar), naphthalene oils, naphthalene-free, alk. exts.; Naphthalene Oil Extract Residue; [The oil remaining after the removal of phenolic compounds (tar acids) from drained naphthalene oil by an alkali wash. Composed primarily of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	292-612-1	90640-90-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-091-00-1	Extract residues (coal), naphthalene oil alk., distn. overheads; Naphthalene Oil Extract Residue; [The distillation from alkali-washed naphthalene oil having an approximate distillation range of 180°C to 220°C (356°F to 428°F). Composed primarily of naphthalene, alkylbenzenes, indene and indan.]	292-627-3	90641-04-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-092-00-7	Distillates (coal tar), naphthalene oils, methylnaphthalene fraction; Methylnaphthalene Oil; [A distillate from the fractional distillation of high temperature coal tar. Composed primarily of substituted two ring aromatic hydrocarbons and aromatic nitrogen bases boiling in the range of approximately 225°C to 255°C (437°F to 491°F).]	309-985-4	101896-27-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-093-00-2	Distillates (coal tar), naphthalene oils, indole-methylnaphthalene fraction; Methylnaphthalene Oil; [A distillate from the fractional distillation of high temperature coal tar. Composed primarily of indole and methylnaphthalene boiling in the range of approximately 235°C to 255°C (455°F to 491°F).]	309-972-3	101794-91-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-094-00-8	Distillates (coal tar), naphthalene oils, acid exts.; Methylnaphthalene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons obtained by debasing the methylnaphthalene fraction obtained by the distillation of coal tar and boiling in the range of approximately 230°C to 255°C (446°F to 491°F). Contains chiefly 1(2)-methylnaphthalene, naphthalene, dimethylnaphthalene and biphenyl.]	295-309-2	91995-48-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-095-00-3	Extract residues (coal), naphthalene oil alk., distn. residues; Methylnaphthalene Oil Extract Residue; [The residue from the distillation of alkali-washed naphthalene oil having an approximate distillation range of 220°C to 300°C (428°F to 572°F). Composed primarily of naphthalene, alkylnaphthalenes and aromatic nitrogen bases.]	292-628-9	90641-05-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-096-00-9	Extract oils (coal), acidic, tar-base free; Methylnaphthalene Oil Extract Residue; [The extract oil boiling in the range of approximately 220°C to 265°C (428°F to 509°F) from coal tar alkaline extract residue produced by an acidic wash such as aqueous sulfuric acid after distillation to remove tar bases. Composed primarily of alkylnaphthalenes.]	284-901-6	84989-12-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-097-00-4	Distillates (coal tar), benzole fraction, distn. residues; Wash Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude benzole (high temperature coal tar). It may be a liquid with the approximate distillation range of 150°C to 300°C (302°F to 572°F) or a semi-solid or solid with a melting point up to 70°C (158°F). It is composed primarily of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	310-165-3	121620-46-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-098-00-X	Creosote oil, acenaphthene fraction; Wash Oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of coal tar and boiling in the range of approximately 240°C to 280°C (464°F to 536°F). Composed primarily of acenaphthene, naphthalene and alkyl naphthalene.]	292-605-3	90640-84-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-099-00-5	Creosote oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of coal tar. It consists primarily of aromatic hydrocarbons and may contain appreciable quantities of tar acids and tar bases. It distills at the approximate range of 200°C to 325°C (392° F to 617°F).]	263-047-8	61789-28-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-100-00-9	Creosote oil, high-boiling distillate; Wash Oil; [The high-boiling distillation fraction obtained from the high temperature carbonization of bituminous coal which is further refined to remove excess crystalline salts. It consists primarily of creosote oil with some of the normal polynuclear aromatic salts, which are components of coal tar distillates, removed. It is crystal free at approximately 5°C (41°F).]	274-565-9	70321-79-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-101-00-4	Creosote; [The distillate of coal tar produced by the high temperature carbonization of bituminous coal. It consists primarily of aromatic hydrocarbons, tar acids and tar bases.]	232-287-5	8001-58-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-102-00-X	Extract residues (coal), creosote oil acid; Wash Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons from the base-freed fraction from the distillation of coal tar, boiling in the range of approximately 250°C to 280°C (482°F to 536°F). It consists predominantly of biphenyl and isomeric diphenyl naphthalenes.]	310-189-4	122384-77-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-103-00-5	Anthracene oil, anthracene paste; Anthracene Oil Fraction; [The anthracene-rich solid obtained by the crystallization and centrifuging of anthracene oil. It is composed primarily of anthracene, carbazole and phenanthrene.]	292-603-2	90640-81-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-104-00-0	Anthracene oil, anthracene-low; Anthracene Oil Fraction; [The oil remaining after the removal, by a crystallization process, of an anthracene-rich solid (anthracene paste) from anthracene oil. It is composed primarily of two, three and four membered aromatic compounds.]	292-604-8	90640-82-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-105-00-6	Residues (coal tar), anthracene oil distn.; Anthracene Oil Fraction; [The residue from the fraction distillation of crude anthracene boiling in the approximate range of 340°C to 400°C (644°F to 752°F). It consists predominantly of tri- and polynuclear aromatic and heterocyclic hydrocarbons.]	295-505-8	92061-92-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-106-00-1	Anthracene oil, anthracene paste, anthracene fraction; Anthracene Oil Fraction; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of anthracene obtained by the crystallization of anthracene oil from bituminous high temperature tar and boiling in the range of 330°C to 350°C (626°F to 662°F). It contains chiefly anthracene, carbazole and phenanthrene.]	295-275-9	91995-15-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-107-00-7	Anthracene oil, anthracene paste, carbazole fraction; Anthracene Oil Fraction; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of anthracene obtained by crystallization of anthracene oil from bituminous coal high temperature tar and boiling in the approximate range of 350°C to 360°C (662°F to 680°F). It contains chiefly anthracene, carbazole and phenanthrene.]	295-276-4	91995-16-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-108-00-2	Anthracene oil, anthracene paste, distn. lights; Anthracene Oil Fraction; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of anthracene obtained by crystallization of anthracene oil from bituminous light temperature tar and boiling in the range of approximately 290°C to 340°C (554°F to 644°F). It contains chiefly trinuclear aromatics and their dihydro derivatives.]	295-278-5	91995-17-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-109-00-8	Tar oils, coal, low-temp.; Tar Oil, high boiling; [A distillate from low-temperature coal tar. Composed primarily of hydrocarbons, phenolic compounds and aromatic nitrogen bases boiling in the range of approximately 160°C to 340°C (320°F to 644°F).]	309-889-2	101316-87-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-110-00-3	Extract residues (coal), low temp. coal atar alk.; [The residue from low temperature coal tar oils after an alkaline wash, such as aqueous sodium hydroxide, to remove crude coal tar acids. Composed primarily of hydrocarbons and aromatic nitrogen bases.]	310-191-5	122384-78-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-111-00-9	Phenols, ammonia liquor ext.; Alkaline Extract; [The combination of phenols extracted, using isobutyl acetate, from the ammonia liquor condensed from the gas evolved in low-temperature (less than 700°C (1292°F)) destructive distillation of coal. It consists predominantly of a mixture of monohydric and dihydric phenols.]	284-881-9	84988-93-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-112-00-4	Distillates (coal tar), light oils, alk. exts.; Alkaline Extract; [The aqueous extract from carbolic oil produced by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxide. Composed primarily of the alkali salts of various phenolic compounds.]	292-610-0	90640-88-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-113-00-X	Extracts, coal tar oil alk.; Alkaline Extract; [The extract from coal tar oil produced by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxide. Composed primarily of the alkali salts of various phenolic compounds.]	266-017-2	65996-83-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-114-00-5	Distillates (coal tar), naphthalene oils, alk. exts.; Alkaline Extract; [The aqueous extract from naphthalene oil produced by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxid. Composed primarily of the alkali salts of various phenolic compounds.]	292-611-6	90640-89-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-115-00-0	Extract residues (coal), tar oil alk., carbonated, limed; Crude Phenols; [The product obtained by treatment of coal tar oil alkaline extract with CO <sub>2</sub> and CaO. Composed primarily of CaCO <sub>3</sub> , Ca(OH) <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> and other organic and inorganic impurities.]	292-629-4	90641-06-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-116-00-6	Tar acids, coal, crude; Crude Phenols; [The reaction product obtained by neutralizing coal tar oil alkaline extract with an acidic solution, such as aqueous sulfuric acid, or gaseous carbon dioxide, to obtain the free acids. Composed primarily of tar acids such as phenol, cresols, and xylenols.]	266-019-3	65996-85-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-117-00-1	Tar acids, brown-coal, crude; Crude Phenols; [An acidified alkaline extract of brown coal tar distillate. Composed primarily of phenol and phenol homologs.]	309-888-7	101316-86-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-118-00-7	Tar acids, brown-coal gasification; Crude Phenols; [A complex combination of organic compounds obtained from brown coal gasification. Composed primarily of C <sub>6-10</sub> hydroxy aromatic phenols and their homologs.]	295-536-7	92062-22-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-119-00-2	Tar acids, distn. residues; Distillate Phenols; [A residue from the distillation of crude phenol from coal. It consists predominantly of phenols having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> with a softening point of 60°C to 80°C (140°F to 176°F).]	306-251-5	96690-55-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-120-00-8	Tar acids, methylphenol fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acid rich in 3- and 4-methylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids.]	284-892-9	84989-04-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-121-00-3	Tar acids, polyalkylphenol fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids, having an approximate boiling range of 225°C to 320°C (437°F to 608°F). Composed primarily of polyalkylphenols.]	284-893-4	84989-05-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-122-00-9	Tar acids, xylenol fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, rich in 2,4- and 2,5-dimethylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids.]	284-895-5	84989-06-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-123-00-4	Tar acids, ethylphenol fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, rich in 3- and 4-ethylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids.]	284-891-3	84989-03-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-124-00-X	Tar acids, 3,5-xylene fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, rich in 3,5-dimethylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar acids.]	284-896-0	84989-07-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-125-00-5	Tar acids, residues, distillates, first-cut; Distillate Phenols; [The residue from the distillation in the range of 235°C to 355°C (481°F to 697°F) of light carbolic oil.]	270-713-1	68477-23-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-126-00-0	Tar acids, cresylic, residues; Distillate Phenols; [The residue from crude coal tar acids after removal of phenol, cresols, xylenols and any higher boiling phenols. A black solid with a melting point approximately 80°C (176°F). Composed primarily of polyalkylphenols, resin gums, and inorganic salts.]	271-418-0	68555-24-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-127-00-6	Phenols, C <sub>9-11</sub> ; Distillate Phenols	293-435-2	91079-47-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-128-00-1	Tar acids, cresylic; Distillate Phenols; [A complex combination of organic compounds obtained from brown coal and boiling in the range of approximately 200°C to 230°C (392°F to 446°F). It contains chiefly phenols and pyridine bases.]	295-540-9	92062-26-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-129-00-7	Tar acids, brown-coal, C <sub>2</sub> -alkylphenol fraction; Distillate Phenols; [The distillate from the acidification of alkaline washed lignite tar distillate boiling in the range of approximately 200°C to 230°C (392°F to 446°F). Composed primarily of <i>m</i> - and <i>p</i> -ethylphenol as well as cresols and xylenols.]	302-662-9	94114-29-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-130-00-2	Extract oils (coal), naphthalene oils; Acid Extract; [The aqueous extract produced by an acidic wash of alkali-washed naphthalene oil. Composed primarily of acid salts of various aromatic nitrogen bases including pyridine, quinoline and their alkyl derivatives.]	292-623-1	90641-00-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-131-00-8	Tar bases, quinoline derivs.; Distillate Bases	271-020-7	68513-87-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-132-00-3	Tar bases, coal, quinoline derivs. fraction; Distillate Bases	274-560-1	70321-67-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-133-00-9	Tar bases, coal, distn. residues; Distillate Bases; [The distillation residue remaining after the distillation of the neutralized, acid-extracted base-containing tar fractions obtained by the distillation of coal tars. It contains chiefly aniline, collidines, quinoline and quinoline derivatives and toluidines.]	295-544-0	92062-29-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-134-00-4	Hydrocarbon oils, arom., mixed with polyethylene and polypropylene, pyrolyzed, light oil fraction; Heat Treatment Products; [The oil obtained from the heat treatment of a polyethylene/polypropylene mixture with coal tar pitch or aromatic oils. It consists predominantly of benzene and its homologs boiling in a range of approximately 70°C to 120°C (158°F to 248°F).]	309-745-9	100801-63-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-135-00-X	Hydrocarbon oils, arom., mixed with polyethylene, pyrolyzed, light oil fraction; Heat Treatment Products; [The oil obtained from the heat treatment of polyethylene with coal tar pitch or aromatic oils. It consists predominantly of benzene and its homologs boiling in a range of 70°C to 120°C (158°F to 248°F).]	309-748-5	100801-65-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-136-00-5	Hydrocarbon oils, arom., mixed with polystyrene, pyrolyzed, light oil fraction; Heat Treatment Products; [The oil obtained from the heat treatment of polystyrene with coal tar pitch or aromatic oils. It consists predominantly of benzene and its homologs boiling in a range of approximately 70°C to 210°C (158°F to 410°F).]	309-749-0	100801-66-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-137-00-0	Extract residues (coal), tar oil alk., naphthalene distn. residues; Naphthalene Oil Extract Residue; [The residue obtained from chemical oil extracted after the removal of naphthalene by distillation composed primarily of two to four membered condensed ring aromatic hydrocarbons and aromatic nitrogen bases.]	277-567-8	73665-18-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-138-00-6	Creosote oil, low-boiling distillate; Wash Oil; [The low-boiling distillation fraction obtained from the high temperature carbonization of bituminous coal, which is further refined to remove excess crystalline salts. It consists primarily of creosote oil with some of the normal polynuclear aromatic salts, which are components of coal tar distillate, removed. It is crystal free at approximately 38°C (100°F).]	274-566-4	70321-80-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-139-00-1	Tar acids, cresylic, sodium salts, caustic solns.; Alkaline Extract	272-361-4	68815-21-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-140-00-7	Extract oils (coal), tar base; Acid Extract; [The extract from coal tar oil alkaline extract residue produced by an acidic wash such as aqueous sulfuric acid after distillation to remove naphthalene. Composed primarily of the acid salts of various aromatic nitrogen bases including pyridine, quinoline, and their alkyl derivatives.]	266-020-9	65996-86-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-141-00-2	Tar bases, coal, crude; Crude Tar Bases; [The reaction product obtained by neutralizing coal tar base extract oil with an alkaline solution, such as aqueous sodium hydroxide, to obtain the free bases. Composed primarily of such organic bases as acridine, phenanthridine, pyridine, quinoline and their alkyl derivatives.]	266-018-8	65996-84-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			HJM
648-142-00-8	Residues (coal), liq. solvent extn.; [A cohesive powder composed of coal mineral matter and undissolved coal remaining after extraction of coal by a liquid solvent.]	302-681-2	94114-46-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-143-00-3	Coal liquids, liq. solvent extrn. soln.; [The product obtained by filtration of coal mineral matter and undissolved coal from coal extract solution produced by digesting coal in a liquid solvent. A black, viscous, highly complex liquid combination composed primarily of aromatic and partly hydrogenated aromatic hydrocarbons, aromatic nitrogen compounds, aromatic sulfur compounds, phenolic and other aromatic oxygen compounds and their alkyl derivatives.]	302-682-8	94114-47-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-144-00-9	Coal liquids, liq. solvent extrn.; [The substantially solvent-free product obtained by the distillation of the solvent from filtered coal extract solution produced by digesting coal in a liquid solvent. A black semi-solid, composed primarily of a complex combination of condensed-ring aromatic hydrocarbons, aromatic nitrogen compounds, aromatic sulfur compounds, phenolic compounds and other aromatic oxygen compounds, and their alkyl derivatives.]	302-683-3	94114-48-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H M
648-145-00-4	Tar brown-coal; [An oil distilled from brown-coal tar. Composed primarily of aliphatic, naphthenic and one- to three-ring aromatic hydrocarbons, their alkyl derivatives, heteroaromatics and one- and two-ring phenols boiling in the range of approximately 150°C to 360°C (302°F to 680°F).]	309-885-0	101316-83-0	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-146-00-X	Tar, brown-coal, low-temp.; [A tar obtained from low temperature carbonization and low temperature gasification of brown coal. Composed primarily of aliphatic, naphthenic and cyclic aromatic hydrocarbons, heteroaromatic hydrocarbons and cyclic phenols.]	309-886-6	101316-84-1	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-147-00-5	Light oil (coal), coke-oven; Crude benzole; [The volatile organic liquid extracted from the gas evolved in the high temperature (greater than 700°C (1292°F)) destructive distillation of coal. Composed primarily of benzene, toluene, and xylenes. May contain other minor hydrocarbon constituents.]	266-012-5	65996-78-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-148-00-0	Distillates (coal), liq. solvent extn., primary; [The liquid product of condensation of vapors emitted during the digestion of coal in a liquid solvent and boiling in the range of approximately 30°C to 300°C (86°F to 572°F). Composed primarily of partly hydrogenated condensed-ring aromatic hydrocarbons, aromatic compounds containing nitrogen, oxygen and sulfur, and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>14</sub> .]	302-688-0	94114-52-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-149-00-6	Distillates (coal), solvent extn., hydrocracked; [Distillate obtained by hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction process and boiling in the range of approximately 30°C to 300°C (86°F to 572°F). Composed primarily of aromatic, hydrogenated aromatic and naphthenic compounds, their alkyl derivatives and alkanes with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>14</sub> . Nitrogen, sulfur and oxygen-containing aromatic and hydrogenated aromatic compounds are also present.]	302-689-6	94114-53-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-150-00-1	Naphtha (coal), solvent extn., hydrocracked; [Fraction of the distillate obtained by hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 30°C to 180°C (86°F to 356°F). Composed primarily of aromatic, hydrogenated aromatic and naphthenic compounds, their alkyl derivatives and alkanes with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> to C <sub>9</sub> . Nitrogen, sulfur and oxygen-containing aromatic and hydrogenated aromatic compounds are also present.]	302-690-1	94114-54-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-151-00-7	Gasoline, coal solvent extn., hydrocracked naphtha; [Motor fuel produced by the reforming of the refined naphtha fraction of the products of hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 30°C to 180°C (86°F to 356°F). Composed primarily of aromatic and naphthenic hydrocarbons, their alkyl derivatives and alkyl hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>9</sub> .]	302-691-7	94114-55-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
648-152-00-2	Distillates (coal), solvent extn., hydrocracked middle; [Distillate obtained from the hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 180°C to 300°C (356°F to 572°F). Composed primarily of two-ring aromatic, hydrogenated aromatic and naphthenic compounds, their alkyl derivatives and alkanes having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>14</sub> . Nitrogen, sulfur and oxygen-containing compounds are also present.]	302-692-2	94114-56-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-153-00-8	Distillates (coal), solvent extn., hydrocracked hydrogenated middle; [Distillate from the hydrogenation of hydrocracked middle distillate from coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 180°C to 280°C (356°F to 536°F). Composed primarily of hydrogenated two-ring carbon compounds and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>14</sub> .]	302-693-8	94114-57-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
648-154-00-3	Fuels, jet aircraft, coal solvent extn., hydrocracked hydrogenated; [Jet engine fuel produced by hydrogenation of the middle distillate fraction of the products of hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 180°C to 225°C (356°F to 473°F). Composed primarily of hydrogenated two-ring hydrocarbons and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>12</sub> .]	302-694-3	94114-58-6	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H350			H
648-155-00-9	Fuels, diesel, coal solvent extn., hydrocracked hydrogenated; [Diesel engine fuel produced by the hydrogenation of the middle distillate fraction of the products of hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 200°C to 280°C (392°F to 536°F). Composed primarily of hydrogenated two-ring hydrocarbons and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>14</sub> .]	302-695-9	94114-59-7	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
648-156-00-4	Light oil (coal), semi-coking process; Fresh oil; [The volatile organic liquid condensed from the gas evolved in the low temperature (less than 700°C (1292°F) destructive distillation of coal. Composed primarily of C <sub>6-10</sub> hydrocarbons.]	292-635-7	90641-11-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H J
649-001-00-3	Extracts (petroleum), light naphthenic distillate solvent	265-102-1	64742-03-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-002-00-9	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillate solvent	265-103-7	64742-04-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-003-00-4	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent	265-104-2	64742-05-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-004-00-X	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent	265-111-0	64742-11-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-005-00-5	Extracts (petroleum), light vacuum gas oil solvent	295-341-7	91995-78-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-006-00-0	hydrocarbons C <sub>26-55</sub> , arom-rich	307-753-7	97722-04-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-007-00-6	fatty acids, tall-oil, reaction products with iminodiethanol and boric acid	400-160-5	—	Skin Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H315 H411	GHS07 GHS09 Wng	H315 H411			
649-008-00-1	Residues (petroleum), atm. tower; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350°C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-045-2	64741-45-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-009-00-7	Gas oils (petroleum), heavy vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 350°C to 600°C (662°F to 1112°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4-to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-058-3	64741-57-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-010-00-2	Distillates (petroleum), heavy catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 260°C to 500°C (500°F to 932°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-063-0	64741-61-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-011-00-8	Clarified oils (petroleum), catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350°C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-064-6	64741-62-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-012-00-3	Residues (petroleum), hydrocracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the products of a hydrocracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350°C (662°F).]	265-076-1	64741-75-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-013-00-9	Residues (petroleum), thermal cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the product from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350°C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-081-9	64741-80-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-014-00-4	Distillates (petroleum), heavy thermal cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>36</sub> and boiling in the range of approximately 260°C to 480°C (500°F to 896°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-082-4	64741-81-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-015-00-X	Gas oils (petroleum), hydrotreated vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 230°C to 600°C (446°F to 1112°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-162-9	64742-59-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-016-00-5	Residues (petroleum), hydrodesulfurized atmospheric tower; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating an atmospheric tower residuum with hydrogen in the presence of a catalyst under conditions primarily to remove organic sulfur compounds. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350°C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-181-2	64742-78-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-017-00-0	Gas oils (petroleum), hydrodesulfurized heavy vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 350°C to 600°C (662°F to 1112°C). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-189-6	64742-86-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-018-00-6	Residues (petroleum), steam-cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the residual fraction from the distillation of the products of a steam cracking process (including steam cracking to produce ethylene). It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>14</sub> and boiling above approximately 260°C (500°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-193-8	64742-90-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-019-00-1	Residues (petroleum), atmospheric; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>11</sub> and boiling above approximately 200°C (392°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4-to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-777-3	68333-22-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-020-00-7	Clarified oils (petroleum), hydrodesulfurized catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating catalytic cracked clarified oil with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350°C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4-to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-782-0	68333-26-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-021-00-2	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized intermediate catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating intermediate catalytic cracked distillates with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>30</sub> and boiling in the range of approximately 205°C to 450°C (401°F to 842°F). It contains a relatively large proportion of tricyclic aromatic hydrocarbons.]	269-783-6	68333-27-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-022-00-8	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized heavy catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of heavy catalytic cracked distillates with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 260°C to 500°C (500°F to 932°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-784-1	68333-28-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-023-00-3	Fuel oil, residues-straight-run gas oils, high-sulfur; Heavy Fuel oil	270-674-0	68476-32-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-024-00-9	Fuel oil, residual; Heavy Fuel oil; [The liquid product from various refinery streams, usually residues. The composition is complex and varies with the source of the crude oil.]	270-675-6	68476-33-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-025-00-4	Residues (petroleum), catalytic reformer fractionator residue distn.; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils approximately above 399°C (750°F).]	270-792-2	68478-13-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-026-00-X	Residues (petroleum), heavy coker gas oil and vacuum gas oil; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of heavy coker gas oil and vacuum gas oil. It predominantly consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>13</sub> and boiling above approximately 230°C (446°F).]	270-796-4	68478-17-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-027-00-5	Residues (petroleum), heavy coker and light vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of heavy coker gas oil and light vacuum gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>13</sub> and boiling above approximately 230°C (446°F).]	270-983-0	68512-61-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-028-00-0	Residues (petroleum), light vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the vacuum distillation of the residuum from the atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>13</sub> and boiling above approximately 230°C (446°F).]	270-984-6	68512-62-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-029-00-6	Residues (petroleum), steam-cracked light; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the distillation of the products from a steam-cracking process. It consists predominantly of aromatic and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers greater than C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately 101°C to 555°C (214°F to 1030°F).]	271-013-9	68513-69-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-030-00-1	Fuel oil, No 6; Heavy Fuel oil; [A distillate oil having a minimum viscosity of 900 SUS at 37.7°C (100°F) to a maximum of 9000 SUS at 37.7°C (100°F).]	271-384-7	68553-00-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-031-00-7	Residues (petroleum), topping plant, low-sulfur; Heavy Fuel oil; [A low-sulfur complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the topping plant distillation of crude oil. It is the residuum after the straight-run gasoline cut, kerosene cut and gas oil cut have been removed.]	271-763-7	68607-30-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-032-00-2	Gas oils (petroleum), heavy atmospheric; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 121°C to 510°C (250°F to 950°F).]	272-184-2	68783-08-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-033-00-8	Residues (petroleum), coker scrubber, Condensed-ring-arom.-contg.; Heavy Fuel oil; [A very complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of vacuum residuum and the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350°C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	272-187-9	68783-13-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-034-00-3	Distillates (petroleum), petroleum residues vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from the atmospheric distillation of crude oil.]	273-263-4	68955-27-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-035-00-9	Residues (petroleum), steam-cracked, resinous; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the distillation of steam-cracked petroleum residues.]	273-272-3	68955-36-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-036-00-4	Distillates (petroleum), intermediate vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum, distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>14</sub> through C <sub>42</sub> and boiling in the range of approximately 250°C to 545°C (482°F to 1013°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	274-683-0	70592-76-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-037-00-X	Distillates (petroleum), light vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 250°C to 545°C (482°F to 1013°F).]	274-684-6	70592-77-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-038-00-5	Distillates (petroleum), vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 270°C to 600°C (518°F to 1112°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	274-685-1	70592-78-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-039-00-0	Gas oils (petroleum), hydrodesulfurized coker heavy vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by hydrodesulfurization of heavy coker distillate stocks. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range C <sub>18</sub> to C <sub>44</sub> and boiling in the range of approximately 304°C to 548°C (579°F to 1018°F). Likely to contain 5 % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	285-555-9	85117-03-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-040-00-6	Residues (petroleum), steam-cracked, distillates; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained during the production of refined petroleum tar by the distillation of steam cracked tar. It consists predominantly of aromatic and other hydrocarbons and organic sulfur compounds.]	292-657-7	90669-75-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-041-00-1	Residues (petroleum), vacuum, light; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>24</sub> and boiling above approximately 390°C (734°F).]	292-658-2	90669-76-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-042-00-7	Fuel oil, heavy, high-sulfur; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of crude petroleum. It consists predominantly of aliphatic, aromatic and cycloaliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400°C (752°F).]	295-396-7	92045-14-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-043-00-2	Residues (petroleum), catalytic cracking; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>11</sub> and boiling above approximately 200°C (392°F).]	295-511-0	92061-97-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-044-00-8	Distillates (petroleum), intermediate catalytic cracked, thermally degraded; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process which has been used as a heat transfer fluid. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in the range of approximately 220°C to 450°C (428°F to 842°F). This stream is likely to contain organic sulfur compounds.]	295-990-6	92201-59-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-045-00-3	Residual oils (petroleum); Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons, sulfur compounds and metal-containing organic compounds obtained as the residue from refinery fractionation cracking processes. It produces a finished oil with a viscosity above 2cSt. at 100°C.]	298-754-0	93821-66-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-046-00-9	Residues, steam cracked, thermally treated; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment and distillation of raw steam-cracked naphtha. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons boiling in the range above approximately 180°C (356°F).]	308-733-0	98219-64-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-047-00-4	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized full-range middle; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum stock with hydrogen. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 150°C to 400°C (302°F to 752°F).]	309-863-0	101316-57-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-048-00-X	Residues (petroleum), catalytic reformer fractionator; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the product from a catalytic reforming process. It consists of predominantly aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 160°C to 400°C (320°F to 725°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- or 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-069-3	64741-67-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-049-00-5	Petroleum; Crude oil; [A complex combination of hydrocarbons, It consists predominantly of aliphatic, alicyclic and aromatic hydrocarbons. It may also contain small amounts of nitrogen, oxygen and sulfur compounds. This category encompasses light, medium, and heavy petroleums, as well as the oils extended from tar sands. Hydrocarbonaceous materials requiring major chemical changes for their recovery or conversion to petroleum refinery feedstocks such as crude shale oils; upgraded shale oils and liquid coal fuels are not included in this definition.]	232-298-5	8002-05-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-050-00-0	Distillates (petroleum), light paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains a relatively large proportion of saturated aliphatic hydrocarbons normally present in this distillation range of crude oil.]	265-051-5	64741-50-0	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-051-00-6	Distillates (petroleum), heavy paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains a relatively large proportion of saturated aliphatic hydrocarbons.]	265-052-0	64741-51-1	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-052-00-1	Distillates (petroleum), light naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-053-6	64741-52-2	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-053-00-7	Distillates (petroleum), heavy naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-054-1	64741-53-3	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-054-00-2	Distillates (petroleum), acid-treated heavy naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-117-3	64742-18-3	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-055-00-8	Distillates (petroleum), acid-treated light naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-118-9	64742-19-4	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-056-00-3	Distillates (petroleum), acid-treated heavy paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil having a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C).]	265-119-4	64742-20-7	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-057-00-9	Distillates (petroleum), acid-treated light paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil having a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C).]	265-121-5	64742-21-8	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-058-00-4	Distillates (petroleum), chemically neutralized heavy paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a treating process to remove acidic materials. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains a relatively large proportion of aliphatic hydrocarbons.]	265-127-8	64742-27-4	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-059-00-X	Distillates (petroleum), chemically neutralized light paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C).]	265-128-3	64742-28-5	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-060-00-5	Distillates (petroleum), chemically neutralized heavy naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40°C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-135-1	64742-34-3	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-061-00-0	Distillates (petroleum), chemically neutralized light naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS a 100°F (19cSt at 40°C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-136-7	64742-35-4	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-062-00-6	Gases (petroleum), catalytic cracked naphtha depropanizer overhead, C <sub>3</sub> -rich acid-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked hydrocarbons and treated to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly C <sub>3</sub> .]	270-755-0	68477-73-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-063-00-1	Gases (petroleum), catalytic cracker; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-756-6	68477-74-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-064-00-7	Gases (petroleum), catalytic cracker, C <sub>1-5</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-757-1	68477-75-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-065-00-2	Gases (petroleum), catalytic polymd. naphtha stabilizer overhead, C <sub>2,4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of catalytic polymerized naphtha. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-758-7	68477-76-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-066-00-8	Gases (petroleum), catalytic reformer, C <sub>1,4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-760-8	68477-79-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-067-00-3	Gases (petroleum), C <sub>3-5</sub> olefinic-paraffinic alkylation feed; Petroleum gas; [A complex combination of olefinic and paraffinic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> which are used as alkylation feed. Ambient temperatures normally exceed the critical temperature of these combinations.]	270-765-5	68477-83-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-068-00-9	Gases (petroleum), C <sub>4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a catalytic fractionation process. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>4</sub> .]	270-767-6	68477-85-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-069-00-4	Gases (petroleum), deethanizer overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced from distillation of the gas and gasoline fractions from the catalytic cracking process. It contains predominantly ethane and ethylene.]	270-768-1	68477-86-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-070-00-X	Gases (petroleum), deisobutanizer tower overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the atmospheric distillation of a butane-butylene stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-769-7	68477-87-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-071-00-5	Gases (petroleum), depropanizer dry, propene-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from the gas and gasoline fractions of a catalytic cracking process. It consists predominantly of propylene with some ethane and propane.]	270-772-3	68477-90-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-072-00-0	Gases (petroleum), depropanizer overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from the gas and gasoline fractions of a catalytic cracking process. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-773-9	68477-91-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-073-00-6	Gases (petroleum), gas recovery plant depropanizer overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation of miscellaneous hydrocarbon streams. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly propane.]	270-777-0	68477-94-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-074-00-1	Gases (petroleum), Girbatol unit feed; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons that is used as the feed into the Girbatol unit to remove hydrogen sulfide. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-778-6	68477-95-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-075-00-7	Gases (petroleum), isomerized naphtha fractionator, C <sub>4</sub> -rich, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas	270-782-8	68477-99-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-076-00-2	Tail gas (petroleum), catalytic cracked clarified oil and thermal cracked vacuum residue fractionation reflux drum; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked clarified oil and thermal cracked vacuum residue. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-802-5	68478-21-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-077-00-8	Tail gas (petroleum), catalytic cracked naphtha stabilization absorber; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the stabilization of catalytic cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-803-0	68478-22-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-078-00-3	Tail gas (petroleum), catalytic cracker, catalytic reformer and hydrodesulfurizer combined fractionater; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of products from catalytic cracking, catalytic reforming and hydrodesulfurizing processes treated to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-804-6	68478-24-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-079-00-9	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha fractionation stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of catalytic reformed naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-806-7	68478-26-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-080-00-4	Tail gas (petroleum), saturate gas plant mixed stream, C <sub>4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of straight-run naphtha, distillation tail gas and catalytic reformed naphtha stabilizer tail gas. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly butane and isobutane.]	270-813-5	68478-32-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-081-00-X	Tail gas (petroleum), saturate gas recovery plant, C <sub>1,2</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of distillate tail gas, straight-run naphtha, catalytic reformed naphtha stabilizer tail gas. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly methane and ethane.]	270-814-0	68478-33-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-082-00-5	Tail gas (petroleum), vacuum residues thermal cracker; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the thermal cracking of vacuum residues. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-815-6	68478-34-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-083-00-0	Hydrocarbons, C <sub>3,4</sub> -rich, petroleum distillate; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation and condensation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-990-9	68512-91-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-084-00-6	Gases (petroleum), full-range straight-run naphtha dehexanizer off; petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of the full-range straight-run naphtha. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	271-000-8	68513-15-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-085-00-1	Gases (petroleum), hydrocracking depropanizer off, hydrocarbon-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbon produced by the distillation of products from a hydrocracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> . It may also contain small amounts of hydrogen and hydrogen sulfide.]	271-001-3	68513-16-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-086-00-7	Gases (petroleum), light straight-run naphtha stabilizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the stabilization of light straight-run naphtha. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	271-002-9	68513-17-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-087-00-2	Residues (petroleum), alkylation splitter, C <sub>4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex residuum from the distillation of streams various refinery operations. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly butane and boiling in the range of approximately -11.7°C to 27.8°C (11°F to 82°F).]	271-010-2	68513-66-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-088-00-8	Hydrocarbons, C <sub>1-4</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons provided by thermal cracking and absorber operations and by distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately minus 164°C to minus 0.5°C (-263°F to 31°F).]	271-032-2	68514-31-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-089-00-3	Hydrocarbons, C <sub>1-4</sub> , sweetened; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting hydrocarbon gases to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately -164°C to -0.5°C (-263°F to 31°F).]	271-038-5	68514-36-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-090-00-9	Hydrocarbons, C <sub>1-3</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> and boiling in the range of approximately minus 164°C to minus 42°C (-263°F to -44°F).]	271-259-7	68527-16-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-091-00-4	Hydrocarbons, C <sub>1-4</sub> , debutanizer fraction; Petroleum gas	271-261-8	68527-19-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-092-00-X	Gases (petroleum), C <sub>1-5</sub> , wet; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil and/or the cracking of tower gas oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	271-624-0	68602-83-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-093-00-5	Hydrocarbons, C <sub>2-4</sub> ; Petroleum gas	271-734-9	68606-25-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-094-00-0	Hydrocarbons, C <sub>3</sub> ; Petroleum gas	271-735-4	68606-26-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-095-00-6	Gases (petroleum), alkylation feed; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the catalytic cracking of gas oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	271-737-5	68606-27-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-096-00-1	Gases (petroleum), depropanizer bottoms fractionation off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of depropanizer bottoms. It consists predominantly of butane, isobutane and butadiene.]	271-742-2	68606-34-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-097-00-7	Gases (petroleum), refinery blend; Petroleum gas; [A complex combination obtained from various processes. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-183-7	68783-07-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-098-00-2	Gases (petroleum), catalytic cracking; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-203-4	68783-64-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-099-00-8	Gases (petroleum), C <sub>2-4</sub> , sweetened; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately -51°C to -34°C (-60°F to -30°F).]	272-205-5	68783-65-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-100-00-1	Gases (petroleum), crude oil fractionation off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the fractionation of crude oil. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-871-7	68918-99-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-101-00-7	Gases (petroleum), dehexanizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of combined naphtha streams. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-872-2	68919-00-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-102-00-2	Gases (petroleum), light straight run gasoline fractionation stabilizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of light straight-run gasoline. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-878-5	68919-05-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-103-00-8	Gases (petroleum), naphtha unfiner desulfurization stripper off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by a naphtha unfiner desulfurization process and stripped from the naphtha product. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-879-0	68919-06-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-104-00-3	Gases (petroleum), straight-run naphtha catalytic reforming off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic reforming of straight-run naphtha and fractionation of the total effluent. It consists of methane, ethane, and propane.]	272-882-7	68919-09-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-105-00-9	Gases (petroleum), fluidized catalytic cracker splitter overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the fractionation of the charge to the C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> splitter. It consists predominantly of C <sub>3</sub> hydrocarbons.]	272-893-7	68919-20-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-106-00-4	Gases (petroleum), straight-run stabilizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of the liquid from the first tower used in the distillation of crude oil. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-883-2	68919-10-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-107-00-X	Gases (petroleum), catalytic cracked naphtha debutanizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked naphtha. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-169-3	68952-76-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-108-00-5	Tail gas (petroleum), catalytic cracked distillate and naphtha stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of catalytic cracked naphtha and distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-170-9	68952-77-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-109-00-0	Tail gas (petroleum), thermal-cracked distillate, gas oil and naphtha absorber; petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the separation of thermal-cracked distillates, naphtha and gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	273-175-6	68952-81-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-110-00-6	Tail gas (petroleum), thermal cracked hydrocarbon fractionation stabilizer, petroleum coking; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of thermal cracked hydrocarbons from petroleum coking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	273-176-1	68952-82-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-111-00-1	Gases (petroleum, light steam-cracked, butadiene conc.); Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a thermal cracking process, It consists of hydrocarbons having a carbon number predominantly of C <sub>4</sub> .]	273-265-5	68955-28-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-112-00-7	Gases (petroleum), straight-run naphtha catalytic reformer stabilizer overhead; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic reforming of straight-run naphtha and the fractionation of the total effluent. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-270-2	68955-34-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-113-00-2	Hydrocarbons, C <sub>4</sub> ; Petroleum gas	289-339-5	87741-01-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-114-00-8	Alkanes, C <sub>1-4</sub> , C <sub>3</sub> -rich; Petroleum gas	292-456-4	90622-55-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-115-00-3	Gases (petroleum), steam-cracker C <sub>3</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a steam cracking process. It consists predominantly of propylene with some propane and boils in the range of approximately -70°C to 0°C (-94°F to 32°F).]	295-404-9	92045-22-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-116-00-9	Hydrocarbons, C <sub>4</sub> , steam-cracker distillate; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products of a steam cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon number of C <sub>4</sub> , predominantly 1-butene and 2-butene, containing also butane and isobutene and boiling in the range of approximately minus 12°C to 5°C (10.4°F to 41°F).]	295-405-4	92045-23-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-117-00-4	Petroleum gases, liquefied, sweetened, C <sub>4</sub> fraction; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a liquified petroleum gas mix to a sweetening process to oxidize mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of C <sub>4</sub> saturated and unsaturated hydrocarbons.]	295-463-0	92045-80-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			HKSU
649-118-00-X	Hydrocarbons, C <sub>4</sub> , 1,3-butadiene- and isobutene-free; Petroleum gas	306-004-1	95465-89-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1B	H220 H350	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350			H K U
649-119-00-5	Raffinates (petroleum), steam-cracked C <sub>4</sub> fraction cuprous ammonium acetate extn., C <sub>3,5</sub> and C <sub>3,5</sub> unsatd., butadiene-free; Petroleum gas	307-769-4	97722-19-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-120-00-0	Gases (petroleum), amine system feed; Refinery gas; [The feed gas to the amine system for removal of hydrogen sulfide. It consists of hydrogen. Carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen sulfide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> may also be present.]	270-746-1	68477-65-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-121-00-6	Gases (petroleum), benzene unit hydrodesulfurizer off; Refinery gas; [Off gases produced by the benzene unit. It consists primarily of hydrogen. Carbon monoxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> , including benzene, may also be present.]	270-747-7	68477-66-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-122-00-1	Gases (petroleum), benzene unit recycle, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by recycling the gases of the benzene unit. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide and hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-748-2	68477-67-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-123-00-7	Gases (petroleum), blend oil, hydrogen-nitrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of a blend oil. It consists primarily of hydrogen and nitrogen with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-749-8	68477-68-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-124-00-2	Gases (petroleum), catalytic reformed naphtha stripper overheads; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from stabilization of catalytic reformed naphtha. Its consists of hydrogen and saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-759-2	68477-77-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-125-00-8	Gases (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer recycle; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from catalytic reforming of C <sub>6</sub> -C <sub>8</sub> feed and recycled to conserve hydrogen. It consists primarily of hydrogen. It may also contain various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-761-3	68477-80-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-126-00-3	Gases (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from catalytic reforming of C <sub>6</sub> -C <sub>8</sub> feed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> and hydrogen.]	270-762-9	68477-81-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-127-00-9	Gases (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer recycle, hydrogen-rich; Refinery gas	270-763-4	68477-82-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-128-00-4	Gases (petroleum), C <sub>2</sub> -return stream; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the extraction of hydrogen from a gas stream which consists primarily of hydrogen with small amounts of nitrogen, carbon monoxide, methane, ethane, and ethylene. It contains predominantly hydrocarbons such as methane, ethane, and ethylene with small amounts of hydrogen, nitrogen and carbon monoxide.]	270-766-0	68477-84-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-129-00-X	Gases (petroleum), dry sour, gas-concn.-unit-off; Refinery gas; [The complex combination of dry gases from a gas concentration unit. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	270-774-4	68477-92-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-130-00-5	Gases (petroleum), gas concn. reabsorber distn.; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from combined gas streams in a gas concentration reabsorber. It consists predominantly of hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen, hydrogen sulfide and hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	270-776-5	68477-93-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-131-00-0	Gases (petroleum), hydrogen absorber off; Refinery gas; [A complex combination obtained by absorbing hydrogen from a hydrogen rich stream. It consists of hydrogen, carbon monoxide, nitrogen, and methane with small amounts of C <sub>2</sub> hydrocarbons.]	270-779-1	68477-96-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-132-00-6	Gases (petroleum), hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination separated as a gas from hydrocarbon gases by chilling. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide, nitrogen, methane, and C <sub>2</sub> hydrocarbons.]	270-780-7	68477-97-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-133-00-1	Gases (petroleum), hydrotreater blend oil recycle, hydrogen-nitrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from recycled hydrotreated blend oil. It consists primarily of hydrogen and nitrogen with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-781-2	68477-98-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-134-00-7	Gases (petroleum), recycle, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from recycled reactor gases. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen, hydrogen sulfide, and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-783-3	68478-00-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-135-00-2	Gases (petroleum), reformer make-up, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reformers. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-784-9	68478-01-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-136-00-8	Gases (petroleum), reforming hydrotreater; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reforming hydrotreating process. It consists primarily of hydrogen, methane, and ethane with various small amounts of hydrogen sulfide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-785-4	68478-02-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-137-00-3	Gases (petroleum), reforming hydrotreater, hydrogen-methane-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reforming hydrotreating process. It consists primarily of hydrogen and methane with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-787-5	68478-03-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-138-00-9	Gases (petroleum), reforming hydrotreater make-up, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reforming hydrotreating process. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-788-0	68478-04-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-139-00-4	Gases (petroleum), thermal cracking distn.; Refinery gas; [A complex combination produced by distillation of products from a thermal cracking process. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-789-6	68478-05-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-140-00-X	Tail gas (petroleum), catalytic cracker refractionation absorber; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from refractionation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	270-805-1	68478-25-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-141-00-5	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the catalytic reforming of straight run naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-807-2	68478-27-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-142-00-0	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha stabilizer; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the stabilization of catalytic reformed naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-808-8	68478-28-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-143-00-6	Tail gas (petroleum), cracked distillate hydrotreater separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating cracked distillates with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-809-3	68478-29-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-144-00-1	Tail gas (petroleum), hydrodesulfurized straight-run naphtha separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from hydrodesulfurization of straight-run naphtha. It consists of hydrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-810-9	68478-30-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-145-00-7	Gases (petroleum), catalytic reformed straight-run naphtha stabilizer overheads; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the catalytic reforming of straight-run naphtha followed by fractionation of the total effluent. It consists of hydrogen, methane, ethane and propane.]	270-999-8	68513-14-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-146-00-2	Gases (petroleum), reformer effluent high-pressure flash drum off; Refinery gas; [A complex combination produced by the high-pressure flashing of the effluent from the reforming reactor. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of methane, ethane, and propane.]	271-003-4	68513-18-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-147-00-8	Gases (petroleum), reformer effluent low-pressure flash drum off; Refinery gas; [A complex combination produced by low-pressure flashing of the effluent from the reforming reactor. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of methane, ethane, and propane.]	271-005-5	68513-19-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-148-00-3	Gases (petroleum), oil refinery gas distn. off; Refinery gas; [A complex combination separated by distillation of a gas stream containing hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> or obtained by cracking ethane and propane. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>2</sub> , hydrogen, nitrogen, and carbon monoxide.]	271-258-1	68527-15-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-149-00-9	Gases (petroleum), benzene unit hydrotreater depentanizer overheads; Refinery gas; [A complex combination produced by treating the feed from the benzene unit with hydrogen in the presence of a catalyst followed by depentanizing. It consists primarily of hydrogen, ethane and propane with various small amounts of nitrogen, carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> . It may contain trace amounts of benzene.]	271-623-5	68602-82-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-150-00-4	Gases (petroleum), secondary absorber off, fluidized catalytic cracker overheads fractionator; Refinery gas; [A complex combination produced by the fractionation of the overhead products from the catalytic cracking process in the fluidized catalytic cracker. It consists of hydrogen, nitrogen, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	271-625-6	68602-84-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-151-00-X	Petroleum products, refinery gases; Refinery gas; [A complex combination which consists primarily of hydrogen with various small amounts of methane, ethane, and propane.]	271-750-6	68607-11-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-152-00-5	Gases (petroleum), hydrocracking low-pressure separator; Refinery gas; [A complex combination obtained by the liquid-vapor separation of the hydrocracking process reactor effluent. It consists predominantly of hydrogen and saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	272-182-1	68783-06-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-153-00-0	Gases (petroleum), refinery; Refinery gas; [A complex combination obtained from various petroleum refining operations. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	272-338-9	68814-67-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-154-00-6	Gases (petroleum), platformer products separator off; Refinery gas; [A complex combination obtained from the chemical reforming of naphthenes to aromatics. It consists of hydrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-343-6	68814-90-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-155-00-1	Gases (petroleum), hydrotreated sour kerosine depentanizer stabilizer off; Refinery gas; [The complex combination obtained from the depentanizer stabilization of hydrotreated kerosine. It consists primarily of hydrogen, methane, ethane, and propane with various small amounts of nitrogen, hydrogen sulfide, carbon monoxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-775-5	68911-58-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-156-00-7	Gases (petroleum), hydrotreated sour kerosine flash drum; Refinery gas; [A complex combination obtained from the flash drum of the unit treating sour kerosine with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists primarily of hydrogen and methane with various small amounts of nitrogen, carbon monoxide, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-776-0	68911-59-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-157-00-2	Gases (petroleum), distillate unifiner desulfurization stripper off; Refinery gas; [A complex combination stripped from the liquid product of the unifiner desulfurization process. It consists of hydrogen sulfide, methane, ethane, and propane.]	272-873-8	68919-01-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-158-00-8	Gases (petroleum), fluidized catalytic cracker fractionation off; Refinery gas; [A complex combination produced by the fractionation of the overhead product of the fluidized catalytic cracking process. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, nitrogen, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-874-3	68919-02-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-159-00-3	Gases (petroleum), fluidized catalytic cracker scrubbing secondary absorber off; Refinery gas; [A complex combination produced by scrubbing the overhead gas from the fluidized catalytic cracker. It consists of hydrogen, nitrogen, methane, ethane and propane.]	272-875-9	68919-03-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-160-00-9	Gases (petroleum), heavy distillate hydro-treater desulfurization stripper off; Refinery gas; [A complex combination stripped from the liquid product of the heavy distillate hydro-treater desulfurization process. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-876-4	68919-04-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-161-00-4	Gases (petroleum), platformer stabilizer off, light ends fractionation; Refinery gas; [A complex combination obtained by the fractionation of the light ends of the platinum reactors of the platformer unit. It consists of hydrogen, methane, ethane and propane.]	272-880-6	68919-07-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-162-00-X	Gases (petroleum), preflash tower off, crude distn.; Refinery gas; [A complex combination produced from the first tower used in the distillation of crude oil. It consists of nitrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-881-1	68919-08-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-163-00-5	Gases (petroleum), tar stripper off; Refinery gas; [A complex combination obtained by the fractionation of reduced crude oil. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-884-8	68919-11-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-164-00-0	Gases (petroleum), unifier stripper off; Refinery gas; [A combination of hydrogen and methane obtained by fractionation of the products from the unifier unit.]	272-885-3	68919-12-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-165-00-6	Tail gas (petroleum), catalytic hydrodesulfurized naphtha separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the hydrodesulfurization of naphtha. It consists of hydrogen, methane, ethane, and propane.]	273-173-5	68952-79-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-166-00-1	Tail gas (petroleum), straight-run naphtha hydrodesulfurizer; Refinery gas; [A complex combination obtained from the hydrodesulfurization of straight-run naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	273-174-0	68952-80-7	Press. Gas Flam. Gas 1 Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-167-00-7	Gases (petroleum), sponge absorber off, fluidized catalytic cracker and gas oil desulfurizer overhead fractionation; Refinery gas; [A complex combination obtained by the fractionation of products from the fluidized catalytic cracker and gas oil desulfurizer. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-269-7	68955-33-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-168-00-2	Gases (petroleum), crude distn. and catalytic cracking; Refinery gas; [A complex combination produced by crude distillation and catalytic cracking processes. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, nitrogen, carbon monoxide and paraffinic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	273-563-5	68989-88-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-169-00-8	Gases (petroleum), gas oil diethanolamine scrubber off; Refinery gas; [A complex combination produced by desulfurization of gas oils with diethanolamine. It consists predominantly of hydrogen sulfide, hydrogen and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	295-397-2	92045-15-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-170-00-3	Gases (petroleum), gas oil hydrodesulfurization effluent; Refinery gas; [A complex combination obtained by separation of the liquid phase from the effluent from the hydrogenation reaction. It consists predominantly of hydrogen, hydrogen sulfide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	295-398-8	92045-16-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-171-00-9	Gases (petroleum), gas oil hydrodesulfurization purge; Refinery gas; [A complex combination of gases obtained from the reformer and from the purges from the hydrogenation reactor. It consists predominantly of hydrogen and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	295-399-3	92045-17-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-172-00-4	Gases (petroleum), hydrogenator effluent flash drum off; Refinery gas; [A complex combination of gases obtained from flash of the effluents after the hydrogenation reaction. It consists predominantly of hydrogen and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	295-400-7	92045-18-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-173-00-X	Gases (petroleum), naphtha steam cracking high-pressure residual; Refinery gas; [A complex combination obtained as a mixture of the non-condensable portions from the product of a naphtha steam cracking process as well as residual gases obtained during the preparation of subsequent products. It consists predominantly of hydrogen and paraffinic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> with which natural gas may also be mixed.]	295-401-2	92045-19-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-174-00-5	Gases (petroleum), residue visbaking off; Refinery gas; [A complex combination obtained from viscosity reduction of residues in a furnace. It consists predominantly of hydrogen sulfide and paraffinic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	295-402-8	92045-20-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-175-00-0	Foots oil (petroleum), acid-treated; Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of Foot's oil with sulfuric acid. It consists predominantly of branched-chain hydrocarbons with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	300-225-7	93924-31-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-176-00-6	Foots oil (petroleum), clay-treated; Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of Foot's oil with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists predominantly of branched chain hydrocarbons with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	300-226-2	93924-32-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-177-00-1	Gases (petroleum), C <sub>3-4</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from the cracking of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly of propane and propylene, and boiling in the range of approximately - 51 °C to - 1 °C (- 60°F to 30°F.)]	268-629-5	68131-75-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-178-00-7	Tail gas (petroleum), catalytic cracked distillate and catalytic cracked naphtha fractionation absorber; Petroleum gas; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from catalytic cracked distillates and catalytic cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-617-2	68307-98-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-179-00-2	Tail gas (petroleum), catalytic polymn. naphtha fractionation stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the fractionation stabilization products from polymerization of naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-618-8	68307-99-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-180-00-8	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha fractionation stabilizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation stabilization of catalytic reformed naphtha and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-619-3	68308-00-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-181-00-3	Tail gas (petroleum), cracked distillate hydrotreater stripper; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating thermal cracked distillates with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	269-620-9	68308-01-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-182-00-9	Tail gas (petroleum), straight-run distillate hydrodesulfurizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from catalytic hydrodesulfurization of straight run distillates and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-630-3	68308-10-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-183-00-4	Tail gas (petroleum), gas oil catalytic cracking absorber; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of products from the catalytic cracking of gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-623-5	68308-03-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-184-00-X	Tail gas (petroleum), gas recovery plant; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from miscellaneous hydrocarbon streams. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-624-0	68308-04-3	Press. Gas Flam. Gas 1 Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-185-00-5	Tail gas (petroleum), gas recovery plant deethanizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from miscellaneous hydrocarbon streams. It consists of hydrocarbon having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-625-6	68308-05-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-186-00-0	Tail gas (petroleum), hydrodesulfurized distillate and hydrodesulfurized naphtha fractionator, acid-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of hydrodesulfurized naphtha and distillate hydrocarbon streams and treated to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-626-1	68308-06-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	
649-187-00-6	Tail gas (petroleum), hydrodesulfurized vacuum gas oil stripper, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from stripping stabilization of catalytic hydrodesulfurized vacuum gas oil and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	269-627-7	68308-07-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340		H K U	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-188-00-1	Tail gas (petroleum), light straight-run naphtha stabilizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation stabilization of light straight run naphtha and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-629-8	68308-09-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-189-00-7	Tail gas (petroleum), propane-propylene alkylation feed prep deethanizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of the reaction products of propane with propylene. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-631-9	68308-11-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-190-00-2	Tail gas (petroleum), vacuum gas oil hydrodesulfurizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from catalytic hydrodesulfurization of vacuum gas oil and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	269-632-4	68308-12-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-191-00-8	Gases (petroleum), catalytic cracked overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from the catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> and boiling in the range of approximately - 48 °C to 32 °C (-54°F to 90°F).]	270-071-2	68409-99-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-193-00-9	Alkanes, C <sub>1,2</sub> ; Petroleum gas	270-651-5	68475-57-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-194-00-4	Alkanes, C <sub>2,3</sub> ; Petroleum gas	270-652-0	68475-58-1	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-195-00-X	Alkanes, C <sub>3,4</sub> ; Petroleum gas	270-653-6	68475-59-2	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-196-00-5	Alkanes, C <sub>4,5</sub> ; Petroleum gas	270-654-1	68475-60-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-197-00-0	Fuel gases; Petroleum gas; [A combination of light gases. It consists predominantly of hydrogen and/or low molecular weight hydrocarbons.]	270-667-2	68476-26-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-198-00-6	Fuel gases, crude oil of distillates; Petroleum gas; [A complex combination of light gases produced by distillation of crude oil and by catalytic reforming of naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately - 217 °C to - 12 °C (-423°F to 10°F).]	270-670-9	68476-29-9	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-199-00-1	Hydrocarbons, C <sub>3-4</sub> ; Petroleum gas	270-681-9	68476-40-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-200-00-5	Hydrocarbons, C <sub>4-5</sub> ; Petroleum gas	270-682-4	68476-42-6	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-201-00-0	Hydrocarbons, C <sub>2-4</sub> , C <sub>3</sub> -rich; Petroleum gas	270-689-2	68476-49-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-202-00-6	Petroleum gases, liquefied; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately - 40 °C to 80 °C (-40 °F to 176 °F).]	270-704-2	68476-85-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			HKSU

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-203-00-1	Petroleum gases, liquefied, sweetened; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting liquefied petroleum gas mix to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately - 40 °C to 80 °C (-40 °F to 176 °F).]	270-705-8	68476-86-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K S U
649-204-00-7	Gases (petroleum), C <sub>3-4</sub> , isobutane-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of saturated and unsaturated hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly butane and isobutane. It consists of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly isobutane.]	270-724-1	68477-33-8	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-205-00-2	Distillates (petroleum), C <sub>3-6</sub> , piperylene-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of saturated and unsaturated aliphatic hydrocarbons usually ranging in the carbon numbers C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> . It consists of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly piperylenes.]	270-726-2	68477-35-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-206-00-8	Gases (petroleum), butane splitter overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of the butane stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-750-3	68477-69-0	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-207-00-3	Gases (petroleum), C <sub>2</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic fractionation process. It contains predominantly ethane, ethylene, propane, and propylene.]	270-751-9	68477-70-3	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-208-00-9	Gases (petroleum), catalytic-cracked gas oil depropanizer bottoms, C <sub>4</sub> -rich acid-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked gas oil hydrocarbon stream and treated to remove hydrogen sulfide and other acidic components. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>4</sub> .]	270-752-4	68477-71-4	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-209-00-4	Gases (petroleum), catalytic-cracked naphtha debutanizer bottoms, C <sub>3,5</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the stabilization of catalytic cracked naphtha. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-754-5	68477-72-5	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U
649-210-00-X	Tail gas (petroleum), isomerized naphtha fractionation stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization products from isomerized naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-628-2	68308-08-7	Flam. Gas 1 Press. Gas Carc. 1A Muta. 1B	H220 H350 H340	GHS02 GHS04 GHS08 Dgr	H220 H350 H340			H K U

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-211-00-5	Foots oil (petroleum), carbon-treated; Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of Foots oil with activated carbon for the removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-126-0	97862-76-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-212-00-0	Distillates (petroleum), sweetened middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 345 °C (302°F to 653°F).]	265-088-7	64741-86-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-213-00-6	Gas oils (petroleum), solvent-refined; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	265-092-9	64741-90-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-214-00-1	Distillates (petroleum), solvent-refined middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 345 °C (302°F to 653°F).]	265-093-4	64741-91-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-215-00-7	Gas oils (petroleum), acid-treated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 400 °C (446°F to 752°F).]	265-112-6	64742-12-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-216-00-2	Distillates (petroleum), acid-treated middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 345 °C (401°F to 653°F).]	265-113-1	64742-13-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-217-00-8	Distillates (petroleum), acid-treated light; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-114-7	64742-14-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-218-00-3	Gas oils (petroleum), chemically neutralized; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 400 °C (446°F to 752°F).]	265-129-9	64742-29-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-219-00-9	Distillates (petroleum), chemically neutralized middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 345 °C (401°F to 653°F).]	265-130-4	64742-30-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-220-00-4	Distillates (petroleum), clay-treated middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay, usually in a percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 345 °C (302°F to 653°F).]	265-139-3	64742-38-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-221-00-X	Distillates (petroleum), hydrotreated middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	265-148-2	64742-46-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-222-00-5	Gas oils (petroleum), hydrodesulfurized; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 400 °C (446°F to 752°F).]	265-182-8	64742-79-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-223-00-0	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	265-183-3	64742-80-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-224-00-6	Fuels, diesel; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 163 °C to 357 °C (325°F to 675°F).]	269-822-7	68334-30-5	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			H N
649-225-00-1	Fuel oil, No 2; Gasoil — unspecified; [A distillate oil having a minimum viscosity of 32,6 SUS at 37,7 °C (100°F) to a maximum of 37,9 SUS at 37,7 °C (100°F).]	270-671-4	68476-30-2	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-226-00-7	Fuel oil, No 4; Gasoil — unspecified; [A distillate oil having a minimum viscosity of 45 SUS at 37,7 °C (100°F) to a maximum of 125 SUS at 37,7 °C (100°F).]	270-673-5	68476-31-3	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			H
649-227-00-2	Fuels, diesel, No 2; Gasoil — unspecified; [A distillate oil having a minimum viscosity of 32,6 SUS at 37,7 °C (100°F).]	270-676-1	68476-34-6	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			H
649-228-00-8	Distillates (petroleum), catalytic reformer fractionator residue, high-boiling; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils in the range of approximately 343 °C to 399 °C (650°F to 750°F).]	270-719-4	68477-29-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-229-00-3	Distillates (petroleum), catalytic reformer fractionator residue, intermediate-boiling; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils in the range of approximately 288 °C to 371 °C (550°F to 700°F).]	270-721-5	68477-30-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-230-00-9	Distillates (petroleum), catalytic reformer fractionator residue, low-boiling; Gasoil — unspecified; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils approximately below 288 °C (550°F).]	270-722-0	68477-31-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-231-00-4	Distillates (petroleum), highly refined middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the subjection of a petroleum fraction to several of the following steps: filtration, centrifugation, atmospheric distillation, vacuum distillation, acidification, neutralization and clay treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>20</sub> .]	292-615-8	90640-93-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-232-00-X	Distillates (petroleum) catalytic reformer, heavy arom. conc.; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of a catalytically reformed petroleum cut. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 200 °C to 300 °C (392°F to 572°F).]	295-294-2	91995-34-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-233-00-5	Gas oils, paraffinic; Gasoil — unspecified; [A distillate obtained from the redistillation of a complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the effluents from a severe catalytic hydrotreatment of paraffins. It boils in the range of approximately 190 °C to 330 °C (374°F to 594°F).]	300-227-8	93924-33-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-234-00-0	Naphtha (petroleum), solvent-refined hydrodesulfurized heavy; Gasoil — unspecified	307-035-3	97488-96-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-235-00-6	Hydrocarbons, C <sub>16-20</sub> , hydrotreated middle distillate, distn. lights; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the treatment of a middle distillate with hydrogen. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 290 °C to 350 °C (554°F to 662°F). It produces a finished oil having a viscosity of 2cSt at 100 °C (212°F).]	307-659-6	97675-85-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-236-00-1	Hydrocarbons, C <sub>12-20</sub> , hydrotreated paraffinic, distn. lights; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the treatment of heavy paraffins with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 350 °C (446°F to 662°F). It produces a finished oil having a viscosity of 2cSt at 100 °C (212°F).]	307-660-1	97675-86-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-237-00-7	Hydrocarbons, C <sub>11-17</sub> , solvent-extd. light naphthenic; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by extraction of the aromatics from a light naphthenic distillate having a viscosity of 2.2 cSt at 40 °C (104°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>17</sub> and boiling in the range of approximately 200 °C to 300 °C (392°F to 572°F).]	307-757-9	97722-08-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-238-00-2	Gas oils, hydrotreated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the redistillation of the effluents from the treatment of paraffins with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 330 °C to 340 °C (626°F to 644°F).]	308-128-1	97862-78-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-239-00-8	Distillates (petroleum), carbon-treated light paraffinic; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of a petroleum oil fraction with activated charcoal for the removal of traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>28</sub> .]	309-667-5	100683-97-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-240-00-3	Distillates (petroleum), intermediate paraffinic, carbon-treated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>36</sub> .]	309-668-0	100683-98-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-241-00-9	Distillates (petroleum), intermediate paraffinic, clay-treated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum with bleaching earth for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>36</sub> .]	309-669-6	100683-99-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-242-00-4	Alkanes, C <sub>12-26</sub> -branched and linear	292-454-3	90622-53-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-243-00-X	Lubricating greases; Grease; [A complex combination of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>50</sub> . May contain organic salts of alkali metals, alkaline earth metals, and/or aluminium compounds.]	278-011-7	74869-21-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-244-00-5	Slack wax (petroleum); Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum fraction by solvent crystallization (solvent dewaxing) or as a distillation fraction from a very waxy crude. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	265-165-5	64742-61-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-245-00-0	Slack wax (petroleum), acid-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate by treatment of a petroleum slack wax fraction with sulfuric acid treating process. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	292-659-8	90669-77-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-246-00-6	Slack wax (petroleum), clay-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of a petroleum slack wax fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process. It consists predominantly of saturated straight and branched hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	292-660-3	90669-78-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-247-00-1	Slack wax (petroleum), hydrotreated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating slack wax with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	295-523-6	92062-09-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-248-00-7	Slack wax (petroleum), low-melting; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum fraction by solvent deparaffination. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-524-1	92062-10-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-249-00-2	Slack wax (petroleum), low-melting, hydrotreated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of low-melting petroleum slack wax with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-525-7	92062-11-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-250-00-8	Slack wax (petroleum), low-melting, carbon-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of low-melting slack wax with activated carbon for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-155-9	97863-04-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-251-00-3	Slack wax (petroleum), low-melting, clay-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of low-melting petroleum slack wax with bentonite for removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-156-4	97863-05-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-252-00-9	Slack wax (petroleum), low-melting, silicic acid-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of low-melting petroleum slack wax with silicic acid for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-158-5	97863-06-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-253-00-4	Slack wax (petroleum), carbon-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of petroleum slack wax with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities.]	309-723-9	100684-49-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-254-00-X	Petrolatum; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a semi-solid from dewaxing paraffinic residual oil. It consists predominantly of saturated crystalline and liquid hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> .]	232-373-2	8009-03-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-255-00-5	Petrolatum (petroleum), oxidized; Petrolatum; [A complex combination of organic compounds, predominantly high molecular weight carboxylic acids, obtained by the air oxidation of petrolatum.]	265-206-7	64743-01-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-256-00-0	Petrolatum (petroleum), alumina-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained when petrolatum is treated with Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> to remove polar components and impurities. It consists predominantly of saturated, crystalline, and liquid hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> .]	285-098-5	85029-74-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-257-00-6	Petrolatum (petroleum), hydrotreated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a semi-solid from dewaxed paraffinic residual oil treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated microcrystalline and liquid hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	295-459-9	92045-77-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-258-00-1	Petrolatum (petroleum), carbon-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum petrolatum with activated carbon for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	308-149-6	97862-97-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-259-00-7	Petrolatum (petroleum), silicic acid-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum petrolatum with silicic acid for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	308-150-1	97862-98-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-260-00-2	Petrolatum (petroleum), clay-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of petrolatum with bleaching earth for the removal of traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of greater than C <sub>25</sub> .]	309-706-6	100684-33-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H N
649-261-00-8	Gasoline, natural; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons separated from natural gas by processes such as refrigeration or absorption. It consists predominantly of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 120 °C (-4°F to 248°F).]	232-349-1	8006-61-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-262-00-3	Naphtha; Low boiling point naphtha; [Refined, partly refined, or unrefined petroleum products by the distillation of natural gas. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately 100 °C to 200 °C (212°F to 392°F).]	232-443-2	8030-30-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-263-00-9	Ligroine; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractional distillation of petroleum. This fraction boils in a range of approximately 20 °C to 135 °C (58°F to 275°F).]	232-453-7	8032-32-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-264-00-4	Naphtha (petroleum), heavy straight-run; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (149°F to 446°F).]	265-041-0	64741-41-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-265-00-X	Naphtha (petroleum), full-range straight-run; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 220 °C (-4°F to 428°F).]	265-042-6	64741-42-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-266-00-5	Naphtha (petroleum), light straight-run; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of crude oil. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 180 °C (-4°F to 356°F).]	265-046-8	64741-46-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-267-00-0	Solvent naphtha (petroleum), light aliph.; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude oil or natural gasoline. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 160 °C (95°F to 320°F).]	265-192-2	64742-89-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-268-00-6	Distillates (petroleum), straight-run light; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately - 88 °C to 99 °C (-127°F to 210°F).]	270-077-5	68410-05-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-269-00-1	Gasoline, vapor-recovery; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons separated from the gases from vapor recovery systems by cooling. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately - 20 °C to 196 °C (-4°F to 384°F).]	271-025-4	68514-15-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-270-00-7	Gasoline, straight-run, topping-plant; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the topping plant by the distillation of crude oil. It boils in the range of approximately 36,1 °C to 193,3 °C (97°F to 380°F).]	271-727-0	68606-11-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-271-00-2	Naphtha (petroleum), unsweetened; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the distillation of naphtha streams from various refinery processes. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 0 °C to 230 °C (25°F to 446°F).]	272-186-3	68783-12-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-272-00-8	Distillates (petroleum), light straight-run gasoline fractionation stabilizer overheads; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> .]	272-931-2	68921-08-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-273-00-3	Naphtha (petroleum), heavy straight run, arom.-contg.; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a distillation process of crude petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 210 °C (266°F to 410°F).]	309-945-6	101631-20-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-274-00-9	Naphtha (petroleum), full-range alkylate; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consist of predominantly branched chain saturated hydro-carbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 220 °C (194°F to 428°F).]	265-066-7	64741-64-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-275-00-4	Naphtha (petroleum), heavy alkylate; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> to C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 220 °C (302°F to 428°F).]	265-067-2	64741-65-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-276-00-X	Naphtha (petroleum), light alkylate; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 160 °C (194°F to 320°F).]	265-068-8	64741-66-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-277-00-5	Naphtha (petroleum), isomerization; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from catalytic isomerization of straight chain paraffinic C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> hydrocarbons. It consists predominantly of saturated hydrocarbons such as isobutane, isopentane, 2,2-dimethylbutane, 2-methylpentane, and 3-methylpentane.]	265-073-5	64741-70-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-278-00-0	Naphtha (petroleum), solvent-refined light; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 190 °C (95°F to 374°F).]	265-086-6	64741-84-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-279-00-6	Naphtha (petroleum), solvent-refined heavy; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-095-5	64741-92-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-280-00-1	Raffinates (petroleum), catalytic reformer ethylene glycol-water countercurrent exts.; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from the UDEX extraction process on the catalytic reformer stream. It consists of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>9</sub> .]	270-088-5	68410-71-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-281-00-7	Raffinates (petroleum), reformer, Lurgi unit-sepd.; Low boiling point modified naphtha; [The complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a Lurgi separation unit. It consists predominantly of non-aromatic hydrocarbons with various small amounts of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>8</sub> .]	270-349-3	68425-35-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-282-00-2	Naphtha (petroleum), full-range alkylate, butane-contg.; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> with some butanes and boiling in the range of approximately 35 °C to 200 °C (95°F to 428°F).]	271-267-0	68527-27-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-283-00-8	Distillates (petroleum), naphtha steam cracking-derived, solvent-refined light hydro-treated; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinates from a solvent extraction process of hydrotreated light distillate from steam-cracked naphtha.]	295-315-5	91995-53-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-284-00-3	Naphtha (petroleum), C <sub>4-12</sub> butane-alkylate, isooctane-rich; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by alkylation of butanes. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> , rich in isooctane, and boiling in the range of approximately 35 °C to 210 °C (95°F to 410°F).]	295-430-0	92045-49-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-285-00-9	Hydrocarbons, hydrotreated light naphtha distillates, solvent-refined; Low boiling point modified naphtha; [A combination of hydrocarbons obtained from the distillation of hydrotreated naphtha followed by a solvent extraction and distillation process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons boiling in the range of approximately 94 °C to 99 °C (201°F to 210°F).]	295-436-3	92045-55-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-286-00-4	Naphtha (petroleum), isomerization, C <sub>6</sub> -fraction; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of a gasoline which has been catalytically isomerized. It consists predominantly of hexane isomers boiling in the range of approximately 60 °C to 66 °C (140°F to 151°F).]	295-440-5	92045-58-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-287-00-X	Hydrocarbons, C <sub>6-7</sub> , naphtha-cracking, solvent-refined; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the sorption of benzene from a catalytically fully hydrogenated benzene-rich hydrocarbon cut that was distillatively obtained from prehydrogenated cracked naphtha. It consists predominantly of paraffinic and naphthenic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately 70 °C to 100 °C (158°F to 212°F).]	295-446-8	92045-64-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-288-00-5	Hydrocarbons, C <sub>6</sub> -rich, hydrotreated light naphtha distillates, solvent-refined; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of hydrotreated naphtha followed by solvent extraction. It consists predominantly of saturated hydrocarbons and boiling in the range of approximately 65 °C to 70 °C (149°F to 158°F).]	309-871-4	101316-67-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-289-00-0	Naphtha (petroleum), heavy catalytic cracked; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by a distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (148°F to 446°F). It contains a relatively large proportion of unsaturated hydrocarbons.]	265-055-7	64741-54-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-290-00-6	Naphtha (petroleum), light catalytic cracked; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F). It contains a relatively large proportion of unsaturated hydrocarbons.]	265-056-2	64741-55-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-291-00-1	Hydrocarbons, C <sub>3-11</sub> , catalytic cracker distillates; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillations of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in a range approximately up to 204 °C (400°F).]	270-686-6	68476-46-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-292-00-7	Naphtha (petroleum), catalytic cracked light distd.; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-185-8	68783-09-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-293-00-2	Distillates (petroleum), naphtha steam cracking-derived, hydrotreated light arom.; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a light distillate from steam-cracked naphtha. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons.]	295-311-3	91995-50-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-294-00-8	Naphtha (petroleum), heavy catalytic cracked, sweetened; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a catalytic cracked petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 60 °C to 200 °C (140°F to 392°F).]	295-431-6	92045-50-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-295-00-3	Naphtha (petroleum), light catalytic cracked sweetened; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting naphtha from a catalytic cracking process to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in a range of approximately 35 °C to 210 °C (95°F to 410°F).]	295-441-0	92045-59-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-296-00-9	Hydrocarbons, C <sub>8-12</sub> , catalytic-cracking, chem. neutralized; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of a cut from the catalytic cracking process, having undergone an alkaline washing. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 210 °C (266°F to 410°F).]	295-794-0	92128-94-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-297-00-4	Hydrocarbons, C <sub>8-12</sub> , catalytic cracker distillates; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of products from a catalytic cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 140 °C to 210 °C (284°F to 410°F).]	309-974-4	101794-97-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-298-00-X	Hydrocarbons, C <sub>8-12</sub> , catalytic cracking, chem. neutralized, sweetened; Low boiling point cat-cracked naphtha	309-987-5	101896-28-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-299-00-5	Naphtha (petroleum), light catalytic reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 190 °C (95°F to 374°F). It contains a relatively large proportion of aromatic and branched chain hydrocarbons. This stream may contain 10 vol. % or more benzene.]	265-065-1	64741-63-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-300-00-9	Naphtha (petroleum), heavy catalytic reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of predominantly aromatic hydrocarbons having numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-070-9	64741-68-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-301-00-4	Distillates (petroleum), catalytic reformed depentanizer; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately - 49 °C to 63 °C - 57°F to 145°F.)]	270-660-4	68475-79-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-302-00-X	Hydrocarbons, C <sub>2-6</sub> , C <sub>6-8</sub> catalytic reformer; Low boiling point cat-reformed naphtha	270-687-1	68476-47-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-303-00-5	Residues (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex residuum from the catalytic reforming of C <sub>6-8</sub> feed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-794-3	68478-15-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-304-00-0	Naphtha (petroleum), light catalytic reformed, arom.-free; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from distillation of products from a catalytic reforming process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 120 °C (95°F to 248°F). It contains a relatively large proportion of branched chain hydrocarbons with the aromatic components removed.]	270-993-5	68513-03-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-305-00-6	Distillates (petroleum), catalytic reformed straight-run naphtha overheads; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic reforming of straight-run naphtha followed by the fractionation of the total effluent. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	271-008-1	68513-63-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-306-00-1	Petroleum products, hydrofiner-powerformer reformates; Low boiling point cat-reformed naphtha; [The complex combination of hydrocarbons obtained in a hydrofiner-powerformer process and boiling in a range of approximately 27 °C to 210 °C (80°F to 410°F).]	271-058-4	68514-79-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-307-00-7	Naphtha (petroleum, full-range reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 230 °C (95°F to 446°F).]	272-895-8	68919-37-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-308-00-2	Naphtha (petroleum), catalytic reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 220 °C (90°F to 430°F). It contains a relatively large proportion of aromatic and branched chain hydrocarbons. This stream may contain 10 vol.% or more benzene.]	273-271-8	68955-35-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-309-00-8	Distillates (petroleum), catalytic reformed hydrotreated light, C <sub>8-12</sub> arom. fraction; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of alkylbenzenes obtained by the catalytic reforming of petroleum naphtha. It consists predominantly of alkylbenzenes having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 160 °C to 180 °C (320°F to 356°F).]	285-509-8	85116-58-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-310-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8</sub> , catalytic reforming-derived; Low boiling point cat-reformed naphtha	295-279-0	91995-18-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-311-00-9	Aromatic hydrocarbons, C <sub>7-12</sub> , C <sub>8</sub> -rich; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by separation from the platformate-containing fraction. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> (primarily C <sub>8</sub> ) and can contain nonaromatic hydrocarbons, both boiling in the range of approximately 130 °C to 200 °C (266°F to 392°F).]	297-401-8	93571-75-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-312-00-4	Gasoline, C <sub>5-11</sub> , high-octane stabilized reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex high octane combination of hydrocarbons obtained by the catalytic dehydrogenation of a predominantly naphthenic naphtha. It consists predominantly of aromatics and non-aromatics having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 45 °C to 185 °C (113°F to 365°F).]	297-458-9	93572-29-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-313-00-X	Hydrocarbons, C <sub>7-12</sub> , C <sub>&gt;9</sub> -arom.-rich, reforming heavy fraction; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by separation from the platformate-containing fraction. It consists predominantly of nonaromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 120 °C to 210 °C (248°F to 380°F) and C <sub>9</sub> and higher aromatic hydrocarbons.]	297-465-7	93572-35-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-314-00-5	Hydrocarbons, C <sub>5-11</sub> , nonaroms.-rich, reforming light fraction; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by separation from the platformate-containing fraction. It consists predominantly of nonaromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 125 °C (94°F to 257°F), benzene and toluene.]	297-466-2	93572-36-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-315-00-0	Foots oil (petroleum), silicic acid-treated; Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of Foots oil with silicic acid for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of straight chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-127-6	97862-77-6	Carc. 1B	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H L
649-316-00-6	Naphtha (petroleum), light thermal cracked; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately minus 10 °C to 130 °C (14°F to 266°F).]	265-075-6	64741-74-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-317-00-1	Naphtha (petroleum), heavy thermal cracked; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 220 °C (148°F to 428°F).]	265-085-0	64741-83-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-318-00-7	Distillates (petroleum), heavy arom.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from the thermal cracking of ethane and propane. This higher boiling fraction consists predominantly of C <sub>5</sub> -C <sub>7</sub> aromatic hydrocarbons with some unsaturated aliphatic hydrocarbons having carbon number predominantly of C <sub>5</sub> . This stream may contain benzene.]	267-563-4	67891-79-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-319-00-2	Distillates (petroleum), light arom.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from the thermal cracking of ethane and propane. This lower boiling fraction consists predominantly of C <sub>5</sub> -C <sub>7</sub> aromatic hydrocarbons with some unsaturated aliphatic hydrocarbons having a carbon number predominantly of C <sub>5</sub> . This stream may contain benzene.]	267-565-5	67891-80-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-320-00-8	Distillates (petroleum), naphtha-raffinate pyrolyzate-derived, gasoline-blending; Low boiling point thermally cracked naphtha; [The complex combination of hydrocarbons obtained by the pyrolysis fractionation at 816 °C (1500°F) of naphtha and raffinate. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon number of C <sub>9</sub> and boiling at approximately 204 °C (400°F).]	270-344-6	68425-29-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-321-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>6-8</sub> , naphtha-raffinate pyrolyzate-derived; Low boiling point thermally cracked naphtha; A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation pyrolysis at 816 °C (1500°F) of naphtha and raffinate. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>8</sub> , including benzene.]	270-658-3	68475-70-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-322-00-9	Distillates (petroleum), thermal cracked naphtha and gas oil; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of thermally cracked naphtha and/or gas oil. It consists predominantly of olefinic hydrocarbons having a carbon number of C <sub>5</sub> and boiling in the range of approximately 33 °C to 60 °C (91°F to 140°F).]	271-631-9	68603-00-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-323-00-4	Distillates (petroleum), thermal cracked naphtha and gas oil, C <sub>5</sub> -dimer-contg.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the extractive distillation of thermal cracked naphtha and/or gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon number of C <sub>5</sub> with some dimerized C <sub>5</sub> olefins and boiling in the range of approximately 33 °C to 184 °C (91°F to 363°F).]	271-632-4	68603-01-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-324-00-X	Distillates (petroleum), thermal cracked naphtha and gas oil, extractive; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the extractive distillation of thermal cracked naphtha and/or gas oil. It consists of paraffinic and olefinic hydrocarbons, predominantly isoamylenes such as 2-methyl-1-butene and 2-methyl-2-butene and boiling in the range of approximately 31 °C to 40 °C (88°F to 104°F).]	271-634-5	68603-03-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-325-00-5	Distillates (petroleum), light thermal cracked, debutanized arom.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a thermal cracking process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons, primarily benzene.]	273-266-0	68955-29-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-326-00-0	Naphtha (petroleum), light thermal cracked, sweetened; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate from the high temperature thermal cracking of heavy oil fractions to a sweetening process to convert mercaptans. It consists predominantly of aromatics, olefins and saturated hydrocarbons boiling in the range of approximately 20 °C to 100 °C (68°F to 212°F).]	295-447-3	92045-65-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-327-00-6	Naphtha (petroleum), hydrotreated heavy; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (149°F to 446°F).]	265-150-3	64742-48-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-328-00-1	Naphtha (petroleum), hydrotreated light; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	265-151-9	64742-49-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-329-00-7	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized light; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	265-178-6	64742-73-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-330-00-2	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized heavy; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-185-4	64742-82-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-331-00-8	Distillates (petroleum), hydrotreated middle, intermediate boiling; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of products from a middle distillate hydrotreating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 127 °C to 188 °C (262°F to 370°F).]	270-092-7	68410-96-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-332-00-3	Distillates (petroleum), light distillate hydrotreating process, low-boiling; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of products from the light distillate hydrotreating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>9</sub> and boiling in the range of approximately 3 °C to 194 °C (37°F to 382°F).]	270-093-2	68410-97-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-333-00-9	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy naphtha, deisohexanizer overheads; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of the products from a heavy naphtha hydrotreating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately - 49 °C to 68 °C (-57°F to 155°F).]	270-094-8	68410-98-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-334-00-4	Solvent naphtha (petroleum), light arom., hydrotreated; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 135 °C to 210 °C (275°F to 410°F).]	270-988-8	68512-78-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-335-00-X	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized thermal cracked light; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation of hydrodesulfurized thermal cracker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 23 °C to 195 °C (73°F to 383°F).]	285-511-9	85116-60-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-336-00-5	Naphtha (petroleum), hydrotreated light, cycloalkane-contg.; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of a petroleum fraction. It consists predominantly of alkanes and cycloalkanes boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	285-512-4	85116-61-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-337-00-0	Naphtha (petroleum), heavy steam-cracked, hydrogenated; Low boiling point hydrogen treated naphtha	295-432-1	92045-51-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-338-00-6	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized full-range; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 250 °C (86°F to 482°F).]	295-433-7	92045-52-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-339-00-1	Naphtha (petroleum), hydrotreated light steam-cracked; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction, derived from a pyrolysis process, with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 190 °C (95°F to 374°F).]	295-438-4	92045-57-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-340-00-7	Hydrocarbons, C <sub>4-12</sub> , naphtha-cracking, hydrotreated; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation from the product of a naphtha steam cracking process and subsequent catalytic selective hydrogenation of gum formers. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 230 °C (86°F to 446°F).]	295-443-1	92045-61-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-341-00-2	Solvent naphtha (petroleum), hydrotreated light naphthenic; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of cycloparaffinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately 73 °C to 85 °C (163°F to 185°F).]	295-529-9	92062-15-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-342-00-8	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, hydrogenated; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the separation and subsequent hydrogenation of the products of a steam-cracking process to produce ethylene. It consists predominantly of saturated and unsaturated paraffins, cyclic paraffins and cyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 50 °C to 200 °C (122°F to 392°F). The proportion of benzene hydrocarbons may vary up to 30 wt.% and the stream may also contain small amounts of sulphur and oxygenated compounds.]	296-942-7	93165-55-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-343-00-3	Hydrocarbons, C <sub>6-11</sub> , hydrotreated, dearomatized; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as solvents which have been subjected to hydrotreatment in order to convert aromatics to naphthenes by catalytic hydrogenation.]	297-852-0	93763-33-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-344-00-9	Hydrocarbons, C <sub>9-12</sub> , hydrotreated, dearomatized; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as solvents which have been subjected to hydrotreatment in order to convert aromatics to naphthenes by catalytic hydrogenation.]	297-853-6	93763-34-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-345-00-4	Stoddard solvent; Low boiling point naphtha — unspecified; [A colourless, refined petroleum distillate that is free from rancid or objectionable odors and that boils in a range of approximately 300°F to 400°F.]	232-489-3	8052-41-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-346-00-X	Natural gas condensates (petroleum); Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons separated as a liquid from natural gas in a surface separator by retrograde condensation. It consists mainly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> to C <sub>20</sub> . It is a liquid at atmospheric temperature and pressure.]	265-047-3	64741-47-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-347-00-5	Natural gas (petroleum), raw liq. mix; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons separated as a liquid from natural gas in a gas recycling plant by processes such as refrigeration or absorption. It consists mainly of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>8</sub> .]	265-048-9	64741-48-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-348-00-0	Naphtha (petroleum), light hydrocracked; Low boiling naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>10</sub> , and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 180 °C (-4°F to 356°F).]	265-071-4	64741-69-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-349-00-6	Naphtha (petroleum), heavy hydrocracked; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> , and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (148°F to 446°F).]	265-079-8	64741-78-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-350-00-1	Naphtha (petroleum), sweetened; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum naphtha to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately minus 10 °C to 230 °C (14°F to 446°F).]	265-089-2	64741-87-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-351-00-7	Naphtha (petroleum), acid-treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-115-2	64742-15-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-352-00-2	Naphtha (petroleum), chemically neutralized heavy; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (149°F to 446°F).]	265-122-0	64742-22-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-353-00-8	Naphtha (petroleum), chemically neutralized light; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	265-123-6	64742-23-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-354-00-3	Naphtha (petroleum), catalytic dewaxed; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the catalytic dewaxing of a petroleum fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 230 °C (95°F to 446°F).]	265-170-2	64742-66-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-355-00-9	Naphtha (petroleum), light steam-cracked; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the products from a steam cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F). This stream is likely to contain 10 vol.% or more benzene.]	265-187-5	64742-83-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-356-00-4	Solvent naphtha (petroleum), light arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from distillation of aromatic streams. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 135 °C to 210 °C (275°F to 410°F).]	265-199-0	64742-95-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-357-00-X	Aromatic hydrocarbons, C <sub>6-10</sub> , acid-treated, neutralized; Low boiling point naphtha — unspecified	268-618-5	68131-49-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-358-00-5	Distillates (petroleum), C <sub>3-5</sub> , 2-methyl-2-butene-rich; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly isopentane and 3-methyl-1-butene. It consists of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly 2-methyl-2-butene.]	270-725-7	68477-34-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-359-00-0	Distillates (petroleum), polymd. steam-cracked petroleum distillates, C <sub>5-12</sub> fraction; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of polymerized steam-cracked petroleum distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-735-1	68477-50-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-360-00-6	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>5-12</sub> fraction; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of organic compounds obtained by the distillation of products from a steam cracking process. It consists of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-736-7	68477-53-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-361-00-1	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>5-10</sub> fraction, mixed with light steam-cracked petroleum naphtha C <sub>5</sub> fraction; Low boiling point naphtha — unspecified	270-738-8	68477-55-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-362-00-7	Extracts (petroleum), cold-acid, C <sub>4-6</sub> ; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of organic compounds produced by cold acid unit extraction of saturated and unsaturated aliphatic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly pentanes and amylenes. It consists predominantly of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>5</sub> .]	270-741-4	68477-61-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-363-00-2	Distillates (petroleum), depentanizer overheads; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic cracked gas stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-771-8	68477-89-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-364-00-8	Residues (petroleum), butane splitter bottoms; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex residuum from the distillation of butane stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-791-7	68478-12-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-365-00-3	Residual oils (petroleum), deisobutanizer tower; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex residuum from the atmospheric distillation of the butane-butylene stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-795-9	68478-16-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-366-00-9	Naphtha (petroleum), full-range coker; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a fluid coker. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>15</sub> and boiling in the range of approximately 43 °C to 250 °C (110°F to 500°F).]	270-991-4	68513-02-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-367-00-4	Naphtha (petroleum), steam-cracked middle arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a steam-cracking process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 220 °C (266°F to 428°F).]	271-138-9	68516-20-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-368-00-X	Naphtha (petroleum), clay-treated full-range straight-run; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of full-range straight-run naphtha with natural or modified clay, usually in a percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately -20 °C to 220 °C (-4°F to 429°F).]	271-262-3	68527-21-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-369-00-5	Naphtha (petroleum), clay-treated light straight-run; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of light straight-run naphtha with a natural or modified clay, usually in a percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities, present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 93 °C to 180 °C (200°F to 356°F).]	271-263-9	68527-22-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-370-00-0	Naphtha (petroleum), light steam-cracked arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a steam-cracking process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>9</sub> and boiling in the range of approximately 110 °C to 165 °C (230°F to 329°F).]	271-264-4	68527-23-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-371-00-6	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, debenzenized; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a steam-cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 80 °C to 218 °C (176°F to 424°F).]	271-266-5	68527-26-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-372-00-1	Naphtha (petroleum), arom.-contg.; Low boiling point naphtha — unspecified	271-635-0	68603-08-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-373-00-7	Gasoline, pyrolysis, debutanizer bottoms; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of depropanizer bottoms. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>5</sub> .]	271-726-5	68606-10-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-374-00-2	Naphtha (petroleum), light, sweetened; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately - 20 °C to 100 °C (-4°F to 212°F).]	272-206-0	68783-66-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-375-00-8	Natural gas condensates; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons separated and/or condensed from natural gas during transportation and collected at the wellhead and/or from the production, gathering, transmission, and distribution pipelines in deeps, scrubbers, etc. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>8</sub> .]	272-896-3	68919-39-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H J
649-376-00-3	Distillates (petroleum), naphtha unifiner stripper; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by stripping the products from the naphtha unifiner. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	272-932-8	68921-09-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-377-00-9	Naphtha (petroleum), catalytic reformed light, arom.-free fraction; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons remaining after removal of aromatic compounds from catalytic reformed light naphtha in a selective absorption process. It consists predominantly of paraffinic and cyclic compounds having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 66 °C to 121 °C (151°F to 250°F).]	285-510-3	85116-59-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-378-00-4	Gasoline; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons consisting primarily of paraffins, cycloparaffins, aromatic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>3</sub> and boiling in the range of 30 °C to 260 °C (86°F to 500°F).]	289-220-8	86290-81-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-379-00-X	Aromatic hydrocarbons, C <sub>7-8</sub> , dealkylation products, distn. residues; Low boiling point naphtha — unspecified	292-698-0	90989-42-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-380-00-5	Hydrocarbons, C <sub>4-6</sub> , depentanizer lights, arom. hydrotreater; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the depentanizer column before hydrotreatment of the aromatic charges. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly pentanes and pentenes, and boiling in the range of approximately 25 °C to 40 °C (77°F to 104°F).]	295-298-4	91995-38-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-381-00-0	Distillates (petroleum), heat-soaked steam-cracked naphtha, C <sub>5</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of heat-soaked steam-cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>5</sub> .]	295-302-4	91995-41-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-382-00-6	Extracts (petroleum), catalytic reformed light naphtha solvent; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from the solvent extraction of a catalytically reformed petroleum cut. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 100 °C to 200 °C (212°F to 392°F).]	295-331-2	91995-68-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-383-00-1	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized light, dearomatized; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of hydrodesulfurized and dearomatized light petroleum fractions. It consists predominantly of C <sub>7</sub> paraffins and cycloparaffins boiling in a range of approximately 90 °C to 100 °C (194°F to 212°F).]	295-434-2	92045-53-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-384-00-7	Naphtha (petroleum), light, C <sub>5</sub> -rich, sweetened; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum naphtha to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>5</sub> , and boiling in the range of approximately minus 10 °C to 35 °C (14°F to 95°F).]	295-442-6	92045-60-8	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-385-00-2	Hydrocarbons, C <sub>8-11</sub> , naphtha-cracking, toluene cut; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation from prehydrogenated cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 205 °C (266°F to 401°F).]	295-444-7	92045-62-0	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-386-00-8	Hydrocarbons, C <sub>4-11</sub> , naphtha-cracking, arom.-free; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from prehydrogenated cracked naphtha after distillative separation of benzene- and toluene-containing hydrocarbon cuts and a higher boiling fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 205 °C (86°F to 401°F).]	295-445-2	92045-63-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-387-00-3	Naphtha (petroleum), light heat-soaked, steam-cracked; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of steam cracked naphtha after recovery from a heat soaking process. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately 0 °C to 80 °C (32°F to 176°F.)]	296-028-8	92201-97-3	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-388-00-9	Distillates (petroleum), C <sub>6</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of a petroleum feedstock. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers of C <sub>5</sub> through C <sub>7</sub> , rich in C <sub>6</sub> , and boiling in the range of approximately 60 °C to 70 °C (140°F to 158°F.)]	296-903-4	93165-19-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-389-00-4	Gasoline, pyrolysis, hydrogenated; Low boiling point naphtha-unspecified; [A distillation fraction from the hydrogenation of pyrolysis gasoline boiling in the range of approximately 20 °C to 200 °C (68°F to 392°F.)]	302-639-3	94114-03-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-390-00-X	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>8-12</sub> fraction, polymd., distn. lights; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of the polymerized C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> fraction from steam-cracked petroleum distillates. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> .]	305-750-5	95009-23-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-391-00-5	Extracts (petroleum) heavy naphtha solvent, clay-treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of heavy naphthic solvent petroleum extract with bleaching earth. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>18</sub> and boiling in the range of approximately 80 °C to 180 °C (175°F to 356°F).]	308-261-5	97926-43-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-392-00-0	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, debenzenized, thermally treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment and distillation of debenzenized light steam-cracked petroleum naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 95 °C to 200 °C (203°F to 392°F).]	308-713-1	98219-46-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-393-00-6	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, thermally treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment and distillation of light steam-cracked petroleum naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 80 °C (95°F to 176°F).]	308-714-7	98219-47-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-394-00-1	Distillates (petroleum), C <sub>7-9</sub> , C <sub>8</sub> -rich, hydrodesulfurized dearomatized; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of petroleum light fraction, hydrodesulfurized and dearomatized. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>9</sub> , predominantly C <sub>8</sub> paraffins and cycloparaffins, boiling in the range of approximately 120 °C to 130 °C (248°F to 266°F).]	309-862-5	101316-56-7	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-395-00-7	Hydrocarbons, C <sub>6-8</sub> , hydrogenated sorption-dearomatized, toluene raffination; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained during the sorptions of toluene from a hydrocarbon fraction from cracked gasoline treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 80 °C to 135 °C (176°F to 275°F).]	309-870-9	101316-66-9	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-396-00-2	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized full-range coker; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrodesulfurized coker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 23 °C to 196 °C (73°F to 385°F).]	309-879-8	101316-76-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-397-00-8	Naphtha (petroleum), sweetened light; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum naphtha to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 20 °C to 130 °C (68°F to 266°F).]	309-976-5	101795-01-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-398-00-3	Hydrocarbons, C <sub>3-6</sub> , C <sub>5</sub> -rich, steam-cracked naphtha; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of steam-cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>5</sub> .]	310-012-0	102110-14-5	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-399-00-9	Hydrocarbons, C <sub>5</sub> -rich, dicyclopentadiene-contg.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of the products from a stream-cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers of C <sub>5</sub> and dicyclopentadiene and boiling in the range of approximately 30 °C to 170 °C (86°F to 338°F).]	310-013-6	102110-15-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-400-00-2	Residues (petroleum), steam-cracked light, arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the products of steam cracking or similar processes after taking off the very light products resulting in a residue starting with hydrocarbons having carbon numbers greater than C <sub>5</sub> . It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers greater than C <sub>5</sub> and boiling above approximately 40 °C (104°F).]	310-057-6	102110-55-4	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-401-00-8	Hydrocarbons, C $\geq$ 5, C <sub>5-6</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified	270-690-8	68476-50-6	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-402-00-3	Hydrocarbons, C <sub>5</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified	270-695-5	68476-55-1	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-403-00-9	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8-10</sub> ; Low boiling point naphtha — unspecified	292-695-4	90989-39-2	Carc. 1B Asp. Tox. 1	H350 H304	GHS08 Dgr	H350 H304			H P
649-404-00-4	Kerosine (petroleum); Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (320°F to 554°F).]	232-366-4	8008-20-6	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-405-00-X	Solvent naphtha (petroleum), medium aliph.; Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude oil or natural gasoline. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 140 °C to 220 °C (284°F to 428°F).]	265-191-7	64742-88-7	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-406-00-5	Solvent naphtha (petroleum) heavy aliph.; Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude oil or natural gasoline. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 190 °C to 290 °C (374°F to 554°F).]	265-200-4	64742-96-7	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-407-00-0	Kerosine (petroleum), straight-run wide-cut; Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a wide cut hydrocarbon fuel cut from atmospheric distillation and boiling in the range of approximately 70 °C to 220 °C (158°F to 428°F).]	295-418-5	92045-37-9	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-408-00-6	Distillates (petroleum), steam-cracked; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the products from a steam cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 290 °C (190°F to 554°F).]	265-194-3	64742-91-2	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-409-00-1	Distillates (petroleum), cracked stripped steam-cracked petroleum distillates, C <sub>8-10</sub> fraction; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distilling cracked stripped steam-cracked distillates. It consists of hydro-carbons having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 129 °C to 194 °C (264°F to 382°F).]	270-728-3	68477-39-4	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-410-00-7	Distillates (petroleum), cracked stripped steam-cracked petroleum distillates, C <sub>10-12</sub> fraction; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distilling cracked stripped steam-cracked distillates. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-729-9	68477-40-7	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-411-00-2	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>8-12</sub> fraction; Cracked kerosine; [A complex combination of organic compounds obtained by the distillation of products from a steam cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-737-2	68477-54-3	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-412-00-8	Kerosine (petroleum), hydrodesulfurized thermal cracked; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrodesulfurized thermal cracker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons predominantly in the range of C <sub>8</sub> to C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 120 °C to 283 °C (284°F to 541°F).]	285-507-7	85116-55-8	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-413-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>≥10</sub> , steam-cracking, hydrotreated; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a steam cracking process treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 320 °C (302°F to 608°F).]	292-621-0	90640-98-5	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-414-00-9	Naphtha (petroleum), steam-cracked, hydrotreated, C <sub>9-10</sub> -arom.-rich; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a steam cracking process thereafter treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 140 °C to 200 °C (284°F to 392°F).]	292-637-8	90641-13-7	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-415-00-4	Distillates (petroleum), thermal-cracked, alkylarom. hydrocarbon-rich; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of thermal-cracking heavy tars. It consists predominantly of highly alkylated aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 100 °C to 250 °C (212°F to 482°F).]	309-866-7	101316-61-4	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-416-00-X	Distillates (petroleum), catalytic cracked heavy tar light; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of catalytic cracking heavy tars. It consists predominantly of highly alkylated aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 100 °C to 250 °C (212°F to 482°F).]	309-938-8	101631-13-4	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-417-00-5	Solvent naphtha (petroleum), hydrocracked heavy arom.; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of hydrocracked petroleum distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 235 °C to 290 °C (455°F to 554°F).]	309-881-9	101316-80-7	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-418-00-0	Distillates (petroleum), steam-cracked heavy tar light; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of steam cracking heavy tars. It consists predominantly of highly alkylated aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 100 °C to 250 °C (212°F to 482°F).]	309-940-9	101631-15-6	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-419-00-6	Distillates (petroleum), alkylate; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydro-carbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>17</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 320 °C (401°F to 608°F).]	265-074-0	64741-73-7	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-420-00-1	Extracts (petroleum), heavy naphtha solvent; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from a solvent extraction process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 220 °C (194°F to 428°F).]	265-099-7	64741-98-6	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-421-00-7	Distillates (petroleum), chemically neutralized light; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-132-5	64742-31-0	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-422-00-2	Distillates (petroleum), hydrotreated light; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-149-8	64742-47-8	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-423-00-8	Kerosine (petroleum), hydrodesulfurized; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-184-9	64742-81-0	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-424-00-3	Solvent naphtha (petroleum), heavy arom.; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from distillation of aromatic streams. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 165 °C to 290 °C (330°F to 554°F).]	265-198-5	64742-94-5	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-425-00-9	Naphtha (petroleum), heavy coker; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from a fluid coker. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>15</sub> and boiling in the range of approximately 157 °C to 288 °C (315°F to 550°F).]	269-778-9	68333-23-3	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-426-00-4	Naphtha (petroleum), catalytic reformed hydrodesulfurized heavy, arom. fraction; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by fractionation from catalytically reformed hydrodesulfurized naphtha. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> to C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 98 °C to 218 °C (208°F to 424°F).]	285-508-2	85116-57-0	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-427-00-X	Kerosine (petroleum), sweetened; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of 130 °C to 290 °C (266°F to 554°F).]	294-799-5	91770-15-9	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-428-00-5	Kerosine (petroleum), solvent-refined sweetened; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by solvent refining and sweetening and boiling in the range of approximately 150 °C to 260 °C (302°F to 500°F).]	295-416-4	92045-36-8	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-429-00-0	Hydrocarbons, C <sub>9-16</sub> , hydrotreated, dearomatized; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as solvents which have been subjected to hydrotreatment in order to convert aromatics to naphthenes by catalytic hydrogenation.]	297-854-1	93763-35-0	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-430-00-6	Kerosine (petroleum), solvent-refined hydrodesulfurized; Kerosine — unspecified	307-033-2	97488-94-3	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-431-00-1	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized full-range middle coker; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrodesulfurized coker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 120 °C to 283 °C (248°F to 541°F).]	309-864-6	101316-58-9	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-432-00-7	Solvent naphtha (petroleum), hydrodesulfurized heavy arom.; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic hydrodesulfurization of a petroleum fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 180 °C to 240 °C (356°F to 464°F).]	309-882-4	101316-81-8	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-433-00-2	Solvent naphtha (petroleum), hydrodesulfurized medium; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic hydrodesulfurization of a petroleum fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 175 °C to 220 °C (347°F to 428°F).]	309-884-5	101316-82-9	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-434-00-8	Kerosine (petroleum), hydrotreated; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of petroleum and subsequent hydrotreatment. It consists predominantly of alkanes, cycloalkanes and alkylbenzenes having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 270 °C (446°F to 518°F).]	309-944-0	101631-19-0	Asp. Tox. 1	H304	GHS08 Dgr	H304			H
649-435-00-3	Distillates (petroleum), light catalytic cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 400 °C (302°F to 752°F). It contains a relatively large proportion of bicyclic aromatic hydrocarbons.]	265-060-4	64741-59-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-436-00-9	Distillates (petroleum), intermediate catalytic cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>30</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 450 °C (401°F to 842°F). It contains a relatively large proportion of tricyclic aromatic hydrocarbons.]	265-062-5	64741-60-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-437-00-4	Distillates (petroleum), light hydrocracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>18</sub> and boiling in the range of approximately 160 °C to 320 °C (320°F to 608°F).]	265-078-2	64741-77-1	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			H
649-438-00-X	Distillates (petroleum), light thermal cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>22</sub> and boiling in the range of approximately 160 °C to 370 °C (320°F to 698°F).]	265-084-5	64741-82-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-439-00-5	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized light catalytic cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light catalytic cracked distillates with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 400 °C (302°F to 752°F). It contains a relatively large proportion of bicyclic aromatic hydrocarbons.]	269-781-5	68333-25-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-440-00-0	Distillates (petroleum), light steam-cracked naphtha; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons from the multiple distillation of products from a steam cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>18</sub> .]	270-662-5	68475-80-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-441-00-6	Distillates (petroleum), cracked steam-cracked petroleum distillates; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by distilling cracked steam cracked distillate and/or its fractionation products. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> to low molecular weight polymers.]	270-727-8	68477-38-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-442-00-1	Gas oils (petroleum), steam-cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the products from a steam cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>9</sub> and boiling in the range of from approximately 205 °C to 400 °C (400°F to 752°F).]	271-260-2	68527-18-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-443-00-7	Distillates (petroleum), hydrosulfurized thermal cracked middle; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrosulfurized thermal cracker distillate stocks. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> to C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	285-505-6	85116-53-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-444-00-2	Gas oils (petroleum), thermal-cracked, hydrodesulfurized; Cracked gasoil	295-411-7	92045-29-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-445-00-8	Residues (petroleum), hydrogenated steam-cracked naphtha; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a residual fraction from the distillation of hydrotreated steam-cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in the range of approximately 200 °C to 350 °C (32°F to 662°F).]	295-514-7	92062-00-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-446-00-3	Residues (petroleum), steam-cracked naphtha distn.; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a column bottom from the separation of effluents from steam cracking naphtha at a high temperature. It boils in the range of approximately 147 °C to 300 °C (297°F to 572°F) and produces a finished oil having a viscosity of 18cSt at 50 °C.]	295-517-3	92062-04-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-447-00-9	Distillates (petroleum), light catalytic cracked, thermally degraded; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process which has been used as a heat transfer fluid. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in the range of approximately 190 °C to 340 °C (374°F to 644°F). This stream is likely to contain organic sulfur compounds.]	295-991-1	92201-60-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-448-00-4	Residues (petroleum), steam-cracked heat-soaked naphtha; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as residue from the distillation of steam cracked heat soaked naphtha and boiling in the range of approximately 150 °C to 350 °C (302°F to 662°F).]	297-905-8	93763-85-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-449-00-X	Hydrocarbons, C <sub>16-20</sub> , solvent-dewaxed hydrocracked paraffinic distn. residue; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent dewaxing of a distillation residue from a hydrocracked paraffinic distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 360 °C to 500 °C (680 °F to 932 °F). It produces a finished oil having a viscosity of 4,5 cSt at approximately 100 °C (212 °F).]	307-662-2	97675-88-2	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			H
649-450-00-5	Gas oils (petroleum), light vacuum, thermal-cracked hydrosulfurized; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by catalytic dehydrosulfurization of thermal-cracked light vacuum petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>14</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 270 °C to 370 °C (518°F to 698°F).]	308-278-8	97926-59-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-451-00-0	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized middle coker; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons by fractionation from hydrodesulfurised coker distillate stocks. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>21</sub> and boiling in the range of approximately 200 °C to 360 °C (392°F to 680°F).]	309-865-1	101316-59-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-452-00-6	Distillates (petroleum), heavy steam-cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of steam cracking heavy residues. It consists predominantly of highly alkylated heavy aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 250 °C to 400 °C (482°F to 752°F).]	309-939-3	101631-14-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H
649-453-00-1	Distillates (petroleum), heavy hydrocracked; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>15</sub> -C <sub>39</sub> and boiling in the range of approximately 260 °C to 600 °C (500°F to 1112°F).]	265-077-7	64741-76-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-454-00-7	Distillates (petroleum), solvent-refined heavy paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-090-8	64741-88-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-455-00-2	Distillates (petroleum), solvent-refined light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-091-3	64741-89-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-456-00-8	Residual oils (petroleum), solvent deasphalted; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the solvent soluble fraction from C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> solvent deasphalting of a residuum. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-096-0	64741-95-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-457-00-3	Distillates (petroleum), solvent-refined heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt a 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-097-6	64741-96-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-458-00-9	Distillates (petroleum), solvent-refined light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-098-1	64741-97-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-459-00-4	Residual oils (petroleum,) solvent-refined; Baseoil — unspecified; [A complex combination by hydrocarbons obtained as the solvent insoluble fraction from solvent refining of a residuum using a polar organic solvent such as phenol or furfural. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-101-6	64742-01-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-460-00-X	Distillates (petroleum), clay-treated paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-137-2	64742-36-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-461-00-5	Distillates (petroleum), clay-treated light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-138-8	64742-37-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-462-00-0	Residual oils (petroleum), clay-treated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of a residual oil with a natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-143-5	64742-41-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-463-00-6	Distillates (petroleum), clay-treated heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-146-1	64742-44-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-464-00-1	Distillates (petroleum), clay-treated light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-147-7	64742-45-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-465-00-7	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-155-0	64742-52-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-466-00-2	Distillates (petroleum), hydrotreated light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-156-6	64742-53-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-467-00-8	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-157-1	64742-54-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-468-00-3	Distillates (petroleum), hydrotreated light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-158-7	64742-55-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-469-00-9	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-159-2	64742-56-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-470-00-4	Residual oils (petroleum), hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-160-8	64742-57-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-471-00-X	Residual oils (petroleum), solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of long, branched chain hydrocarbons from a residual oil by solvent crystallization. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-166-0	64742-62-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-472-00-5	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of not less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-167-6	64742-63-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-473-00-0	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-168-1	64742-64-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-474-00-6	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed heavy paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity not less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-169-7	64742-65-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-475-00-1	Naphthenic oils (petroleum), catalytic dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-172-3	64742-68-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-476-00-7	Naphthenic oils (petroleum), catalytic dewaxed light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-173-9	64742-69-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-477-00-2	Paraffin oils (petroleum), catalytic dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-174-4	64742-70-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-478-00-8	Paraffin oils (petroleum), catalytic dewaxed light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-176-5	64742-71-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-479-00-3	Naphthenic oils (petroleum), complex dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removing straight chain paraffin hydrocarbons as a solid by treatment with an agent such as urea. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil having a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-179-1	64742-75-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-480-00-9	Naphthenic oils (petroleum), complex dewaxed light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil having a viscosity less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-180-7	64742-76-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-481-00-4	Lubricating oils (petroleum), C <sub>20-50</sub> , hydro-treated neutral oil-based, high-viscosity; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light vacuum gas oil, heavy vacuum gas oil, and solvent deasphalted residual oil with hydrogen in the presence of a catalyst in a two stage process with dewaxing being carried out between the two stages. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil having a viscosity of approximately 112cSt at 40 °C. It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	276-736-3	72623-85-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-482-00-X	Lubricating oils (petroleum), C <sub>15-30</sub> , hydro-treated neutral oil-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light vacuum gas oil and heavy vacuum gas oil with hydrogen in the presence of a catalyst in a two stage process with dewaxing being carried out between the two stages. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil having a viscosity of approximately 15cSt at 40 °C. It contains a relatively large proportion of saturated hydrocabons.]	276-737-9	72623-86-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-483-00-5	Lubricating oils (petroleum), C <sub>20-50</sub> , hydro-treated neutral oil-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light vacuum gas oil, heavy vacuum gas oil and solvent deasphalted residual oil with hydrogen in the presence of a catalyst in a two stage process with dewaxing being carried out between the two stages. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of approximately 32cSt at 40 °C. It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	276-738-4	72623-87-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-484-00-0	Lubricating oils; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from solvent extraction and dewaxing processes. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers in the range C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> .]	278-012-2	74869-22-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-485-00-6	Distillates (petroleum), complex dewaxed heavy paraffinici; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by dewaxing heavy paraffinic distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of equal to or greater than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	292-613-7	90640-91-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-486-00-1	Distillates (petroleum), complex dewaxed light paraffinici; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by dewaxing light paraffinic distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	292-614-2	90640-92-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-487-00-7	Distillates (petroleum), solvent dewaxed heavy paraffinici, clay-treated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating dewaxed heavy paraffinic distillate with neutral or modified clay in either a contacting or percolation process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	292-616-3	90640-94-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-488-00-2	Hydrocarbons, C <sub>20-50</sub> , solvent dewaxed heavy paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by treating dewaxed heavy paraffinic distillate with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	292-617-9	90640-95-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-489-00-8	Distillates (petroleum), solvent dewaxed light paraffinic, clay-treated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of dewaxed light paraffinic distillate with natural or modified clay in either a contacting or percolation process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> .]	292-618-4	90640-96-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-490-00-3	Distillates (petroleum), solvent dewaxed light paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by treating a dewaxed light paraffinic distillate with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> .]	292-620-5	90640-97-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-491-00-9	Residual oils (petroleum), hydrotreated solvent dewaxed; Baseoil — unspecified	292-656-1	90669-74-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-492-00-4	Residual oils (petroleum), catalytic dewaxed; Baseoil — unspecified	294-843-3	91770-57-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-493-00-X	Distillates (petroleum), dewaxed heavy paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from an intensive treatment of dewaxed distillate by hydrogenation in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>25</sub> through C <sub>39</sub> and produces a finished oil with a viscosity of approximately 44 cSt at 50 °C.]	295-300-3	91995-39-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-494-00-5	Distillates (petroleum), dewaxed light paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from an intensive treatment of dewaxed distillate by hydrogenation in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>21</sub> through C <sub>29</sub> and produces a finished oil with a viscosity of approximately 13 cSt at 50 °C.]	295-301-9	91995-40-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-495-00-0	Distillates (petroleum), hydrocracked solvent-refined, dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of liquid hydrocarbons obtained by recrystallization of dewaxed hydrocracked solvent-refined petroleum distillates.]	295-306-6	91995-45-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-496-00-6	Distillates (petroleum), solvent-refined light naphthenic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst and removing the aromatic hydrocarbons by solvent extraction. It consists predominantly of naphthenic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of between 13-15cSt at 40 °C.]	295-316-0	91995-54-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-497-00-1	Lubricating oils (petroleum), C <sub>17-35</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrotreated; Baseoil — unspecified	295-423-2	92045-42-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-498-00-7	Lubricating oils (petroleum), hydrocracked nonarom. solvent-deparaffined; Baseoil — unspecified	295-424-8	92045-43-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-499-00-2	Residual oils (petroleum), hydrocracked acid-treated solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by solvent removal of paraffins from the residue of the distillation of acid-treated, hydrocracked heavy paraffins and boiling approximately above 380 °C (716°F).]	295-499-7	92061-86-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-500-00-6	Paraffin oils (petroleum), solvent-refined dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from sulfur-containing paraffinic crude oil. It consists predominantly of a solvent refined deparaffinated lubricating oil with a viscosity of 65cSt at 50 °C.]	295-810-6	92129-09-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-501-00-1	Lubricating oils (petroleum), base oils, paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by refining of crude oil. It consists predominantly of aromatics, naphthenics and paraffinics and produces a finished oil with a viscosity of 120 SUS at 100°F (23cSt at 40 °C).]	297-474-6	93572-43-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-502-00-7	Hydrocarbons, hydrocracked paraffinic distn. residues, solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified	297-857-8	93763-38-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-503-00-2	Hydrocarbons, C <sub>20-50</sub> , residual oil hydrogenation vacuum distillate; Baseoil — unspecified	300-257-1	93924-61-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-504-00-8	Distillates (petroleum), solvent-refined hydrotreated heavy; hydrogenated; Baseoil — unspecified	305-588-5	94733-08-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-505-00-3	Distillates (petroleum), solvent-refined hydrocracked light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent dearomatization of the residue of hydrocracked petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 450 °C (698°F to 842°F).]	305-589-0	94733-09-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-506-00-9	Lubricating oils (petroleum), C <sub>18-40</sub> , solvent-dewaxed hydrocracked distillate-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent deparaffination of the distillation residue from hydrocracked petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 550 °C (698°F to 1022°F).]	305-594-8	94733-15-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-507-00-4	Lubricating oils (petroleum), C <sub>18-40</sub> , solvent-dewaxed hydrogenated raffinate-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent deparaffination of the hydrogenated raffinate obtained by solvent extraction of a hydrotreated petroleum distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 550 °C (698°F to 1022°F).]	305-595-3	94733-16-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-508-00-X	Hydrocarbons, C <sub>13-30</sub> , arom.-rich, solvent-extd. naphthenic distillate; Baseoil — unspecified	305-971-7	95371-04-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-509-00-5	Hydrocarbons, C <sub>16-32</sub> , arom. rich, solvent-extd. naphthenic distillate; Baseoil — unspecified	305-972-2	95371-05-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-510-00-0	Hydrocarbons, C <sub>37-68</sub> , dewaxed deasphalted hydrotreated vacuum distn. residues; Baseoil — unspecified	305-974-3	95371-07-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-511-00-6	Hydrocarbons, C <sub>37-65</sub> , hydrotreated deasphalted vacuum distn. residues; Baseoil — unspecified	305-975-9	95371-08-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-512-00-1	Distillates (petroleum), hydrocracked solvent-refined light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the solvent treatment of a distillate from hydrocracked petroleum distillates. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 450 °C (698°F to 842°F).]	307-010-7	97488-73-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-513-00-7	Distillates (petroleum), solvent-refined hydrogenated heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons, obtained by the treatment of a hydrogenated petroleum distillate with a solvent. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>19</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 390 °C to 550 °C (734°F to 1022°F).]	307-011-2	97488-74-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-514-00-2	Lubricating oils (petroleum), C <sub>18-27</sub> , hydrocracked solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified	307-034-8	97488-95-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-515-00-8	Hydrocarbons, C <sub>17-30</sub> , hydrotreated solvent-deasphalted atm. distn. residue, distn. lights; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the treatment of a solvent deasphalted short residue with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>30</sub> and boiling in the range of approximately 300 °C to 400 °C (572°F to 752°F). It produces a finished oil having a viscosity of 4cSt at approximately 100 °C (212°F).]	307-661-7	97675-87-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-516-00-3	Hydrocarbons, C <sub>17-40</sub> , hydrotreated solvent-deasphalted distn. residue, vacuum distn. lights; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the catalytic hydrotreatment of a solvent deasphalted short residue having a viscosity of 8cSt at approximately 100 °C (212°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 300 °C to 500 °C (592°F to 932°F).]	307-755-8	97722-06-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-517-00-9	Hydrocarbons, C <sub>13-27</sub> , solvent-extd. light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by extraction of the aromatics from a light naphthenic distillate having a viscosity of 9.5cSt at 40 °C (104°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 240 °C to 400 °C (464°F to 752°F).]	307-758-4	97722-09-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-518-00-4	Hydrocarbons, C <sub>14-29</sub> , solvent-extd. light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by extraction of the aromatics from a light naphthenic distillate having a viscosity of 16cSt at 40 °C (104°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>14</sub> through C <sub>29</sub> and boiling in the range of approximately 250 °C to 425 °C (482°F to 797°F).]	307-760-5	97722-10-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-519-00-X	Hydrocarbons, C <sub>27-42</sub> , dearomatized; Baseoil — unspecified	308-131-8	97862-81-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-520-00-5	Hydrocarbons, C <sub>17-30</sub> , hydrotreated distillates, distn. lights; Baseoil — unspecified	308-132-3	97862-82-3	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-521-00-0	Hydrocarbons, C <sub>27-45</sub> , naphthenic vacuum distn.; Baseoil — unspecified	308-133-9	97862-83-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-522-00-6	Hydrocarbons, C <sub>27-45</sub> , dearomatized; Baseoil — unspecified	308-287-7	97926-68-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-523-00-1	Hydrocarbons, C <sub>20-58</sub> , hydrotreated; Baseoil — unspecified	308-289-8	97926-70-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-524-00-7	Hydrocarbons, C <sub>27-42</sub> , naphthenic; Baseoil — unspecified	308-290-3	97926-71-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-525-00-2	Residual oils (petroleum), carbon-treated solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of solvent-dewaxed petroleum residual oils with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities.]	309-710-8	100684-37-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-526-00-8	Residual oils (petroleum), clay-treated solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of solvent-dewaxed petroleum residual oils with bleaching earth for the removal of trace polar constituents and impurities.]	309-711-3	100684-38-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-527-00-3	Lubricating oils (petroleum), C <sub>&gt;25</sub> , solvent-extd., deasphalted, dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of vacuum distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> and produces a finished oil with a viscosity in the order of 32cSt to 37cSt at 100 °C (212°F).]	309-874-0	101316-69-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-528-00-9	Lubricating oils (petroleum), C <sub>17-32</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of atmospheric distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>32</sub> and produced a finished oil with a viscosity in the order of 17cSt to 23cSt at 40 °C (104°F).]	309-875-6	101316-70-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-529-00-4	Lubricating oils (petroleum), C <sub>20-35</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of atmospheric distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>35</sub> and produces a finished oil with a viscosity in the order of 37cSt to 44cSt at 40 °C (104°F).]	309-876-1	101316-71-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-530-00-X	Lubricating oils (petroleum), C <sub>24-50</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of atmospheric distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>24</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity in the order of 16cSt to 75cSt at 40 °C (104°F).]	309-877-7	101316-72-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-531-00-5	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent, arom. conc.; Distillate aromatic extract (treated); [An aromatic concentrate produced by adding water to heavy naphthenic distillate solvent extract and extraction solvent.]	272-175-3	68783-00-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-532-00-0	Extracts (petroleum), solvent-refined heavy paraffinic distillate solvent; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from the re-extraction of solvent-refined heavy paraffinic distillate. It consists of saturated and aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	272-180-0	68783-04-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-533-00-6	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillates, solvent-deasphalted; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from a solvent extraction of heavy paraffinic distillate.]	272-342-0	68814-89-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-534-00-1	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent, hydrotreated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a heavy naphthenic distillate solvent extract with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of at least 19cSt at 40 °C (100 SUS at 100°F).]	292-631-5	90641-07-9	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-535-00-7	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillate solvent, hydrotreated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons produced by treating a heavy paraffinic distillate solvent extract with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>21</sub> through C <sub>33</sub> and boiling in the range of approximately 350 °C to 480 °C (662°F to 896°F).]	292-632-0	90641-08-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-536-00-2	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, hydrotreated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons produced by treating a light paraffinic distillate solvent extract with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>26</sub> and boiling in the range of approximately 280 °C to 400 °C (536°F to 752°F).]	292-633-6	90641-09-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-537-00-8	Extracts (petroleum), hydrotreated light paraffinic distillate solvent; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from solvent extraction of intermediate paraffinic top solvent distillate that is treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>36</sub> .]	295-335-4	91995-73-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-538-00-3	Extracts (petroleum), light naphthenic distillate solvent, hydrosulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating the extract, obtained from a solvent extraction process, with hydrogen in the presence of a catalyst under conditions primarily to remove sulfur compounds. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> . This stream is likely to contain 5 wt.% or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	295-338-0	91995-75-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-539-00-9	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, acid-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as a fraction of the distillation of an extract from the solvent extraction of light paraffinic top petroleum distillates that is subjected to a sulfuric acid refining. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>32</sub> .]	295-339-6	91995-76-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-540-00-4	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, hydrodesulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction of a light paraffin distillate and treated with hydrogen to convert the organic sulfur to hydrogen sulfide which is eliminated. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>40</sub> and produces a finished oil with a viscosity of greater than 10cSt at 40 °C.]	295-340-1	91995-77-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-541-00-X	Extracts (petroleum), light vacuum gas oil solvent, hydrotreated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons, obtained by solvent extraction from light vacuum petroleum gas oils and treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>30</sub> .]	295-342-2	91995-79-8	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-542-00-5	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillate solvent, clay-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contact or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> . This stream is likely to contain 5 wt.% or more 4-6 membered ring aromatic hydrocarbons.]	296-437-1	92704-08-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-543-00-0	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent, hydrodesulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of greater than 19cSt at 40 °C.]	297-827-4	93763-10-1	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-544-00-6	Extracts (petroleum), solvent-dewaxed heavy paraffinic distillate solvent, hydrodesulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained from a solvent dewaxed petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of greater than 19cSt at 40 °C.]	297-829-5	93763-11-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-545-00-1	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, carbon-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as a fraction from distillation of an extract recovered by solvent extraction of light paraffinic top petroleum distillate treated with activated charcoal to remove traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>32</sub> .]	309-672-2	100684-02-4	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-546-00-7	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, clay-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as a fraction from distillation of an extract recovered by solvent extraction of light paraffinic top petroleum distillates treated with bleaching earth to remove traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>32</sub> .]	309-673-8	100684-03-5	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-547-00-2	Extracts (petroleum), light vacuum, gas oil solvent, carbon-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction of light vacuum petroleum gas oil treated with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>30</sub> .]	309-674-3	100684-04-6	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-548-00-8	Extracts (petroleum), light vacuum gas oil solvent, clay-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction of light vacuum petroleum gas oils treated with bleaching earth for removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>30</sub> .]	309-675-9	100684-05-7	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
649-549-00-3	Foots oil (petroleum); Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the oil fraction from a solvent deoiling or a wax sweating process. It consists predominantly of branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	265-171-8	64742-67-2	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
649-550-00-9	Foots oil (petroleum), hydrotreated; Foots oil	295-394-6	92045-12-0	Carc. 1B	H350	GHS08 Dgr	H350			H L
650-002-00-6	turpentine, oil	232-350-7	8006-64-2	Flam. Liq. 3 Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Asp. Tox. 1 Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H226 H332 H312 H302 H304 H319 H315 H317 H411	GHS02 GHS08 GHS07 GHS09 Dgr	H226 H332 H312 H302 H304 H319 H315 H317 H411			
650-003-00-1	fenson (ISO); 4-chlorophenyl benzenesulphonate;	201-274-6	80-38-6	Acute Tox. 4 * Eye Irrit. 2 Aquatic Chronic 2	H302 H319 H411	GHS07 GHS09 Wng	H302 H319 H411			
650-004-00-7	norbormide (ISO); 5-( $\alpha$ -hydroxy- $\alpha$ -2-pyridylbenzyl)-7-( $\alpha$ -2-pyridylbenzylidene)bicyclo [2.2.1] hept-5-ene-2,3-dicarboximide	213-589-6	991-42-4	Acute Tox. 4 *	H302	GHS07 Wng	H302			



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
650-005-00-2	(2R,6aS,12aS)-1,2,6,6a,12,12a-hexahydro-2-isopropenyl-8,9-dimethoxychromeno[3,4-b]furo[2,3-h]chromen-6-one, rotenone	201-501-9	83-79-4	Acute Tox. 3 * Eye Irrit. 2 STOT SE 3 Skin Irrit. 2 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H319 H335 H315 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H319 H335 H315 H410			
650-006-00-8	benquinox (ISO); p-benzoquinone 1-benzoylhydrazone 4-oxime	207-807-9	495-73-8	Acute Tox. 3 * Acute Tox. 4 *	H301 H312	GHS06 Dgr	H301 H312			
650-007-00-3	chlordimeform (ISO); N <sub>2</sub> -(4-chloro-o-tolyl)-N <sub>1</sub> ,N <sub>1</sub> -dimethylformamide	228-200-5	6164-98-3	Carc. 2 Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H312 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H312 H302 H410			
650-008-00-9	drazoxolon (ISO); 4-(2-chlorophenylhydrazone)-3-methyl-5-isoxazolone	227-197-8	5707-69-7	Acute Tox. 3 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H301 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H301 H410			
650-009-00-4	chlordimeform hydrochloride; N'-(4-chloro-o-tolyl)-N,N-dimethylformamide monohydrochloride; N <sup>2</sup> -(4-chloro-o-tolyl)-N <sup>1</sup> ,N <sup>1</sup> -dimethylformamide hydrochloride	243-269-1	19750-95-9	Carc. 2 Acute Tox. 4 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H351 H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H351 H302 H410			
650-010-00-X	benzyl violet 4B; α-[4-(4-dimethylamino-α-[4-[ethyl(3-sodio-sulphonatobenzyl)amino] phenyl]benzylidene)cyclohexa-2,5-dienylidene(ethyl ammonio)toluene-3-sulphonate	216-901-9	1694-09-3	Carc. 2	H351	GHS08 Wng	H351			
650-012-00-0	erionite	—	12510-42-8	Carc. 1A	H350	GHS08 Dgr	H350			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
650-013-00-6	asbestos	— — — — — — —	12001-28-4 132207-32-0 12172-73-5 77536-66-4 77536-68-6 77536-67-5 12001-29-5	Carc. 1A STOT RE 1	H350 H372 **	GHS08 Dgr	H350 H372 **			
650-014-00-1	diethyl 2,4-dihydroxycyclodisiloxane-2,4-diylbis(trimethylene)diphosphonate, tetrasodium salt, reaction products with disodium metasilicate	401-770-4	—	Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 *	H314 H302	GHS05 GHS07 Dgr	H314 H302			
650-015-00-7	rosin; colophony	232-475-7 232-484-6 277-299-1	8050-09-7 8052-10-6 73138-82-6	Skin Sens. 1	H317	GHS07 Wng	H317			
650-016-00-2	Mineral wool, with the exception of those specified elsewhere in this Annex; [Man-made vitreous (silicate) fibres with random orientation with alkaline oxide and alkali earth oxide (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO+MgO +BaO) content greater than 18 % by weight]	—	—	Carc. 2 Skin Irrit. 2	H351 H315	GHS08 GHS07 Wng	H351 H315		AQR	
650-017-00-8	Refractory Ceramic Fibres; Special Purpose Fibres, with the exception of those specified elsewhere in this Annex; [Man-made vitreous (silicate) fibres with random orientation with alkaline oxide and alkali earth oxide (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO+ MgO +BaO) content less or equal to 18 % by weight]	—	—	Carc. 1B Skin Irrit. 2	H350i H315	GHS08 GHS07 Dgr	H350i H315		A R	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
650-018-00-3	Reaction product of: acetophenone, formaldehyde, cyclohexylamine, methanol and acetic acid	406-230-1	—	Flam. Liq. 3 Carc. 2 Skin Corr. 1B Acute Tox. 4 * Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H226 H351 H314 H332 H317 H400 H410	GHS02 GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H226 H351 H314 H332 H317 H410			
650-031-00-4	bis(4-hydroxy-N-methylanilinium) sulphate	200-237-1	55-55-0	Acute Tox. 4 * STOT RE 2 * Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H373 ** H317 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 ** H317 H410			
650-032-00-X	cyproconazole (ISO); (2RS,3RS;2RS,3SR)-2-(4-chlorophenyl)-3-cyclopropyl-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol	—	94361-06-5	Repr. 2 Acute Tox. 4 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H361d *** H302 H400 H410	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H361d *** H302 H410			
650-033-00-5	(S)-α-cyano-3-phenoxybenzyl-(S)-2-(4-chlorophenyl)-3-methylbutyrate; esfenvalerate	—	66230-04-4	Acute Tox. 3 * Acute Tox. 3 * Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H331 H301 H317 H400 H410	GHS06 GHS09 Dgr	H331 H301 H317 H410			
650-041-00-9	triasulfuron (ISO) ; 1-[2-(2-chloroethoxy)phenylsulfonyl]-3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)urea	—	82097-50-5	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			
650-042-00-4	reaction product of: polyethylene-polyamine-(C <sub>6</sub> -C <sub>18</sub> )-alkylamides with monothio-(C <sub>2</sub> )-alkyl phosphonates	417-450-2	—	Eye Irrit. 2 Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 3	H319 H315 H317 H412	GHS07 Wng	H319 H315 H317 H412			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
650-043-00-X	reaction product of: 3,5-bis- <i>tert</i> -butylsalicylic acid and aluminiumsulfate	420-310-3	—	Acute Tox. 4 * Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H302 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H302 H410			
650-044-00-5	mixed linear and branched C <sub>14-15</sub> alcohols ethoxylated, reaction product with epichlorohydrin	420-480-9	158570-99-1	Skin Irrit. 2 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H317 H400 H410	GHS07 GHS09 Wng	H315 H317 H410			
650-045-00-0	reaction product of: 1,2,3-propanetricarboxylic acid, 2-hydroxy, diethyl ester, 1-propanol and zirconium tetra-n-propanolate	417-110-3	—	Flam. Liq. 2 Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Aquatic Chronic 2	H225 H315 H318 H411	GHS02 GHS05 GHS09 Dgr	H225 H315 H318 H411			
650-046-00-6	di(tetramethylammonium)(29 <i>H</i> ,31 <i>H</i> -phthalocyanin- <i>N</i> 29, <i>N</i> 30, <i>N</i> 31, <i>N</i> 32)disulfonamide disulfonate, cuprate(2-)-complex, derivatives	416-180-2	12222-04-7	Acute Tox. 4 * STOT RE 2 * Aquatic Chronic 2	H302 H373 ** H411	GHS08 GHS07 GHS09 Wng	H302 H373 ** H411			
650-047-00-1	dibenzylphenylsulfonium hexafluoroantimonate	417-760-8	134164-24-2	STOT RE 1 Acute Tox. 4 * Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Chronic 2	H372 ** H302 H318 H317 H411	GHS08 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H372 ** H302 H318 H317 H411			
650-048-00-7	reaction product of: borax, hydrogen peroxide, acetic acid anhydride and acetic acid	420-070-1	—	Org. Perox. D **** Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Acute Tox. 4 * Skin Corr. 1A Aquatic Acute 1	H242 H332 H312 H302 H314 H400	GHS02 GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H242 H332 H312 H302 H314 H400			

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di concentrazione specifici, fattori M	Note
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari		
650-049-00-2	2-alkoxyethyl hydrogen maleate, where alkoyl represents (by weight) 70 to 85 % unsaturated octadecoyl, 0.5 to 10 % saturated octadecoyl, and 2 to 18 % saturated hexadecoyl	417-960-5	—	Skin Irrit. 2 Eye Dam. 1 Skin Sens. 1 Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H315 H318 H317 H400 H410	GHS05 GHS07 GHS09 Dgr	H315 H318 H317 H410			
650-050-00-8	reaction mass of: 1-methyl-3-hydroxypropyl 3,5-[1,1-dimethylethyl]-4-hydroxydihydrocinnamate and/or 3-hydroxybutyl 3,5-[1,1-dimethylethyl]-4-hydroxydihydrocinnamate; 1,3-butanediol bis[3-(3'-(1,1-dimethylethyl) 4'-hydroxy-phenyl)propionate] isomers; 1,3-butanediol bis[3-(3',5'-(1,1-dimethylethyl)-4'-hydroxyphenyl)propionate] isomers	423-600-8	—	Aquatic Chronic 2	H411	GHS09	H411			
650-055-00-5	silver sodium zirconium hydrogenphosphate	422-570-3	155925-27-2	Aquatic Acute 1 Aquatic Chronic 1	H400 H410	GHS09 Wng	H410			

Tabella 3.2

## Elenco della classificazione e dell'etichettatura armonizzate di sostanze pericolose dall'allegato I della direttiva 67/548/CEE

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
001-001-00-9	hydrogen	215-605-7	1333-74-0	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		
001-002-00-4	aluminium lithium hydride	240-877-9	16853-85-3	F; R15	F R: 15 S: (2-)7/8-24/25-43		
001-003-00-X	sodium hydride	231-587-3	7646-69-7	F; R15	F R: 15 S: (2-)7/8-24/25-43		
001-004-00-5	calcium hydride	232-189-2	7789-78-8	F; R15	F R: 15 S: (2-)7/8-24/25-43		
003-001-00-4	lithium	231-102-5	7439-93-2	F; R15 R14 C; R34	F; C R: 14/15-34 S: (1/2-)8-43-45		
003-002-00-X	n-hexyllithium	404-950-0	21369-64-2	F; R15-17 R14 C; R35	F; C R: 14/15-17-35 S: (1/2-)6-16-26-30-36/37/39-43-45		
004-001-00-7	beryllium	231-150-7	7440-41-7	Carc. Cat. 2; R49 T+; R26 T; R25-48/23 Xi; R36/37/ 38 R43	T+ R: 49-25-26-36/37/ 38-43-48/23 S: 53-45		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
004-002-00-2	beryllium compounds with the exception of aluminium beryllium silicates, and with those specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. Cat. 2; R49 T+; R26 T; R25-48/23 Xi; R36/37/ 38 R43 N; R51-53	T+; N R: 49-25-26-36/37/ 38-43-48/23-51/53 S: 53-45-61		AE
004-003-00-8	beryllium oxide	215-133-1	1304-56-9	Carc. Cat. 2; R49 T+; R26 T; R25-48/23 Xi; R36/37/ 38 R43	T+ R: 49-25-26-36/37/ 38-43-48/23 S: 53-45		E
005-001-00-X	boron trifluoride	231-569-5	7637-07-2	R14 T+; R26 C; R35	T+; C R: 14-26-35 S: (1/2-)9-26-28-36/ 37/39-45		
005-002-00-5	boron trichloride	233-658-4	10294-34-5	R14 T+; R26/28 C; R34	T+ R: 14-26/28-34 S: (1/2-)9-26-28-36/ 37/39-45		
005-003-00-0	boron tribromide	233-657-9	10294-33-4	R14 T+; R26/28 C; R35	T+; C R: 14-26/28-35 S: (1/2-)9-26-28-36/ 37/39-45		
005-004-00-6	trialkylboranes	—	—	F; R17 C; R34	F; C R: 17-34 S: (1/2-)7-23-26-36/ 37/39-43-45		A
005-005-00-1	trimethyl borate	204-468-9	121-43-7	R10 Xn; R21	Xn R: 10-21 S: (2-)23-25		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
005-006-00-7	dibutyltin hydrogen borate	401-040-5	75113-37-0	T; R48/25 Xn; R21/22 Xi; R41 R43 N; R50-53	T; N R: 21/22-41-43-48/ 25-50/53 S: (1/2-)22-26-36/37- 45-60-61		
005-009-00-3	tetrabutylammonium butyltriphenylborate	418-080-4	120307-06-4	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-56-61		
005-010-00-9	N,N-dimethylanilinium tetrakis(pentafluorophenyl)borate	422-050-6	118612-00-3	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 Xi; R38-41	Xn R: 22-38-40-41 S: (2-)22-26-36/37/39		
005-012-00-X	diethyl{4-[1,5,5-tris(4-diethylaminophenyl)penta-2,4-dienylidene]cyclohexa-2,5-dienylidene}ammonium butyltriphenylborate	418-070-1	141714-54-7	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
006-001-00-2	carbon monoxide	211-128-3	630-08-0	F+; R12 Repr. Cat. 1; R61 T; R23-48/23	F+; T R: 61-12-23-48/23 S: 53-45		E
006-002-00-8	phosgene; carbonyl chloride	200-870-3	75-44-5	T+; R26 C; R34	T+ R: 26-34 S: (1/2-)9-26-36/37/ 39-45		
006-003-00-3	carbon disulphide	200-843-6	75-15-0	F; R11 Repr. Cat. 3; R62-63 T; R48/23 Xi; R36/38	F; T R: 11-36/38-48/23- 62-63 S: (1/2-)16-33-36/37- 45	Repr. Cat. 3; R62-63: C ≥ 1 % T; R48/23: C ≥ 1 % Xn; R48/20: 0,2 % ≤ C < 1 %	
006-004-00-9	calcium carbide	200-848-3	75-20-7	F; R15	F R: 15 S: (2-)8-43		
006-005-00-4	thiram (ISO); tetramethylthiuram disulphide	205-286-2	137-26-8	Xn; R20/22- 48/22 Xi; R36/38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-36/38-43- 48/22-50/53 S: (2-)26-36/37-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-006-00-X	hydrogen cyanide; hydrocyanic acid	200-821-6	74-90-8	F+; R12 T+; R26 N; R50-53	F+; T+; N R: 12-26-50/53 S: (1/2-)7/9-16-36/ 37-38-45-60-61		
006-006-01-7	hydrogen cyanide ...%; hydrocyanic acid ...%	200-821-6	74-90-8	T+; R26/27/ 28 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-50/53 S: (1/2-)7/9-36/37- 38-45-60-61		B
006-007-00-5	salts of hydrogen cyanide with the exception of complex cyanides such as ferrocyanides, ferricyanides and mercuric oxycyanide	—	—	T+; R26/27/ 28 R32 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-32-50/ 53 S: (1/2-)7-28-29-45- 60-61		A
006-008-00-0	antu (ISO); 1-(1-naphthyl)-2-thiourea	201-706-3	86-88-4	T+; R28 Carc. Cat. 3; R40	T+ R: 28-40 S: (1/2-)25-36/37-45		
006-009-00-6	1-isopropyl-3-methylpyrazol-5-yl dimethylcarbamate; isolan	204-318-2	119-38-0	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)28-36/37/39- 45		
006-010-00-1	5,5-dimethyl-3-oxocyclohex-1-enyl dimethylcarbamate 5,5-dimethyldihydroresorcinol dimethylcarbamate; dimetan	204-525-8	122-15-6	T; R25	T R: 25 S: (1/2-)36/37-45		
006-011-00-7	carbaryl (ISO); 1-naphthyl methylcarbamate	200-555-0	63-25-2	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 N; R50	Xn; N R: 22-40-50 S: (2-)22-24-36/37- 46-61		
006-012-00-2	ziram (ISO); zinc bis dimethyldithiocarbamate	205-288-3	137-30-4	T+; R26 Xn; R22-48/ 22 Xi; R37-41 R43 N; R50-53	T+; N R: 22-26-37-41-43- 48/22-50/53 S: (1/2-)22-26-28-36/ 37/39-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-013-00-8	metam-sodium (ISO); sodium methylthiocarbamate	205-293-0	137-42-8	Xn; R22 R31 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-31-34-43-50/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		
006-014-00-3	nabam (ISO); disodium ethylenebis(N, N'-dithiocarbamate)	205-547-0	142-59-6	Xn; R22 Xi; R37 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-37-43-50/53 S: (2-)8-24/25-46-60- 61		
006-015-00-9	diuron (ISO); 3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea	206-354-4	330-54-1	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22-48/ 22 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-48/22-50/ 53 S: (2-)13-22-23-37- 46-60-61		
006-016-00-4	propoxur (ISO); 2-isopropoxyphenyl N-methylcarbamate; 2-isopropoxyphenyl methylcarbamate	204-043-8	114-26-1	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)37-45-60-61		
006-017-00-X	aldicarb (ISO); 2-methyl-2-(methylthio)propanal-O-(N-methylcarbamoyl) oxime	204-123-2	116-06-3	T+; R26/28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-26/28-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45- 60-61		
006-018-00-5	aminocarb (ISO); 4-dimethylamino-3-tolyl methylcarbamate	217-990-7	2032-59-9	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
006-019-00-0	di-allate (ISO); S-(2,3-dichloroallyl)-N,N-diisopropylthiocarbamate	218-961-1	2303-16-4	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-50/53 S: (2-)25-36/37-60-61		
006-020-00-6	barban (ISO); 4-chlorbut-2-ynyl N-(3-chlorophenyl)carbamate	202-930-4	101-27-9	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-021-00-1	linuron (ISO); 3-(3,4-dichlorophenyl)-1-methoxy-1-methylurea	206-356-5	330-55-2	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22-48/ 22 N; R50-53	T; N R: 61-22-40-48/22- 62-50/53 S: 53-45-60-61		E
006-022-00-7	decarbofuran (ISO); 2,3-dihydro-2-methylbenzofuran-7-yl methylcarbamate	—	1563-67-3	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)13-36/37-45		
006-023-00-2	mercaptodimethur (ISO); methiocarb (ISO); 3,5-dimethyl-4-methylthiophenyl N-methylcarbamate	217-991-2	2032-65-7	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)22-37-45-60- 61		
006-024-00-8	proxan-sodium (ISO); sodium O-isopropylidithiocarbonate	205-443-5	140-93-2	Xn; R22 Xi; R38 N; R51-53	Xn; N R: 22-38-51/53 S: (2-)13-61		
006-025-00-3	allethrin; (RS)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1RS,3RS;1RS,3SR)-2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl) cyclopropanecarboxylate; bioallethrin; (RS)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1R,3R)-2,2- dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate; [1] S-bioallethrin; (S)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1R,3R)-2,2-dime- thyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate; [2] esbiothrin; (RS)-3-allyl-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl (1R,3R)-2,2- dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate [3]	209-542-4 [1] 249-013-5 [2] - [3]	584-79-2 [1] 28434-00-6 [2] 84030-86-4 [3]	Xn; R20/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-50/53 S: (2-)36-60-61		C
006-026-00-9	carbofuran (ISO); 2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yl N-methylcarbamate	216-353-0	1563-66-2	T+; R26/28 N; R50-53	T+; N R: 26/28-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-028-00-X	dinobuton (ISO); 2-(1-methylpropyl)-4,6-dinitrophenyl isopropyl carbonate	213-546-1	973-21-7	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)37-45-60-61		
006-029-00-5	dioxacarb (ISO); 2-(1,3-dioxolan-2-yl)phenyl N-methylcarbamate	230-253-4	6988-21-2	T; R25 N; R51-53	T; N R: 25-51/53 S: (1/2-)37-45-61		
006-030-00-0	EPTC (ISO); S-ethyl dipropylthiocarbamate	212-073-8	759-94-4	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)23		
006-031-00-6	formetanate (ISO); 3-[(EZ)-dimethylaminomethyleneamino]phenyl methylcarbamate	244-879-0	22259-30-9	T+; R26/28 R43 N; R50-53	T+; N R: 26/28-43-50/53 S: (1/2-)24-28-37/39-45-60-61		
006-032-00-1	monolinuron (ISO); 3-(4-chlorophenyl)-1-methoxy-1-methylurea	217-129-5	1746-81-2	Xn; R22-48/ 22 N; R50-53	Xn; N R: 22-48/22-50/53 S: (2-)22-60-61		
006-033-00-7	metoxuron (ISO); 3-(3-chloro-4-methoxyphenyl)-1,1-dimethylurea	243-433-2	19937-59-8	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
006-034-00-2	pebulate (ISO); N-butyl-N-ethyl-S-propylthiocarbamate	214-215-4	1114-71-2	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)23-61		
006-035-00-8	pirimicarb (ISO); 5,6-dimethyl-2-dimethylamino-pyrimidin-4-yl N,N-dimethylcarbamate	245-430-1	23103-98-2	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)22-37-45-60-61		
006-036-00-3	benzthiazuron (ISO); 1-benzothiazol-2-yl-3-methylurea	217-685-9	1929-88-0	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24/25		
006-037-00-9	promecarb (ISO); 3-isopropyl-5-methylphenyl N-methylcarbamate	220-113-0	2631-37-0	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)24-37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-038-00-4	sulfallate (ISO); 2-chloroallyl N,N-dimethyldithiocarbamate	202-388-9	95-06-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61		E
006-039-00-X	tri-allate (ISO); S—2,3,3-trichloroallyl diisopropylthiocarbamate	218-962-7	2303-17-5	Xn; R22-48/ 22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-48/22-50/ 53 S: (2-)24-37-60-61		
006-040-00-5	3-methylpyrazol-5-yl-dimethylcarbamate; monometilan	—	2532-43-6	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)13-45		
006-041-00-0	dimethylcarbamoyl chloride	201-208-6	79-44-7	Carc. Cat. 2; R45 T; R23 Xn; R22 Xi; R36/37/ 38	T R: 45-22-23-36/37/ 38 S: 53-45	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,001 %	E
006-042-00-6	monuron (ISO); 3-(4-chlorophenyl)-1,1-dimethylurea	205-766-1	150-68-5	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
006-043-00-1	3-(4-chlorophenyl)-1,1-dimethyluronium trichloroacetate; monuron-TCA	—	140-41-0	Xi; R36/38 Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 36/38-40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
006-044-00-7	isoproturon (ISO); 3-(4-isopropylphenyl)-1,1-dimethylurea	251-835-4	34123-59-6	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
006-045-00-2	methomyl (ISO); 1-(methylthio)ethylideneamino N-methylcarbamate	240-815-0	16752-77-5	T+;R28 N; R50-53	T+; N R: 28-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45- 60-61		
006-046-00-8	bendiocarb (ISO); 2,2-dimethyl-1,3-benzodioxol-4-yl N-methylcarbamate	245-216-8	22781-23-3	T; R23/25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-23/25-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45- 60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-047-00-3	bufencarb (ISO); reaction mass of 3-(1-methylbutyl)phenyl N-methylcarbamate and 3-(1-ethylpropyl)phenyl N-methylcarbamate	—	8065-36-9	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
006-048-00-9	ethiofencarb (ISO); 2-(ethylthiomethyl)phenyl N-methylcarbamate	249-981-9	29973-13-5	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
006-049-00-4	dixanthogen; O,O-diethyl dithiobis(thioformate)	207-944-4	502-55-6	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24		
006-050-00-X	1,1-dimethyl-3-phenyluronium trichloroacetate; fenuron-TCA	—	4482-55-7	Xi; R38 N; R50-53	Xi; N R: 38-50/53 S: (2-)60-61		
006-051-00-5	ferbam (ISO); iron tris(dimethyldithiocarbamate)	238-484-2	14484-64-1	Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	Xi; N R: 36/37/38-50/53 S: (2-)60-61		
006-052-00-0	formetanate hydrochloride; 3-(N,N-dimethylaminomethyleneamino)phenyl N-methylcarbamate	245-656-0	23422-53-9	T+; R26/28 R43 N; R50-53	T+; N R: 26/28-43-50/53 S: (1/2-)24-28-37/39-45-60-61		
006-053-00-6	isoprocab (ISO); 2-isopropylphenyl N-methylcarbamate	220-114-6	2631-40-5	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
006-054-00-1	mexacarbate (ISO); 3,5-dimethyl-4-dimethylaminophenyl N-methylcarbamate	206-249-3	315-18-4	T+; R28 Xn; R21 N; R50-53	T+; N R: 21-28-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
006-055-00-7	xylylcarb (ISO); 3,4-dimethylphenyl N-methylcarbamate; 3,4-xylyl methylcarbamate; MPMC	219-364-9	2425-10-7	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
006-056-00-2	metolcarb (ISO); m-tolyl methylcarbamate; MTMC	214-446-0	1129-41-5	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-057-00-8	nitrapyrin (ISO); 2-chloro-6-trichloromethylpyridine	217-682-2	1929-82-4	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)24-61		
006-058-00-3	noruron (ISO); 1,1-dimethyl-3-(perhydro-4,7-methanoinden-5-yl)urea	—	2163-79-3	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
006-059-00-9	oxamyl (ISO); N,N'-dimethylcarbamoyl(methylthio)methylenamine N-methylcarbamate;	245-445-3	23135-22-0	T+; R26/28 Xn; R21 N; R51-53	T+; N R: 21-26/28-51/53 S: (1/2-)36/37-45-61		
006-060-00-4	oxycarboxin (ISO); 2,3-dihydro-6-methyl-5-(N-phenylcarbamoyl)-1,4-oxothiine 4,4-dioxide	226-066-2	5259-88-1	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
006-061-00-X	S-ethyl N-(dimethylaminopropyl)thiocarbamatehydrochloride; prothiocarb hydrochloride	243-193-9	19622-19-6	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
006-062-00-5	methyl 3,4-dichlorophenylcarbanilate; SWEP.	—	1918-18-9	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
006-063-00-0	thiobencarb (ISO); S-4-chlorobenzyl diethylthiocarbamate;	248-924-5	28249-77-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
006-064-00-6	thiofanox (ISO); 3,3-dimethyl-1-(methylthio)butanone-O-(N-methylcarbamoyl)oxime;	254-346-4	39196-18-4	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)27-36/37-45-60-61		
006-065-00-1	3-chloro-6-cyano-bicyclo(2,2,1)heptan-2-one-O-(N-methylcarbamoyl)oxime; triamid	—	15271-41-7	T+; R28 T; R24 N; R51-53	T+; N R: 24-28-51/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
006-066-00-7	vernolate (ISO); S-propyl dipropylthiocarbamate;	217-681-7	1929-77-7	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-067-00-2	XMC; 3,5-xylyl methylcarbamate	—	2655-14-3	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
006-068-00-8	diazomethane	206-382-7	334-88-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		
006-069-00-3	thiophanate-methyl (ISO); 1,2-di-(3-methoxycarbonyl-2-thioureido)benzene	245-740-7	23564-05-8	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20-43-50/53-68 S: (2-)36/37-46-60-61		
006-070-00-9	furmecyclox (ISO); N-cyclohexyl-N-methoxy-2,5-dimethyl-3-furamide;	262-302-0	60568-05-0	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
006-071-00-4	cyclooct-4-en-1-yl methyl carbonate	401-620-8	87731-18-8	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
006-072-00-X	prosulfocarb(ISO); S-benzyl N,N-dipropylthiocarbamate;	401-730-6	52888-80-9	Xn; R22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-43-51/53 S: (2-)24-37-61		
006-073-00-5	3-(dimethylamino)propylurea	401-950-2	31506-43-1	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
006-074-00-0	2-(3-(prop-1-en-2-yl)phenyl)prop-2-yl isocyanate	402-440-2	2094-99-7	T+; R26 C; R34 Xn; R48/20 R42/43 N; R50-53	T+; N R: 26-34-42/43-48/ 20-50/53 S: (1/2-)7-15-28-36/ 37/39-38-45-60-61		
006-076-00-1	mancozeb (ISO)	—	8018-01-7	Xi; R37 R43	Xi R: 37-43 S: (2-)8-24/25-46		
006-077-00-7	maneb (ISO)	235-654-8	12427-38-2	Xi; R37 R43	Xi R: 37-43 S: (2-)8-24/25-46		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-078-00-2	zineb (ISO); zinc ethylenebis(dithiocarbamate) (polymeric)	235-180-1	12122-67-7	Xi; R37 R43	Xi R: 37-43 S: (2-)8-24/25-46		
006-079-00-8	disulfiram; tetraethylthiuramdisulfide	202-607-8	97-77-8	Xn; R22-48/ 22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-48/22-50/ 53 S: (2-)24-37-60-61		
006-080-00-3	tetramethylthiuram monosulphide	202-605-7	97-74-5	Xn; R22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-43-51/53 S: (2-)24-26-37-61		
006-081-00-9	zinc bis(dibutylthiocarbamate)	205-232-8	136-23-2	Xi; R36/37/ 38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 36/37/38-43-50/ 53 S: (2-)24-37-60-61		
006-082-00-4	zinc bis(diethylthiocarbamate)	238-270-9	14324-55-1	Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/37/38-43- 50/53 S: (2-)24-37-60-61		
006-083-00-X	butocarboxim (ISO); 3-(methylthio)-2-butanone O-[(methylamino)carbonyl]oxime	252-139-3	34681-10-2	R10 T; R23/24/25 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 10-23/24/25-36- 50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		
006-084-00-5	carbosulfan (ISO); 2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuryl [(dibutylamino)thio] methylcarbamate;	259-565-9	55285-14-8	T; R23/25 R43 N; R50-53	T; N R: 23/25-43-50/53 S: (1/2-)24-37-38-45- 60-61		
006-085-00-0	fenobucarb (ISO); 2-butylphenyl methylcarbamate;	223-188-8	3766-81-2	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
006-086-00-6	ethyl [2-(4-phenoxyphenoxy)ethyl]carbamate; fenoxycarb	276-696-7	72490-01-8	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
006-087-00-1	2,3-dihydro-2,2-dimethyl-7-benzofuryl 2,4-dimethyl-6-oxa-5-oxo-3-thia-2,4-diazadecanoate; furathiocarb	265-974-3	65907-30-4	T+; R26 T; R25 Xn; R48/22 Xi; R36/38 R43 N; R50-53	T+; N R: 25-26-36/38-43-48/22-50/53 S: (1/2-)28-36/37-38-45-60-61		
006-088-00-7	benfuracarb; ethyl N-[2,3-dihydro-2,2-dimethylbenzofuran-7-yloxy-carbonyl(methyl)aminothio]-N-isopropyl- β-alaninate	—	82560-54-1	T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 23/25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
006-089-00-2	chlorine dioxide	233-162-8	10049-04-4	O; R8 R6 T+; R26 C; R34 N; R50	O; T+; N R: 6-8-26-34-50 S: (1/2-)23-26-28-36/37/39-38-45-61	N; R50: C ≥ 0,02 %	5
006-089-01-X	chlorine dioxide . . . %	233-162-8	10049-04-4	T; R25 C; R34 N; R50	T; N R: 25-34-50 S: (1/2-)23-26-28-36/37/39-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 3 % ≤ C < 10 % Xi; R36: 0,3 % ≤ C < 3 % N; R50: C ≥ 3 %	B
006-090-00-8	2-(3-iodoprop-2-yn-1-yloxy)ethyl phenylcarbamate	408-010-0	88558-41-2	Xn; R20 Xi; R41 R52-53	Xn R: 20-41-52/53 S: (2-)22-26-39-61		
007-001-00-5	ammonia, anhydrous	231-635-3	7664-41-7	R10 ⊗ T; R23 C; R34 N; R50	T; N R: 10-23-34-50 S: (1/2-)9-16-26-36/37/39-45-61		
007-001-01-2	ammonia ....%	215-647-6	1336-21-6	C; R34 N; R50	C; N R: 34-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	B
007-002-00-0	nitrogen dioxide; [1] dinitrogen tetraoxide [2]	233-272-6 [1] 234-126-4 [2]	10102-44-0 [1] 10544-72-6 [2]	T+; R26 C; R34	T+ R: 26-34 S: (1/2-)9-26-28-36/37/39-45	T+; R26: C ≥ 10 % T; R23: 1 % ≤ C < 10 % Xn; R20: 0,1 % ≤ C < 1 %	5

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
007-003-00-6	chlormequat chloride (ISO); 2-chloroethyltrimethylammonium chloride	213-666-4	999-81-5	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)36/37		
007-004-00-1	nitric acid ... %	231-714-2	7697-37-2	O; R8 C; R35	O; C R: 8-35 S: (1/2-)23-26-36-45	C; R35: C ≥ 20 % C; R34: 5 % ≤ C < 20 % Footnote: O; R8: C ≥ 70 %	B
007-006-00-2	ethyl nitrite	203-722-6	109-95-5	E; R2 Xn; R20/21/ 22	E; Xn R: 2-20/21/22 S: (2-)		
007-007-00-8	ethyl nitrate	210-903-3	625-58-1	E; R2 ⊗	E R: 2 S: (2-)23-24/25		
007-008-00-3	hydrazine	206-114-9	302-01-2	R10 Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 C; R34 R43 N; R50-53	T; N R: 45-10-23/24/25- 34-43-50/53 S: 53-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/38: 3 % ≤ C < 10 %	E
007-009-00-9	dicyclohexylammonium nitrite	221-515-9	3129-91-7	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)15-41	Xn; R20/22: C ≥ 10 %	
007-010-00-4	sodium nitrite	231-555-9	7632-00-0	O; R8 T; R25 N; R50	O; T; N R: 8-25-50 S: (1/2-)45-61	T; R25: C ≥ 5 % Xn; R22: 1 % ≤ C < 5 %	
007-011-00-X	potassium nitrite	231-832-4	7758-09-0	O; R8 T; R25 N; R50	O; T; N R: 8-25-50 S: (1/2-)45-61	T; R25: C ≥ 5 % Xn; R22: 1 % ≤ C < 5 %	
007-012-00-5	N,N-dimethylhydrazine	200-316-0	57-14-7	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 T; R23/25 C; R34 N; R51-53	F; T; N R: 45-11-23/25-34- 51/53 S: 53-45-61		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
007-013-00-0	1,2-dimethylhydrazine	—	540-73-8	Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 N; R51-53	T; N R: 45-23/24/25-51/ 53 S: 53-45-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 %	E
007-014-00-6	salts of hydrazine	—	—	Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 R43 N; R50-53	T; N R: 45-23/24/25-43- 50/53 S: 53-45-60-61		AE
007-015-00-1	O-ethylhydroxylamine	402-030-3	624-86-2	F; R11 T; R23/24/ 25-48/23 Xi; R36 R43 N; R50	F; T; N R: 11-23/24/25-36- 43-48/23-50 S: (1/2-)16-26-36/37/ 39-45-60-61		
007-016-00-7	butyl nitrite	208-862-1	544-16-1	F; R11 T; R23/25	F; T R: 11-23/25 S: (1/2-)16-24-45		
007-017-00-2	isobutyl nitrite	208-819-7	542-56-3	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/22	F; T R: 11-20/22-45-68 S: 53-45		E
007-018-00-8	sec-butyl nitrite	213-104-8	924-43-6	F; R11 Xn; R20/22	F; Xn R: 11-20/22 S: (2-)16-24-46		
007-019-00-3	tert-butyl nitrite	208-757-0	540-80-7	F; R11 Xn; R20/22	F; Xn R: 11-20/22 S: (2-)16-24-46		
007-020-00-9	pentyl nitrite; [1] «amyl nitrite», mixed isomers [2]	207-332-7 [1] 203-770-8 [2]	463-04-7 [1] 110-46-3 [2]	F; R11 Xn; R20/22	F; Xn R: 11-20/22 S: (2-)16-24-46		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
007-021-00-4	hydrazobenzene; 1,2-diphenylhydrazine	204-563-5	122-66-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61		E
007-022-00-X	hydrazine bis(3-carboxy-4-hydroxybenzensulfonate)	405-030-1	—	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 C; R34 R43 R52-53	T R: 45-22-34-43-52/ 53 S: 53-45-61		E
007-023-00-5	sodium 3,5-bis(3-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)propylcarbamoyl)benzenesulfonate	405-510-0	—	Xi; R38 R43	Xi R: 38-43 S: (2-)24-37		
007-024-00-0	2-(decylthio)ethylammonium chloride	405-640-8	36362-09-1	Xn; R48/22 Xi; R38-41 N; R50-53	Xn; N R: 38-41-48/22-50/ 53 S: (2-)26-36/37/39- 60-61		
007-025-00-6	(4-hydrazinophenyl)-N-methylmethanesulfonamide hydrochloride	406-090-1	81880-96-8	Muta. Cat. 3; R68 T; R25-48/25 R43 N; R50-53	T; N R: 25-43-48/25-68- 50/53 S: (1/2-)22-36/37/39- 45-60-61		
007-026-00-1	oxo-((2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)amino)carbonylacetylhydrazide	413-230-5	122035-71-6	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)8-22-24-26-30- 37/39		
007-027-00-7	1,6-bis(3,3-bis((1-methylpentylideneimino)propyl)ureido)hexane	420-190-2	771478-66-1	C; R34 Xn; R21/22- 48/21 R43 N; R50-53	C; N R: 21/22-34-43-48/ 21-50/53 S: (1/2-)7-26-36/37/ 39-45-60-61		
008-001-00-8	oxygen	231-956-9	7782-44-7	O; R8	O R: 8 S: (2-)17		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
008-003-00-9	hydrogen peroxide solution ... %	231-765-0	7722-84-1	R5 O; R8 C; R35 Xn; R20/22	O; C R: 5-8-20/22-35 S: (1/2-)17-26-28-36/ 37/39-45	Xn; R20: C ≥ 50 % Xn; R22: C ≥ 8 % C; R35: C ≥ 70 % C; R34: 50 % ≤ C < 70 % Xi; R37/38: 35 % ≤ C < 50 % Xi; R41: 8 % ≤ C < 50 % Xi; R36: 5 % ≤ C < 8 % Footnote: O; R8: C ≥ 50 % R5: C ≥ 70 %	B
009-001-00-0	fluorine	231-954-8	7782-41-4	R7 ⊗ T+; R26 C; R35	T+; C R: 7-26-35 S: (1/2-)9-26-36/37/ 39-45		
009-002-00-6	hydrogen fluoride	231-634-8	7664-39-3	T+; R26/27/ 28 C; R35	T+; C R: 26/27/28-35 S: (1/2-)7/9-26-36/37/ 39-45		
009-003-00-1	hydrofluoric acid ... %	231-634-8	7664-39-3	T+; R26/27/ 28 C; R35	T+; C R: 26/27/28-35 S: (1/2-)7/9-26-36/ 37-45	C; R35: C ≥ 7 % C; R34: 1 % ≤ C < 7 % Xi; R36: 0,1 % ≤ C < 1 %	B
009-004-00-7	sodium fluoride	231-667-8	7681-49-4	T; R25 Xi; R36/38 R32	T R: 25-32-36/38 S: (1/2-)22-36-45		
009-005-00-2	potassium fluoride	232-151-5	7789-23-3	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)26-45		
009-006-00-8	ammonium fluoride	235-185-9	12125-01-8	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)26-45		
009-007-00-3	sodium bifluoride; sodium hydrogen difluoride	215-608-3	1333-83-1	T; R25 C; R34	T; C R: 25-34 S: (1/2-)22-26-37-45	T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 1 % ≤ C < 10 % C; R34: C ≥ 1 % Xi; R36/38: 0,1 % ≤ C < 1 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
009-008-00-9	potassium bifluoride; potassium hydrogen difluoride	232-156-2	7789-29-9	T; R25 C; R34	T; C R: 25-34 S: (1/2-)22-26-37-45	T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 1 % ≤ C < 10 % C; R34: C ≥ 1 % Xi; R36/38: 0,1 % ≤ C < 1 %	
009-009-00-4	ammonium bifluoride; ammonium hydrogen difluoride	215-676-4	1341-49-7	T; R25 C; R34	T; C R: 25-34 S: (1/2-)22-26-37-45	T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 1 % ≤ C < 10 % C; R34: C ≥ 1 % Xi; R36/38: 0,1 % ≤ C < 1 %	
009-010-00-X	fluoroboric acid ... %	240-898-3	16872-11-0	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-27-45	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/38: 10 % ≤ C < 25 %	B
009-011-00-5	fluorosilicic acid ... %	241-034-8	16961-83-4	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-27-45		B
009-012-00-0	alkali fluorosilicates(Na); [1] alkali fluorosilicates(K); [2] alkali fluorosilicates(NH4) [3]	240-934-8 [1] 240-896-2 [2] 240-968-3 [3]	16893-85-9 [1] 16871-90-2 [2] 16919-19-0 [3]	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)26-45	T; R23/24/25: C ≥ 10 % Xn; R20/21/22: 1 % ≤ C < 10 %	A
009-013-00-6	fluorosilicates, with the exception of those specified elsewhere in this annex	—	—	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)13-24/25	Xn; R22: C ≥ 10 %	A
009-014-00-1	lead hexafluorosilicate	247-278-1	25808-74-6	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22 R33 N; R50-53	T; N R: 61-62-20/22-33-50/53 S: 53-45-60-61		E 1
009-015-00-7	sulphuryl difluoride	220-281-5	2699-79-8	T; R23 Xn; R48/20 N; R50	T; N R: 23-48/20-50 S: (1/2-)45-63-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
009-016-00-2	trisodium hexafluoroaluminate; cryolite	237-410-6 239-148-8	13775-53-6 15096-52-3	T; R48/23/25 Xn; R20/22 N; R51-53	T; N R: 20/22-48/23/25-51/53 S: (1/2-)22-37-45-61		C
009-017-00-8	potassium mu-fluoro-bis(triethylaluminium)	400-040-2	12091-08-6	F; R11-14/15 C; R35 Xn; R20	F; C R: 11-14/15-20-35 S: (1/2-)16-30-36/39-43-45		
009-018-00-3	magnesium hexafluorosilicate	241-022-2	16949-65-8	T; R25	T R: 25 S: (1/2-)24/25-45	T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 1 % ≤ C < 10 %	
011-001-00-0	sodium	231-132-9	7440-23-5	F; 15 R14 C; R34	F; C R: 14/15-34 S: (1/2-)5-8-43-45		
011-002-00-6	sodium hydroxide; caustic soda	215-185-5	1310-73-2	C; R35	C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45	C; R35: C ≥ 5 % C; R34: 2 % ≤ C < 5 % Xi; R36/38: 0,5 % ≤ C < 2 %	
011-003-00-1	sodium peroxide	215-209-4	1313-60-6	O; R8 C; R35	O; C R: 8-35 S: (1/2-)8-27-39-45		
011-004-00-7	sodium azide	247-852-1	26628-22-8	T+; R28 R32 N; R50-53	T+; N R: 28-32-50/53 S: (1/2-)28-45-60-61		
011-005-00-2	sodium carbonate	207-838-8	497-19-8	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)22-26		
011-006-00-8	sodium cyanate	213-030-6	917-61-3	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)24/25-61		
011-007-00-3	propoxycarbazone-sodium	—	181274-15-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
012-001-00-3	magnesium powder (pyrophoric)	231-104-6	7439-95-4	F; R15-17	F R: 15-17 S: (2-)7/8-43		
012-002-00-9	magnesium, powder or turnings	231-104-6	—	F; R11-15	F R: 11-15 S: (2-)7/8-43		
012-003-00-4	magnesium alkyls	—	—	R14 F; R17 C; R34	F; C R: 14-17-34 S: (1/2-)16-43-45		A
013-001-00-6	aluminium powder (pyrophoric)	231-072-3	7429-90-5	F; R15-17	F R: 15-17 S: (2-)7/8-43		
013-002-00-1	aluminium powder (stabilised)	231-072-3	—	F; R15 R10 ⊗	F R: 10-15 S: (2-)7/8-43		
013-003-00-7	aluminium chloride, anhydrous	231-208-1	7446-70-0	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)7/8-28-45		
013-004-00-2	aluminium alkyls	—	—	R14 F; R17 C; R34	F; C R: 14-17-34 S: (1/2-)16-43-45		A
013-005-00-8	diethyl(ethyl(dimethylsilanolato)aluminium	401-160-8	55426-95-4	F; R 15-17 R14 C; R35	F; C R: 14/15-17-35 S: (1/2-)6-16-30-36/ 39-43-45		
013-006-00-3	(ethyl-3-oxobutanoato-O'1,O'3)(2-dimethylaminoethanolato) (1-methoxypropan-2-olato)aluminium(III), dimerised	402-370-2	—	R10 Xi; R41	Xi R: 10-41 S: (2-)26-39		
013-007-00-9	poly(oxo(2-butoxyethyl-3-oxobutanoato-O'1,O'3)aluminium)	403-430-0	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
013-008-00-4	di-n-octylaluminium iodide	408-190-0	7585-14-0	R14 F; R17 C; R34 N; R50-53	F; C; N R: 14-17-34-50/53 S: (1/2-)6-16-26-36/ 37/39-43-45-60-61		
013-009-00-X	sodium((n-butyl)x(ethyl)y-1,5-dihydro)aluminat) x = 0.5, y = 1.5	418-720-2	—	F; R11-15-17 R14 Xn; R20 C; R35	F; C R: 11-14/15-17-20- 35 S: (1/2-)6-16-26-30- 36/37/39-43-45		
014-001-00-9	trichlorosilane	233-042-5	10025-78-2	F+; R12 R14 F; R17 Xn; R20/22 R29 C; R35	F+; C R: 12-14-17-20/22- 29-35 S: (2-)7/9-16-26-36/ 37/39-43-45	Xn; R20/22: C ≥ 10 % C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
014-002-00-4	silicon tetrachloride	233-054-0	10026-04-7	R14 Xi; R36/37/ 38	Xi R: 14-36/37/38 S: (2-)7/8-26		
014-003-00-X	dimethyldichlorosilane	200-901-0	75-78-5	F; R11 Xi; R36/37/ 38	F; Xi R: 11-36/37/38 S: (2-)		
014-004-00-5	trichloro(methyl)silane; methyltrichlorosilane	200-902-6	75-79-6	R14 F; R11 Xi; R36/37/ 38	F; Xi R: 11-14-36/37/38 S: (2-)26-39	Xi; R36/37/38: C ≥ 1 %	
014-005-00-0	tetraethyl silicate; ethyl silicate	201-083-8	78-10-4	R10 Xn; R20 Xi; R36/37	Xn R: 10-20-36/37 S: (2-)		
014-006-00-6	bis(4-fluorophenyl)-methyl-(1,2,4-triazol-4-ylmethyl)silane hydrochloride	401-380-4	—	Xi; R36 N; R51-53	Xi; N R: 36-51/53 S: (2-)26-61		
014-007-00-1	triethoxyisobutylsilane	402-810-3	17980-47-1	Xi; R38	Xi R: 38 S: (2-)24		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
014-008-00-7	(chloromethyl)bis(4-fluorophenyl)methylsilane	401-200-4	85491-26-5	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
014-009-00-2	isobutylisopropyl dimethoxysilane	402-580-4	111439-76-0	R10 Xn; R20 Xi; R38	Xn R: 10-20-38 S: (2-)25-26-36/37		
014-010-00-8	disodium metasilicate	229-912-9	6834-92-0	C; R34 Xi; R37	C R: 34-37 S: (1/2-)13-24/25-36/ 37/39-45		
014-011-00-3	cyclohexyl dimethoxymethylsilane	402-140-1	17865-32-6	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)24-61		
014-012-00-9	bis(3-(trimethoxysilyl)propyl)amine	403-480-3	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)24-26-39-61		
014-013-00-4	$\alpha$ -hydroxypoly(methyl-(3-(2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yloxy)propyl)siloxane)	404-920-7	—	Xn; R21/22 C; R34 N; R51-53	C; N R: 21/22-34-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
014-014-00-X	etacelasil (ISO); 6-(2-chloroethyl)-6-(2-methoxyethoxy)-2,5,7,10-tetraoxa-6-silaundecane;	253-704-7	37894-46-5	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R22-48/ 22	T R: 61-22-48/22 S: 53-45		E
014-015-00-5	$\alpha$ -trimethylsilyl- $\omega$ -trimethylsiloxypoly[oxy(methyl-3-(2-(2-methoxypropoxy)propoxy)propylsilanediy)]-co-oxy(dimethylsilane)	406-420-4	69430-40-6	R53	R: 53 S: 61		
014-016-00-0	reaction mass of: 1,3-dihex-5-en-1-yl-1,1,3,3-tetramethyldisiloxane; 1,3-dihex-n-en-1-yl-1,1,3,3-tetramethyldisiloxane	406-490-6	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
014-017-00-6	flusilazole (ISO); bis(4-fluorophenyl)(methyl)(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)silane	—	85509-19-9	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 2; R61 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 61-22-40-51/53 S: 53-45-61		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
014-018-00-1	octamethylcyclotetrasiloxane	209-136-7	556-67-2	Repr. Cat. 3; R62 R53	Xn R: 53-62 S: (2-)36/37-46-51-61		
014-019-00-7	reaction mass of: 4-[[bis-(4-fluorophenyl)methylsilyl]methyl]-4H—1,2,4-triazole; 1-[[bis-(4-fluorophenyl)methylsilyl]methyl]-1H—1,2,4-triazole	403-250-2	—	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 2; R61 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 61-22-40-51/53 S: 53-45-61		E
014-020-00-2	bis(1,1-dimethyl-2-propynyloxy)dimethylsilane	414-960-7	53863-99-3	Xn; R20	Xn R: 20 S: (2)		
014-021-00-8	tris(isopropenyloxy)phenyl silane	411-340-8	52301-18-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
014-022-00-3	reaction product of: (2-hydroxy-4-(3-propenoxy)benzophenone and triethoxysilane) with (hydrolysis product of silica and methyltrimethoxysilane)	401-530-9	—	F; R11 T; R39/23/ 24/25 Xn; R20/21/ 22	F; T R: 11-20/21/22-39/ 23/24/25 S: (1/2-)16-29-36/37- 45		
014-023-00-9	$\alpha$ , $\omega$ -dihydroxypoly(hex-5-en-1-ylmethylsiloxane)hoxysilane with (hydrolysis product of silica and methyltrimethoxysilane)iazole	408-160-7	125613-45-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
014-024-00-4	1-((3-(3-chloro-4-fluorophenyl)propyl)dimethylsilyl)-4-ethoxybenzene	412-620-2	121626-74-2	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
014-025-00-X	4-[3-(diethoxymethylsilyl)propoxy]-2,2,6,6-tetramethylpiperidine	411-400-3	102089-33-8	Xn; R22-48/ 21 Xi; R38-41 R52-53	Xn R: 22-38-41-48/21- 52/53 S: (2-)26-36/37/39-61		
014-026-00-5	dichloro-(3-(3-chloro-4-fluorophenyl)propyl)methylsilane	407-180-3	770722-36-6	C; R35	C R: 35 S: (1/2-)26-36/37/39- 45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
014-027-00-0	chloro(3-(3-chloro-4-fluorophenyl)propyl)dimethylsilane	410-270-5	770722-46-8	C; R35	C R: 35 S: (1/2-)8-26-28-36/ 37/39-45		
014-028-00-6	$\alpha$ -[3-(1-oxoprop-2-enyl)-1-oxypropyl]dimethoxysilyloxy- $\omega$ -[3-(1-oxoprop-2-enyl)-1-oxypropyl]dimethoxysilyl poly(dimethylsiloxane)	415-290-8	193159-06-7	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
014-029-00-1	O,O'-(ethenylmethylsilylene)di[(4-methylpentan-2-one)oxime]	421-870-1	156145-66-3	Repr. Cat. 3; R62 Xn; R22-48/ 22	Xn R: 22-48/22-62 S: (2-)36/37		
014-030-00-7	[(dimethylsilylene)bis((1,2,3,3a,7a- $\eta$ )-1H-inden-1-ylidene)dimethyl]hafnium	422-060-0	137390-08-0	T+; R28	T+ R: 28 S: (1/2-)6-22-28-36/ 37-45		
014-031-00-2	bis(1-methylethyl)-dimethoxysilane	421-540-7	18230-61-0	R10 Xi; R38 R43 R52-53	Xi R: 10-38-43-52/53 S: (2-)24-37-61		
014-032-00-8	dicyclopentylmethoxysilane	404-370-8	126990-35-0	Xi; R38-41 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-50/53 S: (2-)26-37/39-60-61		
015-001-00-1	white phosphorus	231-768-7	12185-10-3	F; R17 T+; R26/28 C; R35 N; R50	F; T+; C; N R: 17-26/28-35-50 S: (1/2-)5-26-38-45- 61		
015-002-00-7	red phosphorus	231-768-7	7723-14-0	F; R11 R16 R52-53	F R: 11-16-52/53 S: (2-)7-43-61		
015-003-00-2	calcium phosphide; tricalcium diphosphide	215-142-0	1305-99-3	F; R15/29 T+; R28 N; R50	F; T+; N R: 15/29-28-50 S: (1/2-)22-43-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-004-00-8	aluminium phosphide	244-088-0	20859-73-8	F; R15/29 T+; R28 R32 N; R50	F; T+; N R: 15/29-28-32-50 S: (1/2-)3/9/14-30-36/ 37-45-61		
015-005-00-3	magnesium phosphide; trimagnesium diphosphide	235-023-7	12057-74-8	F; R15/29 T+; R28 N; R50	F; T+; N R: 15/29-28-50 S: (1/2-)22-43-45-61		
015-006-00-9	trizinc diphosphide; zinc phosphide	215-244-5	1314-84-7	F; R15/29 T+; R28 R32 N; R50-53	F; T+; N R: 15/29-28-32-50/ 53 S: (1/2-)3/9/14-30-36/ 37-45-60-61		
015-007-00-4	phosphorus trichloride	231-749-3	7719-12-2	R14 T+; R26/28 Xn; R48/20 C; R35 R29	T+; C R: 14-26/28-35-48/ 20 S: (1/2-)7/8-26-36/37/ 39-45		
015-008-00-X	phosphorus pentachloride	233-060-3	10026-13-8	R14 T+; R26 Xn; R22-48/ 20 C; R34 R29	T+ R: 14-22-26-34-48/ 20 S: (1/2-)7/8-26-36/37/ 39-45		
015-009-00-5	phosphoryl trichloride	233-046-7	10025-87-3	R14 T+; R26 T; R48/23 Xn; R22 C; R35 R29	T+; C R: 14-22-26-35-48/ 23 S: (1/2-)7/8-26-36/37/ 39-45		
015-010-00-0	phosphorus pentoxide	215-236-1	1314-56-3	C; R35	C R: 35 S: (1/2-)22-26-45		
015-011-00-6	phosphoric acid ... %, orthophosphoric acid ... %	231-633-2	7664-38-2	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-45	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/38: 10 % ≤ C < 25 %	B

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-012-00-1	tetraphosphorus trisulphide; phosphorus sesquisulphid	215-245-0	1314-85-8	F; R11 Xn; R22 N; R50	F; Xn; N R: 11-22-50 S: (2-)7-16-24/25-61		
015-013-00-7	triethyl phosphate	201-114-5	78-40-0	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)25		
015-014-00-2	tributyl phosphate	204-800-2	126-73-8	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 Xi; R38	Xn R: 22-38-40 S: (2-)36/37-46		
015-015-00-8	tricresyl phosphate (o-o-o-, o-o-m-, o-o-p-, o-m-m-, o-m-p-, o-p-p-); tritolyl phosphate (o-o-o-, o-o-m-, o-o-p-, o-m-m-, o-m-p-, o-p-p-);	201-103-5	78-30-8	T; R39/23/ 24/25 N; R51-53	T; N R: 39/23/24/25-51/ 53 S: (1/2-)20/21-28-45- 61	T; R39/23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R68/20/21/22: 0,2 % ≤ C < 1 %	C
015-016-00-3	tricresyl phosphate (m-m-m-, m-m-p-, m-p-p-, p-p-p-); tritolyl phosphate (m-m-m-, m-m-p-, m-p-p-, p-p-p-);	201-105-6	78-32-0	Xn; R21/22 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-51/53 S: (2-)28-61	Xn; R21/22: C ≥ 5 %	C
015-019-00-X	dichlorvos (ISO); 2,2-dichlorovinyl dimethyl phosphate	200-547-7	62-73-7	T+; R26 T; R24/25 R43 N; R50	T+; N R: 24/25-26-43-50 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
015-020-00-5	mevinphos (ISO); 2-methoxycarbonyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate	232-095-1	7786-34-7	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)23-28-36/37- 45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,0025 % N; R51-53: 0,00025 % ≤ C < 0,0025 % R52-53: 0,000025 % ≤ C < 0,00025 %	
015-021-00-0	trichlorfon (ISO); dimethyl 2,2,2-trichloro-1-hydroxyethylphosphonate	200-149-3	52-68-6	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,025 % N; R51-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 % R52-53: 0,00025 % ≤ C < 0,0025 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-022-00-6	phosphamidon (ISO); 2-chloro-2-diethylcarbamoyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate	236-116-5	13171-21-6	T+; R28 T; R24 Muta. Cat. 3; R68 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53-68 S: (1/2-)23-36/37-45-60-61		
015-023-00-1	pyrazoxon; diethyl 3-methylpyrazol-5-yl phosphate	—	108-34-9	T+; R26/27/28	T+ R: 26/27/28 S: (1/2-)13-28-45		
015-024-00-7	triamiphos (ISO); 5-amino-3-phenyl-1,2,4-triazol-1-yl-N,N,N',N'-tetramethylphosphonic diamide	—	1031-47-6	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)22-28-36/37-45		
015-025-00-2	TEPP (ISO); tetraethyl pyrophosphate	203-495-3	107-49-3	T+; R27/28 N; R50	T+; N R: 27/28-50 S: (1/2-)36/37/39-38-45-61		
015-026-00-8	schradan (ISO); octamethylpyrophosphoramidate	205-801-0	152-16-9	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)36/37-38-45		
015-027-00-3	sulfotep (ISO); O,O,O,O-tetraethyl dithiopyrophosphate	222-995-2	3689-24-5	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)23-28-36/37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,025 % N; R51-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 % R52-53: 0,00025 % ≤ C < 0,0025 %	
015-028-00-9	demeton-O (ISO); O,O-diethyl-O-2-ethylthioethyl phosphorothioate	206-053-8	298-03-3	T+; R27/28 N; R50	T+; N R: 27/28-50 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
015-029-00-4	demeton-S (ISO); diethyl-S-2-ethylthioethyl phosphorothioate	204-801-8	126-75-0	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)28-36/37-45		
015-030-00-X	demeton-O-methyl (ISO); O-2-ethylthioethyl O,O-dimethyl phosphorothioate	212-758-1	867-27-6	T; R25	T R: 25 S: (1/2-)24-36/37-45		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-031-00-5	demeton-S-methyl (ISO); S-2-ethylthioethyl dimethyl phosphorothioate	213-052-6	919-86-8	T; R24/25 N; R51-53	T; N R: 24/25-51/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
015-032-00-0	prothoate (ISO); O,O-diethyl isopropylcarbamoylmethyl phosphorodithioate	218-893-2	2275-18-5	T+; R27/28 R52-53	T+ R: 27/28-52/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
015-033-00-6	phorate (ISO); O,O-diethyl ethylthiomethyl phosphorodithioate	206-052-2	298-02-2	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,025 \%$ N; R51-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$ R52-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$	
015-034-00-1	parathion (ISO); O,O-diethyl O-4-nitrophenyl phosphorothioate	200-271-7	56-38-2	T+; R26/28 T; R24-48/25 N; R50-53	T+; N R: 24-26/28-48/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
015-035-00-7	parathion — methyl (ISO); O,O-dimethyl O-4-nitrophenyl phosphorothioate	206-050-1	298-00-0	R5 R10 T+; R26/28 T; R24 Xn; R48/22 N; R50-53	T+; N R: 5-10-24-26/28-48/22-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
015-036-00-2	O-ethyl O-4-nitrophenyl phenylphosphonothioate; EPN	218-276-8	2104-64-5	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45-60-61		
015-037-00-8	phenkapton (ISO); S-(2,5-dichlorophenylthiomethyl) O,O-diethyl phosphorodithioate	218-892-7	2275-14-1	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)13-45-60-61		
015-038-00-3	coumaphos (ISO); O-3-chloro-4-methylcoumarin-7-yl O,O-diethyl phosphorothioate	200-285-3	56-72-4	T+; R28 Xn; R21 N; R50-53	T+; N R: 21-28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-039-00-9	azinphos-methyl (ISO); O,O-dimethyl-4-oxobenzotriazin-3-ylmethyl phosphorodithioate	201-676-1	86-50-0	T+; R26/28 T; R24 R43 N; R50-53	T+; N R: 24-26/28-43-50/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
015-040-00-4	diazinon (ISO); O,O-diethyl O-2-isopropyl-6-methylpyrimidin-4-yl phosphorothioate	206-373-8	333-41-5	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24/25-60-61		
015-041-00-X	malathion (ISO); 1,2-bis (ethoxycarbonyl) ethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	204-497-7	121-75-5	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
015-042-00-5	chlorthion O-(3-chloro-4-nitrophenyl) O,O-dimethyl phosphorothioate	207-902-5	500-28-7	Xn; R20/21/ 22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)13-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
015-043-00-0	phosnichlor (ISO); O-4-chloro-3-nitrophenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	—	5826-76-6	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)13		
015-044-00-6	carbophenothion (ISO); 4-chlorophenylthiomethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	212-324-1	786-19-6	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
015-045-00-1	mecarbam (ISO); N-ethoxycarbonyl-N-methylcarbamoylmethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	219-993-9	2595-54-2	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		
015-046-00-7	oxydemeton-methyl; S-2-(ethylsulphinyl)ethyl O,O-dimethyl phosphorothioate	206-110-7	301-12-2	T; R24/25 N; R50	T; N R: 24/25-50 S: (1/2-)23-36/37-45- 61		
015-047-00-2	ethion (ISO); O,O,O',O'-tetraethyl S,S'-methylenedi (phosphorodithioate); diethion	209-242-3	563-12-2	T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-50/53 S: (1/2-)25-36/37-45- 60-61	N; R50-53: $C \geq 0,0025 \%$ N; R51-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$ R52-53: $0,000025 \% \leq C < 0,00025 \%$	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-048-00-8	fenthion (ISO); O,O-dimethyl-O-(4-methylthion- <i>m</i> -tolyl) phosphorothioate	200-231-9	55-38-9	Muta. Cat. 3; R68 T; R23-48/25 Xn; R21/22 N; R50-53	T; N R: 21/22-23-48/25-50/53-68 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
015-049-00-3	endothion (ISO); S-5-methoxy-4-oxopyran-2-ylmethyl dimethyl phosphorothioate	220-472-3	2778-04-3	T; R24/25	T R: 24/25 S: (1/2-)36/37-45		
015-050-00-9	thiometon (ISO); S-2-ethylthioethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	211-362-6	640-15-3	T; R25 Xn; R21	T R: 21-25 S: (1/2-)36/37-45		
015-051-00-4	dimethoate (ISO); O,O-dimethyl methylcarbamoylmethyl phosphorodithioate	200-480-3	60-51-5	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)36/37		
015-052-00-X	fenchlorphos (ISO); O,O-dimethyl O—2,4,5-trichlorophenyl phosphorothioate	206-082-6	299-84-3	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)25-36/37-60-61		
015-053-00-5	menazon (ISO); S-[(4,6-diamino-1,3,5-triazin-2-yl)methyl] O, O-dimethyl phosphorodithioate	201-123-4	78-57-9	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
015-054-00-0	fenitrothion (ISO); O,O-dimethyl O-4-nitro- <i>m</i> -tolyl phosphorothioate	204-524-2	122-14-5	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
015-055-00-6	naled (ISO); 1,2-dibromo-2,2-dichloroethyl dimethyl phosphate	206-098-3	300-76-5	Xn; R21/22 Xi; R36/38 N; R50	Xn; N R: 21/22-36/38-50 S: (2-)36/37-61	N; R50: C ≥ 0,025 %	
015-056-00-1	azinphos-ethyl (ISO); O,O-diethyl 4-oxobenzotriazin-3-ylmethyl phosphorodithioate	220-147-6	2642-71-9	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-057-00-7	formothion (ISO); N-formyl-N-methylcarbamoylmethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	219-818-6	2540-82-1	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)36/37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-058-00-2	morphothion (ISO); O,O-dimethyl-S-(morpholinocarbonylmethyl) phosphorodithioate	205-628-0	144-41-2	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)13-45-60-61		
015-059-00-8	vamidothion (ISO); O,O-dimethyl S-2-(1-methylcarbamoylethylthio) ethyl phosphorothioate	218-894-8	2275-23-2	T; R25 Xn; R21 N; R50	T; N R: 21-25-50 S: (1/2-)36/37-45-61		
015-060-00-3	disulfoton (ISO); O,O-diethyl 2-ethylthioethyl phosphorodithioate	206-054-3	298-04-4	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-061-00-9	dimefox (ISO); tetramethylphosphorodiamidic fluoride	204-076-8	115-26-4	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)23-28-36/37-38-45		
015-062-00-4	mipafox (ISO); N,N'- di-isopropylphosphorodiamidic fluoride	206-742-3	371-86-8	T+; R39/26/ 27/28	T+ R: 39/26/27/28 S: (1/2-)13-45		
015-063-00-X	dioxathion (ISO); 1,4-dioxan-2,3-diyl-O,O',O'-tetraethyl di(phosphorodithioate)	201-107-7	78-34-2	T+; R26/28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-26/28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,025 % N; R51-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 % R52-53: 0,00025 % ≤ C < 0,0025 %	
015-064-00-5	bromophos-ethyl (ISO); O-4-bromo-2,5-dichlorophenyl O,O-diethyl phosphorothioate	225-399-0	4824-78-6	T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-065-00-0	S-[2-(ethylsulphinyl)ethyl] O,O-dimethyl phosphorodithioate	—	2703-37-9	T+; R26/27/ 28 N; R51-53	T+; N R: 26/27/28-51/53 S: (1/2-)13-28-45-61		
015-066-00-6	omethoate (ISO); O,O-dimethyl S-methylcarbamoylmethyl phosphorothioate	214-197-8	1113-02-6	T; R25 Xn; R21 N; R50	T; N R: 21-25-50 S: (1/2-)23-36/37-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-067-00-1	phosalone (ISO); S-(6-chloro-2-oxobenzoxazolin-3-ylmethyl) O,O-diethyl phosphorodithioate	218-996-2	2310-17-0	T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
015-068-00-7	dichlofenthion (ISO); O—2,4-dichlorophenyl O,O-diethyl phosphorothioate	202-564-5	97-17-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
015-069-00-2	methidathion (ISO); 2,3-dihydro-5-methoxy-2-oxo-1,3,4-thiadiazol-3-ylmethyl-O, O-dimethylphosphorodithioate	213-449-4	950-37-8	T+; R28 Xn; R21 N; R50-53	T+; N R: 21-28-50/53 S: (1/2-)22-28-36/37-45-60-61		
015-070-00-8	cyanthoate (ISO); S-(N-(1-cyano-1-methylethyl)carbamoylmethyl) O,O-diethyl phosphorothioate	223-099-4	3734-95-0	T+; R28 T; R24	T+ R: 24-28 S: (1/2-)36/37-45		
015-071-00-3	chlorfenvinphos (ISO); 2-chloro-1-(2,4 dichlorophenyl) vinyl diethyl phosphate	207-432-0	470-90-6	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-072-00-9	monocrotophos (ISO); dimethyl-1-methyl-2-(methylcarbamoyl)vinyl phosphate	230-042-7	6923-22-4	Muta. Cat. 3; R68 T+; R26/28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-26/28-50/53-68 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
015-073-00-4	dicrotophos (ISO); (Z)-2-dimethylcarbamoyl-1-methylvinyl dimethyl phosphate	205-494-3	141-66-2	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-074-00-X	crufomate (ISO); 4-tert-butyl-2-chlorophenyl methyl methylphosphoramidate	206-083-1	299-86-5	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
015-075-00-5	S-[2-(isopropylsulphinyl)ethyl] O,O-dimethyl phosphorothioate	—	2635-50-9	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)13-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-076-00-0	potasan; O, O-diethyl O-(4-methylcoumarin-7-yl) phosphorothioate	—	299-45-6	T+; R26/27/28 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-50/53 S: (1/2-)13-28-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,025 % N; R51-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 % R52-53: 0,00025 % ≤ C < 0,0025 %	
015-077-00-6	2,2-dichlorovinyl 2-ethylsulphinyethyl methyl phosphate	—	7076-53-1	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)13-45		
015-078-00-1	demeton-S-methylsulphon (ISO); S-2-ethylsulphonylethyl dimethyl phosphorothioate	241-109-5	17040-19-6	T; R25 Xn; R21 N; R51-53	T; N R: 21-25-51/53 S: (1/2-)22-28-36/37-45-61		
015-079-00-7	acephate (ISO); O,S-dimethyl acetylphosphoramidothioate	250-241-2	30560-19-1	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)36		
015-080-00-2	amidithion (ISO); 2-methoxyethylcarbamoylmethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	—	919-76-6	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24-36		
015-081-00-8	O,O,O',O'-tetrapropyl dithiopyrophosphate	221-817-0	3244-90-4	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
015-082-00-3	azothoate (ISO); O-4-(4-chlorophenylazo)phenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	227-419-3	5834-96-8	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)13		
015-083-00-9	bensulide (ISO); O,O-diisopropyl 2-phenylsulphonylaminoethyl phosphorodithioate	212-010-4	741-58-2	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24-36-60-61		
015-084-00-4	chlorpyrifos (ISO); O,O-diethyl O—3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate	220-864-4	2921-88-2	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,0025 % N; R51-53: 0,00025 % ≤ C < 0,0025 % R52-53: 0,000025 % ≤ C < 0,00025 %	
015-085-00-X	chlorphonium chloride (ISO); tributyl (2,4-dichlorobenzyl) phosphonium chloride	204-105-4	115-78-6	T; R25 Xn; R21 Xi; R36/38	T R: 21-25-36/38 S: (1/2-)36/37/39-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-086-00-5	coumithoate (ISO); O,O-diethyl O-7,8,9,10-tetrahydro-6-oxo-benzo(c)chromen-3-yl phosphorothioate	—	572-48-5	T; R25	T R: 25 S: (1/2-)28-36/37-45		
015-087-00-0	cyanophos (ISO); O-4-cyanophenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	220-130-3	2636-26-2	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
015-088-00-6	dialfos (ISO); 2-chloro-1-phthalimidoethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	233-689-3	10311-84-9	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-089-00-1	ethoate-methyl (ISO); ethylcarbamoylmethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate	204-121-1	116-01-8	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)36/37		
015-090-00-7	fensulfotion (ISO); O,O-diethyl O-4-methylsulfinylphenyl phosphorothioate	204-114-3	115-90-2	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)23-28-36/37-45-60-61		
015-091-00-2	fonofos (ISO); O-ethyl phenyl ethylphosphonodithioate	213-408-0	944-22-9	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-092-00-8	phosacetim (ISO); O,O-bis(4-chlorophenyl) N-acetimidoylphosphoramidothioate	223-874-7	4104-14-7	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-093-00-3	leptophos (ISO); O-4-bromo-2,5-dichlorophenyl O-methyl phenylphosphorothioate	244-472-8	21609-90-5	T; R25-39/25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-39/25-50/53 S: (1/2-)25-36/37/39-45-60-61		
015-094-00-9	mephosfolan (ISO); diethyl 4-methyl-1,3-dithiolan-2-ylidene phosphoramidate	213-447-3	950-10-7	T+; R27/28 N; R51-53	T+; N R: 27/28-51/53 S: (1/2-)36/37/39-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-095-00-4	methamidophos (ISO); O,S-dimethyl phosphoramidothioate	233-606-0	10265-92-6	T+; R26/28 T; R24 N; R50	T+; N R: 24-26/28-50 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
015-096-00-X	oxydisulfoton (ISO); O, O-diethyl S-2-ethylsulphinylethyl phosphorodithioate	219-679-1	2497-07-6	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 2,5 \%$ N; R51-53: $0,25 \% \leq C < 2,5 \%$ R52-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$	
015-097-00-5	phenthoate (ISO); ethyl 2-(dimethoxyphosphinothioylthio)-2-phenylacetate	219-997-0	2597-03-7	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
015-098-00-0	trichloronate (ISO); O-ethyl O—2,4,5-trichlorophenyl ethylphosphonothioate	206-326-1	327-98-0	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)23-28-36/37-45-60-61		
015-099-00-6	pirimiphos-ethyl (ISO); O,O-diethyl O-2-diethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl phosphorothioate	245-704-0	23505-41-1	T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-50/53 S: (1/2-)23-36/37-45-60-61		
015-100-00-X	phoxim (ISO); $\alpha$ -(diethoxyphosphinothioylimino) phenylacetone nitrile	238-887-3	14816-18-3	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)36-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,025 \%$ N; R51-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$ R52-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$	
015-101-00-5	phosmet (ISO); O,O-dimethyl phthalimidomethyl S-phosphorodithioate	211-987-4	732-11-6	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
015-102-00-0	tris(2-chloroethyl) phosphate	204-118-5	115-96-8	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-40-51/53 S: (2-)36/37-61		
015-103-00-6	phosphorus tribromide	232-178-2	7789-60-8	R14 C; R34 Xi; R37	C R: 14-34-37 S: (1/2-)26-45		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-104-00-1	diphosphorus pentasulphide; phosphorus pentasulphide	215-242-4	1314-80-3	F; R11 R29 Xn; R20/22 N; R50	F; Xn; N R: 11-20/22-29-50 S: (2-)61		
015-105-00-7	triphenyl phosphite	202-908-4	101-02-0	Xi; R36/38 N; R50-53	Xi; N R: 36/38-50/53 S: (2-)28-60-61	Xi; R36/38: C ≥ 5 %	
015-106-00-2	hexamethylphosphoric triamide; hexamethylphosphoramidate	211-653-8	680-31-9	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 %	
015-107-00-8	ethoprophos (ISO); ethyl-S,S-dipropyl phosphorodithioate	236-152-1	13194-48-4	T+; R26/27 T; R25 R43 N; R50-53	T+; N R: 25-26/27-43-50/ 53 S: (1/2-)27/28-36/37/ 39-45-60-61		
015-108-00-3	bromophos (ISO); O-4-bromo-2,5-dichlorophenyl O,O-dimethyl phosphorothioate	218-277-3	2104-96-3	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-) 46-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
015-109-00-9	crotoxyphos (ISO); 1-phenylethyl 3-(dimethoxyphosphinyloxy) isocrotonate	231-720-5	7700-17-6	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
015-110-00-4	cyanofenphos (ISO); O-4-cyanophenyl O-ethyl phenylphosphonothioate	—	13067-93-1	T; R25-39/25 Xn; R21 Xi; R36 N; R51-53	T; N R: 21-25-36-39/25- 51/53 S: (1/2-)36/37-45-61		
015-111-00-X	phosfolan (ISO); diethyl 1,3-dithiolan-2-ylidenephosphoramidate	213-423-2	947-02-4	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)28-36/37-45		
015-112-00-5	thionazin (ISO); O,O-diethyl O-pyrazin-2-yl phosphorothioate;	206-049-6	297-97-2	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)36/37/39-38- 45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-114-00-6	chlormephos (ISO); S-chloromethyl O,O-diethyl phosphorodithioate	246-538-1	24934-91-6	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-115-00-1	chlorthiophos (ISO)	244-663-6	21923-23-9	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
015-116-00-7	demephion-O (ISO); O,O-dimethyl O-2-methylthioethyl phosphorothioate	211-666-9	682-80-4	T+; R28 T; R24	T+ R: 24-28 S: (1/2-)28-36/37-45		
015-117-00-2	demephion-S (ISO); O,O-dimethyl S-2-methylthioethyl phosphorothioate	219-971-9	2587-90-8	T+; R28 T; R24	T+ R: 24-28 S: (1/2-)28-36/37-45		
015-118-00-8	demeton	—	8065-48-3	T+; R27/28 N; R50	T+; N R: 27/28-50 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
015-119-00-3	dimethyl 4-(methylthio)phenyl phosphate	—	3254-63-5	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)28-36/37-45		
015-120-00-9	ditalimfos (ISO); O,O-diethyl phthalimidophosphonothioate;	225-875-8	5131-24-8	Xi; R38 R43	Xi R: 38-43 S: (2-)36/37		
015-121-00-4	edifenphos (ISO); O-ethyl S,S-diphenyl phosphorodithioate	241-178-1	17109-49-8	T; R23/25 Xn; R21 R43 N; R50-53	T; N R: 21-23/25-43-50/ 53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
015-122-00-X	etrimfos (ISO); O-6-ethoxy-2-ethylpyrimidin-4-yl O,O-dimethylphosphorothioate;	253-855-9	38260-54-7	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-123-00-5	fenamiphos (ISO); ethyl-4-methylthio- <i>m</i> -tolyl isopropyl phosphoramidate	244-848-1	22224-92-6	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)23-28-36/37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
015-124-00-0	fosthietan (ISO); diethyl 1,3-dithietan-2-ylidenephosphoramidate;	244-437-7	21548-32-3	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)36/37-45		
015-125-00-6	glyphosine (ISO); N,N-bis(phosphonomethyl)glycine	219-468-4	2439-99-8	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26		
015-126-00-1	heptenophos (ISO); 7-chlorobicyclo(3.2.0)hepta-2,6-dien-6-yl dimethyl phosphate	245-737-0	23560-59-0	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)23-28-37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
015-127-00-7	iprobenfos (ISO); S-benzyl diisopropyl phosphorothioate	247-449-0	26087-47-8	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
015-128-00-2	IPSP; S-ethylsulphinylmethyl O,O-diisopropylphosphorodithioate	—	5827-05-4	T+; R27 T; R25 N; R50-53	T+; N R: 25-27-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
015-129-00-8	isofenphos (ISO); O-ethyl O-2-isopropoxycarbonylphenyl-isopropylphosphoramidothioate	246-814-1	25311-71-1	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
015-130-00-3	isothioate (ISO) S-2-isopropylthioethyl O,O-dimethyl phosphorodithioate;	—	36614-38-7	T; R24/25	T R: 24/25 S: (1/2-)28-36/37-45		
015-131-00-9	isoxathion (ISO); O,O-diethyl O-5-phenylisoxazol-3-ylphosphorothioate	242-624-8	18854-01-8	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-132-00-4	S-(chlorophenylthiomethyl) O,O-dimethylphosphorodithioate; methylcarbophenothione	—	953-17-3	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,025 \%$ N; R51-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$ R52-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$	
015-133-00-X	piperophos (ISO); S-2-methylpiperidinocarbonylmethyl-O,O-dipropyl phosphorodithioate	—	24151-93-7	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61	N; R50-53: $C \geq 2,5 \%$ N; R51-53: $0,25 \% \leq C < 2,5 \%$ R52-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$	
015-134-00-5	pirimiphos-methyl (ISO); O-(2-diethylamino-6-methylpyrimidin-4-yl) O,O-dimethyl phosphorothioate	249-528-5	29232-93-7	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
015-135-00-0	profenofos (ISO); O-(4-bromo-2-chlorophenyl) O-ethyl S-propyl phosphorothioate	255-255-2	41198-08-7	Xn; R20/21/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,025 \%$ N; R51-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$ R52-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$	
015-136-00-6	<i>trans</i> -isopropyl-3-[[[(ethylamino)methoxyfosfinothioyl]oxy]crotonate; isopropyl 3-[[[(ethylamino)methoxyphosphinothioyl]oxy]isocrotonate; propetamphos (ISO)	250-517-2	31218-83-4	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
015-137-00-1	pyrazophos (ISO); O,O-diethyl O-(6-ethoxycarbonyl-5-methylpyrazolo[2,3-a]pyrimidin-2-yl) phosphorothioate	236-656-1	13457-18-6	Xn; R20/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
015-138-00-7	quinalphos (ISO); O,O-diethyl-O-quinoxalin-2-yl phosphorothioate	237-031-6	13593-03-8	T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,025 \%$ N; R51-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$ R52-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$	
015-139-00-2	terbufos (ISO) S— <i>tert</i> -butylthiomethyl O, O-diethylphosphorodithioate;	235-963-8	13071-79-9	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,025 \%$ N; R51-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$ R52-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$	
015-140-00-8	triazophos (ISO); O,O-diethyl-O-1-phenyl-1H,2,4-triazol-3-yl phosphorothioate	245-986-5	24017-47-8	T; R23/25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-23/25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-141-00-3	ethylenediammonium O,O-bis(octyl) phosphorodithioate, mixed isomers	400-520-1	—	C; R34 Xn; R22 N; R50-53	C; N R: 22-34-50/53 S: (1/2-)24/25-26-28-39-45-60-61		
015-142-00-9	butyl (dialkyloxy(dibutoxyphosphoryloxy))titanium (trialkyl-oxo)titanium phosphate	401-100-0	—	F; R11 Xi; R36 N; R51-53	F; Xi; N R: 11-36-51/53 S: (2-)7/9-16-26-43-61		
015-143-00-4	reaction mass of 2-chloroethyl chloropropyl 2-chloroethyl-phosphonate, mixture reaction mass of isomers and 2-chloroethyl chloropropyl 2-chloropropylphosphonate, reaction mass of isomers	401-740-0	—	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
015-144-00-X	reaction mass of pentyl methylphosphinate and 2-methylbutyl methylphosphinate	402-090-0	87025-52-3	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
015-145-00-5	reaction mass of copper(I) O,O-diisopropyl phosphorodithioate and copper(I) O-isopropyl O-(4-methylpent-2-yl) phosphorodithioate and copper(I) O,O-bis(4-methylpent-2-yl) phosphorodithioate	401-520-4	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
015-146-00-0	S-(tricyclo(5.2.1.0 <sup>2,6</sup> )deca-3-en-8(or 9)-yl O-(isopropyl or isobutyl or 2-ethylhexyl) O-(isopropyl or isobutyl or 2-ethylhexyl) phosphorodithioate	401-850-9	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
015-147-00-6	reaction mass of C <sub>12-14</sub> -tert-alkylammonium diphenyl phosphorothioate and dinonyl sulphide (or disulphide)	400-930-0	—	Xi; R38-41 N; R51-53 R43	Xi; N R: 38-41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
015-148-00-1	2-(diphosphonomethyl)succinic acid	403-070-4	51395-42-7	C; R34 R43	C R: 34-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
015-149-00-7	reaction mass of: hexyldioctylphosphineoxide; dihexyloctylphosphineoxide; trioctylphosphineoxide	403-470-9	—	C; R34 N; R50-53	C; N R: 34-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-150-00-2	(2-(1,3-dioxolan-2-yl)ethyl)triphenylphosphonium bromide	404-940-6	86608-70-0	Xn; R22 Xi; R41 R33 R52-53	Xn R: 22-33-41-52/53 S: (2-)22-26-39-61		
015-151-00-8	tris(isopropyl/tert-butylphenyl) phosphate	405-010-2	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
015-152-00-3	dioxabenzofos (ISO); 2-methoxy-4H—1,3,2-benzodioxaphosphorin 2-sulphide;	223-292-3	3811-49-2	T; R24/25-39/25 N; R51-53	T; N R: 24/25-39/25-51/53 S: (1/2-)36/37-38-45-61		
015-153-00-9	isazofos (ISO); O-(5-chloro-1-isopropyl-1,2,4-triazol-3-yl) O,O-diethyl phosphorothioate;	255-863-8	42509-80-8	T+; R26 T; R24/25 Xn; R48/20 R43 N; R50-53	T+; N R: 24/25-26-43-48/20-50/53 S: (1/2-)28-36/37-38-45-59-61		
015-154-00-4	2-chloroethylphosphonic acid; ethephon	240-718-3	16672-87-0	Xn; R20/21 C; R34 R52-53	C R: 20/21-34-52/53 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
015-155-00-X	ammonium 2-amino-4-(hydroxymethylphosphinyl)butyrate; glufosinate ammonium	278-636-5	77182-82-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
015-156-00-5	methyl 3-[(dimethoxyphosphinothioyl)oxy]methacrylate; [1] methacrifos (ISO); methyl (E)-3-[(dimethoxyphosphinothioyl)oxy]methacrylate [2]	250-366-9 [1] - [2]	30864-28-9 [1] 62610-77-9 [2]	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
015-157-00-0	phosphonic acid; [1] phosphorous acid [2]	237-066-7 [1] 233-663-1 [2]	13598-36-2 [1] 10294-56-1 [2]	Xn; R22 C; R35	C R: 22-35 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
015-158-00-6	(η-cyclopentadienyl)(η-cumenyl)iron(1+)hexafluorophosphate (1-)	402-340-9	32760-80-8	R52-53	R: 52/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-159-00-1	hydroxyphosphonoacetic acid	405-710-8	23783-26-8	Xn; R22-48/22 C; R34 R43	C R: 22-34-43-48/22 S: (1/2-)22-26-36/37/39-45		
015-160-00-7	vanadyl pyrophosphate	406-260-5	58834-75-6	Xi; R36 R43 R52-53	Xi R: 36-43-52/53 S: (2-)24-26-37-61		
015-161-00-2	divanadyl pyrophosphate	407-130-0	65232-89-5	Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
015-162-00-8	vanadium(IV) oxide hydrogen phosphate hemihydrate, lithium, zinc, molybdenum, iron and chlorine-doped	407-350-7	—	Xn; R20-48/22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 20-41-48/22-51/53 S: (2-)22-26-36/39-61		
015-163-00-3	bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-2,4,4-trimethylpentylphosphin oxide	412-010-6	145052-34-2	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
015-164-00-9	calcium P,P'-(1-hydroxyethylene)bis(hydrogen phosphonate) dihydrate	400-480-5	36669-85-9	R52-53	R: 52/53 S: 61		
015-165-00-4	reaction mass of: thiobis(4,1-phenylene)-S,S,S',S'-tetraphenyl-disulfonium bishexafluorophosphate; diphenyl(4-phenylthiophenyl)sulfonium hexafluorophosphate	404-986-7	—	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)15-26-39-60-61		
015-166-00-X	3,9-bis(2,6-di- <i>tert</i> -butyl-4-methylphenoxy)-2,4,8,10-tetraoxa-3,9-diphosphaspiro[5.5]undecane	410-290-4	80693-00-1	R53	R: 53 S: 61		
015-167-00-5	3-(hydroxyphenylphosphinyl)propanoic acid	411-200-6	14657-64-8	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
015-168-00-0	fosthiazate (ISO); (RS)-S— <i>sec</i> -butyl-O-ethyl-2-oxo-1,3-thiazolidin-3-ylphosphonothioate	—	98886-44-3	T; R23/25-39 Xn; R21 Xi; R41 R43 N; R50-53	T; N R: 21-23/25-39-41-43-50/53 S: (1/2-)53-45-25-26-39-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-169-00-6	tributyltetradecylphosphonium tetrafluoroborate	413-520-1	—	Xn; R22-48/22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-34-43-48/22-50/53 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45-60-61		
015-170-00-1	reaction mass of: di-(1-octane- <i>N,N,N</i> -trimethylammonium) octylphosphate; 1-octane- <i>N,N,N</i> -trimethylammonium di-octylphosphate; 1-octane- <i>N,N,N</i> -trimethylammonium octylphosphate	407-490-9	—	Xn; R21/22 C; R34	C R: 21/22-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
015-171-00-7	<i>O,O,O</i> -tris(2(or 4)- <i>C</i> <sub>9-10</sub> -isoalkylphenyl) phosphorothioate	406-940-1	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
015-172-00-2	reaction mass of: bis(isotridecylammonium)mono(di-(4-methylpent-2-yloxy)thiophosphorothionylisopropyl)phosphate; isotridecylammonium bis(di-(4-methylpent-2-yloxy)thiophosphorothionylisopropyl)phosphate	406-240-6	—	R10 C; R34 N; R51-53	C; N R: 10-34-51/53 S: (1/2-)23-26-28-36/37/39-45-61		
015-173-00-8	methyl [2-(1,1-dimethylethyl)-6-methoxypyrimidin-4-yl] ethylphosphonothioate	414-080-3	117291-73-3	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)23-36-60-61		
015-174-00-3	1-chloro- <i>N,N</i> -diethyl-1,1-diphenyl-1-(phenylmethyl)phosphoramine	411-370-1	82857-68-9	T; R25 Xi; R41 N; R51-53	T; N R: 25-41-51/53 S: (1/2-)26-37/39-41-45-61		
015-175-00-9	<i>tert</i> -butyl (triphenylphosphoranylidene) acetate	412-880-7	35000-38-5	T; R25 Xn; R48/22 Xi; R36 R43 N; R51-53	T; N R: 25-36-43-48/22-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
015-176-00-4	<i>P,P,P,P'</i> -tetrakis( <i>o</i> -methoxyphenyl)propane-1,3-diphosphine	413-430-2	116163-96-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
015-177-00-X	((4-phenylbutyl)hydroxyphosphoryl)acetic acid	412-170-7	83623-61-4	Xn; R48/22 Xi; R41 R43	Xn R: 41-43-48/22 S: (2-)22-26-36/37/39		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
015-178-00-5	(R)- $\alpha$ -phenylethylammonium (-)-(1R, 2S)-(1,2-epoxypropyl) phosphonate monohydrate	418-570-8	25383-07-7	Repr. Cat. 3; R62 N; R51-53	Xn; N R: 62-51/53 S: (2-)22-36/37-61		
015-179-00-0	UVCB condensation product of: tetrakis-hydroxymethylphosphonium chloride, urea and distilled hydrogenated C <sub>16-18</sub> tallow alkylamine	422-720-8	166242-53-1	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22-48/ 22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-34-40-43-48/ 22-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		
015-180-00-6	[R-(R*,S*)]-[[2-methyl-1-(1-oxopropoxy)propoxy)-(4-phenylbutyl)phosphinyl] acetic acid, (-)-cinchonidine (1:1) salt	415-820-8	137590-32-0	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
015-181-00-1	phosphine	232-260-8	7803-51-2	F+; R12 R17 T+; R26 C; R34 N; R50	F+; T+; N R: 12-17-26-34-50 S: (1/2-)28-36/37-45- 61-63		
015-184-00-8	Salts of glyphosate, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		A
015-186-00-9	chlorpyrifos-methyl (ISO), O, O-dimethyl O—3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate	227-011-5	5598-13-0	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)36/37-60-61	N; R50-53: C $\geq$ 0,0025 % N; R51-53: 0,00025 % $\leq$ C < 0,0025 % R52-53: 0,000025 % $\leq$ C < 0,00025 %	
015-187-00-4	reaction mass of: tetrasodium(((2-hydroxyethyl)imino)bis(methylene))bisphosphonate, N-oxide; trisodium ((tetrahydro-2-hydroxy-4H—1,4,2-oxazaphosphorin-4-yl)-methyl)phosphonate, N-oxide, P-oxide	417-540-1	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
015-189-00-5	phenyl bis(2,4,6-trimethylbenzoyl)-phosphine oxide	423-340-5	162881-26-7	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)22-24-37-61		
016-001-00-4	hydrogen sulphide	231-977-3	7783-06-4	F+; R12 T+; R26 N; R50	F+; T+; N R: 12-26-50 S: (1/2-)9-16-36-38- 45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-002-00-X	barium sulphide	244-214-4	21109-95-5	R31 Xn; R20/22 N; R50	Xn; N R: 20/22-31-50 S: (2-)28-61		
016-003-00-5	barium polysulphides	256-814-3	50864-67-0	R31 Xi; R36/37/ 38 N; R50	Xi; N R: 31-36/37/38-50 S: (2-)28-61		
016-004-00-0	calcium sulphide	243-873-5	20548-54-3	R31 Xi; R36/37/ 38 N; R50	Xi; N R: 31-36/37/38-50 S: (2-)28-61		
016-005-00-6	calcium polysulphides	215-709-2	1344-81-6	R31 Xi; R36/37/ 38 N; R50	Xi; N R: 31-36/37/38-50 S: (2-)28-61		
016-006-00-1	dipotassium sulphide; potassium sulphide	215-197-0	1312-73-8	R31 C; R34 N; R50	C; N R: 31-34-50 S: (1/2-)26-45-61		
016-007-00-7	potassium polysulphides	253-390-1	37199-66-9	R31 C; R34 N; R50	C; N R: 31-34-50 S: (1/2-)26-45-61		
016-008-00-2	ammonium polysulphides	232-989-1	9080-17-5	R31 C; R34 N; R50	C; N R: 31-34-50 S: (1/2-)26-45-61	C; R34: C ≥ 5 % Xi; R36/38: 1 % ≤ C < 5 % R31: C ≥ 1 %	
016-009-00-8	disodium sulphide; sodium sulphide	215-211-5	1313-82-2	R31 C; R34 N; R50	C; N R: 31-34-50 S: (1/2-)26-45-61		
016-010-00-3	sodium polysulphides	215-686-9	1344-08-7	T; R25 R31 C; R34 N; R50	T; N R: 25-31-34-50 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		
016-011-00-9	sulphur dioxide	231-195-2	7446-09-5	T; R23 C; R34	T R: 23-34 S: (1/2-)9-26-36/37/ 39-45	T; R23: C ≥ 20 % Xn; R20: 5 % ≤ C < 20 %	5

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-012-00-4	disulphur dichloride; sulfur monochloride	233-036-2	10025-67-9	R14 T; R25 Xn; R20 R29 C; R35 N; R50	T; C; N R: 14-20-25-29-35-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
016-013-00-X	sulphur dichloride	234-129-0	10545-99-0	R14 C; R34 Xi; R37 N; R50	C; N R: 14-34-37-50 S: (1/2-)26-45-61		
016-014-00-5	sulphur tetrachloride	—	13451-08-6	R14 C; R34 N; R50	C; N R: 14-34-50 S: (1/2-)26-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
016-015-00-0	thionyl dichloride; thionyl chloride	231-748-8	7719-09-7	R14 Xn; R20/22 R29 C; R35	C R: 14-20/22-29-35 S: (1/2-)26-36/37/39-45	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
016-016-00-6	sulphuryl chloride	232-245-6	7791-25-5	R14 C; R34 Xi; R37	C R: 14-34-37 S: (1/2-)26-45		
016-017-00-1	chlorosulphonic acid	232-234-6	7790-94-5	R14 C; R35 Xi; R37	C R: 14-35-37 S: (1/2-)26-45		
016-018-00-7	fluorosulphonic acid	232-149-4	7789-21-1	Xn; R20 C; R35	C R: 20-35 S: (1/2-)26-45		
016-019-00-2	oleum ... % SO <sub>3</sub>	—	—	R14 C; R35 Xi; R37	C R: 14-35-37 S: (1/2-)26-30-45		B
016-020-00-8	sulphuric acid ... %	231-639-5	7664-93-9	C; R35	C R: 35 S: (1/2-)26-30-45	C; R35: C ≥ 15 % Xi; R36/38: 5 % ≤ C < 15 %	B

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-021-00-3	methanethiol; methyl mercaptan	200-822-1	74-93-1	F+; R12 T; R23 N; R50-53	F+; T; N R: 12-23-50/53 S: (2-)16-25-60-61		
016-022-00-9	ethanethiol; ethyl mercaptan	200-837-3	75-08-1	F; R11 Xn; R20 N; R50-53	F; Xn; N R: 11-20-50/53 S: (2-)16-25-60-61		
016-023-00-4	dimethyl sulphate	201-058-1	77-78-1	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 T+; R26 T; R25 C; R34 R43	T+ R: 45-25-26-34-43-68 S: 53-45	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 % Muta. Cat. 3, R68: C ≥ 0,01 % C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	E
016-024-00-X	dimexano (ISO); bis(methoxythiocarbonyl) disulphide	215-993-8	1468-37-7	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
016-025-00-5	disul (ISO); 2-(2,4-dichlorophenoxy)ethyl hydrogensulphate; 2,4-DES	205-259-5	149-26-8	Xn; R22 Xi; R38-41	Xn R: 22-38-41 S: (2-)26		
016-026-00-0	sulphamidic acid; sulphamic acid; sulfamic acid	226-218-8	5329-14-6	Xi; R36/38 R52-53	Xi R: 36/38-52/53 S: (2-)26-28-61		
016-027-00-6	diethyl sulphate	200-589-6	64-67-5	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Xn; R20/21/ 22 C; R34	T R: 45-46-20/21/22-34 S: 53-45		E
016-028-00-1	sodium dithionite; sodium hydrosulphite	231-890-0	7775-14-6	R7 R31 Xn; R22	Xn R: 7-22-31 S: (2-)7/8-26-28-43		
016-029-00-7	p-toluenesulphonic acid, containing more than 5 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	—	—	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-37/39-45	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/38: 10 % ≤ C < 25 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-030-00-2	p-toluenesulphonic acid (containing a maximum of 5 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	203-180-0	104-15-4	Xi; R36/37/38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)26-37		
016-031-00-8	tetrahydrothiophene-1,1-dioxide; sulpholane	204-783-1	126-33-0	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)25		
016-032-00-3	1,3-propanesultone; 1,2-oxathiolane 2,2-dioxide	214-317-9	1120-71-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R21/22	T R: 45-21/22 S: 53-45	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 %	E
016-033-00-9	dimethylsulfamoylchloride	236-412-4	13360-57-1	Carc. Cat. 2; R45 T+; R26 Xn; R21/22 C; R34	T+ R: 45-21/22-26-34 S: 53-45		E
016-034-00-4	tetrasodium 3,3'-(piperazine-1,4-diylbis((6-chloro-1,3,5-triazine-2,4-diyl)imino(2-acetamido)-4,1-phenyleneazo))bis (naphthalene-1,5-disulphonate)	400-010-9	81898-60-4	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
016-035-00-X	pentasodium 5-anilino-3-(4-(4-(6-chloro-4-(3-sulphonatoanilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2,5-dimethylphenylazo)-2,5-disulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulphonate	400-120-7	—	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)22-26		
016-036-00-5	tetrasodium 5-(4,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-2-ylamino)-4-hydroxy-2,3-azodinaphthalene-1,2,5,7-disulphonate	400-130-1	—	R42 N; R51-53	Xn; N R: 42-51/53 S: (2-)22-61		
016-037-00-0	disodium 1-amino-4-(4-benzenesulphonamido-3-sulphonatoanilino)anthraquinone-2-sulphonate	400-350-8	85153-93-1	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
016-038-00-6	disodium 6-((4-chloro-6-(N-methyl)-2-toluidino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-1-hydroxy-2-(4-methoxy-2-sulphonatophenylazo)naphthalene-3-sulphonate	400-380-1	86393-35-3	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
016-039-00-1	tetrasodium 2-(6-chloro-4-(4-(2,5-dimethyl-4-(2,5-disulphonatophenylazo)phenylazo)-3-ureidoanilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)benzene-1,4-disulphonate	400-430-2	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-040-00-7	reaction mass of disodium 6-(2,4-dihydroxyphenylazo)-3-(4-(4-(2,4-dihydroxyphenylazo)anilino)-3-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2-sulphonate and disodium 6-(2,4-diaminophenylazo)-3-(4-(4-(2,4-diaminophenylazo)anilino)-3-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2-sulphonate and trisodium 6-(2,4-dihydroxyphenylazo)-3-(4-(4-(7-(2,4-dihydroxyphenylazo)-1-hydroxy-3-sulphonato-2-naphthylazo)anilino)-3-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2-sulphonate	400-570-4	—	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)26		
016-041-00-2	calcium 2,5-dichloro-4-(4-((5-chloro-4-methyl-2-sulphonatophenyl)azo)-5-hydroxy-3-methylpyrazol-1-yl)benzenesulphonate	400-710-4	—	Xn; R20	Xn R: 20 S: (2-)		
016-042-00-8	tetrasodium 5-benzamido-3-(5-(4-fluoro-6-(1-sulphonato-2-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-sulphonatophenylazo)-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulphonate	400-790-0	85665-97-0	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)22-24/25-37		
016-043-00-3	dilithium 6-acetamido-4-hydroxy-3-(4-((2-sulphonatooxy)ethylsulphonyl)phenylazo)naphthalene-2-sulphonate	401-010-1	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
016-044-00-9	disodium S,S-hexane-1,6-diyl-di(thiosulphate) dihydrate	401-320-7	—	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
016-045-00-4	lithium sodium hydrogen 4-amino-6-(5-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)-2-sulphonatophenylazo)-5-hydroxy-3-(4-(2-(sulphonatooxy)ethylsulphonyl)phenylazo)naphthalene-2,7-disulphonate	401-560-2	108624-00-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
016-046-00-X	sodium hydrogensulphate	231-665-7	7681-38-1	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)24-26		
016-047-00-5	hexasodium 7-(4-(4-(4-(2,5-disulphonatoanilino)-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-methylphenylazo)-7-sulphonatophenylazo)naphthalene-1,3,5-trisulphonate	401-650-1	85665-96-9	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
016-048-00-0	sodium 3,5-dichloro-2-(5-cyano-2,6-bis(3-hydroxypropylamino)-4-methylpyridin-3-ylazo)benzenesulphonate	401-870-8	—	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-049-00-6	calcium octadecylxylenesulphonate	402-040-8	—	C; R34 N; R51-53	C; N R: 34-51/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		
016-050-00-1	potassium sodium 5-(4-chloro-6-(N-(4-(4-chloro-6-(5-hydroxy-2,7-disulphonato-6-(2-sulphonatophenylazo)-4-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino) phenyl-N-methyl amino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-4-hydroxy-3-(2-sulphonatophenylazo)naphthalene-2,7-disulphonat	402-150-6	—	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)22-24-26-37		
016-051-00-7	trisodium 7-(4-(6-fluoro-4-(2-(2-vinylsulphonylethoxy)ethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-ureidophenylazo)naphthalene-1,3,6- trisulphonate	402-170-5	106359-91-5	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
016-052-00-2	benzyltributylammonium 4-hydroxynaphthalene-1-sulphonate	402-240-5	102561-46-6	Xn; R20 N; R51-53	Xn; N R: 20-51/53 S: (2-)22-61		
016-053-00-8	(C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl)(C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl)ammonium 2-((C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl)(C <sub>16</sub> or C <sub>18</sub> -n-alkyl)carbamoyl)benzenesulphonate	402-460-1	—	Xi; R38 R43 R53	Xi R: 38-43-53 S: (2-)24-37-61		
016-054-00-3	sodium 4-(2,4,4-trimethylpentylcarbonyloxy)benzenesulfonate	400-030-8	—	T; R23-48/23 Xn; R22 Xi; R36/37 R43	T R: 22-23-36/37-43- 48/23 S: (1/2-)22-24-36-45		
016-055-00-9	tetrasodium 4-amino-3,6-bis(5-(6-chloro-4-(2-hydroxyethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-sulfonatophenylazo)-5-hydroxynaphthalene-2,7-sulfonate (containing > 35 % sodium chloride and sodium acetate)	400-510-7	—	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
016-056-00-4	potassium hydrogensulphate	231-594-1	7646-93-7	C; R34 Xi; R37	C R: 34-37 S: (1/2-)26-36/37/39- 45		
016-057-00-X	styrene-4-sulfonyl chloride	404-770-2	2633-67-2	Xi; R38-41 R43	Xi R: 38-41-43 S: (2-)24-26-37/39		
016-058-00-5	thionyl chloride, reaction products with 1,3,4-thiadiazol-2,5-dithiol, <i>tert</i> -nonanethiol and C <sub>12-14</sub> — <i>tert</i> -alkylamine	404-820-3	—	Xi; R38 R43 R52-53	Xi R: 38-43-52/53 S: (2-)36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-059-00-0	N,N,N',N'-tetramethyldithiobis(ethylene)diamine dihydrochloride	405-300-9	17339-60-5	Xn; R22 Xi; R36 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-36-43-50/53 S: (2-)26-36/37-60-61		
016-060-00-6	diammonium peroxodisulphate; ammonium persulphate	231-786-5	7727-54-0	O; R8 Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 R42/43	O; Xn R: 8-22-36/37/38-42/ 43 S: (2-)22-24-26-37		
016-061-00-1	dipotassium peroxodisulphate; potassium persulphate	231-781-8	7727-21-1	O; R8 Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 R42/43	O; Xn R: 8-22-36/37/38-42/ 43 S: (2-)22-24-26-37		
016-062-00-7	bensultap (ISO); 1,3-bis(phenylsulfonylthio)-2-(N,N-dimethylamino)propane	—	17606-31-4	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
016-063-00-2	sodium metabisulphite	231-673-0	7681-57-4	Xn; R22 Xi; R41 R31	Xn R: 22-31-41 S: (2-)26-39-46		
016-064-00-8	sodium hydrogensulphite . . . %; sodium bisulphite . . . %	231-548-0	7631-90-5	Xn; R22 R31	Xn R: 22-31 S: (2-)25-46		B
016-065-00-3	sodium 1-amino-4-[2-methyl-5-(4-methylphenylsulfonylamino)phenylamino]anthraquinone-2-sulfonate	400-100-8	84057-97-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
016-066-00-9	tetrasodium [5-((4-amino-6-chloro-1,3,5-triazin-2-yl)amino)-2-((2-hydroxy-3,5-disulfonatophenylazo)-2- sulfonatobenzylidenehydrazino)benzoate]copper(II)	404-070-7	116912-62-0	R52-53	R: 52/53 S: 61		
016-067-00-4	(4-methylphenyl)mesitylene sulfonate	407-530-5	67811-06-7	R53	R: 53 S: 61		
016-068-00-X	sodium 3,5-bis(tetradecyloxy-carbonyl)benzenesulfinate	407-720-8	155160-86-4	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-069-00-5	3,5-bis-(tetradecyloxy-carbonyl)benzenesulfinic acid	407-990-7	141915-64-2	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
016-070-00-0	4-benzyloxy-4'-(2,3-epoxy-2-methylprop-1-yloxy)diphenyl-sulfone	408-220-2	—	R53	R: 53 S: 61		
016-071-00-6	trisodium 3-amino-6,13-dichloro-10-((3-((4-chloro-6-(2-sulfofophenylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)amino)propyl) amino)-4,11-triphenoxydioxazinedisulfonate	410-130-3	136248-03-8	R43	Xi R: - 43 S: (2-)22-24-37		
016-072-00-1	3-amino-4-hydroxy-N-(2-methoxyethyl)-benzenesulfonamide	411-520-6	112195-27-4	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
016-073-00-7	tetrakis(phenylmethyl)thioperoxydi(carbothioamide)	404-310-0	10591-85-2	R53	R: 53 S: 61		
016-074-00-2	6-fluoro-2-methyl-3-(4-methylthiobenzyl)indene	405-410-7	—	Xi; R38-41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-41-43-51/53 S: (2-)26-36/37/39-61		
016-075-00-8	2,2'-diallyl-4,4'-sulfonyldiphenol	411-570-9	41481-66-7	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
016-076-00-3	2,3-bis((2-mercaptoethyl)thio)-1-propanethiol	411-290-7	131538-00-6	Xn; R22-48/ 22 N; R50-53	Xn; N R: 22-48/22-50/53 S: (2-)23-24/25-36-60-61		
016-077-00-9	2-chloro-p-toluenesulfochloride	412-890-1	42413-03-6	C; R34 R43 R52-53	C R: 34-43-52/53 S: (1/2-)23-26-36/37/ 39-45-61		
016-078-00-4	4-methyl-N,N-bis(2-((4-methylphenyl)sulfonyl)amino)ethyl) benzenesulfonamide	413-300-5	56187-04-3	R53	R: 53 S: 61		
016-079-00-X	N,N-bis(2-(p-toluenesulfonyloxy)ethyl)-p-toluenesulfonamide	412-920-3	16695-22-0	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-080-00-5	sodium 2-anilino-5-(2-nitro-4-(N-phenylsulfamoyl))anilino-benzenesulfonate	412-320-1	31361-99-6	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
016-081-00-0	hexahydrocyclopenta[c]pyrrole-1-(1H)-ammonium N-ethoxy-carbonyl-N-(p-tolylsulfonyl)azanide	418-350-1	—	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R22 Xi; R36 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-36-43-68-51/ 53 S: (2-)26-36/37-61		
016-082-00-6	ethoxysulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(2-ethoxyphenoxy-sulfonyl)urea	—	126801-58-9	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
016-083-00-1	acibenzolar-S-methyl; benzo[1,2,3]thiadiazole-7-carbothioic acid S-methyl ester	420-050-0	135158-54-2	Xi; R36/37/ 38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 36/37/38-43-50/ 53 S: (2-)24/25-37-46- 59-60-61		
016-084-00-7	prosulfuron; 1-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)-3-[2-(3,3,3-trifluoropropyl)phenylsulfonyl]urea	—	94125-34-5	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
016-085-00-2	flazasulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(3-trifluoromethyl-2-pyridylsulfonyl)urea	—	104040-78-0	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
016-086-00-8	tetrasodium 10-amino-6,13-dichloro-3-(3-(4-(2,5-disulfonatoanilino)-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino)prop-3-ylamino)-5,12-dioxa-7,14-diazapentacene-4,11-disulfonate	402-590-9	109125-56-6	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)22-26-39		
016-087-00-3	reaction mass of: thiobis(4,1-phenylene)-S,S',S',S'-tetraphenyl-disulfonium bishexafluorophosphate; diphenyl(4-phenylthiophenyl)sulfonium hexafluorophosphate; propylene carbonate	403-490-8	104558-95-4	Xi; R36 R43 N; R50-53	Xi; N R: 36-43-50/53 S: (2-)24-26-37-60- 61		
016-088-00-9	4-(bis(4-(diethylamino)phenyl)methyl)benzene-1,2-dimethanesulfonic acid	407-280-7	71297-11-5	R52-53	R: 52/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
016-089-00-4	reaction mass of esters of 5,5',6,6',7,7'-hexahydroxy-3,3,3',3'-tetramethyl-1,1'-spirobiindan and 2-diazo-1,2-dihydro-1-oxo-5-sulfonaphthalene	413-840-1	—	E; R2 F; R11 R53	E R: 2-11-53 S: (2-)33-35-40-61		
016-090-00-X	4-methyl-N-(methylsulfonyl)benzenesulfonamide	415-040-8	14653-91-9	Xn; R22 Xi; R37-41	Xn R: 22-37-41 S: (2-)26-39		
016-091-00-5	C <sub>12-14</sub> — <i>tert</i> -alkyl ammonium 1-amino-9,10-dihydro-9,10-dioxo-4-(2,4,6-trimethylanilino)-anthracen-2-sulfonate	414-110-5	—	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
016-093-00-6	reaction mass of: 4-(7-hydroxy-2,4,4-trimethyl-2-chromanil)resorcinol-4-yl-tris(6-diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphthalen-1-sulfonate); 4-(7-hydroxy-2,4,4-trimethyl-2-chromanil)resorcinolbis(6-diazo-5,6-dihydro-5-oxonaphthalen-1-sulfonate) (2:1)	414-770-4	140698-96-0	F; R11 Carc. Cat. 3; R40	F; Xn R: 11-40 S: (2-)7-36/37		
016-095-00-7	reaction mass of: reaction product of 4,4'-methylenebis[2-(4-hydroxybenzyl)-3,6-dimethylphenol] and 6-diazo-5,6-dihydro-5-oxo-naphthalenesulfonate (1:2); Reaction product of 4,4'-methylenebis[2-(4-hydroxybenzyl)-3,6-dimethylphenol] and 6-diazo-5,6-dihydro-5-oxo-naphthalenesulfonate (1:3)	417-980-4	—	F; R11 Carc. Cat. 3; R40	F; Xn R: 11-40 S: (2-)7-36/37		
016-096-00-2	thifensulfuron-methyl (ISO); methyl 3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-ylcarbamoil-sulfamoyl)thiophene-2-carboxylate	—	79277-27-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
017-001-00-7	chlorine	231-959-5	7782-50-5	T; R23 Xi; R36/37/ 38 N; R50	T; N R: 23-36/37/38-50 S: (1/2-)9-45-61		
017-002-00-2	hydrogen chloride	231-595-7	7647-01-0	T; R23 C; R35	T; C R: 23-35 S: (1/2-)9-26-36/37/ 39-45		5
017-002-01-X	hydrochloric acid ... %	231-595-7	—	C; R34 Xi; R37	C R: 34-37 S: (1/2-)26-45	C; R34-37: C ≥ 25 % Xi; R36/37/38: 10 % ≤ C < 25 %	B

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
017-003-00-8	barium chlorate	236-760-7	13477-00-4	O; R9 Xn; R20/22 N; R51-53	O; Xn; N R: 9-20/22-51/53 S: (2-)13-27-61		
017-004-00-3	potassium chlorate	223-289-7	3811-04-9	O; R9 Xn; R20/22 N; R51-53	O; Xn; N R: 9-20/22-51/53 S: (2-)13-16-27-61		
017-005-00-9	sodium chlorate	231-887-4	7775-09-9	O; R9 Xn; R22 N; R51-53	O; Xn; N R: 9-22-51/53 S: (2-)13-17-46-61		
017-006-00-4	perchloric acid ... %	231-512-4	7601-90-3	R5 O; R8 C; R35	O; C R: 5-8-35 S: (1/2-)23-26-36-45	C; R35: C ≥ 50 % C; R34: 10 % ≤ C < 50 % Xi; R36/38: 1 % ≤ C < 10 % Footnote O; R5-8: C > 50 %	B
017-007-00-X	barium perchlorate	236-710-4	13465-95-7	O; R9 Xn; R20/22	O; Xn R: 9-20/22 S: (2-)27		
017-008-00-5	potassium perchlorate	231-912-9	7778-74-7	O; R9 Xn; R22	O; Xn R: 9-22 S: (2-)13-22-27		
017-009-00-0	ammonium perchlorate	232-235-1	7790-98-9	O; R9 R44 ☉	O R: 9-44 S: (2-)14-16-27-36/37		G
017-010-00-6	sodium perchlorate	231-511-9	7601-89-0	O; R9 Xn; R22	O; Xn R: 9-22 S: (2-)13-22-27		
017-011-00-1	sodium hypochlorite, solution ... % Cl active	231-668-3	7681-52-9	C; R34 R31 N; R50	C; N R: 31-34-50 S: (1/2-)28-45-50-61	R31: C ≥ 5 %	B
017-012-00-7	calcium hypochlorite	231-908-7	7778-54-3	O; R8 ☉ Xn; R22 R31 C; R34 N; R50	O; C; N R: 8-22-31-34-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R37/38-41: 3 % ≤ C < 10 % Xi; R36: 0,5 % ≤ C < 3 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
017-013-00-2	calcium chloride	233-140-8	10043-52-4	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)22-24		
017-014-00-8	ammonium chloride	235-186-4	12125-02-9	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)22		
017-015-00-3	(2-(aminomethyl)phenyl)acetylchloride hydrochloride	417-410-4	61807-67-8	Xn; R22 C; R35 R43	C R: 22-35-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
017-016-00-9	methyltriphenylphosphonium chloride	418-400-2	1031-15-8	Xn; R21/22 Xi; R38-41 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-38-41-51/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
017-017-00-4	(Z)-13-docosenyl-N,N-bis(2-hydroxyethyl)-N-methyl-ammonium-chloride	426-210-6	120086-58-0	C; R34 N; R50-53	C; N R: 34-50/53 S: (2-)26-36/37/39-45-60-61		
017-018-00-X	N,N,N-trimethyl-2,3-bis(stearoyloxy)propylammonium chloride	405-660-7	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
017-019-00-5	(R)-1,2,3,4-tetrahydro-6,7-dimethoxy-1-veratryloquinoline hydrochloride	415-110-8	54417-53-7	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-61		
017-020-00-0	ethyl propoxy aluminium chloride	421-790-7	13014-29-4	F; R15 R 14 C; R35	F; C R: 14/15-35 S: (1/2-)16-23-26-30-36/37/39-43-45		
017-021-00-6	behenamidopropyl-dimethyl-(dihydroxypropyl) ammonium chloride	423-420-1	136920-10-0	Xi; R41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 41-43-50/53 S: (2-)26-36/37/39-60-61		
019-001-00-2	potassium	231-119-8	7440-09-7	F; R15 R14 C; R34	F; C R: 14/15-34 S: (1/2-)5-8-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
019-002-00-8	potassium hydroxide; caustic potash	215-181-3	1310-58-3	Xn; R22 C; R35	C R: 22-35 S: (1/2-)26-36/37/39-45	C; R35: $C \geq 5\%$ C; R34: $2\% \leq C < 5\%$ Xi; R36/38: $0.5\% \leq C < 2\%$	
020-001-00-X	calcium	231-179-5	7440-70-2	F; R15	F R: 15 S: (2-)8-24/25-43		
020-002-00-5	calcium cyanide	209-740-0	592-01-8	T+; R28 R32 N; R50-53	T+; N R: 28-32-50/53 S: (1/2-)7/8-23-36/37-45-60-61		
020-003-00-0	reaction mass of: dicalcium (bis(2-hydroxy-5-tetra-propenyl-phenylmethyl)methylamine)dihydroxide; tri-calcium (tris(2-hydroxy-5-tetra-propenylphenylmethyl)methylamine)tri-hydroxide; poly[calcium ((2-hydroxy-5-tetra-propenyl-phenylmethyl)methylamine)hydroxide]	420-470-4	—	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)24-26-37		
022-001-00-5	titanium tetrachloride	231-441-9	7550-45-0	R14 C; R34	C R: 14-34 S: (1/2-)7/8-26-36/37/39-45		
022-002-00-0	titanium(4+) oxalate	403-260-7	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
022-003-00-6	bis( $\eta^5$ -cyclopentadienyl)-bis(2,6-difluoro-3-[pyrrol-1-yl]-phenyl)titanium	412-000-1	125051-32-3	F; R11 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 N; R51-53	F; Xn; N R: 11-48/22-62-51/53 S: (2-)7-22-33-36/37-61		
023-001-00-8	divanadium pentaoxide; vanadium pentoxide	215-239-8	1314-62-1	Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R63 T; R48/23 Xn; R20/22 Xi; R37 N; R51-53	T; N R: 20/22-37-48/23-51/53-63-68 S: (1/2-)36/37-38-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
024-001-00-0	chromium (VI) trioxide	215-607-8	1333-82-0	O; R9 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 3; R62 T+; R26 T; R24/25-48/23 C; R35 R42/43 N; R50-53	O; T+; N R: 45-46-9-24/25-26-35-42/43-48/23-62-50/53 S: 53-45-60-61	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	E
024-002-00-6	potassium dichromate	231-906-6	7778-50-9	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	T+; N; O R: 45-46-60-61-8-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 %; Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	E 3
024-003-00-1	ammonium dichromate	232-143-1	7789-09-5	E; R2 O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	E; T+; N R: 45-46-60-61-2-8-21-25-26-34-42/43-48/23-50/53 S: 53-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 % R42/43: C ≥ 0,2 %	E 3

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
024-004-00-7	sodium dichromate anhydrate	234-190-3	10588-01-9	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; 50-53	T+; N; O R: 45-46-60-61-8-21- 25-26-34-42/43-48/ 23-50/53 S: 53-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 % R42/43: C ≥ 0,2 %	E 3
024-004-01-4	sodium dichromate, dihydrate	234-190-3	7789-12-0	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	T+; N; O R: 45-46-60-61-8-21- 25-26-34-42/43-48/ 23-50/53 S: 53-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 % R42/43: C ≥ 0,2 %	E 3
024-005-00-2	chromyl dichloride; chromic oxychloride	239-056-8	14977-61-8	O; R8 Carc. Cat. 2; R49 Muta. Cat. 2; R46 C; R35 R43 N; R50-53	O; T; C; N R: 49-46-8-35-43-50/ 53 S: 53-45-60-61	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 0,5 % ≤ C < 5 % R43: C ≥ 0,5 %	3
024-006-00-8	potassium chromate	232-140-5	7789-00-6	Carc. Cat. 2; R49 Muta. Cat. 2; R46 Xi; R36/37/ 38 R43 N; R50-53	T; N R: 49-46-36/37/38- 43-50/53 S: 53-45-60-61	R43: C ≥ 0.5 %	3



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
024-007-00-3	zinc chromates including zinc potassium chromate	—	—	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22 R43 N; R50-53	T; N R: 45-22-43-50/53 S: 53-45-60-61		AE
024-008-00-9	calcium chromate	237-366-8	13765-19-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61		E
024-009-00-4	strontium chromate	232-142-6	7789-06-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61		E
024-010-00-X	dichromium tris(chromate); chromium III chromate; chromic chromate	246-356-2	24613-89-6	O; R8 Carc. Cat. 2; R45 C; R35 R43 N; R50-53	O; T; C; N R: 45-8-35-43-50/53 S: 53-45-60-61		
024-011-00-5	ammonium bis(1-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-3-(N-phenylcarbamoyl)-2-naphtholato)chromate(1-)	400-110-2	109125-51-1	F; R11 N; R50-53	F; N R: 11-50/53 S: (2-)33-60-61		
024-012-00-0	trisodium bis(7-acetamido-2-(4-nitro-2-oxidophenylazo)-3-sulphonato-1-naphtholato)chromate(1-)	400-810-8	—	Muta. Cat. 3; R68	Xn R: 68 S: (2-)22-36/37		
024-013-00-6	trisodium (6-anilino-2-(5-nitro-2-oxidophenylazo)-3-sulphonato-1-naphtholato)(4-sulphonato-1,1'-azodi-2,2'naphtholato)chromate(1-)	402-500-8	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
024-014-00-1	trisodium bis(2-(5-chloro-4-nitro-2-oxidophenylazo)-5-sulphonato-1-naphtholato)chromate(1-)	402-870-0	93952-24-0	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
024-015-00-7	disodium (3-methyl-4-(5-nitro-2-oxidophenylazo)-1-phenylpyrazololato)(1-(3-nitro-2-oxido-5-sulfonatophenylazo)-2-naphtholato)chromate(1-)	404-930-1	—	Xn; R20 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 20-41-51/53 S: (2-)26-39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
024-016-00-2	tetradecylammonium bis(1-(5-chloro-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)chromate(1-)	405-110-6	88377-66-6	Xn; R48/22 R53	Xn R: 48/22-53 S: (2-)22-36-61		
024-017-00-8	Chromium (VI) compounds, with the exception of barium chromate and of compounds specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. Cat. 2; R49 R43 N; R50-53	T; N R: 49-43-50/53 S: 53-45-60-61		A
024-018-00-3	sodium chromate	231-889-5	7775-11-3	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/23 Xn; R21 C; R34 R42/43 N; R50-53	T+; N R: 45-46-60-61-21- 25-26-34-42/43-48/ 23-50/53 S: 53-45-60-61	R42/43: C ≥ 0,2 %	E 3
024-019-00-9	Main component: acetoacetic acid anilide/3-amino-1-hydroxybenzene (ATAN-MAP): trisodium {6-[(2 or 3 or 4)-amino-(4 or 5 or 6)-hydroxyphenylazo]-5'-(phenylsulfamoyl)-3-sulfonatonaphthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato}-{6"-[1-(phenylcarbamoyl)ethylazo]-5"--(phenylsulfamoyl)-3"-sulfonatonaphthalene-2"-azobenzene-1",2"-diolato}chromate (III); by-product 1: acetoacetic acid anilide/acetoacetic acid anilide (ATAN-ATAN): trisodium bis{6-[1-(phenylcarbamoyl)ethylazo]-5'-(phenylsulfonyl)-3-sulfonatonaphthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato}chromate (III); by-product 2: 3-amino-1-hydroxybenzene/3-amino-1-hydroxybenzene (MAP-MAP): trisodium bis{6-[(2 or 3 or 4)-amino-(4 or 5 or 6)-hydroxyphenylazo]-5'-(phenylsulfamoyl)-3-sulfonatonaphthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato} chromate (III)	419-230-1	—	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
024-020-00-4	trisodium bis[(3'-nitro-5'-sulfonato(6-amino-2-[4-(2-hydroxy-1-naphthylazo)phenylsulfonilamino]pyrimidin-5-azo)benzene-2',4'-diolato)]chromate(III)	418-220-4	—	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
025-001-00-3	manganese dioxide	215-202-6	1313-13-9	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)25		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
025-002-00-9	potassium permanganate	231-760-3	7722-64-7	O; R8 Xn; R22 N; R50-53	O; Xn; N R: 8-22-50/53 S: (2-)60-61		
025-003-00-4	manganese sulphate	232-089-9	7785-87-7	Xn; R48/20/22 N; R51-53	Xn; N R: 48/20/22-51/53 S: (2-)22-61		
025-004-00-X	bis(N,N',N''-trimethyl-1,4,7-triazacyclononane)-trioxo-dimanganese (IV) di(hexafluorophosphate) monohydrate	411-760-1	116633-53-5	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
025-005-00-5	reaction mass of: tri-sodium [29H, 31H-phthalocyanine-C,C,C-trisulfonato (6-)-N29,N30,N31,N32] manganate (3-); tetrasodium [29H,31H-phthalocyanine-C,C,C,C-tetrasulfonato (6-)-N29,N30,N31,N32], manganate (3-); pentasodium [29H,31H-phthalocyanine-C,C,C,C,C-pentasulfonato (6-)-N29,N30,N31,N32] manganate (3-)	417-660-4	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
026-001-00-6	(η-cumene)-(η-cyclopentadienyl)iron(II) hexafluoroantimonate	407-840-0	100011-37-8	Xn; R22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-52/53 S: (2-)22-26-39-61		
026-002-00-1	(η-cumene)-(η-cyclopentadienyl)iron(II) trifluoromethane-sulfonate	407-880-9	117549-13-0	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)26-61		
027-001-00-9	cobalt	231-158-0	7440-48-4	R42/43 R53	Xn R: 42/43-53 S: (2-)22-24-37-61		
027-002-00-4	cobalt oxide	215-154-6	1307-96-6	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
027-003-00-X	cobalt sulphide	215-273-3	1317-42-6	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
027-004-00-5	cobalt dichloride	231-589-4	7646-79-9	Carc. Cat. 2; R49 Xn; R22 R42/43 N; R50-53	T; N R: 49-22-42/43-50/53 S: (2-)22-53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R49: C ≥ 0,01 % Xn; R22: C ≥ 2,5 %	E 1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
027-005-00-0	cobalt sulphate	233-334-2	10124-43-3	Carc. Cat. 2; R49 Xn; R22 R42/43 N; R50-53	T; N R: 49-22-42/43-50/ 53 S: (2-)22-53-45-60- 61	Carc. Cat. 2; R49: C ≥ 0,01 %	E 1
028-001-00-1	tetracarbonylnickel; nickel tetracarbonyl	236-669-2	13463-39-3	F; R11 Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 2; R61 T+; R26 N; R50-53	F; T+; N R: 61-11-26-40-50/ 53 S: 53-45-60-61		E
028-002-00-7	nickel	231-111-4	7440-02-0	Carc. Cat. 3; R40 R43	Xn R: 40-43 S: (2-)22-36		
028-003-00-2	nickel monoxide	215-215-7	1313-99-1	Carc. Cat. 1; R49 R43 R53	T R: 49-43-53 S: 53-45-61		
028-004-00-8	nickel dioxide	234-823-3	12035-36-8	Carc. Cat. 1; R49 R43 R53	T R: 49-43-53 S: 53-45-61		
028-005-00-3	dinickel trioxide	215-217-8	1314-06-3	Carc. Cat. 1; R49 R43 R53	T R: 49-43-53 S: 53-45-61		
028-006-00-9	nickel sulphide	240-841-2	16812-54-7	Carc. Cat. 1; R49 R43 N; R50-53	T; N R: 49-43-50/53 S: 53-45-60-61		
028-007-00-4	nickel subsulphide; trinickel disulphide	234-829-6	12035-72-2	Carc. Cat. 1; R49 R43 N; R51-53	T; N R: 49-43-51/53 S: 53-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
028-008-00-X	nickel dihydroxide	235-008-5	12054-48-7	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-40-43-50/ 53 S: (2-)22-36-60-61		
028-009-00-5	nickel sulphate	232-104-9	7786-81-4	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 R42/43 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-42/43-50/ 53 S: (2-)22-36/37-60-61		
028-010-00-0	nickel carbonate	222-068-2	3333-67-3	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-43-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61		
029-001-00-4	copper chloride; copper (I) chloride; cuprous chloride	231-842-9	7758-89-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)22-60-61		
029-002-00-X	dicopper oxide; copper (I) oxide	215-270-7	1317-39-1	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)22-60-61		
029-003-00-5	Naphthenic acids, copper salts; copper naphthenate	215-657-0	1338-02-9	R10 Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 10-22-50/53 S: (2-)60-61		
029-004-00-0	copper sulphate	231-847-6	7758-98-7	Xn; R22 Xi; R36/38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/38-50/53 S: (2-)22-60-61		
029-005-00-6	(tris(chloromethyl)phthalocyaninato)copper(II), reaction products with N-methylpiperazine and methoxyacetic acid	401-260-1	—	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)26		
029-006-00-1	tris(octadec-9-enylammonium) (trisulfonatophthalocyaninato) copper(II)	403-210-4	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)22-26-39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
029-007-00-7	(trisodium (2-((3-(6-(2-chloro-5-sulfonato)anilino)-4-(3-carboxypyridinio)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-oxido-5-sulfonato-phenylazo)phenylmethylazo)-4-sulfonatobenzoato)copper(3-)) hydroxide	404-670-9	89797-01-3	E; R2 R43	E; Xi R: 2-43 S: (2-)22-24-35-37		
029-008-00-2	copper(II) methanesulfonate	405-400-2	54253-62-2	Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 22-41-50/53 S: (2-)26-36/37/39-60-61		
029-009-00-8	phthalocyanine-N-[3-(diethylamino)propyl]sulfonamide copper complex	413-650-9	93971-95-0	R52-53	R: 52/53 S: 61		
029-010-00-3	reaction mass of compounds from (dodecakis(p-tolylthio)phthalocyaninato)copper(II) to (hexadecakis(p-tolylthio)phthalocyaninato)copper(II)	407-700-9	101408-30-4	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
029-011-00-9	sodium [29H,31H-phthalocyaninato-(2-)-N29,N30,N31,N32]-((3-(N-methyl-N-(2-hydroxyethyl)amino)propyl)amino)sulfonyl-sulfonato, copper complex	412-730-0	150522-10-4	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)22-26-36/37/39-45		
029-012-00-4	sodium ((N-(3-trimethylammoniopropyl)sulfamoyl)methylsulfonatophthalocyaninato)copper(II)	407-340-2	124719-24-0	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
029-013-00-X	trisodium(2-(α-(3-(4-chloro-6-(2-(2-(vinylsulfonyl)ethoxy)ethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-oxido-5-sulfonato-phenylazo)benzylidenehydrazino)-4-sulfonatobenzoato)copper(II)	407-580-8	130201-51-3	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)24-37-61		
030-001-00-1	zinc powder — zinc dust (pyrophoric)	231-175-3	7440-66-6	F; R15-17 N; R50-53	F; N R: 15-17-50/53 S: (2-)43-46-60-61		
030-001-01-9	zinc powder — zinc dust (stabilised)	231-175-3	7440-66-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
030-003-00-2	zinc chloride	231-592-0	7646-85-7	C; R34 Xn; R22 N; R50-53	C; N R: 22-34-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
030-004-00-8	dimethylzinc; [1] diethylzinc [2]	208-884-1 [1] 209-161-3 [2]	544-97-8 [1] 557-20-0 [2]	F; R17 R14 C; R34 N; R50-53	F; C; N R: 14-17-34-50/53 S: (1/2-)16-43-45-60-61		
030-005-00-3	diamminediisocyanatozinc	401-610-3	—	Xn; R22 Xi; R41 R42/43 N; R50	Xn; N R: 22-41-42/43-50 S: (2-)22-26-36/37/39-41-61		
030-006-00-9	zinc sulphate (hydrous) (mono-, hexa- and hepta hydrate); [1] zinc sulphate (anhydrous) [2]	231-793-3 [1] 231-793-3 [2]	7446-19-7 [1] 7733-02-0 [2]	Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 22-41-50/53 S: (2-)22-26-39-46-60-61		
030-007-00-4	bis(3,5-di-tert-butylsalicylato-O <sup>1</sup> ,O <sup>2</sup> )zinc	403-360-0	42405-40-3	F; R11 Xn; R22 N; R50-53	F; Xn; N R: 11-22-50/53 S: (2-)7-22-60-61		
030-008-00-X	hydroxo(2-(benzenesulfonamido)benzoato)zinc(II)	403-750-0	113036-91-2	Xn; R20 N; R51-53	Xn; N R: 20-51/53 S: (2-)22-57-61		
030-011-00-6	trizinc bis(orthophosphate)	231-944-3	7779-90-0	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
030-013-00-7	zinc oxide	215-222-5	1314-13-2	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
033-001-00-X	arsenic	231-148-6	7440-38-2	T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 23/25-50/53 S: (1/2-)20/21-28-45-60-61		
033-002-00-5	arsenic compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 23/25-50/53 S: (1/2-)20/21-28-45-60-61	T; R23/25: C ≥ 0,2 % Xn; R20/22: 0,1 % ≤ C < 0,2 %	A 1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
033-003-00-0	diarsenic trioxide; arsenic trioxide	215-481-4	1327-53-3	Carc. Cat. 1; R45 T+; R28 C; R34 N; R50-53	T+; N R: 45-28-34-50/53 S: 53-45-60-61		E
033-004-00-6	diarsenic pentaoxide; arsenic pentoxide; arsenic oxide	215-116-9	1303-28-2	Carc. Cat. 1; R45 T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 45-23/25-50/53 S: 53-45-60-61		E
033-005-00-1	arsenic acid and its salts	—	—	Carc. Cat. 1; R45 T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 45-23/25-50/53 S: 53-45-60-61		AE
033-006-00-7	arsine	232-066-3	7784-42-1	F+; R12 T+; R26 Xn; R48/20 N; R50-53	F+; T+; N R: 12-26-48/20-50/ 53 S: (1/2-)9-16-28-33- 36/37-45-60-61		
033-007-00-2	tert-butylarsine	423-320-6	4262-43-5	F; R17 T+; R26	F; T+ R: 17-26 S: (1/2-)9-28-36/37- 43-45		
034-001-00-2	selenium	231-957-4	7782-49-2	T; R23/25 R33 R53	T R: 23/25-33-53 S: (1/2-)20/21-28-45- 61		
034-002-00-8	selenium compounds except cadmium sulphoselenide	—	—	T; R23/25 R33 N; R50-53	T; N R: 23/25-33-50/53 S: (1/2-)20/21-28-45- 60-61		A
034-003-00-3	sodium selenite	233-267-9	10102-18-8	T+; R28 T; R23 R31 R43 N; R51-53	T+; N R: 23-28-31-43-51/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
035-001-00-5	bromine	231-778-1	7726-95-6	T+; R26 C; R35 N; R50	T+; C; N R: 26-35-50 S: (1/2-)7/9-26-45-61		
035-002-00-0	hydrogen bromide	233-113-0	10035-10-6	C; R35 Xi; R37	C R: 35-37 S: (1/2-)7/9-26-45		
035-002-01-8	hydrobromic acid ... %	—	—	C; R34 Xi; R37	C R: 34-37 S: (1/2-)7/9-26-45	C; R34: C ≥ 40 % Xi; R36/38: 10 % ≤ C < 40 % Xi; R37: C ≥ 10 %	B
035-003-00-6	potassium bromate	231-829-8	7758-01-2	O; R9 Carc. Cat. 2; R45 T; R25	T; O R: 45-9-25 S: 53-45		E
035-004-00-1	2-hydroxyethylammonium perbromide	407-440-6	—	O; R8 Xn; R22 C; R35 R43 N; R50	O; C; N R: 8-22-35-43-50 S: (1/2-)3/7-14-26-36/37/39-45-60-61		
040-001-00-3	zirconium powder (pyrophoric)	231-176-9	7440-67-7	F; R15-17	F R: 15-17 S: (2-)7/8-43		
040-002-00-9	zirconium powder (non pyrophoric)	—	—	F; R15	F R: 15 S: (2-)7/8-43		
042-001-00-9	molybdenum trioxide	215-204-7	1313-27-5	Xn; R48/20/ 22 Xi; R36/37	Xn R: 36/37-48/20/22 S: (2-)22-25		
042-002-00-4	tetrakis(dimethylditetradecylammonium) hexa-μ-oxotetra-μ3-oxodi-μ5-oxotetradecaooctamolybdate(4-)	404-760-8	117342-25-3	T; R23 Xi; R41 R53	T R: 23-41-53 S: (1/2-)26-37/39-45-61		
042-003-00-X	tetrakis(trimethylhexadecylammonium) hexa-μ-oxotetra-μ3-oxodi-μ5-oxotetradecaooctamolybdate(4-)	404-860-1	116810-46-9	F; R11 Xi; R41 N; R50-53	F; Xi; N R: 11-41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
042-004-00-5	Reaction product of ammonium molybdate and C <sub>12</sub> -C <sub>24</sub> -diethoxylated alkylamine (1:5-1:3)	412-780-3	—	Xi; R38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-43-51/53 S: 24/25-37-61		
047-001-00-2	silver nitrate	231-853-9	7761-88-8	⊗ C; R34 N; R50-53	C; N R: 34-50/53 S: (1/2-)26-45-60-61		
048-001-00-5	cadmium compounds, with the exception of cadmium sulphoselenide (xCdS <sub>x</sub> yCdSe), reaction mass of cadmium sulphide with zinc sulphide (xCdS <sub>x</sub> yZnS), reaction mass of cadmium sulphide with mercury sulphide (xCdS <sub>x</sub> yHgS), and those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xn; R20/21/ 22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)60-61	Xn; R20/21/22: C ≥ 0,1 %	A 1
048-002-00-0	cadmium (non-pyrophoric); [1] cadmium oxide (non-pyrophoric) [2]	231-152-8 [1] 215-146-2 [2]	7440-43-9 [1] 1306-19-0 [2]	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62-63 T+; R26 T; R48/23/25 N; R50-53	T+; N R: 45-26-48/23/25- 62-63-68-50/53 S: 53-45-60-61		E
048-003-00-6	cadmium diformate; cadmiumformate	224-729-0	4464-23-7	T; R23/25 R33 Xn; R68 N; R50-53	T; N R: 23/25-33-68-50/ 53 S: (1/2-)22-45-60-61	T; R23/25: C ≥ 10 % Xn; R20/22: 0,25 % ≤ C < 10 % R33: C ≥ 0,25 %	
048-004-00-1	cadmium cyanide	208-829-1	542-83-6	T+; R26/27/ 28 R32 R33 Xn; R68 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-32-33- 68-50/53 S: (1/2-)7-28-29-45- 60-61	R32: C ≥ 1 % R33: C ≥ 0,1 %	
048-005-00-7	cadmiumhexafluorosilicate(2-); cadmium fluorosilica	241-084-0	17010-21-8	T; R23/25 R33 Xn; R68 N; R50-53	T; N R: 23/25-33-68-50/ 53 S: (1/2-)22-45-60-61	T; R23/25: C ≥ 10 % Xn; R20/22: 0,1 % ≤ C < 10 % R33: C ≥ 0,1 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
048-006-00-2	cadmium fluoride	232-222-0	7790-79-6	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/ 23/25 N; R50-53	T+; N R: 45-46-60-61-25- 26-48/23/25-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 % T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 0,1 % ≤ C < 10 % T; R48/23/25: C ≥ 7 % Xn; R48/20/22: 0,1 % ≤ C < 7 %	E
048-007-00-8	cadmium iodide	232-223-6	7790-80-9	T; R23/25 R33 Xn; R68 N; R50-53	T; N R: 23/25-33-68-50/ 53 S: (1/2-)22-45-60-61	T; R23/25: C ≥ 10 % Xn; R20/22: 0,1 % ≤ C < 10 % R33: C ≥ 0,1 %	
048-008-00-3	cadmium chloride	233-296-7	10108-64-2	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/ 23/25 N; R50-53	T+; N R: 45-46-60-61-25- 26-48/23/25-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 % T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 0,1 % ≤ C < 10 % T; R48/23/25: C ≥ 7 % Xn; R48/20/22: 0,1 % ≤ C < 7 %	E
048-009-00-9	cadmium sulphate	233-331-6	10124-36-4	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 T+; R26 T; R25-48/ 23/25 N; R50-53	T+; N R: 45-46-60-61-25- 26-48/23/25-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 % T; R25: C ≥ 10 % Xn; R22: 0,1 % ≤ C < 10 % T; R48/23/25: C ≥ 7 % Xn; R48/20/22: 0,1 % ≤ C < 7 %	E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
048-010-00-4	cadmium sulphide	215-147-8	1306-23-6	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62-63 T; R48/23/25 Xn; R22 R53	T; R: 45-22-48/23/25- 62-63-68-53 S: 53-45-61	Xn; R22: C ≥ 10 % T; R48/23/25: C ≥ 10 % Xn; R48/20/22: 0,1 % ≤ C < 10 %	E 1
048-011-00-X	cadmium (pyrophoric)	231-152-8	7440-43-9	F; R17 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62-63 T+; R26 T; R48/23/25 N; R50-53	F; T+; N R: 45-17-26-48/23/ 25-62-63-68-50/53 S: 53-45-7/8-43-60- 61		E
050-001-00-5	tin tetrachloride; stannic chloride	231-588-9	7646-78-8	C; R34 R52-53	C R: 34-52/53 S: (1/2-)7/8-26-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
050-002-00-0	cyhexatin (ISO); hydroxytricyclohexylstannane; tri(cyclohexyl)tin hydroxide	236-049-1	13121-70-5	Xn; R20/21/ 22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)13-60-61		
050-003-00-6	fentin acetate (ISO); triphenyltin acetate	212-984-0	900-95-8	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R63 T+; R26 T; R24/25- 48/23 Xi; R37/38- 41 N; R50-53	T+; N R: 24/25-26-37/38- 40-41-48/23-50/53- 63 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
050-004-00-1	fentin hydroxide (ISO); triphenyltin hydroxide	200-990-6	76-87-9	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R63 T+; R26 T; R24/25-48/23 Xi; R37/38-41 N; R50-53	T+; N R: 24/25-26-37/38-40-41-48/23-50/53-63 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45-60-61		
050-005-00-7	trimethyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T+; R26/27/28 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-50/53 S: (1/2-)26-27-28-45-60-61	T+; R26/27/28: C ≥ 0,5 % T; R23/24/25: 0,1 % ≤ C < 0,5 % Xn; R20/21/22: 0,05 % ≤ C < 0,1 %	A 1
050-006-00-2	triethyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T+; R26/27/28 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-50/53 S: (1/2-)26-27-28-45-60-61	T+; R26/27/28: C ≥ 0,5 % T; R23/24/25: 0,1 % ≤ C < 0,5 % Xn; R20/21/22: 0,05 % ≤ C < 0,1 %	A 1
050-007-00-8	tripropyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)26-27-28-45-60-61	T; R23/24/25: C ≥ 0,5 % Xn; R20/21/22: 0,1 % ≤ C < 0,5 %	A 1
050-008-00-3	tributyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R25-48/23/25 Xn; R21 Xi; R36/38 N; R50-53	T; N R: 21-25-36/38-48/23/25-50/53 S: (1/2-)35-36/37/39-45-60-61	T; R25: C ≥ 1 % Xn; R22: 0,25 % ≤ C < 1 % T; R48/23/25: C ≥ 1 % Xn; R48/20/22: 0,25 % ≤ C < 1 % Xn; R21: C ≥ 1 % Xi; R36/38: C ≥ 1 %	A 1
050-009-00-9	fluorotripentylstannane; [1] hexapentyldistannoxane [2]	243-546-7 [1] 247-143-7 [2]	20153-49-5 [1] 25637-27-8 [2]	Xn; R20/21/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)26-28-60-61	Xn; R20/21/22: C ≥ 1 %	1
050-010-00-4	fluorotrihexylstannane	243-547-2	20153-50-8	Xn; R20/21/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)26-28-60-61	Xn; R20/21/22: C ≥ 1 %	1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
050-011-00-X	triphenyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)26-27-28-45-60-61	T; R23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R20/21/22: 0,25 % ≤ C < 1 %	A 1
050-012-00-5	tetracyclohexylstannane; [1] chlorotricyclohexylstannane; [2] butyltricyclohexylstannane [3]	215-910-5 [1] 221-437-5 [2] 230-358-5 [3]	1449-55-4 [1] 3091-32-5 [2] 7067-44-9 [3]	Xn; R20/21/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)26-28-60-61	Xn; R20/21/22: C ≥ 1 %	A 1
050-013-00-0	trioctyltin compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xi; R36/37/38 R53	Xi R: 36/37/38-53 S: (2-)61	Xi; R36/37/38: C ≥ 1 %	A 1
050-017-00-2	fenbutatin oxide (ISO); bis(tris(2-methyl-2-phenylpropyl)tin)oxide	236-407-7	13356-08-6	T+; R26 Xi; R36/38 N; R50-53	T+; N R: 26-36/38-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
050-018-00-8	tin(II) methanesulphonate	401-640-7	53408-94-9	C; R34 Xn; R22 R43	C R: 22-34-43 S: (1/2-)22-26-36/37/39-45		
050-019-00-3	azocyclotin (ISO); 1-(tricyclohexylstannyl)-1H—1,2,4-triazole;	255-209-1	41083-11-8	T+; R26 T; R25 Xi; R37/38-41 N; R50-53	T+; N R: 25-26-37/38-41-50/53 S: (1/2-)26-28-36/37/39-38-45-60-61		
050-020-00-9	trioctylstannane	413-320-4	869-59-0	T; R48/25 Xi; R38 R53	T R: 38-48/25-53 S: (1/2-)23-36/37-45-61		
051-001-00-8	antimony trichloride	233-047-2	10025-91-9	C; R34 N; R51-53	C; N R: 34-51/53 S: (1/2-)26-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
051-002-00-3	antimony pentachloride	231-601-8	7647-18-9	C; R34 N; R51-53	C; N R: 34-51/53 S: (1/2-)26-45-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
051-003-00-9	antimony compounds, with the exception of the tetroxide (Sb <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ), pentoxide (Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), trisulphide (Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ), pentasulphide (Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub> ) and those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xn; R20/22 N; R51-53	Xn; N R: 20/22-51/53 S: (2-)61	Xn; R20/22: C ≥ 0,25 %	A 1
051-004-00-4	antimony trifluoride	232-009-2	7783-56-4	T; R23/24/25 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-51/53 S: (1/2-)7-26-45-61		
051-005-00-X	antimony trioxide	215-175-0	1309-64-4	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)22-36/37		
051-006-00-5	diphenyl(4-phenylthiophenyl)sulfonium hexafluoroantimonate	403-500-0	—	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
051-007-00-0	bis(4-dodecylphenyl)iodonium hexafluoroantimonate	404-420-9	71786-70-4	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
053-001-00-3	iodine	231-442-4	7553-56-2	Xn; R20/21 N; R50	Xn; N R: 20/21-50 S: (2-)23-25-61		
053-002-00-9	hydrogen iodide	233-109-9	10034-85-2	C; R35	C R: 35 S: (1/2-)9-26-36/37/ 39-45	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 0,2 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 0,02 % ≤ C < 0,2 %	5
053-002-01-6	hydriodic acid ... %	—	—	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-45	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/38: 10 % ≤ C < 25 %	B
053-003-00-4	iodoxybenzene	—	696-33-3	E; R1 ⊗	E R: 1 S: (2-)35		
053-004-00-X	calcium iodoxybenzoate	—	—	E; R1 ⊗	E R: 1 S: (2-)35		C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
053-005-00-5	(4-(1-methylethyl)phenyl)-(4-methylphenyl)iodonium tetrakis (pentafluorophenyl)borate (1-)	422-960-3	178233-72-2	Xn; R21/22-48/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-48/22-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61		
056-001-00-1	barium peroxide	215-128-4	1304-29-6	O; R8 Xn; R20/22	O; Xn R: 8-20/22 S: (2-)13-27		
056-002-00-7	barium salts, with the exception of barium sulphate, salts of 1-azo-2-hydroxynaphthalenyl aryl sulphonic acid, and of salts specified elsewhere in this Annex	—	—	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)28	Xn; R20/22: C ≥ 1 %	A 1
056-003-00-2	barium carbonate	208-167-3	513-77-9	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24/25		
056-004-00-8	barium chloride	233-788-1	10361-37-2	T; R25 Xn; R20	T R: 20-25 S: (1/2-)45		
072-001-00-4	hafnium tetra- <i>n</i> -butoxide	411-740-2	22411-22-9	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)24/25-26-37/39		
074-001-00-X	hexasodium tungstate hydrate	412-770-9	12141-67-2	Xn; R22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-52/53 S: (2-)22-26-39-61		
074-002-00-5	Reaction products of tungsten hexachloride with 2-methylpropan-2-ol, nonylphenol and pentane-2,4-dione	408-250-6	—	F; R11 Xn; R20 C; R34 R43 N; R50-53	F; C; N R: 11-20-34-43-50/53 S: (1/2-)16-26-29-33-36/37/39-45-60-61		
076-001-00-5	osmium tetroxide; osmic acid	244-058-7	20816-12-0	T+; R26/27/28 C; R34	T+ R: 26/27/28-34 S: (1/2-)7/9-26-45		
078-001-00-0	tetrachloroplatinates with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R25 Xi; R41 R42/43	T R: 25-41-42/43 S: (2-)22-26-36/37/39-45		A



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
078-002-00-6	diammonium tetrachloroplatinate	237-499-1	13820-41-2	T; R25 Xi; R38-41 R42/43	T R: 25-38-41-42/43 S: (2-)22-26-36/37/ 39-45		
078-003-00-1	disodium tetrachloroplatinate	233-051-4	10026-00-3	T; R25 Xi; R38-41 R42/43	T R: 25-38-41-42/43 S: (2-)22-26-36/37/ 39-45		
078-004-00-7	dipotassium tetrachloroplatinate	233-050-9	10025-99-7	T; R25 Xi; R38-41 R42/43	T R: 25-38-41-42/43 S: (2-)22-26-36/37/ 39-45		
078-005-00-2	hexachloroplatinates with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R25 Xi; R41 R42/43	T R: 25-41-42/43 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45		A
078-006-00-8	disodium hexachloroplatinate	240-983-5	16923-58-3	T; R25 Xi; R41 R42/43	T R: 25-41-42/43 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45		
078-007-00-3	dipotassium hexachloroplatinate	240-979-3	16921-30-5	T; R25 Xi; R41 R42/43	T R: 25-41-42/43 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45		
078-008-00-9	diammonium hexachloroplatinate	240-973-0	16919-58-7	T; R25 Xi; R41 R42/43	T R: 25-41-42/43 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45		
078-009-00-4	hexachloroplatinic acid	241-010-7	16941-12-1	T; R25 C; R34 R42/43	T R: 25-34-42/43 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45		
080-001-00-0	mercury	231-106-7	7439-97-6	T; R23 R33 N; R50-53	T; N R: 23-33-50/53 S: (1/2-)7-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
080-002-00-6	inorganic compounds of mercury with the exception of mercuric sulphide and those specified elsewhere in this Annex	—	—	T+; R26/27/28 R33 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-33-50/53 S: (1/2-)13-28-45-60-61	T+; R26/27/28: C ≥ 2 % T; R23/24/25: 0,5 % ≤ C < 2 % Xn; R20/21/22: 0,1 % ≤ C < 0,5 % R33: C ≥ 0,1 %	A 1
080-003-00-1	dimercury dichloride; mercurous chloride; calomel	233-307-5	10112-91-1	Xn; R22 Xi; R36/37/38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/37/38-50/53 S: (2-)13-24/25-46-60-61		
080-004-00-7	organic compounds of mercury with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T+; R26/27/28 R33 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-33-50/53 S: (1/2-)13-28-36-45-60-61	T+; R26/27/28: C ≥ 2 % T; R23/24/25: 0,5 % ≤ C < 2 % Xn; R20/21/22: 0,05 % ≤ C < 0,5 % R33: C ≥ 0,05 %	A 1
080-005-00-2	mercury difulminate; mercuric fulminate; fulminate of mercury	211-057-8	628-86-4	E; R3 T; R23/24/25 R33 N; R50-53	E; T; N R: 3-23/24/25-33-50/53 S: (1/2-)3 — 45-60-61		
080-006-00-8	dimercury dicyanide oxide; mercuric oxycyanide	215-629-8	1335-31-5	E; R3 ⊗ T; R23/24/25 R33 N; R50-53	E; T; N R: 3-23/24/25-33-50/53 S: (1/2-)28-35-45-60-61		
080-007-00-3	dimethylmercury; [1] diethylmercury [2]	209-805-3 [1] 211-000-7 [2]	593-74-8 [1] 627-44-1 [2]	T+; R26/27/28 R33 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-33-50/53 S: (1/2-)13-28-36-45-60-61	T+; R26/27/28: C ≥ 0,5 % T; R23/24/25: 0,1 % ≤ C < 0,5 % Xn; R20/21/22: 0,05 % ≤ C < 0,1 % R33: C ≥ 0,05 %	1
080-008-00-9	phenylmercury nitrate; [1] phenylmercury hydroxide; [2] basic phenylmercury nitrate [3]	200-242-9 [1] 202-866-7 [2] - [3]	55-68-5 [1] 100-57-2 [2] 8003-05-2 [3]	T; R25-48/24/25 C; R34 N; R50-53	T; N R: 25-34-48/24/25-50/53 S: (1/2-)23-24/25-37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
080-009-00-4	2-methoxyethylmercury chloride	204-659-7	123-88-6	T; R25-48/25 C; R34 N; R50-53	T; N R: 25-34-48/25-50/ 53 S: (1/2-)36/37/39-45- 60-61		
080-010-00-X	mercury dichloride; mercuric chloride	231-299-8	7487-94-7	T+; R28 T; R48/24/25 C; R34 N; R50-53	T+; N R: 28-34-48/24/25- 50/53 S: (1/2-)36/37/39-45- 60-61		
080-011-00-5	phenylmercury acetate	200-532-5	62-38-4	T; R25-48/ 24/25 C; R34 N; R50-53	T; N R: 25-34-48/24/25- 50/53 S: (1/2-)23-24/25-37- 45-60-61		
081-001-00-3	thallium	231-138-1	7440-28-0	T+; R26/28 R33 R53	T+ R: 26/28-33-53 S: (1/2-)13-28-45-61		
081-002-00-9	thallium compounds, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T+; R26/28 R33 N; R51-53	T+; N R: 26/28-33-51/53 S: (1/2-)13-28-45-61		A
081-003-00-4	dithallium sulphate; thallic sulphate	231-201-3	7446-18-6	T+; R28 T; R48/25 Xi; R38 N; R51-53	T+; N R: 28-38-48/25-51/ 53 S: (1/2-)13-36/37-45- 61		
082-001-00-6	lead compounds with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22 R33 N; R50-53	T; N R: 61-20/22-33-62- 50/53 S: 53-45-60-61	Repr. Cat. 3; R62: C ≥ 2,5 % Xn; R20/22: C ≥ 1 % R33: C ≥ 0,5 %	AE 1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
082-002-00-1	lead alkyls	—	—	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 T+; R26/27/ 28 R33 N; R50-53	T+; N R: 61-26/27/28-33- 62-50/53 S: 53-45-60-61	Repr. Cat. 1; R61: C ≥ 0,1 % T+; R26/27/28: C ≥ 0,25 % T; R23/24/25: 0,1 % ≤ C < 0,25 % Xn; R20/21/22: 0,05 % ≤ C < 0,1 % R33: C ≥ 0,05 %	AE 1
082-003-00-7	lead diazide; lead azide	236-542-1	13424-46-9	E; R3 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22 R33 N; R50-53	E; T; N R: 61-3-20/22-33-50/ 53-62 S: 53-45-60-61		E 1
082-004-00-2	lead chromate	231-846-0	7758-97-6	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 R33 N; R50-53	T; N R: 61-33-40-50/53- 62 S: 53-45-60-61		1
082-005-00-8	lead di(acetate)	206-104-4	301-04-2	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 R33 N; R50-53	T; N R: 61-33-48/22-50/ 53-62 S: 53-45-60-61		E 1
082-006-00-3	trilead bis(orthophosphate)	231-205-5	7446-27-7	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 R33 N; R50-53	T; N R: 61-33-48/22-50/ 53-62 S: 53-45-60-61		E 1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
082-007-00-9	lead acetate, basic;	215-630-3	1335-32-6	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 R33 N; R50-53	T; N R: 61-33-40-48/22-50/53-62 S: 53-45-60-61		E 1
082-008-00-4	lead(II) methanesulphonate	401-750-5	17570-76-2	Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22-48/20/22 Xi; R38-41 N; R58 R33	T; N R: 61-62-20/22-33-38-41-48/20/22-58 S: 53-45-57-61		E 1
082-009-00-X	Lead sulfochromate yellow; C.I. Pigment Yellow 34; [This substance is identified in the Colour Index by Colour Index Constitution Number, C.I. 77603.]	215-693-7	1344-37-2	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 R33 N; R50-53	T; N R: 61-33-40-50/53-62 S: 53-45-60-61		1
082-010-00-5	Lead chromate molybdate sulfate red; C.I. Pigment Red 104; [This substance is identified in the Colour Index by Colour Index Constitution Number, C.I. 77605.]	235-759-9	12656-85-8	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 R33 N; R50-53	T; N R: 61-33-40-50/53-62 S: 53-45-60-61		1

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
082-011-00-0	lead hydrogen arsenate	232-064-2	7784-40-9	Carc. Cat. 1; R45 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/25 R33 N; R50-53	T; N R: 45-61-23/25-33-50/53-62 S: 53-45-60-61		E 1
092-001-00-8	uranium	231-170-6	7440-61-1	T+; R26/28 R33 R53	T+ R: 26/28-33-53 S: (1/2-)20/21-45-61		
092-002-00-3	uranium compounds	—	—	T+; R26/28 R33 N; R51-53	T+; N R: 26/28-33-51/53 S: (1/2-)20/21-45-61		A
601-001-00-4	methane	200-812-7	74-82-8	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		
601-002-00-X	ethane	200-814-8	74-84-0	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		
601-003-00-5	propane	200-827-9	74-98-6	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16		
601-004-00-0	butane; [1] and isobutane [2]	203-448-7 [1] 200-857-2 [2]	106-97-8 [1] 75-28-5 [2]	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16		C
601-004-01-8	butane (containing $\geq$ 0.1 % butadiene (203-450-8)); [1] isobutane (containing $\geq$ 0.1 % butadiene (203-450-8)) [2]	203-448-7 [1] 200-857-2 [2]	106-97-8 [1] 75-28-5 [2]	F+; R12 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	F+; T R: 45-46-12 S: 53-45		CS
601-005-00-6	2,2-dimethylpropane; neopentane	207-343-7	463-82-1	F+; R12 N; R51-53	F+; N R: 12-51/53 S: (2-)9-16-33-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-006-00-1	pentane; [1] isopentane; 2-methylbutane [2]	203-692-4 [1] 201-142-8 [2]	109-66-0 [1] 78-78-4 [2]	F+; R12 Xn; R65 R66 R67 N; R51-53	F+; Xn; N R: 12-51/53-65-66-67 S: (2-)9-16-29-33-61-62		C
601-007-00-7	hexane, reaction mass of isomers (containing < 5 % n-hexane (203-777-6))	—	—	F; R11 Xn; R65 Xi; R38 R67 N; R51-53	F; Xn; N R: 11-38-51/53-65-67 S: (2-)9-16-29-33-61-62		C
601-008-00-2	heptane [and isomers] [1]	205-563-8 [1] 203-548-0 [2] 207-346-3 [3] 209-230-8 [4] 209-280-0 [5] 209-643-3 [6] 209-680-5 [7] 209-730-6 [8] 210-529-0 [9] 250-610-8 [10]	142-82-5 [1] 108-08-7 [2] 464-06-2 [3] 562-49-2 [4] 565-59-3 [5] 589-34-4 [6] 590-35-2 [7] 591-76-4 [8] 617-78-7 [9] 31394-54-4 [10]	F; R11 Xn; R65 Xi; R38 R67 N; R50-53	F; Xn; N R: 11-38-50/53-65-67 S: (2-)9-16-29-33-60-61-62		C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-009-00-8	octane [and isomers] [1]	203-892-1 [1] 208-759-1 [2] 209-207-2 [3] 209-243-9 [4] 209-266-4 [5] 209-292-6 [6] 209-504-7 [7] 209-547-1 [8] 209-649-6 [9] 209-650-1 [10] 209-660-6 [11] 209-689-4 [12]	111-65-9 [1] 540-84-1 [2] 560-21-4 [3] 563-16-6 [4] 564-02-3 [5] 565-75-3 [6] 583-48-2 [7] 584-94-1 [8] 589-43-5 [9] 589-53-7 [10] 589-81-1 [11] 590-73-8 [12] 592-13-2 [13] 592-27-8 [14] 594-82-1 [15] 609-26-7 [16] 619-99-8 [17] 1067-08-9 [18] 26635-64-3 [19]	F; R11 Xn; R65 Xi; R38 R67 N; R50-53	F; Xn; N R: 11-38-50/53-65-67 S: (2-)9-16-29-33-60-61-62		C
		209-745-8 [13] 209-747-9 [14] 209-855-6 [15] 210-187-2 [16] 210-621-0 [17] 213-923-0 [18] 247-861-0 [19]					



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-010-00-3	ethylene	200-815-3	74-85-1	F+; R12 R67	F+ R: 12-67 S: (2-)9-16-33-45		
601-011-00-9	propene; propylene	204-062-1	115-07-1	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		
601-012-00-4	but-1-ene; [1] butene, mixed-1-and-2-isomers; [2] 2-methylpropene; [3] (Z)-but-2-ene; [4] (E)-but-2-ene [5]	203-449-2 [1] 203-452-9 [2] 204-066-3 [3] 209-673-7 [4] 210-855-3 [5]	106-98-9 [1] 107-01-7 [2] 115-11-7 [3] 590-18-1 [4] 624-64-6 [5]	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		C
601-013-00-X	1,3-butadiene; buta-1,3-diene	203-450-8	106-99-0	F+; R12 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	F+; T R: 45-46-12 S: 53-45		D
601-014-00-5	isoprene (stabilised) 2-methyl-1,3-butadiene	201-143-3	78-79-5	F+; R12 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 R52-53	F+; T R: 45-12-68-52/53 S: 53-45-61		D
601-015-00-0	acetylene; ethyne	200-816-9	74-86-2	R5 R6 F+; R12	F+ R: 5-6-12 S: (2-)9-16-33		
601-016-00-6	cyclopropane	200-847-8	75-19-4	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		
601-017-00-1	cyclohexane	203-806-2	110-82-7	F; R11 Xn; R65 Xi; R38 R67 N; R50-53	F; Xn; N R: 11-38-65-67-50/ 53 S: (2-)9-16-25-33-60- 61-62		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-018-00-7	methylcyclohexane	203-624-3	108-87-2	F; R11 Xn; R65 Xi; R38 R67 N; R51-53	F; Xn; N R: 11-38-51/53-65-67 S: (2-)9-16-33-61-62		
601-019-00-2	1,4-dimethylcyclohexane	209-663-2	589-90-2	F; R11 Xn; R65 Xi; R38 R67 N; R51-53	F; Xn; N R: 11-38-51/53-65-67 S: (2-)9-16-33-61-62		
601-020-00-8	benzene	200-753-7	71-43-2	F; R11 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46 T; R48/23/ 24/25 Xn; R65 Xi; R36/38	F; T R: 45-46-11-36/38-48/23/24/25-65 S: 53-45		E
601-021-00-3	toluene	203-625-9	108-88-3	F; R11 Repr. Cat. 3; R63 Xn; R48/20-65 Xi; R38 R67	F; Xn R: 11-38-48/20-63-65-67 S: (2-)36/37-46-62		
601-022-00-9	<i>o</i> -xylene; [1] <i>p</i> -xylene; [2] <i>m</i> -xylene; [3] xylene [4]	202-422-2 [1] 203-396-5 [2] 203-576-3 [3] 215-535-7 [4]	95-47-6 [1] 106-42-3 [2] 108-38-3 [3] 1330-20-7 [4]	R10 Xn; R20/21 Xi; R38	Xn R: 10-20/21-38 S: (2-)25	Xn; R20/21: C ≥ 12,5 %	C
601-023-00-4	ethylbenzene	202-849-4	100-41-4	F; R11 Xn; R20	F; Xn R: 11-20 S: (2-)16-24/25-29		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-024-00-X	cumene; [1] propylbenzene [2]	202-704-5 [1] 203-132-9 [2]	98-82-8 [1] 103-65-1 [2]	R10 Xn; R65 Xi; R37 N; R51-53	Xn; N R: 10-37-51/53-65 S: (2-)24-37-61-62		C
601-025-00-5	mesitylene; 1,3,5-trimethylbenzene	203-604-4	108-67-8	R10 Xi; R37 N; R51-53	Xi; N R: 10-37-51/53 S: (2-)61	Xi; R37: C ≥ 25 %	
601-026-00-0	styrene	202-851-5	100-42-5	R10 Xn; R20 Xi; R36/38	Xn R: 10-20-36/38 S: (2-)23	Xn; R20: C ≥ 12,5 % Xi; R36/38: C ≥ 12,5 %	D
601-027-00-6	2-phenylpropene; α-methylstyrene	202-705-0	98-83-9	R10 Xi; R36/37 N; R51-53	Xi; N R: 10-36/37-51/53 S: (2-)61	Xi; R36/37: C ≥ 25 %	
601-028-00-1	2-methylstyrene; 2-vinyltoluene	210-256-7	611-15-4	Xn; R20 N; R51-53	Xn; N R: 20-51/53 S: (2-)24-61		
601-029-00-7	dipentene; limonene; [1] (R)-p-mentha-1,8-diene; d-limonene; [2] (S)-p-mentha-1,8-diene; l-limonene; [3] trans-1-methyl-4-(1-methylvinyl)cyclohexene; [4] (±)-1-methyl-4-(1-methylvinyl)cyclohexene [5]	205-341-0 [1] 227-813-5 [2] 227-815-6 [3] 229-977-3 [4] 231-732-0 [5]	138-86-3 [1] 5989-27-5 [2] 5989-54-8 [3] 6876-12-6 [4] 7705-14-8 [5]	R10 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 10-38-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		C
601-030-00-2	cyclopentane	206-016-6	287-92-3	F; R11 R52-53	F R: 11-52/53 S: (2-)9-16-29-33-61		
601-031-00-8	2,4,4-trimethylpent-1-ene	203-486-4	107-39-1	F; R11 N; R51-53	F; N R: 11-51/53 S: (2-)9-16-29-33-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-032-00-3	benzo[a]pyrene; benzo[def]chrysene	200-028-5	50-32-8	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 R43 N; R50-53	T; N R: 45-46-60-61-43-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 %	
601-033-00-9	benz[a]anthracene	200-280-6	56-55-3	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61		
601-034-00-4	benz[e]acephenanthrylene	205-911-9	205-99-2	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61		
601-035-00-X	benzo[j]fluoranthene	205-910-3	205-82-3	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61		
601-036-00-5	benzo[k]fluoranthene	205-916-6	207-08-9	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61		
601-037-00-0	n-hexane	203-777-6	110-54-3	F; R11 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R65-48/ 20 Xi; R38 R67 N; R51-53	F; Xn; N R: 11-38-48/20-62-65-67-51/53 S: (2-)9-16-29-33-36/ 37-61-62	Xn; R48/20: C ≥ 5 %	
601-041-00-2	dibenz[a,h]anthracene	200-181-8	53-70-3	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 %	
601-042-00-8	biphenyl; diphenyl	202-163-5	92-52-4	Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	Xi; N R: 36/37/38-50/53 S: (2-)23-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-043-00-3	1,2,4-trimethylbenzene	202-436-9	95-63-6	R10 Xn; R20 Xi; R36/37/ 38 N; R51-53	Xn; N R: 10-20-36/37/38- 51/53 S: (2-)26-61		
601-044-00-9	3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindene	201-052-9	77-73-6	F; R11 Xn; R20/22 Xi; R36/37/ 38 N; R51-53	F; Xn; N R: 11-20/22-36/37/ 38-51/53 S: (2-)36/37-61		
601-045-00-4	1,2,3,4-tetrahydronaphthalene	204-340-2	119-64-2	R19 Xi; R36/38 N; R51-53	Xi; N R: 19-36/38-51/53 S: (2-)26-28-61		
601-046-00-X	7-methylocta-1,6-diene	404-210-7	42152-47-6	R10 N; R50-53	N R: 10-50/53 S: (2-)60-61		
601-047-00-5	<i>m</i> -mentha-1,3(8)-diene	404-150-1	17092-80-7	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
601-048-00-0	chrysene	205-923-4	218-01-9	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 N; R50-53	T; N R: 45-68-50/53 S: 53-45-60-61		
601-049-00-6	benzo[e]pyrene	205-892-7	192-97-2	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61		
601-051-00-7	4-phenylbut-1-ene	405-980-7	768-56-9	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
601-052-00-2	naphthalene	202-049-5	91-20-3	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-053-00-8	nonylphenol; [1] 4-nonylphenol, branched [2]	246-672-0 [1] 284-325-5 [2]	25154-52-3 [1] 84852-15-3 [2]	Repr. Cat. 3; R62-63 Xn; R22 C; R34 N; R50-53	C; N R: 22-34-62-63-50/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-46-60-61		
601-054-00-3	reaction mass of isomers of: dibenzylbenzene; dibenzyl(methyl)benzene; dibenzyl(dimethyl)benzene; dibenzyl(trimethyl)benzene	405-570-8	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
601-055-00-9	reaction mass of isomers of: mono-(2-tetradecyl)naphthalenes; di-(2-tetradecyl)naphthalenes; tri-(2-tetradecyl)naphthalenes	410-190-0	132983-41-6	Xi; R36 R53	Xi R: 36-53 S: (2-)26-61		
601-056-00-4	reaction mass of isomers of: methyldiphenylmethane; dimethyldiphenylmethane	405-470-4	73807-39-3	Xi; R38 N; R50-53	Xi; N R: 38-50/53 S: (2-)37-60-61		
601-057-00-X	N-dodecyl-[3-(4-(dimethylamino)benzamido)-propyl]dime- thylammonium tosylate	421-130-8	156679-41-3	Xi; R41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 41-43-50/53 S: (2-)24-26-37/39- 60-61		
601-058-00-5	di-L-para-menthene	417-870-6	83648-84-4	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)23-24-37-60- 61		
601-059-00-0	methyl 2-benzylidene-3-oxobutyrate	420-940-9	15768-07-7	Xi; R36/38 N; R51-53	Xi; N R: 36/38-51/53 S: (2-)26-37/39-61		
601-060-00-6	1,2-bis[4-fluoro-6-(4-sulfo-5-(2-(4-sulfonaphthalene-3-ylazo)- 1-hydroxy-3,6-disulfo-8-aminonaphthalene-7-ylazo)phenyla- mino)-1,3,5-triazin-2ylamino]ethane; x-sodium, y-potassium salts x = 7,755 y = 0,245	417-610-1	155522-09-1	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
601-061-00-1	(ethyl-1,2-ethanediyloxy)-2-[[[(2-hydroxyethyl)methylamino]ace- tyloxy]propyl]o-(nonylphenoxy)polyoxy-(methyl-1,2-ethane- diyl)	418-960-8	—	C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 34-43-51/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-062-00-7	reaction mass of: branched triacontane; branched dotriacontane; branched tetratriacontane; branched hexatriacontane	417-030-9	151006-59-6	R53	R: 53 S: 61		
601-063-00-2	reaction mass of isomers of branched tetracosane	417-060-2	151006-61-0	Xn; R20 R53	Xn R: 20-53 S: (2-)61		
601-064-00-8	branched hexatriacontane	417-070-7	151006-62-1	R53	R: 53 S: 61		
601-065-00-3	reaction mass of: (1'- $\alpha$ ,3'- $\alpha$ ,6'- $\alpha$ -2,2,3',7',7'-pentamethylspiro(1,3-dioxane-5,2'-norcarane); (1' $\alpha$ ,3' $\beta$ ,6' $\alpha$ )-2,2,3',7',7'-pentamethylspiro(1,3-dioxane-5,2'-norcarane)	416-930-9	—	Xn; R48/22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 41-48/22-51/53 S: (2-)22-26-37/39-61		
601-066-00-9	1-(4-( <i>trans</i> -4-heptylcyclohexyl)phenyl)ethanone	426-820-2	78531-60-9	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
601-067-00-4	triethyl arsenate	427-700-2	15606-95-8	Carc. Cat. 1; R45 T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 45-23/25-50/53 S: 53-45-60-61		E
601-068-00-X	1,2-diacetoxybut-3-ene	421-720-5	18085-02-4	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
601-069-00-5	2-ethyl-1-(2-(1,3-dioxanyl)ethyl)-pyridinium bromide	422-680-1	287933-44-2	R52-53	R: 52/53 S: 61		
601-071-00-6	1-dimethoxymethyl-2-nitro-benzene	423-830-9	20627-73-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
601-073-00-7	1-bromo-3,5-difluorobenzene	416-710-2	461-96-1	R10 Xn; R22-48/ 22 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 10-22-38-43-48/ 22-50/53 S: (2-)24-36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
601-074-00-2	reaction mass of: 4-(2,2,3-trimethylcyclopent-3-en-1-yl)-1-methyl-2-oxabicyclo[2.2.2]octane; 1-(2,2,3-trimethylcyclopent-3-en-1-yl)-5-methyl-6-oxabicyclo[3.2.1]octane; spiro[cyclohex-3-en-1-yl-[(4,5,6,6a-tetrahydro-3,6',6',6'a-tetramethyl)-1,3'(3'aH)-[2H]cyclopenta[b]furan)]; spiro[cyclohex-3-en-1-yl-[4,5,6,6a-tetrahydro-4,6',6',6'a-tetramethyl)-1,3'(3'aH)-[2H]cyclopenta[b]furan]	422-040-1	—	Xi; R36/38 N; R51-53	Xi; N R: 36/38-51/53 S: (2-)26-37-61		
602-001-00-7	chloromethane; methyl chloride	200-817-4	74-87-3	F+; R12 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R48/20	F+; Xn R: 12-40-48/20 S: (2-)9-16-33		
602-002-00-2	bromomethane; methylbromide	200-813-2	74-83-9	Muta. Cat. 3; R68 T; R23/25 Xn; R48/20 Xi; R36/37/ 38 N; R50 N; R59	T; N R: 23/25-36/37/38- 48/20-50-59-68 S: (1/2-)15-27-36/39- 38-45-59-61		
602-003-00-8	dibromomethane	200-824-2	74-95-3	Xn; R20 R52-53	Xn R: 20-52/53 S: (2-)24-61	Xn; R20: C ≥ 12,5 %	
602-004-00-3	dichloromethane; methylene chloride	200-838-9	75-09-2	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)23-24/25-36/37		
602-005-00-9	methyl iodide; iodomethane	200-819-5	74-88-4	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R21 T; R23/25 Xi; R37/38	T R: 21-23/25-37/38- 40 S: (1/2-)36/37-38-45		
602-006-00-4	trichloromethane; chloroform	200-663-8	67-66-3	Xn; R22-48/ 20/22 Xi; R38 Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 22-38-40-48/20/ 22 S: (2-)36/37	Xn; R22: C ≥ 5 % Xn; R48/20/22: C ≥ 5 %	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-007-00-X	bromoform; tribromomethane	200-854-6	75-25-2	T; R23 Xi; R36/38 N; R51-53	T; N R: 23-36/38-51/53 S: (1/2-)28-45-61		
602-008-00-5	carbon tetrachloride; tetrachloromethane	200-262-8	56-23-5	Carc. Cat. 3; R40 T; R23/24/ 25-48/23 N; R59 R52-53	T; N R: 23/24/25-40-48/ 23-59-52/53 S: (1/2-)23-36/37-45- 59-61	T; R23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R20/21/22: 0,2 % ≤ C < 1 % T; R48/23: C ≥ 1 % Xn; R48/20: 0,2 % ≤ C < 1 %	
602-009-00-0	chloroethane	200-830-5	75-00-3	F+; R12 Carc. Cat. 3; R40 R52-53	F+; Xn R: 12-40-52/53 S: (2-)9-16-33-36/37- 61		
602-010-00-6	1,2-dibromoethane	203-444-5	106-93-4	Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 Xi; R36/37/ 38 N; R51-53	T; N R: 45-23/24/25-36/ 37/38-51/53 S: 53-45-61	T; R23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R20/21/22: 0,1 % ≤ C < 1 %	E
602-011-00-1	1,1-dichloroethane	200-863-5	75-34-3	F; R11 Xn; R22 Xi; R36/37 R52-53	F; Xn R: 11-22-36/37-52/ 53 S: (2-)16-23-61	Xn; R22: C ≥ 12,5 %	
602-012-00-7	1,2-dichloroethane; ethylene dichloride	203-458-1	107-06-2	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 Xi; R36/37/ 38	F; T R: 45-11-22-36/37/ 38 S: 53-45		E
602-013-00-2	1,1,1-trichloroethane; methyl chloroform	200-756-3	71-55-6	Xn; R20 N; R59	Xn; N R: 20-59 S: (2-)24/25-59-61		F
602-014-00-8	1,1,2-trichloroethane	201-166-9	79-00-5	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/21/ 22 R66	Xn R: 20/21/22-40-66 S: (2-)9-36/37-46	Xn; R20/21/22: C ≥ 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-015-00-3	1,1,2,2-tetrachloroethane	201-197-8	79-34-5	T+; R26/27 N; R51-53	T+; N R: 26/27-51/53 S: (1/2-)38-45-61		
602-016-00-9	1,1,2,2-tetrabromoethane	201-191-5	79-27-6	T+; R26 Xi; R36 R52-53	T+ R: 26-36-52/53 S: (1/2-)24-27-45-61		
602-017-00-4	pentachloroethane	200-925-1	76-01-7	Carc. Cat. 3; R40 T; R48/23 N; R51-53	T; N R: 40-48/23-51/53 S: (1/2-)23-36/37-45-61	T; R48/23: C ≥ 1 % Xn; R48/20: 0,2 % ≤ C < 1 %	
602-018-00-X	1-chloropropane; [1] 2-chloropropane [2]	208-749-7 [1] 200-858-8 [2]	540-54-5 [1] 75-29-6 [2]	F; R11 Xn; R20/21/ 22	F; Xn R: 11-20/21/22 S: (2-)9-29		C
602-019-00-5	1-bromopropane; n-propyl bromide	203-445-0	106-94-5	F; R11 Repr. Cat. 2; R60 Repr. Cat. 3; R63 Xn; R48/20 Xi; R36/37/ 38 R67	F; T R: 60-11-36/37/38-48/20-63-67 S: 53-45		E
602-020-00-0	1,2-dichloropropane; propylene dichloride	201-152-2	78-87-5	F; R11 Xn; R20/22	F; Xn R: 11-20/22 S: (2-)16-24		
602-021-00-6	1,2-dibromo-3-chloropropane	202-479-3	96-12-8	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 1; R60 T; R25 Xn; R48/20/ 22 R52-53	T R: 45-46-60-25-48/ 20/22-52/53 S: 53-45-61		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-022-00-1	1-chloropentane; [1] 2-chloropentane; [2] 3-chloropentane [3]	208-846-4 [1] 210-885-7 [2] 210-467-4 [3]	543-59-9 [1] 625-29-6 [2] 616-20-6 [3]	F; R11 Xn; R20/21/ 22	F; Xn R: 11-20/21/22 S: (2-)9-29		C
602-023-00-7	vinyl chloride; chloroethylene	200-831-0	75-01-4	F+; R12 Carc. Cat. 1; R45	F+; T R: 45-12 S: 53-45		D
602-024-00-2	bromoethylene	209-800-6	593-60-2	F+; R12 Carc. Cat. 2; R45	F+; T R: 45-12 S: 53-45		
602-025-00-8	1,1-dichloroethylene; vinylidene chloride	200-864-0	75-35-4	F+; R12 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20	F+; Xn R: 12-20-40 S: (2-)7-16-29-36/37- 46	Xn; R20: C ≥ 12,5 %	D
602-026-00-3	1,2-dichloroethylene; [1] <i>cis</i> -dichloroethylene; [2] <i>trans</i> -dichloroethylene [3]	208-750-2 [1] 205-859-7 [2] 205-860-2 [3]	540-59-0 [1] 156-59-2 [2] 156-60-5 [3]	F; R11 Xn; R20 R52-53	F; Xn R: 11-20-52/53 S: (2-)7-16-29-61	Xn; R20: C ≥ 12,5 %	C
602-027-00-9	trichloroethylene; trichloroethene	201-167-4	79-01-6	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 R67 Xi; R36/38 R52-53	T R: 45-36/38-52/53- 67 S: 53-45-61		
602-028-00-4	tetrachloroethylene	204-825-9	127-18-4	Carc. Cat. 3; R40 N; R51-53	Xn; N R: 40-51/53 S: (2-)23-36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-029-00-X	3-chloropropene; allyl chloride	203-457-6	107-05-1	F; R11 Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/21/ 22-48/20 Xi; R36/37/ 38 N; R50	F; Xn; N R: 11-20/21/22-36/ 37/38-40-48/20-68- 50 S: (2-)16-25-26-36/ 37-46-61		D
602-030-00-5	1,3-dichloropropene; [1] (Z)-1,3-dichloropropene [2]	208-826-5 [1] 233-195-8 [2]	542-75-6 [1] 10061-01-5 [2]	R10 T; R25 Xn; R20/21 Xi; R36/37/ 38 R43 N; R50-53	T; N R: 10-20/21-25-36/ 37/38-43-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		DC
602-031-00-0	1,1-dichloropropene	209-253-3	563-58-6	F; R11 T; R25 R52-53	F; T R: 11-25-52/53 S: (1/2-)16-29-33-45- 61		
602-032-00-6	3-chloro-2-methylpropene	209-251-2	563-47-3	F; R11 Xn; R20/22 C; R34 R43 N; R51-53	F; C; N R: 11-20/22-34-43- 51/53 S: (2-)9-16-26-29-36/ 37/39-45-61		
602-033-00-1	chlorobenzene	203-628-5	108-90-7	R10 Xn; R20 N; R51-53	Xn; N R: 10-20-51/53 S: (2-)24/25-61	Xn; R20: C ≥ 5 %	
602-034-00-7	1,2-dichlorobenzene; o-dichlorobenzene	202-425-9	95-50-1	Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/37/38-50/ 53 S: (2-)23-60-61	Xn; R22: C ≥ 5 %	
602-035-00-2	1,4-dichlorobenzene; p-dichlorobenzene	203-400-5	106-46-7	Carc. Cat. 3; R40 Xi; R36 N; R50-53	Xn; N R: 36-40-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-036-00-8	chloroprene (stabilised); 2-chlorobuta-1,3-diene (stabilised)	204-818-0	126-99-8	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 Xn; R20/22-48/20 Xi; R36/37/38	F; T R: 45-11-20/22-36/37/38-48/20 S: 53-45		D E
602-037-00-3	$\alpha$ -chlorotoluene; benzyl chloride	202-853-6	100-44-7	Carc. Cat. 2; R45 T; R23 Xn; R22-48/22 Xi; R37/38-41	T R: 45-22-23-37/38-41-48/22 S: 53-45		E
602-038-00-9	$\alpha, \alpha, \alpha$ -trichlorotoluene; benzotrichloride	202-634-5	98-07-7	Carc. Cat. 2; R45 T; R23 Xn; R22 Xi; R37/38-41	T R: 45-22-23-37/38-41 S: 53-45		E
602-039-00-4	polychlorobiphenyls; PCB	215-648-1	1336-36-3	R33 N; R50-53	N R: 33-50/53 S: (2-)-60-61	R33: C $\geq$ 0,005 %	C
602-040-00-X	2-chlorotoluene; [1] 3-chlorotoluene; [2] 4-chlorotoluene; [3] chlorotoluene [4]	202-424-3 [1] 203-580-5 [2] 203-397-0 [3] 246-698-2 [4]	95-49-8 [1] 108-41-8 [2] 106-43-4 [3] 25168-05-2 [4]	Xn; R20 N; R51-53	Xn; N R: 20-51/53 S: (2-)24/25-61		C
602-041-00-5	pentachloronaphthalene	215-320-8	1321-64-8	Xn; R21/22 Xi; R36/38 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-36/38-50/53 S: (2-)-60-61		C
602-042-00-0	1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexanes with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. Cat. 3; R40 T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-40-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45-60-61		A C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-043-00-6	lindane (ISO) γ-HCH or γ-BHC; γ-1,2,3,4,5,6-hexachlorocyclohexane;	200-401-2	58-89-9	T; R25 Xn; R20/21-48/22 R64 N; R50-53	T; N R: 20/21-25-48/22-64-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
602-044-00-1	camphechlor (ISO) toxaphene;	232-283-3	8001-35-2	Carc. Cat. 3; R40 T; R25 Xn; R21 Xi; R37/38 N; R50-53	T; N R: 21-25-37/38-40-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
602-045-00-7	DDT (ISO); clofenotane (INN); dicophane; 1,1,1-trichloro-2,2-bis(4-chlorophenyl)ethane; dichlorodiphenyltrichloroethane	200-024-3	50-29-3	T; R25-48/25 Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	T; N R: 25-40-48/25-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45-60-61		
602-046-00-2	heptachlor (ISO); 1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindene	200-962-3	76-44-8	T; R24/25 Carc. Cat. 3; R40 R33 N; R50-53	T; N R: 24/25-33-40-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
602-047-00-8	chlordan (ISO); 1,2,4,5,6,7,8,8-octachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methanoindan	200-349-0	57-74-9	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
602-048-00-3	aldrin (ISO)	206-215-8	309-00-2	T; R24/25-48/24/25 Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	T; N R: 24/25-40-48/24/25-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45-60-61		
602-049-00-9	dieldrin (ISO)	200-484-5	60-57-1	T+; R27 T; R25-48/25 Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	T+; N R: 25-27-40-48/25-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-050-00-4	(1 $\alpha$ ,4 $\alpha$ ,4 $\alpha\beta$ ,5 $\beta$ ,8 $\beta$ ,8 $\alpha\beta$ )-1,2,3,4,10,10-hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4:5,8-dimethanonaphthalene; isodrin	207-366-2	465-73-6	T+; R26/27/28 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-50/53 S: (1/2-)13-28-45-60-61		
602-051-00-X	endrin (ISO); 1,2,3,4,10,10-hexachloro-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octa-hydro-1,4:5,8-dimethanonaphthalene	200-775-7	72-20-8	T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 24-28-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45-60-61		
602-052-00-5	endosulfan (ISO); 1,2,3,4,7,7-hexachloro-8,9,10-trinorborn-2-en-5,6-ylenedi-methyl sulphite	204-079-4	115-29-7	T; R24/25 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 24/25-36-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
602-053-00-0	isobenzan (ISO); 1,3,4,5,6,7,8,8-octachloro-1,3,3a,4,7,7a-hexahydro-4,7-methanoisobenzofuran	206-045-4	297-78-9	T+; R27/28 N; R50	T+; N R: 27/28-50 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
602-054-00-6	3-iodpropene; allyl iodide	209-130-4	556-56-9	R10 C; R34	C R: 10-34 S: (1/2-)7-26-45		
602-055-00-1	bromoethane; ethyl bromide	200-825-8	74-96-4	F; R11 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/22	F; Xn R: 11-20/22-40 S: (2-)36/37		
602-056-00-7	$\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluorotoluene; benzotrifluoride	202-635-0	98-08-8	F; R11 N; R51-53	F; N R: 11-51/53 S: (2-)16-23-61		
602-057-00-2	$\alpha$ -bromotoluene; benzyl bromide	202-847-3	100-39-0	Xi; R36/37/ 38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)39		
602-058-00-8	$\alpha$ , $\alpha$ -dichlorotoluene; benzylidene chloride; benzal chloride	202-709-2	98-87-3	Carc. Cat. 3; R40 T; R23 Xn; R22 Xi; R37/38- 41	T R: 22-23-37/38-40- 41 S: (1/2-)36/37-38-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-059-00-3	1-chlorobutane; butyl chloride	203-696-6	109-69-3	F; R11	F R: 11 S: (2-)9-16-29		
602-060-00-9	bromobenzene	203-623-8	108-86-1	R10 Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 10-38-51/53 S: (2-)61		
602-061-00-4	hexafluoropropene; hexafluoropropylene	204-127-4	116-15-4	Xn; R20 Xi; R37	Xn R: 20-37 S: (2-)41		
602-062-00-X	1,2,3-trichloropropane	202-486-1	96-18-4	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 2; R60 Xn; R20/21/ 22	T R: 45-60-20/21/22 S: 53-45	E D	
602-063-00-5	heptachlor epoxide; 2,3-epoxy-1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7a-tetrahydro- 4,7-methanoindane	213-831-0	1024-57-3	T; R25 Carc. Cat. 3; R40 R33 N; R50-53	T; N R: 25-33-40-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		
602-064-00-0	1,3-dichloro-2-propanol	202-491-9	96-23-1	Carc. Cat. 2; R45 T; R25 Xn; R21	T R: 45-21-25 S: 53-45		E
602-065-00-6	hexachlorobenzene	204-273-9	118-74-1	Carc. Cat. 2; R45 T; R48/25 N; R50-53	T; N R: 45-48/25-50/53 S: 53-45-60-61		E
602-066-00-1	tetrachloro-p-benzoquinone	204-274-4	118-75-2	Xi; R36/38 N; R50-53	Xi; N R: 36/38-50/53 S: (2-)37-60-61		
602-067-00-7	1,3-dichlorobenzene	208-792-1	541-73-1	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-068-00-2	ethylene bis(trichloroacetate)	219-732-9	2514-53-6	Xi; R38	Xi R: 38 S: (2-)		
602-069-00-8	dichloroacetylene	—	7572-29-4	E; R2 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R48/20	E; Xn R: 2-40-48/20 S: (2-)36/37		
602-070-00-3	3-chloro-4,5,α, α,α-pentafluorotoluene	401-930-3	77227-99-7	R10 Xn; R20/22 N; R50-58	Xn; N R: 10-20/22-50-58 S: (2-)51-60-61		
602-071-00-9	bromobenzylbromotoluene, reaction mass of isomers	402-210-1	99688-47-8	Xn; R48/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 43-48/22-50/53 S: (2-)24-37-41-60-61		
602-072-00-4	dichloro [(dichlorophenyl)methyl]methylbenzene, reaction mass of isomers; (dichlorophenyl)(dichlorotolyl)methane, reaction mass of isomers (IUPAC)	278-404-3	76253-60-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
602-073-00-X	1,4-dichlorobut-2-ene	212-121-8	764-41-0	Carc. Cat. 2; R45 T+; R26 T; R24/25 C; R34 N; R50-53	T+; N R: 45-24/25-26-34-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 % C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	E
602-074-00-5	pentachlorobenzene	210-172-0	608-93-5	F; R11 Xn; R22 N; R50-53	F; Xn; N R: 11-22-50/53 S: (2-)41-46-50-60-61		
602-075-00-0	4,4,5,5-tetrachloro-1,3-dioxolan-2-one	404-060-2	22432-68-4	T+; R26 Xn; R22 C; R34	T+ R: 22-26-34 S: (1/2-)9-26-28-36/37/39-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-076-00-6	2,3,4-trichlorobut-1-ene	219-397-9	2431-50-7	Carc. Cat. 3; R40 T; R23 Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	T; N R: 22-23-36/37/38- 40-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61	Carc. Cat. 3; R40: C ≥ 0,1 %	
602-077-00-1	dodecachloropentacyclo[5.2.1.0 <sup>2,6</sup> .0 <sup>3,9</sup> .0 <sup>5,8</sup> ]decane; mirex	219-196-6	2385-85-5	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R62-63 R64 Xn; R21/22 N; R50/53	Xn; N R: 21/22-40-50/53- 62-63-64 S: (2-)13-36/37-46- 60-61		
602-078-00-7	hexachlorocyclopentadiene	201-029-3	77-47-4	T+; R26 T; R24 Xn; R22 C; R34 N; R50-53	T+; N R: 22-24-26-34-50/ 53 S: (1/2-)25-39-45-53- 60-61		
602-079-00-2	2,3-dichloropropene; 2,3-dichloropropylene	201-153-8	78-88-6	F; R11 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/21/ 22 Xi; R37/38- 41 R52-53	F; Xn R: 11-20/21/22-37/ 38-41-52/53-68 S: (2-)9-16-23-26-36/ 37/39-61		
602-080-00-8	alkanes, C <sub>10-13</sub> , chloro	287-476-5	85535-84-8	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)24-36/37-60-61		
602-081-00-3	2-chloro-4,5-difluorobenzoic acid	405-380-5	—	Xn; R21/22 Xi; R41 R43	Xn R: 21/22-41-43 S: (2-)26-36/37/39		
602-082-00-9	2,2,6,6-tetrakis(bromomethyl)-4-oxaheptane-1,7-diol	408-020-5	109678-33-3	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-41- 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-083-00-4	diphenyl ether, pentabromo derivative pentabromodiphenyl ether	251-084-2	32534-81-9	Xn; R48/21/22 R64 N; R50-53	Xn; N R: 48/21/22-50/53-64 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
602-084-00-X	1,1-dichloro-1-fluoroethane	404-080-1	1717-00-6	R52-53 N; R59	N R: 52/53-59 S: 59-61		
602-085-00-5	2-bromopropane	200-855-1	75-26-3	F; R11 Repr. Cat. 1; R60 Xn; R48/20 R66	F; T R: 60-11-48/20-66 S: 53-45		E
602-086-00-0	trifluoriodomethane; trifluoromethyl iodide	219-014-5	2314-97-8	Muta. Cat. 3; R68	Xn R: 68 S: (2-)36/37		
602-087-00-6	1,2,4-trichlorobenzene	204-428-0	120-82-1	Xn; R22 Xi; R38 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-50/53 S: (2-)23-37/39-60-61		
602-088-00-1	2,3-dibromopropan-1-ol; 2,3-dibromo-1-propanol	202-480-9	96-13-9	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 3; R62 T; R24 Xn; R20/22 R52-53	T R: 45-20/22-24-52/ 53-62 S: 53-45-61		E
602-089-00-7	4-bromo-2-chlorofluorobenzene	405-580-2	60811-21-4	Xn; R22 Xi; R38 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-50/53 S: (2-)26-36/37-60-61		
602-090-00-2	1-allyl-3-chloro-4-fluorobenzene	406-630-6	121626-73-1	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)23-37-61		
602-091-00-8	1,3-dichloro-4-fluorobenzene	406-160-1	1435-48-9	Xn; R22-48/ 20/22 Xi; R38 N; R51-53	Xn; N R: 22-38-48/20/22- 51/53 S: (2-)36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
602-092-00-3	1-bromo-3,4,5-trifluorobenzene	418-480-9	138526-69-9	R10 Carc. Cat. 3; R40 Xi; R38-41 N; R51-53	Xn; N R: 10-38-40-41-51/ 53 S: (2-)23-26-36/37/ 39-61		
602-093-00-9	$\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ , 4-tetrachlorotoluene; <i>p</i> -chlorobenzotrithloride	226-009-1	5216-25-1	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 3; R62 T; R48/23 Xn; R21/22 Xi; R37/38	T R: 45-21/22-37/38- 48/23-62 S: 53-45		E
602-094-00-4	diphenylether; octabromo derivate	251-087-9	32536-52-0	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62	T R: 61-62 S: 53-45		
602-096-00-5	malachite green hydrochloride; [1] malachite green oxalate [2]	209-322-8 [1] 219-441-7 [2]	569-64-2 [1] 2437-29-8 [2]	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 22-41-63-50/53 S: (2-)26-36/37-39- 46-60-61		
602-097-00-0	1-bromo-9-(4,4,5,5,5-pentafluoropentylthio)nonane	422-850-5	148757-89-5	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
603-001-00-X	methanol	200-659-6	67-56-1	F; R11 T; R23/24/ 25-39/23/ 24/25	F; T R: 11-23/24/25-39/ 23/24/25 S: (1/2-)7-16-36/37- 45	T; R23/24/25: C $\geq$ 20 % Xn; R20/21/22: 3 % $\leq$ C < 20 % T; R39/23/24/25: C $\geq$ 10 % Xn; R68/20/21/22: 3 % $\leq$ C < 10 %	
603-002-00-5	ethanol; ethyl alcohol	200-578-6	64-17-5	F; R11	F R: 11 S: (2-)7-16		
603-003-00-0	propan-1-ol; <i>n</i> -propanol	200-746-9	71-23-8	F; R11 Xi; R41 R67	F; Xi R: 11-41-67 S: (2-)7-16-24-26-39		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-004-00-6	butan-1-ol; <i>n</i> -butanol	200-751-6	71-36-3	R10 Xn; R22 Xi; R37/38-41 R67	Xn R: 10-22-37/38-41-67 S: (2-)7/9-13-26-37/39-46		
603-005-00-1	2-methylpropan-2-ol; <i>tert</i> -butyl alcohol	200-889-7	75-65-0	F; R11 Xn; R20	F; Xn R: 11-20 S: (2-)9-16		
603-006-00-7	pentanol isomers, with the exception fo those specified elsewhere in this Annex	250-378-8		R10 Xn; R20 Xi; R37 R66	Xn R: 10-20-37-66 S: (2-)46		C
603-007-00-2	2-methylbutan-2-ol; <i>tert</i> -pentanol	200-908-9	75-85-4	F; R11 Xn; R20 Xi; R37/38	F; Xn R: 11-20-37/38 S: (2-)46		
603-008-00-8	4-methylpentan-2-ol; methyl isobutyl carbinol	203-551-7	108-11-2	R10 Xi; R37	Xi R: 10-37 S: (2-)24/25	Xi; R37: C ≥ 25 %	
603-009-00-3	cyclohexanol	203-630-6	108-93-0	Xn; R20/22 Xi; R37/38	Xn R: 20/22-37/38 S: (2-)24/25		
603-010-00-9	2-methylcyclohexanol, mixed isomers; [1] <i>cis</i> -2-methylcyclohexanol; [2] <i>trans</i> -2-methylcyclohexanol [3]	209-512-0 [1] 231-187-9 [2] 231-186-3 [3]	583-59-5 [1] 7443-70-1 [2] 7443-52-9 [3]	Xn; R20	Xn R: 20 S: (2-)24/25		C
603-011-00-4	2-methoxyethanol; ethylene glycol monomethyl ether	203-713-7	109-86-4	R10 Repr. Cat. 2; R60-61 Xn; R20/21/22	T R: 60-61-10-20/21/22 S: 53-45		E
603-012-00-X	2-ethoxyethanol; ethylene glycol monoethyl ether	203-804-1	110-80-5	R10 Repr. Cat. 2; R60-61 Xn; R20/21/22	T R: 60-61-10-20/21/22 S: 53-45		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-013-00-5	2-isopropoxyethanol; ethylene glycol monoisopropyl ether	203-685-6	109-59-1	Xn; R20/21 Xi; R36	Xn R: 20/21-36 S: (2-)24/25		
603-014-00-0	2-butoxyethanol; ethylene glycol monobutyl ether; butyl cellosolve	203-905-0	111-76-2	Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/38	Xn R: 20/21/22-36/38 S: (2-)36/37-46		
603-015-00-6	allyl alcohol	203-470-7	107-18-6	R10 T; R23/24/25 Xi; R36/37/ 38 N; R50	T; N R: 10-23/24/25-36/ 37/38-50 S: (1/2-)36/37/39-38- 45-61		
603-016-00-1	4-hydroxy-4-methylpentan-2-one; diacetone alcohol	204-626-7	123-42-2	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)24/25	Xi; R36: C ≥ 10 %	
603-018-00-2	furfuryl alcohol	202-626-1	98-00-0	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)	Xn; R20/21/22: C ≥ 5 %	
603-019-00-8	dimethyl ether	204-065-8	115-10-6	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		
603-020-00-3	ethyl methyl ether	—	540-67-0	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		
603-021-00-9	methyl vinyl ether	203-475-4	107-25-5	F+; R12	F+ R: 12 S: (2-)9-16-33		D
603-022-00-4	diethyl ether; ether	200-467-2	60-29-7	F+; R12 R19 Xn; R22 R66 R67	F+; Xn R: 12-19-22-66-67 S: (2-)9-16-29-33		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-023-00-X	ethylene oxide; oxirane	200-849-9	75-21-8	F+; R12 ⊗ Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 T; R23 Xi; R36/37/ 38	F+; T R: 45-46-12-23-36/ 37/38 S: 53-45		E
603-024-00-5	1,4-dioxane	204-661-8	123-91-1	F; R11-19 Carc. Cat. 3; R40 Xi; R36/37 R66	F; Xn R: 11-19-36/37-40- 66 S: (2-)9-16-36/37-46		D
603-025-00-0	tetrahydrofuran	203-726-8	109-99-9	F; R11-19 Xi; R36/37	F; Xi R: 11-19-36/37 S: (2-)16-29-33	Xi; R36/37: C ≥ 25 %	
603-026-00-6	1-chloro-2,3-epoxypropane; epichlorhydrin	203-439-8	106-89-8	R10 Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 C; R34 R43	T R: 45-10-23/24/25- 34-43 S: 53-45	T; R23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R20/21/22: 0,1 % ≤ C < 1 %	E
603-027-00-1	ethanediol; ethylene glycol	203-473-3	107-21-1	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
603-028-00-7	2-chloroethanol; ethylene chlorohydrin	203-459-7	107-07-3	T+; R26/27/ 28	T+ R: 26/27/28 S: (1/2-)7/9-28-45		
603-029-00-2	bis(2-chloroethyl) ether	203-870-1	111-44-4	R10 ⊗ Carc. Cat. 3; R40 T+; R26/27/ 28	T+ R: 10-26/27/28-40 S: (1/2-)7/9-27-28- 36/37-45		
603-030-00-8	2-aminoethanol; ethanolamine	205-483-3	141-43-5	Xn; R20/21/ 22 C; R34	C R: 20/21/22-34 S: (1/2-)26-36/37/39- 45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-031-00-3	1,2-dimethoxyethane; ethylene glycol dimethyl ether; EGDME	203-794-9	110-71-4	F; R11 R19 Repr. Cat. 2; R60 Repr. Cat. 2; R61 Xn; R20	F; T R: 60-61-11-19-20 S: 53-45		E
603-032-00-9	ethylene dinitrate; ethylene glycol dinitrate	211-063-0	628-96-6	E; R2 ⊗ T+; R26/27/ 28 R33	E; T+ R: 2-26/27/28-33 S: (1/2-)33-35-36/37- 45		
603-033-00-4	oxydiethylene dinitrate; diethylene glycol dinitrate; digol dinitrate	211-745-8	693-21-0	E; R3 T+; R26/27/ 28 R33 R52-53	E; T+ R: 3-26/27/28-33-52/ 53 S: (1/2-)33-35-36/37- 45-61		
603-034-00-X	glycerol trinitrate; nitroglycerine	200-240-8	55-63-0	E; R3 T+; R26/27/ 28 R33 N; R51-53	E; T+; N R: 3-26/27/28-33-51/ 53 S: (1/2-)33-35-36/37- 45-61		
603-035-00-5	pentaerythritol tetranitrate; P.E.T.N.	201-084-3	78-11-5	E; R3	E R: 3 S: (2-)35		
603-036-00-0	mannitol hexanitrate; nitromannite	239-924-6	15825-70-4	E; R3	E R: 3 S: (2-)35		
603-037-00-6	cellulose nitrate; nitrocellulose, containing more than 12,6 % nitrogen	—	—	E; R3 ⊗ R1	E R: 1-3 S: (2-)35		
603-037-01-3	cellulose nitrate; nitrocellulose, containing a maximum of 12,6 % nitrogen	—	—	F; R11 ⊗	F R: 11 S: (2-)16-33-37/39		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-038-00-1	allyl glycidyl ether; allyl 2,3-epoxypropyl ether; prop-2-en-1-yl 2,3-epoxypropyl ether	203-442-4	106-92-3	R10 Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22 Xi; R37/38-41 R43 R52-53	Xn R: 10-20/22-37/38-40-41-43-52/53-62-68 S: (2-)24/25-26-36/37/39-61		
603-039-00-7	butyl glycidyl ether; butyl 2,3-epoxypropyl ether	219-376-4	2426-08-6	R10 Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/22 Xi; R37 R43 R52-53	Xn R: 10-20/22-37-40-43-52/53-68 S: (2-)24/25-36/37-61		
603-040-00-2	sodium methanolate; sodium methoxide; [1] potassium methanolate; potassium methoxide; [2] lithium methanolate; lithium methoxide [3]	204-699-5 [1] 212-736-1 [2] 212-737-7 [3]	124-41-4 [1] 865-33-8 [2] 865-34-9 [3]	F; R11 C; R34 R14	F; C R: 11-14-34 S: (1/2-)8-16-26-43-45		
603-041-00-8	potassium ethanolate; potassium ethoxide; [1] sodium ethanolate; sodium ethoxide [2]	213-029-0 [1] 205-487-5 [2]	917-58-8 [1] 141-52-6 [2]	F; R11 C; R34 R14	F; C R: 11-14-34 S: (1/2-)8-16-26-43-45		
603-042-00-3	aluminium-tri-isopropoxide	209-090-8	555-31-7	F; R11	F R: 11 S: (2-)8-16		
603-043-00-9	triarimol (ISO); 2,4-dichloro- $\alpha$ -(pyrimidin-5-yl) benzhydryl alcohol	—	26766-27-8	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-044-00-4	dicofol (ISO); 2,2,2-tricloro-1,1-bis(4-chlorophenyl)ethanol	204-082-0	115-32-2	Xn; R21/22 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-38-43-50/ 53 S: (2-)36/37-60-61		
603-045-00-X	diisopropyl ether; [1] dipropyl ether [2]	203-560-6 [1] 203-869-6 [2]	108-20-3 [1] 111-43-3 [2]	F; R11 R19 R66 R67	F R: 11-19-66-67 S: (2-)9-16-29-33		C
603-046-00-5	bis (chloromethyl) ether; oxybis(chloromethane)	208-832-8	542-88-1	R10 ⊗ Carc. Cat. 1; R45 T+; R26 T; R24 Xn; R22	T+ R: 45-10-22-24-26 S: 53-45	Carc. Cat. 1; R45: C ≥ 0,001 %	E
603-047-00-0	2-dimethylaminoethanol; N,N-dimethylethanolamine	203-542-8	108-01-0	R10 Xn; R20/21/ 22 C; R34	C R: 10-20/21/22-34 S: (1/2-)25-26-36/37/ 39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
603-048-00-6	2-diethylaminoethanol; N,N-diethylethanolamine	202-845-2	100-37-8	R10 Xn; R20/21/ 22 C; R34	C R: 10-20/21/22-34 S: (1/2-)25-26-36/37/ 39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
603-049-00-1	chlorfenethol (ISO); 1,1-bis (4-chlorophenyl) ethanol	201-246-3	80-06-8	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)36-61		
603-050-00-7	1-(2-Butoxypropoxy)propan-2-ol	246-011-6	24083-03-2	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)		
603-051-00-2	2-ethylbutan-1-ol	202-621-4	97-95-0	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)		
603-052-00-8	3-butoxypropan-2-ol; propylene glycol monobutyl ether	225-878-4	5131-66-8	Xi; R36/38	Xi R: 36/38 S: (2-)		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-053-00-3	2-methylpentane-2,4-diol	203-489-0	107-41-5	Xi; R36/38	Xi R: 36/38 S: (2-)	Xi; R36/38: C ≥ 10 %	
603-054-00-9	di- <i>n</i> -butyl ether; dibutyl ether	205-575-3	142-96-1	R10 Xi; R36/37/ 38 R52-53	Xi R: 10-36/37/38-52/ 53 S: (2-)61	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	
603-055-00-4	propylene oxide; 1,2-epoxypropane; methyloxirane	200-879-2	75-56-9	F+; R12 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/37/ 38	F+; T R: 45-46-12-20/21/ 22-36/37/38 S: 53-45	E	
603-056-00-X	[( <i>p</i> -tolyloxy)methyl]oxirane; [1] [( <i>m</i> -tolyloxy)methyl]oxirane; [2] 2,3-epoxypropyl <i>o</i> -tolyl ether; [3] [(tolyloxy)methyl]oxirane; cresyl glycidyl ether [4]	218-574-8 [1] 218-575-3 [2] 218-645-3 [3] 247-711-4 [4]	2186-24-5 [1] 2186-25-6 [2] 2210-79-9 [3] 26447-14-3 [4]	Muta. Cat. 3; R68 Xi; R38 R43 N; R51-53	Xn; N R: 38-43-51/53-68 S: (2-)36/37-61	C	
603-057-00-5	benzyl alcohol	202-859-9	100-51-6	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)26		
603-058-00-0	1,3-propylene oxide	207-964-3	503-30-0	F; R11 Xn; R20/21/ 22	F; Xn R: 11-20/21/22 S: (2-)9-16-26-29		
603-059-00-6	hexan-1-ol	203-852-3	111-27-3	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24/25		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-060-00-1	2,2'-bioxirane; 1,2:3,4-diepoxybutane	215-979-1	1464-53-5	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 T+; R26 T; R24/25 C; R34	T+ R: 45-46-24/25-26-34 S: 53-45		E
603-061-00-7	tetrahydro-2-furylmethanol; tetrahydrofurfuryl alcohol	202-625-6	97-99-4	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)39	Xi; R36: C ≥ 10 %	
603-062-00-2	tetrahydrofuran-2,5-dioldimethanol	203-239-0	104-80-3	Xi; R36/37/ 38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)39	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	
603-063-00-8	2,3-epoxypropan-1-ol; glycidol; oxiranemethanol	209-128-3	556-52-5	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R60 T; R23 Xn; R21/22 Xi; R36/37/ 38	T R: 45-60-21/22-23-36/37/38-68 S: 53-45		E
603-064-00-3	1-methoxy-2-propanol; monopropylene glycol methyl ether	203-539-1	107-98-2	R10	R: 10 S: (2-)24		
603-065-00-9	resorcinol diglycidyl ether; 1,3-bis(2,3-epoxypropoxy)benzene	202-987-5	101-90-6	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R21/22 Xi; R36/38 R43 R52-53	Xn R: 21/22-36/38-40-43-52/53-68 S: (2-)23-36/37-61		
603-066-00-4	1,2-epoxy-4-epoxyethylcyclohexane; vinylcyclohexane diepoxide	203-437-7	106-87-6	T; R23/24/25 Xn; R68	T R: 23/24/25-68 S: (1/2-)23-24-45	T; R23/24/25: C ≥ 1 %; Xn; R20/21/22: 0,1 % ≤ C < 1 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-067-00-X	phenyl glycidyl ether; 2,3-epoxypropyl phenyl ether; 1,2-epoxy-3-phenoxypropane	204-557-2	122-60-1	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20 Xi; R37/38 R43 R52-53	T R: 45-20-37/38-43- 68-52/53 S: 53-45-61		E
603-068-00-5	2,3-epoxypropyl-2-ethylcyclohexyl ether; ethylcyclohexylglycidyl ether	—	130014-35-6	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)26-28-37/39		
603-069-00-0	2,4,6-tris(dimethylaminomethyl)phenol	202-013-9	90-72-2	Xn; R22 Xi; R36/38	Xn R: 22-36/38 S: (2-)26-28		
603-070-00-6	2-amino-2-methylpropanol	204-709-8	124-68-5	Xi; R36/38 R52-53	Xi R: 36/38-52/53 S: (2-)61	Xi; R36/38: C ≥ 10 %	
603-071-00-1	2,2'-iminodiethanol; diethanolamine	203-868-0	111-42-2	Xn; R22-48/ 22 Xi; R38-41	Xn R: 22-38-41-48/22 S: (2-)26-36/37/39-46		
603-072-00-7	1,4-bis(2,3 epoxypropoxy)butane; butanedioldiglycidyl ether	219-371-7	2425-79-8	Xn; R20/21 Xi; R36/38 R43	Xn R: 20/21-36/38-43 S: (2-)26-28-37/39		
603-073-00-2	bis-[4-(2,3-epoxypropoxy)phenyl]propane	216-823-5	1675-54-3	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)28-37/39	Xi; R36/38: C ≥ 5 %	
603-074-00-8	reaction product: bisphenol-A-(epichlorhydrin); epoxy resin (number average molecular weight ≤ 700)	500-033-5	25068-38-6	Xi; R36/38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 36/38-43-51/53 S: (2-)28-37/39-61	Xi; R36/38: C ≥ 5 %	
603-075-00-3	chlormethyl methyl ether; chlorodimethyl ether	203-480-1	107-30-2	F; R11 Carc. Cat. 1; R45 Xn; R20/21/ 22	F; T R: 45-11-20/21/22 S: 53-45		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-076-00-9	but-2-yne-1,4-diol; 2-butyne-1,4-diol	203-788-6	110-65-6	C; R34 T; R23/25 Xn; R21-48/ 22 R43	C; T R: 21-23/25-34-43- 48/22 S: (1/2-)25-26-36/37/ 39-45-46	C; R34: C ≥ 50 % Xi; R36/38: 25 % ≤ C < 50 %	D
603-077-00-4	1-dimethylaminopropan-2-ol; dimepranol (INN)	203-556-4	108-16-7	R10 Xn; R22 C; R34	C R: 10-22-34 S: (1/2-)23-26-36-45		
603-078-00-X	prop-2-yn-1-ol; propargyl alcohol	203-471-2	107-19-7	R10 T; R23/24/25 C; R34 N; R51-53	T; N R: 10-23/24/25-34- 51/53 S: (1/2-)26-28-36-45- 61		
603-079-00-5	2,2'-(methylimino)diethanol; N-methyldiethanolamine	203-312-7	105-59-9	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)24		
603-080-00-0	2-methylaminoethanol; N-methylethanolamine; N-methyl-2-ethanolamine; N-methyl-2-amino ethanol; 2-(methylamino)ethanol	203-710-0	109-83-1	Xn; R21/22 C; R34	C R: 21/22-34 S: (1/2-)26-36/37/39- 45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
603-081-00-6	2,2'-thiodiethanol; thiodiglycol	203-874-3	111-48-8	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)		
603-082-00-1	1-aminopropan-2-ol; isopropanolamine	201-162-7	78-96-6	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)23-26-36-45		
603-083-00-7	1,1'-iminodipropan-2-ol; di-isopropanolamine	203-820-9	110-97-4	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)26		
603-084-00-2	styrene oxide; (epoxyethyl)benzene; phenyloxirane	202-476-7	96-09-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R21 Xi; R36	T R: 45-21-36 S: 53-45		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-085-00-8	bronopol (INN); 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol	200-143-0	52-51-7	Xn; R21/22 Xi; R37/38-41 N; R50	Xn; N R: 21/22-37/38-41-50 S: (2-)26-37/39-61		
603-086-00-3	ethirimol (ISO); 5-butyl-2-ethylamino-6-methylpyrimidin-4-ol	245-949-3	23947-60-6	Xn; R21	Xn R: 21 S: (2-)36/37		
603-087-00-9	2-ethylhexane-1,3-diol; octylene glycol; ethoexadiol	202-377-9	94-96-2	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)25-26-39-46		
603-088-00-4	2-(octylthio)ethanol; 2-hydroxyethyl octyl sulphide	222-598-4	3547-33-9	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26		
603-089-00-X	7,7-dimethyl-3-oxa-6-azaoctan-1-ol	400-390-6	—	C; R35 Xn; R22	C R: 22-35 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45		
603-090-00-5	2-(2-bromoethoxy)anisole	402-010-4	4463-59-6	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-61		
603-091-00-0	<i>exo</i> -1-methyl-4-(1-methylethyl)-7-oxabicyclo[2.2.1]heptan-2-ol	402-470-6	87172-89-2	Xn; R22 Xi; R41	Xn R: 22-41 S: (2-)26-39		
603-092-00-6	2-methyl-4-phenylpentanol	402-770-7	92585-24-5	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
603-093-00-1	cinmethylin (ISO) <i>exo</i> -(±)-1-methyl-2-(2-methylbenzyloxy)-4-isopropyl-7-oxabicyclo(2.2.1)heptane	402-410-9	87818-31-3	Xn; R20 N; R51-53	Xn; N R: 20-51/53 S: (2-)23-61		
603-094-00-7	1,3-bis(2,3-epoxypropoxy)-2,2-dimethylpropane	241-536-7	17557-23-2	Xi; R38 R43	Xi R: 38-43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-095-00-2	2-(propyloxy)ethanol; EGPE	220-548-6	2807-30-9	Xn; R21 Xi; R36	Xn R: 21-36 S: (2-)26-36/37-46		
603-096-00-8	2-(2-butoxyethoxy)ethanol; diethylene glycol monobutyl ether	203-961-6	112-34-5	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)24-26		
603-097-00-3	1,1',1"-nitriolotripropan-2-ol; triisopropanolamine	204-528-4	122-20-3	Xi; R36 R52-53	Xi R: 36-52/53 S: (2-)26-61		
603-098-00-9	2-phenoxyethanol	204-589-7	122-99-6	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)26		
603-099-00-4	3-(N-methyl-N-(4-methylamino-3-nitrophenyl)amino)propane-1,2-diol hydrochloride	403-440-5	93633-79-5	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
603-100-00-8	1,2-dimethoxypropane	404-630-0	7778-85-0	F; R11-19	F R: 11-19 S: (2-)9-16-24/25-33		
603-101-00-3	tetrahydro-2-isobutyl-4-methylpyran-4-ol, mixed isomers ( <i>cis</i> and <i>trans</i> )	405-040-6	—	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)25-26		
603-102-00-9	1,2-epoxybutane	203-438-2	106-88-7	F; R11 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/37/ 38 R52-53	F; Xn R: 11-20/21/22-36/ 37/38-40-52/53 S: (2-)9-16-29-36/37- 61		
603-103-00-4	oxirane, mono[(C <sub>12-14</sub> -alkyloxy)methyl] derivs.	271-846-8	68609-97-2	Xi; R38 R43	Xi R: 38-43 S: (2-)24-37		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-104-00-X	fenarimol (ISO); 2,4'-dichloro- $\alpha$ -(pyrimidin-5-yl)benzhydryl alcohol	262-095-7	60168-88-9	Repr. Cat. 3; R62-63 R64 N; R51-53	Xn; N R: 51/53-62-63-64 S: (2-)36/37-61		
603-105-00-5	furan	203-727-3	110-00-9	F+; R12 R19 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/22- 48/22 Xi; R38 R52-53	F+; T R: 45-12-19-20/22- 38-48/22-68-52/53 S: 53-45-61		E
603-106-00-0	2-methoxypropanol	216-455-5	1589-47-5	R10 Repr. Cat. 2; R61 Xi; R37/38- 41	T R: 61-10-37/38-41 S: 53-45		
603-107-00-6	2-(2-methoxyethoxy)ethanol; diethylene glycol monomethyl ether	203-906-6	111-77-3	Repr. Cat. 3; R63	Xn R: 63 S: (2-)36/37		
603-108-00-1	2-methylpropan-1-ol; iso-butanol	201-148-0	78-83-1	R10 Xi; R37/38- 41 R67	Xi R: 10-37/38-41-67 S: (2-)7/9-13-26-37/ 39-46		
603-117-00-0	propan-2-ol; isopropyl alcohol; isopropanol	200-661-7	67-63-0	F; R11 Xi; R36 R67	F; Xi R: 11-36-67 S: (2-)7-16-24/25-26		
603-118-00-6	6-dimethylaminohexan-1-ol	404-680-3	1862-07-3	Xn; R22 C; R34 R52-53	C R: 22-34-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		
603-119-00-1	1,1'-(1,3-phenylenedioxy)bis(3-(2-(prop-2-enyl)phenoxy)propan-2-ol)	405-840-5	—	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-120-00-7	2-methyl-5-phenylpentanol	405-890-8	25634-93-9	Xi; R36/38	Xi R: 36/38 S: (2-)26-37		
603-121-00-2	4-[4-(1,3-dihydroxyprop-2-yl)phenylamino]-1,8-dihydroxy-5-nitroanthraquinone	406-057-1	114565-66-1	Carc. Cat. 3; R40 R43 R53	Xn R: 40-43-53 S: (2-)36/37-61		
603-122-00-8	sodium 2-ethylhexanolate	406-150-7	38411-13-1	F; R11 C; R34 R52-53	F; C R: 11-34-52/53 S: (1/2-)7-26-36/37/ 39-45-61		
603-123-00-3	4-methyl-8-methylenetricyclo[3.3.1.1 <sup>3,7</sup> ]decan-2-ol	406-330-5	122760-84-3	Xi; R38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-43-51/53 S: (2-)24-37-61		
603-124-00-9	1,4-bis[2-(vinylxy)ethoxy]benzene	406-900-3	84563-49-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
603-125-00-4	2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H-1,2,4-triazol-1-yl)pent-4-en-2-ol	407-850-5	89544-40-1	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)26-39-61		
603-126-00-X	2-((4-methyl-2-nitrophenyl)amino)ethanol	408-090-7	100418-33-5	Xn; R22 R43 R52-53	Xn R: 22-43-52/53 S: (2-)36/37-61		
603-127-00-5	butan-2-ol; [1] (S)-butan-2-ol; [2] (R)-butan-2-ol; [3] (±)-butan-2-ol [4]	201-158-5 [1] 224-168-1 [2] 238-967-8 [3] 240-029-8 [4]	78-92-2 [1] 4221-99-2 [2] 14898-79-4 [3] 15892-23-6 [4]	R10 Xi; R36/37 R67	Xi R: 10-36/37-67 S: (2-)7/9-13-24/25- 26-46		C
603-128-00-0	2-(phenylmethoxy)naphthalene	405-490-3	613-62-7	R53	R: 53 S: 61		
603-129-00-6	1-tert-butoxypropan-2-ol	406-180-0	57018-52-7	R10 Xi; R41	Xi R: 10-41 S: (2-)26-39		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-130-00-1	reaction mass of isomers of: $\alpha$ -((dimethyl)biphenyl)- $\omega$ -hydroxypoly(oxyethylene)	406-325-8	—	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)39-61		
603-131-00-7	reaction mass of: 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxododecyl)amino]-D-glucitol; 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxotetradecyl)amino]-D-glucitol (3:1)	407-290-1	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
603-132-00-2	2-hydroxymethyl-9-methyl-6-(1-methylethyl)-1,4-dioxaspiro [4.5]decane	408-200-3	63187-91-7	Xi; R38-41 R52-53	Xi R: 38-41-52/53 S: (2-)26-37/39-61		
603-133-00-8	reaction mass of: 3-[(4-amino-2-chloro-5-nitrophenyl)amino]-propane-1,2-diol; 3,3'-(2-chloro-5-nitro-1,4-phenylenediimino)bis(propan-1,2-diol)	408-240-1	—	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-36-61		
603-134-00-3	reaction mass of substituted dodecyl and/or tetradecyl, diphenyl ethers. The substance is produced by the Friedel Crafts reaction. The catalyst is removed from the reaction product. Diphenyl ether is substituted by C <sub>1</sub> -C <sub>10</sub> alkyl groups. The alkyl groups are bonded randomly between C <sub>1</sub> and C <sub>6</sub> . Linear C <sub>12</sub> and C <sub>14</sub> , 50/50 used.	410-450-3	—	R53	R: 53 S: 61		
603-135-00-9	bis[[2,2',2''-nitrioltris-[ethanolato]]-1-N,O]-bis[2-(2-methoxyethoxy)ethoxy]-titanium	410-500-4	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
603-136-00-4	3-((4-(bis(2-hydroxyethyl)amino)-2-nitrophenyl)amino)-1-propanol	410-910-3	104226-19-9	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
603-137-00-X	reaction mass of: 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxohexadecyl)amino]-D-glucitol; 1-deoxy-1-[methyl-(1-oxooctadecyl)amino]-D-glucitol	411-130-6	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
603-138-00-5	3-(2,2-dimethyl-3-hydroxypropyl)toluene; (alt.): 2,2-dimethyl-3-(3-methylphenyl)propanol	403-140-4	103694-68-4	R52-53	R: 52/53 S: 61		
603-139-00-0	bis(2-methoxyethyl) ether	203-924-4	111-96-6	R10 R19 Repr. Cat. 2; R60-61	T R: 60-61-10-19 S: 53-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-140-00-6	2,2' -oxybisethanol; diethylene glycol	203-872-2	111-46-6	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)46		
603-141-00-1	reaction mass of: dodecyloxy-1-methyl-1-[oxy-poly-(2-hydroxymethylethanoxy)]pentadecane; dodecyloxy-1-methyl-1-[oxy-poly-(2-hydroxymethylethanoxy)]heptadecane	413-780-6	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
603-142-00-7	2-(2-(2-hydroxyethoxy)ethyl)-2-aza-bicyclo[2.2.1]heptane	407-360-1	116230-20-7	Xn; R21/22-48/20 Xi; R38-41	Xn R: 21/22-38-41-48/20 S: (2-)26-36/37/39		
603-143-00-2	R—2,3-epoxy-1-propanol	404-660-4	57044-25-4	E; R2 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R60 T; R23 Xn; R21/22 C; R34	E; T R: 45-60-2-21/22-23-34-68 S: 53-45		E
603-144-00-8	reaction mass of: 2,6,9-trimethyl-2,5,9-cyclododecatrien-1-ol; 6,9-dimethyl-2-methylen-5,9-cyclododecadien-1-ol	413-530-6	111850-00-1	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
603-145-00-3	2-isopropyl-2-(1-methylbutyl)-1,3-dimethoxypropane	406-970-5	129228-11-1	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)36/37-61		
603-146-00-9	2-[(2-[2-(dimethylamino)ethoxy]ethyl)methylamino]ethanol	406-080-7	83016-70-0	Xn; R22 C; R34 R52-53	C R: 22-34-52/53 S: (1/2-)23-26-36/37/39-45-61		
603-147-00-4	(-)-trans-4-(4'-fluorophenyl)-3-hydroxymethyl-N-methylpiperidine	406-030-4	105812-81-5	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)22-24-26-37/39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-148-00-X	1,4-bis[(vinyloxy)methyl]cyclohexane	413-370-7	17351-75-6	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
603-149-00-5	reaction mass of diastereoisomers of 1-(1-hydroxyethyl)-4-(1-methylethyl)cyclohexane	407-640-3	63767-86-2	Xi; R36/38 N; R51-53	Xi; N R: 36/38-51/53 S: (2-)26-37-61		
603-150-00-0	(±) <i>trans</i> -3,3-dimethyl-5-(2,2,3-trimethyl-cyclopent-3-en-1-yl)-pent-4-en-2-ol	411-580-3	107898-54-4	Xi; R38 N; R50-53	Xi; N R: 38-50/53 S: (2-)24/25-37-60-61		
603-151-00-6	(±)-2-(2,4-dichlorophenyl)-3-(1 <i>H</i> -1,2,4-triazol-1-yl)propan-1-ol	413-570-4	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
603-152-00-1	2-(4- <i>tert</i> -butylphenyl)ethanol	410-020-5	5406-86-0	Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 41-48/22-62-51/ 53 S: (2-)26-36/37/39-61		
603-153-00-7	3-((2-nitro-4-(trifluoromethyl)phenyl)amino)propane-1,2-diol	410-010-0	104333-00-8	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-61		
603-154-00-2	1-[(2- <i>tert</i> -butyl)cyclohexyloxy]-2-butanol	412-300-2	139504-68-0	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
603-155-00-8	Reaction products of 2-(4,6-bis(2,4-dimethylphenyl)-1,3,5-triazin-2-yl)-5-hydroxyphenol with ((C <sub>10-16</sub> , rich in C <sub>12-13</sub> alkyloxy)methyl)oxirane	410-560-1	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
603-156-00-3	2-(2,4-dichlorophenyl)-2-(2-propenyl)oxirane	411-210-0	89544-48-9	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
603-157-00-9	6,9-bis(hexadecyloxymethyl)-4,7-dioxanonane-1,2,9-triol	411-450-6	143747-72-2	R53	R: 53 S: 61		
603-158-00-4	reaction mass of 4 diastereoisomers of 2,7-dimethyl-10-(1-methylethyl)-1-oxaspiro[4.5]deca-3,6-diene	412-460-3	—	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-159-00-X	2-cyclododecylpropan-1-ol	411-410-8	118562-73-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
603-160-00-5	1,2-diethoxypropane	412-180-1	10221-57-5	F; R11 R19	F R: 11-19 S: (2-)9-16-24-33		
603-161-00-0	1,3-diethoxypropane	413-140-6	3459-83-4	R10	R: 10 S: (2-)9-24		
603-162-00-6	$\alpha$ [2-[[[(2-hydroxyethyl)methylamino]acetyl]amino]propyl]- $\omega$ -(nonylphenoxy)poly[oxo(methyl-1,2-ethanediy)]	413-420-8	144736-29-8	C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 34-43-51/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		
603-163-00-1	2-phenyl-1,3-propanediol	411-810-2	1570-95-2	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
603-164-00-7	2-butyl-4-chloro-4,5-dihydro-5-hydroxymethyl-1-[2'-(2-triphenylmethyl-1,2,3,4-2H-tetrazol-5-yl)-1,1'-biphenyl-4-methyl]-1H-imidazole	412-420-5	133909-99-6	R53	R: 53 S: 61		
603-165-00-2	reaction mass of: 4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenol; 4-allyl-6-[3-[6-[3-[6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol; 4-allyl-6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol; 4-allyl-6-[3-[6-[3-(4-allyl-2,6-bis(2,3-epoxypropyl)phenoxy)-2-hydroxypropyl]-4-allyl-2-(2,3-epoxypropyl)phenoxy]-2-hydroxypropyl]-2-(2,3-epoxypropyl)phenol	417-470-1	—	Muta. Cat. 3; R68 R43	Xn R: 43-68 S: (2-)36/37		
603-166-00-8	R-1-chloro-2,3-epoxypropane	424-280-2	51594-55-9	R10 Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 C; R34 R43	T R: 45-10-23/24/25- 34-43 S: 53-45		E
603-167-00-3	3,3',5,5'-tetra-tert-butylbiphenyl-2,2'-diol	407-920-5	6390-69-8	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-168-00-9	3-(2-ethylhexyloxy)propane-1,2-diol	408-080-2	70445-33-9	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
603-169-00-4	(±)- <i>trans</i> -4-(4-fluorophenyl)-3-hydroxymethyl- <i>N</i> -methylpiperidine	415-550-0	109887-53-8	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)22-26-39-61		
603-170-00-X	reaction mass of: 2-methyl-1-(6-methylbicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-yl)pent-1-en-3-ol; 2-methyl-1-(1-methylbicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-yl)-pent-1-en-3-ol; 2-methyl-1-(5-methylbicyclo[2.2.1]hept-5-en-2-yl)pent-1-en-3-ol	415-990-3	67739-11-1	Xi; R36 N; R51-53	Xi; N R: 36-51/53 S: (2-)26-61		
603-171-00-5	5-thiazolylmethanol	414-780-9	38585-74-9	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
603-172-00-0	mono-2-[2-(4-dibenzo[ <i>b,f</i> ][1,4]thiazepin-11-yl)piperazinium-1-yl]ethoxyethanol <i>trans</i> -butenedioate	415-180-1	773058-82-5	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)22-26-39-61		
603-173-00-6	4,4-dimethyl-3,5,8-trioxabicyclo[5.1.0]octane	421-750-9	57280-22-5	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)26-36/37		
603-174-00-1	4-cyclohexyl-2-methyl-2-butanol	420-630-3	83926-73-2	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
603-175-00-7	2-(2-hexyloxyethoxy)ethanol; DEGHE; diethylene glycol monoethyl ether; 3,6-dioxa-1-dodecanol; hexyl carbitol; 3,6-dioxadodecan-1-ol	203-988-3	112-59-4	Xn; R21 Xi; R41	Xn R: 21-41 S: (2-)26-36/37/39-46		
603-176-00-2	1,2-bis(2-methoxyethoxy)ethane; TEGDME; triethylene glycol dimethyl ether; triglyme	203-977-3	112-49-2	R19 Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62	T R: 61-19-62 S: 53-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-177-00-8	1-ethoxypropan-2-ol; 2PG1EE; 1-ethoxy-2-propanol; propylene glycol monoethyl ether; [1] 2-ethoxy-1-methylethyl acetate; 2PG1EEA [2]	216-374-5 [1] 259-370-9 [2]	1569-02-4 [1] 54839-24-6 [2]	R10 R67	R: 10-67 S: (2-)24		
603-178-00-3	2-hexyloxyethanol; ethylene glycol monoethyl ether; n-hexylglycol	203-951-1	112-25-4	Xn; R21/22 C; R34	C R: 21/22-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
603-179-00-9	ergocalciferol (ISO); Vitamin D2	200-014-9	50-14-6	T+; R26 T; R24/25-48/25	T+ R: 24/25-26-48/25 S: (1/2-)28-36/37-45		
603-180-00-4	colecalfiferol; Vitamin D3	200-673-2	67-97-0	T+; R26 T; R24/25-48/25	T+ R: 24/25-26-48/25 S: (1/2-)28-36/37-45		
603-181-00-X	<i>tert</i> -butyl methyl ether; MTBE; 2-methoxy-2-methylpropane	216-653-1	1634-04-4	F; R11 Xi; R38	F; Xi R: 11-38 S: (2-)9-16-24		
603-183-00-0	2-[2-(2-butoxyethoxy)ethoxy]ethanol; TEGBE; triethylene glycol monobutyl ether; butoxytriethylene glycol	205-592-6	143-22-6	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39-46	Xi; R41: C ≥ 30 % Xi; R36: 20 % ≤ C < 30 %	
603-184-00-6	2-(hydroxymethyl)-2-[[2-hydroxy-3-(isooctadecyloxy)propoxy]methyl]-1,3-propanediol	416-380-1	146925-83-9	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
603-185-00-1	2,4-dichloro-3-ethyl-6-nitrophenol	420-740-1	99817-36-4	T; R25 Xi; R41 R43 N; R50-53	T; N R: 25-41-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
603-186-00-7	trans-(5 <i>RS</i> ,6 <i>SR</i> )-6-amino-2,2-dimethyl-1,3-dioxepan-5-ol	419-050-3	79944-37-9	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24/25-26-37		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
603-187-00-2	2-((4,6-bis(4-(2-(1-methylpyridinium-4-yl)vinyl)phenylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)(2-hydroxyethyl)amino)ethanol dichloride	419-360-9	163661-77-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
603-189-00-3	reaction mass of complexes of: titanium, 2,2'-oxydiethanol, ammonium lactate, nitrilotris(2-propanol) and ethylene glycol	405-250-8	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
603-191-00-4	2-(4,6-bis(2,4-dimethylphenyl)-1,3,5-triazin-2-yl)-5-(3-((2-ethylhexyl)oxy)-2-hydroxypropoxy)phenol	419-740-4	137658-79-8	R53	R: 53 S: 61		
603-195-00-6	2-[4-(4-methoxyphenyl)-6-phenyl-1,3,5-triazin-2-yl]-phenol	430-810-3	154825-62-4	R52-53	R: 52/53 S: 61		
603-196-00-1	2-(7-ethyl-1H-indol-3-yl)ethanol	431-020-1	41340-36-7	Xn; 22-48/22 N; R51-53	Xn; N R: 22-48/22-51/53 S: (2-)36/37/39-61		
603-197-00-7	tebuconazole (ISO); 1-(4-chlorophenyl)-4,4-dimethyl-3-(1,2,4-triazol-1-ylmethyl)pentan-3-ol	403-640-2	107534-96-3	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53-63 S: (2-)22-36/37-61		
603-199-00-8	etoxazol (ISO); (RS)-5-tert-butyl-2-[2-(2,6-difluorophenyl)-4,5-dihydro-1,3-oxazol-4-yl]phenetole	—	153233-91-1	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
604-001-00-2	phenol; carbolic acid; monohydroxybenzene; phenylalcohol	203-632-7	108-95-2	Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/25 Xn; R48/20/ 21/22 C; R34	T; R: 23/24/25-34-48/ 20/21/22-68 S: (1/2-)24/25-26-28- 36/37/39-45	T; R23/24/25: C ≥ 10 % Xn; R20/21/22: 3 % ≤ C < 10 % C; R34: C ≥ 3 % Xi; R36/38: 1 % ≤ C < 3 %	
604-002-00-8	pentachlorophenol	201-778-6	87-86-5	Carc. Cat. 3; R40 T+; R26 T; R24/25 Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	T+; N R: 24/25-26-36/37/ 38-40-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45- 52-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-003-00-3	sodium pentachlorophenolate; [1] potassium pentachlorophenolate [2]	205-025-2 [1] 231-911-3 [2]	131-52-2 [1] 7778-73-6 [2]	Carc. Cat. 3; R40 T+; R26 T; R24/25 Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	T+; N R: 24/25-26-36/37/ 38-40-50/53 S: (1/2-)22-28-36/37- 45-52-60-61		
604-004-00-9	<i>m</i> -cresol; [1] <i>o</i> -cresol; [2] <i>p</i> -cresol; [3] mix-cresol [4]	203-577-9 [1] 202-423-8 [2] 203-398-6 [3] 215-293-2 [4]	108-39-4 [1] 95-48-7 [2] 106-44-5 [3] 1319-77-3 [4]	T; R24/25 C; R34	T R: 24/25-34 S: (1/2-)36/37/39-45	T; R24/25: C ≥ 5 % Xn; R21/22: 1 % ≤ C < 5 % C; R34: C ≥ 5 % Xi; R36/38: 1 % ≤ C < 5 %	C
604-005-00-4	1,4-dihydroxybenzene; hydroquinone; quinol	204-617-8	123-31-9	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R50	Xn; N R: 22-40-41-43-50- 68 S: (2-)26-36/37/39-61		
604-006-00-X	3,4-xilenol; [1] 2,5-xilenol; [2] 2,4-xilenol; [3] 2,3-xilenol; [4] 2,6-xilenol; [5] xilenol; [6] 2,4(or 2,5)-xilenol [7]	202-439-5 [1] 202-461-5 [2] 203-321-6 [3] 208-395-3 [4] 209-400-1 [5] 215-089-3 [6] 276-245-4 [7]	95-65-8 [1] 95-87-4 [2] 105-67-9 [3] 526-75-0 [4] 576-26-1 [5] 1300-71-6 [6] 71975-58-1 [7]	T; R24/25 C; R34 N; R51-53	T; N R: 24/25-34-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		C
604-007-00-5	2-naphthol	205-182-7	135-19-3	Xn; R20/22 N; R50	Xn; N R: 20/22-50 S: (2-)24/25-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-008-00-0	2-chlorophenol; [1] 4-chlorophenol; [2] 3-chlorophenol; [3] chlorophenol [4]	202-433-2 [1] 203-402-6 [2] 203-582-6 [3] 246-691-4 [4]	95-57-8 [1] 106-48-9 [2] 108-43-0 [3] 25167-80-0 [4]	Xn; R20/21/22 N; R51-53	Xn; N R: 20/21/22-51/53 S: (2-)28-61		C
604-009-00-6	pyrogallol; 1,2,3-trihydroxybenzene	201-762-9	87-66-1	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/21/22 R52-53	Xn R: 20/21/22-68-52/53 S: (2-)36/37-61	Xn; R20/21/22: C ≥ 10 %	
604-010-00-1	resorcinol; 1,3-benzenediol	203-585-2	108-46-3	Xn; R22 Xi; R36/38 N; R50	Xn; N R: 22-36/38-50 S: (2-)26-61	Xn; R22: C ≥ 10 %	
604-011-00-7	2,4-dichlorophenol	204-429-6	120-83-2	T; R24 Xn; R22 C; R34 N; R51-53	T; N R: 22-24-34-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
604-012-00-2	4-chloro- <i>o</i> -cresol; 4-chloro-2-methyl phenol	216-381-3	1570-64-5	T; R23 C; R35 N; R50	T; C; N R: 23-35-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
604-013-00-8	2,3,4,6-tetrachlorophenol	200-402-8	58-90-2	T; R25 Xi; R36/38 N; R50-53	T; N R: 25-36/38-50/53 S: (1/2-)26-28-37-45-60-61	T; R25: C ≥ 5 % Xn; R22: 0,5 % ≤ C < 5 % Xi; R36/38: C ≥ 5 %	
604-014-00-3	chlorocresol; 4-chloro- <i>m</i> -cresol; 4-chloro-3-methylphenol	200-431-6	59-50-7	Xn; R21/22 Xi; R41 R43 N; R50	Xn; N R: 21/22-41-43-50 S: (2-)26-36/37/39-61	Xn; R21/22: C ≥ 10 %	
604-015-00-9	2,2'-methylenebis-(3,4,6-trichlorophenol); hexachlorophene	200-733-8	70-30-4	T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-50/53 S: (1/2-)20-37-45-60-61	T; R24/25: C ≥ 2 % Xn; R21/22: 0,2 % ≤ C < 2 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-016-00-4	1,2-dihydroxybenzene; pyrocatechol	204-427-5	120-80-9	Xn; R21/22 Xi; R36/38	Xn R: 21/22-36/38 S: (2-)22-26-37		
604-017-00-X	2,4,5-trichlorophenol	202-467-8	95-95-4	Xn; R22 Xi; R36/38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/38-50/53 S: (2-)26-28-60-61	Xn; R22: C ≥ 20 % Xi; R36/38: C ≥ 5 %	
604-018-00-5	2,4,6-trichlorophenol	201-795-9	88-06-2	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 Xi; R36/38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/38-40-50/ 53 S: (2-)36/37-60-61		
604-019-00-0	dichlorophen (ISO)	202-567-1	97-23-4	Xn; R22 Xi; R36 N; R50-53	Xn; N R: 22-36-50/53 S: (2-)26-60-61		
604-020-00-6	2-phenylphenol (ISO); biphenyl-2-ol; 2-hydroxybiphenyl;	201-993-5	90-43-7	Xi; R36/37/ 38 N; R50	Xi; N R: 36/37/38-50 S: (2-)22-61		
604-021-00-1	sodium 2-biphenylate; 2-phenylphenol, sodium salt	205-055-6	132-27-4	Xn; R22 Xi; R37/38- 41 N; R50	Xn; N R: 22-37/38-41-50 S: (2-)22-26-61		
604-022-00-7	2,2-dimethyl-1,3-benzodioxol-4-ol	400-900-7	22961-82-6	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)24-26-39		
604-023-00-2	2,4-dichloro-3-ethylphenol	401-060-4	—	C; R34 N; R50-53	C; N R: 34-50/53 S: (1/2-)26-36/39-45- 60-61		
604-024-00-8	4,4-isobutylethylidenediphenol	401-720-1	6807-17-6	Repr. Cat. 2; R60 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 60-36-50/53 S: 53-45-60-61		
604-025-00-3	2,5-bis(1,1-dimethylbutyl)hydroquinone	400-220-0	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-026-00-9	2,2-spirobi(6-hydroxy-4,4,7-trimethylchromane)	400-270-3	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
604-027-00-4	2-methyl-5-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)hydroquinone	400-530-6	—	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)24/25-26-37-61		
604-028-00-X	4-amino-3-fluorophenol	402-230-0	399-95-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 R43 N; R51-53	T; N R: 45-22-43-51/53 S: 53-45-61		E
604-029-00-5	1-naphtol	201-969-4	90-15-3	Xn; R21/22 Xi; R37/38-41	Xn R: 21/22-37/38-41 S: (2-)22-26-37/39		
604-030-00-0	bisphenol A; 4,4'-isopropylidenediphenol	201-245-8	80-05-7	Repr. Cat. 3; R62 Xi; R37-41 R43	Xn R: 37-41-43-62 S: (2-)26-36/37-39-46		
604-031-00-6	guaiacol	201-964-7	90-05-1	Xn; R22 Xi; R36/38	Xn R: 22-36/38 S: (2-)26		
604-032-00-1	thymol	201-944-8	89-83-8	Xn; R22 C; R34 N; R51-53	C; N R: 22-34-51/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		
604-033-00-7	isobutyl but-3-enoate	401-170-2	24342-03-8	R10	R: 10 S: (2-)		
604-034-00-2	4,4'-thiodi-o-cresol	403-330-7	24197-34-0	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
604-035-00-8	4-nonylphenol, reaction products with formaldehyde and dodecane-1-thiol	404-160-6	—	R43 R53	X R: 43-53 S: (2-)24-37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-036-00-3	4,4'-oxybis(ethylenethio)diphenol	404-590-4	90884-29-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
604-037-00-9	3,5-xylenol; 3,5-dimethylphenol	203-606-5	108-68-9	T; R24/25 C; R34	T R: 24/25-34 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45		
604-038-00-4	4-chloro-3,5-dimethylphenol; [1] chloroxylenol [2]	201-793-8 [1] 215-316-6 [2]	88-04-0 [1] 1321-23-9 [2]	Xn; R22 Xi; R36/38 R43	Xn R: 22-36/38-43 S: (2-)24-37		
604-039-00-X	ethyl 2-[4-[(6-chlorobenzoxazol-2-yl)oxy]phenoxy]propionate; fenoxaprop-ethyl	266-362-9	66441-23-4	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
604-040-00-5	fomesafen (ISO); 5-[2-chloro-4-(trifluoromethyl)phenoxy]-N-(methylsulphonyl)-2-nitrobenzamide	276-439-9	72178-02-0	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
604-041-00-0	acifluorfen (ISO); 5-[2-chloro-4-(trifluoromethyl)phenoxy]-2-nitrobenzoic acid [1] sodium 5-[2-chloro-4-(trifluoromethyl) phenoxy]-2-nitrobenzoate; acifluorfen-sodium [2]	256-634-5 [1] 263-560-7 [2]	50594-66-6 [1] 62476-59-9 [2]	Xn; R22 Xi; R38-41 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-41-50/53 S: (2-)24-39-60-61		
604-042-00-6	4-nitrosophenol	203-251-6	104-91-6	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53-68 S: (2-)26-36/37/39- 47-49-61		
604-043-00-1	monobenzone; 4-hydroxyphenyl benzyl ether; hydroquinone monobenzyl ether	203-083-3	103-16-2	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)24/25-26-37		
604-044-00-7	mequinol; 4-methoxyphenol; hydroquinone monomethyl ether	205-769-8	150-76-5	Xn; R22 Xi; R36 R43	Xn R: 22-36-43 S: (2-)24/25-26-37/ 39-46		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-045-00-2	2,3,5-trimethylhydroquinone	211-838-3	700-13-0	Xn; R20 Xi; R37/38-41 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20-37/38-41-43-50/53 S: (2-)24-26-37/39-60-61		
604-046-00-8	4-(4-isopropoxyphenylsulfonyl)phenol	405-520-5	95235-30-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
604-047-00-3	4-(4-tolyloxy)biphenyl	405-730-7	51601-57-1	Xn; R48/22 R53	Xn R: 48/22-53 S: (2-)22-36-61		
604-048-00-9	4,4',4''-(ethan-1,1,1-triyl)triphenol	405-800-7	27955-94-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
604-049-00-4	4-4'-methylenebis(oxyethylenethio)diphenol	407-480-4	93589-69-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
604-051-00-5	3,5-bis((3,5-di-tert-butyl-4-hydroxy)benzyl)-2,4,6-trimethylphenol	401-110-5	87113-78-8	R52-53	R: 52/53 S: 61		
604-052-00-0	2,2'-methylenebis(6-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol)	403-800-1	103597-45-1	R53	R: 53 S: 61		
604-053-00-6	2-methyl-4-(1,1-dimethylethyl)-6-(1-methyl-pentadecyl)-phenol	410-760-9	157661-93-3	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
604-054-00-1	reaction mass of: 2-methoxy-4-(tetrahydro-4-methylene-2H-pyran-2-yl)-phenol; 4-(3,6-dihydro-4-methyl-2H-pyran-2-yl)-2-methoxyphenol	412-020-0	—	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
604-055-00-7	2,2'-((3,3',5,5'-tetramethyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diyl)-bis(oxy-methylene))-bis-oxirane	413-900-7	85954-11-6	Muta. Cat. 3; R68	Xn R: 68 S: (2-)22-36-37		
604-056-00-2	2-(2-hydroxy-3,5-dinitroanilino)ethanol	412-520-9	99610-72-7	F; R11 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R22	F; Xn R: 11-22-62 S: (2-)22-33-36/37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-057-00-8	reaction mass of: isomers of 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-methyl-(n)-dodecylphenol; isomers of 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-methyl-(n)-tetracosylphenol; isomers of 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-methyl-5,6-didodecylphenol. n=5 or 6	401-680-5	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
604-058-00-3	1,2-bis(3-methylphenoxy)ethane	402-730-9	54914-85-1	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
604-059-00-9	2-n-hexadecylhydroquinone	406-400-5	—	Xn; R48/22 Xi; R38 R43 R53	Xn R: 38-43-48/22-53 S: (2-)22-36/37-61		
604-060-00-4	9,9-bis(4-hydroxyphenyl)fluorene	406-950-6	3236-71-3	Xi; R36-38 N; R50-53	Xi; N R: 36/38-50/53 S: (2-)26-37-60-61		
604-061-00-X	reaction mass of: 2-chloro-5-sec-tetradecylhydroquinones where sec-tetradecyl= 1-methyltridecyl; 1-ethyl-dodecyl; 1-propylundecyl; 1-butyldecyl; 1-pentyl-nonyl; 1-hexyl-octyl	407-740-7	—	Xi; R38 R43 R52-53	Xi R: 38-43-52/53 S: (2-)24-37-61		
604-062-00-5	2,4-dimethyl-6-(1-methyl-pentadecyl)phenol	411-220-5	—	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
604-063-00-0	5,6-dihydroxyindole	412-130-9	3131-52-0	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
604-064-00-6	2-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)-5-((hexyl)oxy)-phenol	411-380-6	147315-50-2	R53	R: 53 S: 61		
604-065-00-1	4,4',4''-(1-methylpropan-1-yl-3-ylidene)tris(2-cyclohexyl-5-methylphenol)	407-460-5	111850-25-0	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
604-066-00-7	reaction mass of: phenol, 6-(1,1-dimethylethyl)-4-tetrapropyl-2-[(2-hydroxy-5-tetra-propylphenyl)methyl (C <sub>41</sub> -compound) and methane, 2,2'-bis[6-(1,1-dimethyl-ethyl)-1-hydroxy-4-tetrapropyl-phenyl]- (C <sub>45</sub> -compound); 2,6-bis(1,1-dimethylethyl)-4-tetra-propyl-phenol and 2-(1,1-dimethylethyl)-4-tetrapropyl-phenol; 2,6-bis[(6-(1,1-dimethylethyl)-1-hydroxy-4-tetrapropylphenyl)methyl]-4-(tetrapropyl)phenol and 2-[(6-(1,1-dimethylethyl)-1-hydroxy-4-tetrapropylphenylmethyl)-6-[1-hydroxy-4-tetrapropylphenyl)methyl]-4-(tetrapropyl)phenol	414-550-8	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
604-067-00-2	reaction mass of: 2,2'-[[[2-hydroxyethyl]imino]bis(methylene) bis[4-dodecylphenol]; formaldehyde, oligomer with 4-dodecyl phenol and 2-aminoethanol(n = 2); formaldehyde, oligomer with 4-dodecyl phenol and 2-aminoethanol(n = 3, 4 and higher)	414-520-4	—	Xi; R38-41 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-50/53 S: (2-)26-37/39-60-61		
604-068-00-8	(±)-4-[2-[[3-(4-hydroxyphenyl)-1-methylpropyl]amino]-1-hydroxyethyl]phenol hydrochloride	415-170-5	90274-24-1	Xn; R20/22 R43	Xn R: 20/22-43 S: (2-)24-26-37		
604-069-00-3	2-(1-methylpropyl)-4-tert-butylphenol	421-740-4	51390-14-8	C; R34 N; R51-53	C; N R: 34-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
604-070-00-9	triclosan; 2,4,4'-trichloro-2'-hydroxy-diphenyl-ether; 5-chloro-2-(2,4-dichlorophenoxy)phenol	222-182-2	3380-34-5	Xi; R36/38 N; R50-53	Xi; N R: 36/38-50/53 S: 26-39-46-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
605-001-00-5	formaldehyde ...%	200-001-8	50-00-0	Carc. Cat. 3; R40 T; R23/24/25 C; R34 R43	T R: 23/24/25-34-40-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45-51	T; R23/24/25: C ≥ 25 % Xn; R20/21/22: 5 % ≤ C < 25 % C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 25 % R43: C ≥ 0,2 %	B D
605-002-00-0	1,3,5-trioxan; trioxymethylene	203-812-5	110-88-3	F; R11 Repr. Cat. 3; R63 Xi; R37	F; Xn R: 11-37-63 S: (2-)36/37-46		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
605-003-00-6	acetaldehyde; ethanal	200-836-8	75-07-0	F+; R12 Carc. Cat. 3; R40 Xi; R36/37	F+; Xn R: 12-36/37-40 S: (2-)16-33-36/37		
605-004-00-1	2,4,6-trimethyl-1,3,5-trioxan; paraldehyde	204-639-8	123-63-7	F; R11 ⊗	F R: 11 S: (2-)9-16-29-33		
605-005-00-7	2,4,6,8-tetramethyl-1,3,5,7-tetraoxacyclooctane; metaldehyde	203-600-2	108-62-3	R10 ⊗ Xn; R22	Xn R: 10-22 S: (2-)13-25-46		
605-006-00-2	butyraldehyde	204-646-6	123-72-8	F; R11	F R: 11 S: (2-)9-29-33		
605-007-00-8	1,1-dimethoxyethane; dimethyl acetal	208-589-8	534-15-6	F; R11	F R: 11 S: (2-)9-16-33		
605-008-00-3	acrylaldehyde; acrolein; prop-2-enal	203-453-4	107-02-8	F; R11 T+; R26 T; R24/25 C; R34 N; R50	F; T+; N R: 11-24/25-26-34-50 S: 23-26-28-36/37/ 39-45-61		D
605-009-00-9	crotonaldehyde; 2-butenal; [1] (E)-2-butenal; (E)-crotonaldehyde [2]	224-030-0 [1] 204-647-1 [2]	4170-30-3 [1] 123-73-9 [2]	F; R11 Muta. Cat. 3; R68 T+; R26 T; R24/25 Xn; R48/22 Xi; R37/38-41 N; R50	F; T+; N R: 11-24/25-26-37/ 38-41-48/22-50-68 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		
605-010-00-4	2-furaldehyde	202-627-7	98-01-1	Carc. Cat. 3; R40 T; R23/25 Xn; R21 Xi; R36/37	T R: 21-23/25-36/37-40 S: (1/2-)26-36/37/39-45	T; R23/25: C ≥ 5 % Xn; R20/22: 1 % ≤ C < 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
605-011-00-X	2-chlorobenzaldehyde; o-chlorobenzaldehyde	201-956-3	89-98-5	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-45		
605-012-00-5	benzaldehyde	202-860-4	100-52-7	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24		
605-013-00-0	chloralose (INN); (R)-1,2-O-(2,2,2-trichloroethylidene)- $\alpha$ -D-glucofuranose; glucochloralose; anhydroglucochloral	240-016-7	15879-93-3	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)16-24/25-28		
605-014-00-6	chloral hydrate; 2,2,2-trichloroethane-1,1-diol	206-117-5	302-17-0	T; R25 Xi; R36/38	T R: 25-36/38 S: (1/2-)25-45		
605-015-00-1	1,1-diethoxyethane; acetal	203-310-6	105-57-7	F; R11 Xi; R36/38	F; Xi R: 11-36/38 S: (2-)9-16-33	Xi; R36/38: C $\geq$ 10 %	
605-016-00-7	glyoxal...%; ethandial...%	203-474-9	107-22-2	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20 Xi; R36/38 R43	Xn R: 20-36/38-43-68 S: (2-)36/37	Xn; R20: C $\geq$ 10 % Xi; R36/38: C $\geq$ 10 %	B
605-017-00-2	1,3-dioxolane	211-463-5	646-06-0	F; R11	F R: 11 S: (2-)16		
605-018-00-8	propanal; propionaldehyde	204-623-0	123-38-6	F; R11 Xi; R36/37/ 38	F; Xi R: 11-36/37/38 S: (2-)9-16-29		
605-019-00-3	citral	226-394-6	5392-40-5	Xi; R38 R43	Xi R: 38-43 S: (2-)24/25-37		
605-020-00-9	safrole; 5-allyl-1,3-benzodioxole	202-345-4	94-59-7	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R22	T R: 45-22-68 S: 53-45		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
605-021-00-4	formaldehyde, reaction products with butylphenol	294-145-9	91673-30-2	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
605-022-00-X	glutaral; glutaraldehyde; 1,5-pentanedial	203-856-5	111-30-8	T; R23/25 C; R34 R42/43 N; R50	T; N R: 23/25-34-42/43-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61	T; R25: C ≥ 50 % Xn; R22: 2 % ≤ C < 50 % T; R23: C ≥ 25 % Xn; R20: 2 % ≤ C < 25 % C; R34: C ≥ 10 % Xi; R37/38-41: 2 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 0,5 % ≤ C < 2 % R43: C ≥ 0,5 %	
605-025-00-6	chloroacetaldehyde	203-472-8	107-20-0	Carc. Cat. 3; R40 T+; R26 T; R24/25 C; R34 N; R50	T+; N R: 24/25-26-34-40-50 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45-61		
605-026-00-1	2,5,7,7-tetramethyloctanal	405-690-0	114119-97-0	Xi; R38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-43-51/53 S: (2-)24-37-61		
605-027-00-7	reaction mass of: 3a,4,5,6,7,7a-hexahydro-4,7-methano-1H-indene-6-carboxaldehyde; 3a,4,5,6,7,7a-hexahydro-4,7-methano-1H-indene-5-carboxaldehyde	410-480-7	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
605-028-00-2	β-methyl-3-(1-methylethyl)-benzenepropanal	412-050-4	125109-85-5	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
605-029-00-8	2-cyclohexylpropanal	412-270-0	2109-22-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
605-030-00-3	1-(p-methoxyphenyl)acetaldehyde oxime	411-510-1	3353-51-3	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
605-031-00-9	reaction mass of: 2,2-dimethoxyethanal [(this component is considered to be anhydrous in terms of identity, structure and composition. However, 2,2-dimethoxyethanal will exist in a hydrated form. 60 % anhydrous is equivalent to 70.4 % hydrate; water(Including free water and water in hydrated 2,2-dimethoxyethanal)]	421-890-0	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
606-001-00-8	acetone; propan-2-one; propanone	200-662-2	67-64-1	F; R11 Xi; R36 R66 R67	F; Xi R: 11-36-66-67 S: (2-)9-16-26		
606-002-00-3	butanone; ethyl methyl ketone	201-159-0	78-93-3	F; R11 Xi; R36 R66 R67	F; Xi R: 11-36-66-67 S: (2-)9-16		
606-003-00-9	heptan-3-one; butyl ethyl ketone	203-388-1	106-35-4	R10 Xn; R20 Xi; R36	Xn R: 10-20-36 S: (2-)24		
606-004-00-4	4-methylpentan-2-one; isobutyl methyl ketone	203-550-1	108-10-1	F; R11 Xn; R20 Xi; R36/37 R66	F; Xn R: 11-20-36/37-66 S: (2-)9-16-29		
606-005-00-X	2,6-dimethylheptan-4-one; di-isobutyl ketone	203-620-1	108-83-8	R10 Xi; R37	Xi R: 10-37 S: (2-)24	Xi; R37: C ≥ 10 %	
606-006-00-5	pentan-3-one; diethyl ketone	202-490-3	96-22-0	F; R11 Xi; R37 R66 R67	F; Xi R: 11-37-66-67 S: (2-)9-16-25-33		
606-007-00-0	3-methylbutan-2-one; methyl isopropyl ketone	209-264-3	563-80-4	F; R11	F R: 11 S: (2-)9-16-33		
606-009-00-1	4-methylpent-3-en-2-one; mesityl oxide	205-502-5	141-79-7	R10 Xn; R20/21/ 22	Xn R: 10-20/21/22 S: (2-)25	Xn; R20/21/22: C ≥ 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-010-00-7	cyclohexanone	203-631-1	108-94-1	R10 Xn; R20	Xn R: 10-20 S: (2-)25		
606-011-00-2	2-methylcyclohexanone	209-513-6	583-60-8	R10 Xn; R20	Xn R: 10-20 S: (2-)25		
606-012-00-8	3,5,5-trimethylcyclohex-2-enone; isophorone	201-126-0	78-59-1	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R21/22 Xi; R36/37	Xn R: 21/22-36/37-40 S: (2-)13-23-36/37/ 39-46	Xi; R36/37: C ≥ 10 %	
606-013-00-3	p-benzoquinone; quinone	203-405-2	106-51-4	T; R23/25 Xi; R36/37/ 38 N; R50	T; N R: 23/25-36/37/38- 50 S: (1/2-)26-28-45-61		
606-014-00-9	chlorophacinone (ISO); 2-(2-(4-chlorophenyl)phenylacetyl)indan-1,3-dione	223-003-0	3691-35-8	T+; R27/28 T; R23-48/ 24/25 N; R50-53	T+; N R: 23-27/28-48/24/ 25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		
606-016-00-X	pindone (ISO); 2-pivaloylindan-1,3-dione	201-462-8	83-26-1	T; R25-48/25 N; R50-53	T; N R: 25-48/25-50/53 S: (1/2-)37-45-60-61		
606-017-00-5	diketene; diketen	211-617-1	674-82-8	R10 Xn; R20	Xn R: 10-20 S: (2-)3		D
606-018-00-0	dichlone (ISO); 2,3-dichloro-1,4-naphthoquinone	204-210-5	117-80-6	Xn; R22 Xi; R36/38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/38-50/53 S: (2-)26-60-61		
606-019-00-6	chlordecone (ISO); perchlorpentacyclo[5,3,0,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>4,8</sup> ]decan-5-one; decachloropentacyclo[5,2,1,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>5,8</sup> ]decan-4-one	205-601-3	143-50-0	Carc. Cat. 3; R40 T; R24/25 N; R50-53	T; N R: 24/25-40-50/53 S: (1/2-)22-36/37-45- 60-61		
606-020-00-1	5-methylheptan-3-one	208-793-7	541-85-5	R10 Xi; R36/37	Xi R: 10-36/37 S: (2-)23	Xi; R36/37: C ≥ 10 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-021-00-7	N-methyl-2-pyrrolidone	212-828-1	872-50-4	Xi; R36/38	Xi R: 36/38 S: (2-)41	Xi; R36/38: C ≥ 10 %	
606-022-00-2	1-phenyl-3-pyrazolidone	202-155-1	92-43-3	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
606-023-00-8	4-methoxy-4-methylpentan-2-one	203-512-4	107-70-0	R10 Xn; R20	Xn R: 10-20 S: (2-)23-24/25		
606-024-00-3	heptan-2-one; methyl amyl ketone	203-767-1	110-43-0	R10 Xn; R20/22	Xn R: 10-20/22 S: (2-)24/25		
606-025-00-9	cyclopentanone	204-435-9	120-92-3	R10 Xi; R36/38	Xi R: 10-36/38 S: (2-)23		
606-026-00-4	5-methylhexan-2-one; isoamyl methyl ketone	203-737-8	110-12-3	R10 Xn; R20	Xn R: 10-20 S: (2-)23-24/25		
606-027-00-X	heptan-4-one; di-n-propyl ketone	204-608-9	123-19-3	R10 Xn; R20	Xn R: 10-20 S: (2-)24/25		
606-028-00-5	2,4-dimethylpentan-3-one; di-isopropyl ketone	209-294-7	565-80-0	F; R11 Xn; R20	F; Xn R: 11-20 S: (2-)9-16-24/25		
606-029-00-0	pentane-2,4-dione; acetylacetone	204-634-0	123-54-6	R10 Xn; R22	Xn R: 10-22 S: (2-)21-23-24/25		
606-030-00-6	hexan-2-one; methyl butyl ketone; butyl methyl ketone; methyl-n-butyl ketone	209-731-1	591-78-6	R10 Repr. Cat. 3; R62 T; R48/23 R67	T R: 10-48/23-62-67 S: (1/2-)36/37-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-031-00-1	3-propanolide; 1,3-propiolactone	200-340-1	57-57-8	Carc. Cat. 2; R45 T+; R26 Xi; R36/38	T+ R: 45-26-36/38 S: 53-45		E
606-032-00-7	hexachloroacetone	204-129-5	116-16-5	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)24/25-61		
606-033-00-2	2-(3,4-dichlorophenyl)-4-methyl-1,2,4-oxadiazolidinedione; methazole	243-761-6	20354-26-1	Xn; R21/22 Xi; R36/38 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-36/38-51/ 53 S: (2-)36/37-61		
606-034-00-8	metribuzin (ISO); 4-amino-6- <i>tert</i> -butyl-3-methylthio-1,2,4-triazin-5(4H)-one; 4-amino-4,5-dihydro-6-(1,1-dimethylethyl)-3-methylthio- 1,2,4-triazin-5-one	244-209-7	21087-64-9	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
606-035-00-3	chloridazon (ISO); 5-amino-4-chloro-2-phenylpyridazine-3-(2H)-one; pyrazon	216-920-2	1698-60-8	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
606-036-00-9	quinomethionate; chinomethionat (ISO); 6-methyl-1,3-dithiolo(4,5- <i>b</i> )quinoxalin-2-one	219-455-3	2439-01-2	Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/21/ 22-48/22 Xi; R36 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-36-43- 48/22-50/53-62 S: (2-)24-37-60-61		
606-037-00-4	triadimefon (ISO); 1-(4-chlorophenoxy)-3,3-dimethyl-1-(1,2,4-triazol-1-yl)buta- none	256-103-8	43121-43-3	Xn; R22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-43-51/53 S: (2-)24-37-61		
606-038-00-X	diphacinone (ISO); 2-diphenylacetylindan-1,3-dione	201-434-5	82-66-6	T+; R28 T; R48/23/ 24/25	T+ R: 28-48/23/24/25 S: (1/2-)36/37-45		
606-039-00-5	5(or 6)- <i>tert</i> -butyl-2'-chloro-6'-ethylamino-3',7'-dimethylspiro (isobenzofuran-1(1H),9'-xantheno)-3-one	400-680-2	—	Xn; R20 N; R50-53	Xn; N R: 20-50/53 S: (2-)60-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-040-00-0	(N-benzyl-N-ethyl)amino-3-hydroxyacetophenone hydrochloride	401-840-4	55845-90-4	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
606-041-00-6	2-methyl-1-(4-methylthiophenyl)-2-morpholinopropan-1-one	400-600-6	71868-10-5	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)22-61		
606-042-00-1	acetophenone	202-708-7	98-86-2	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)26		
606-043-00-7	2,4-di-tert-butylcyclohexanone	405-340-7	13019-04-0	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
606-044-00-2	2,4,6-trimethylbenzophenone	403-150-9	954-16-5	Xn; R22 Xi; R36 N; R50-53	Xn; N R: 22-36-50/53 S: (2-)26-60-61		
606-045-00-8	oxadiazon (ISO); 3-[2,4-dichloro-5-(1-methylethoxy)phenyl]-5-(1,1-dimethylethyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one	243-215-7	19666-30-9	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-046-00-3	reaction mass of cis- and trans-cyclohexadec-8-en-1-one	401-700-2	3100-36-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-047-00-9	2-benzyl-2-dimethylamino-4-morpholinobutyrophenone	404-360-3	119313-12-1	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-048-00-4	2'-anilino-3'-methyl-6'-dipentylaminospiro(isobenzofuran-1(1H),9'-xanthen)-3-one	406-480-1	—	R53	R: 53 S: 61		
606-049-00-X	4-(trans-4-propylcyclohexyl)acetophenone	406-700-6	78531-61-0	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
606-050-00-5	6-anilino-1-benzoyl-4-(4-tert-pentylphenoxy)naphto[1,2,3-de]quinoline-2,7-(3H)-dione	412-480-2	72453-58-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-051-00-0	4-pentylcyclohexanone	406-670-4	61203-83-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
606-052-00-6	4-(N,N-dibutylamino)-2-hydroxy-2'-carboxybenzophenone	410-410-5	54574-82-2	R52-53	R: 52/53 S: 61		
606-053-00-1	flurtamone (ISO); (RS)-5-methylamino-2-phenyl-4-( $\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro- <i>m</i> -tolyl) furan-3(2H)-one	—	96525-23-4	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-054-00-7	isoxaflutole (ISO); 5-cyclopropyl-1,2-oxazol-4-yl $\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro-2-mesyl- <i>p</i> -tolyl ketone	—	141112-29-0	Repr. Cat. 3; R63 N; R50-53	Xn; N R: 50/53-63 S: (2-)36/37-60-61		
606-055-00-2	1-(2,3-dihydro-1,3,3,6-tetramethyl-1-(1-methylethyl)-1H- inden-5-yl)ethanone	411-180-9	92836-10-7	Xn; R22-48/ 22 N; R51-53	Xn; N R: 22-48/22-51/53 S: (2-)24-36-61		
606-056-00-8	4-chloro-3',4'-dimethoxybenzophenone	404-610-1	116412-83-0	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-057-00-3	4-propylcyclohexanone	406-810-4	40649-36-3	Xi; R38 R52-53	Xi R: 38-52/53 S: (2-)25-37-61		
606-058-00-9	4'-fluoro-2,2-dimethoxyacetophenone	407-500-1	21983-80-2	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
606-059-00-4	2,4-difluoro- $\alpha$ -(1H-1,2,4-triazol-1-yl)acetophenone hydrochloride	412-390-3	86386-75-6	Xn; R22 Xi; R41 R43	Xn R: 22-41-43 S: (2-)22-26-36/37/39		
606-060-00-X	reaction mass of: <i>trans</i> -2,4-dimethyl-2-(5,6,7,8-tetrahydro- 5,5,8,8-tetramethyl-naphthalene-2-yl)-1,3-dioxolane; <i>cis</i> -2,4-dimethyl-2-(5,6,7,8-tetrahydro-5,5,8,8-tetramethyl- naphthalene-2-yl)-1,3-dioxolane	412-950-7	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-061-00-5	(3-chlorophenyl)-(4-methoxy-3-nitrophenyl)methanone	423-290-4	66938-41-8	Muta. Cat. 3; R68 N; R50-53	Xn; N R: 68-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-062-00-0	tetrahydrothiopyran-3-carboxaldehyde	407-330-8	61571-06-0	Repr. Cat. 2; R61 Xi; R41 R52-53	T R: 61-41-52/53 S: 53-45-61		
606-063-00-6	(E)-3-(2-chlorophenyl)-2-(4-fluorophenyl)propenal	410-980-5	112704-51-5	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)24-26-37		
606-064-00-1	pregn-5-ene-3,20-dione bis(ethylene ketal)	407-450-0	7093-55-2	R53	R: 53 S: 61		
606-065-00-7	1-(4-morpholinophenyl)butan-1-one	413-790-0	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
606-066-00-2	(E)-5[(4-chlorophenyl)methylene]-2,2-dimethylcyclopentanone	410-440-9	164058-20-2	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
606-067-00-8	reaction mass of: 1-(2,3,6,7,8,9-hexahydro-1,1-dimethyl-1H-benz(g)inden-4-yl)ethanone; 1-(2,3,5,6,7,8-hexahydro-1,1-dimethyl-1H-benz(f)inden-4-yl)ethanone; 1-(2,3,6,7,8,9-hexahydro-1,1-dimethyl-1H-benz(g)inden-5-yl)ethanone; 1-(2,3,6,7,8,9-hexahydro-3,3-dimethyl-1H-benz(g)inden-5-yl)ethanone	414-870-8	96792-67-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-068-00-3	2,7,11-trimethyl-1 3-(2,6,6-trimethylcyclohex-1-en-1-yl)tridecahexaen-2,4,6,8,10,12-al	415-770-7	1638-05-7	Xn; R48/22 R43 R52-53	Xn R: 43-48/22-52/53 S: (2-)22-36/37-61		
606-069-00-9	spiro[1,3-dioxolane-2,5'-(4',4',8',8'-tetramethyl-hexahydro-3',9'-methanonaphthalene)]	415-460-1	154171-76-3	N; R51-53	N R: 51/53 S: 24-61		
606-070-00-4	butoxydim (ISO); 5-(3-butyryl-2,4,6-trimethylphenyl)-2-[1-(ethoxyimino)propyl]-3-hydroxycyclohex-2-en-1-one	414-790-3	138164-12-2	Repr. Cat. 3; R62-63 Xn; R22 Xi; R38 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-62-63-50/ 53 S: (2-)22-36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-071-00-X	17-spiro(5,5-dimethyl-1,3-dioxan-2-yl)androsta-1,4-diene-3-one	421-050-3	13258-43-0	N; R50-53	N R: 50/53 S: 22-60-61		
606-072-00-5	3-acetyl-1-phenyl-pyrrolidine-2,4-dione	421-600-2	719-86-8	Xn; R48/22 N; R51-53	Xn; N R: 48/22-51/53 S: (2-)22-36/37-61		
606-073-00-0	4,4'-bis(dimethylamino)benzophenone; Michler's ketone	202-027-5	90-94-8	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xi; R41	T R: 45-41-68 S: 53-45		
606-075-00-1	1-benzyl-5-ethoxyimidazolidine-2,4-dione	417-340-4	65855-02-9	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22		
606-076-00-7	1-((2-quinolinyl-carbonyl)oxy)-2,5-pyrrolidinedione	418-630-3	136465-99-1	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)24-26-37/39		
606-077-00-2	(3S,4S)-3-hexyl-4-[(R)-2-hydroxytridecyl]-2-oxetanone	418-650-2	104872-06-2	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-078-00-8	1-octylazepin-2-one	420-040-6	59227-88-2	C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 34-43-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
606-079-00-3	2-n-butyl-benzo[d]isothiazol-3-one	420-590-7	4299-07-4	C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 34-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
606-080-00-9	Reaction product of: 3-hydroxy-5,7-di-tert-butylbenzofuran-2-one with o-xylene	417-100-9	—	R53	R: 53 S: 61		
606-081-00-4	(3β, 5α, 6β)-3-(acetyloxy)-5-bromo-6-hydroxy-androstan-17-one	419-790-7	4229-69-0	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
606-082-00-X	reaction mass of: butan-2-one oxime; syn-O,O'-di(butan-2-one oxime)diethoxysilane	406-930-7		T; R48/25 R43 R52-53	T R: 43-48/25-52/53 S: (1/2-)25-36/37-45-61		
606-083-00-5	2-chloro-5-sec-hexadecylhydroquinone	407-750-1	137193-60-3	Xi; R36/38 R43 R52-53	Xi R: 36/38-43-52/53 S: (2-)24-26-37-61		
606-084-00-0	1-(4-methoxy-5-benzofuranyl)-3-phenyl-1,3-propanedione	414-540-3	484-33-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-085-00-6	(1R,4S)-2-azabicyclo[2.2.1]hept-5-en-3-one	418-530-1	79200-56-9	Xn; R22 Xi; R41 R43	Xn R: 22-41-43 S: (2-)24-26-37/39		
606-086-00-1	1-(3,3-dimethylcyclohexyl)pent-4-en-1-one	422-330-8	56973-87-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
606-087-00-7	6-ethyl-5-fluoro-4(3H)-pyrimidone	422-460-5	137234-87-8	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
606-088-00-2	2,4,4,7-tetramethyl-6-octen-3-one	422-520-0	74338-72-0	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
606-089-00-8	reaction mass of: 1,4-diamino-2-chloro-3-phenoxyanthraquinone; 1,4-diamino-2,3-bis-phenoxyanthraquinone	423-220-2	12223-77-7	R53	R: 53 S: 61		
606-091-00-9	6-chloro-5-(2-chloroethyl)-1,3-dihydroindol-2-one	421-320-0	118289-55-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
606-092-00-4	reaction mass of: (E)-oxacyclohexadec-12-en-2-one; (E)-oxacyclohexadec-13-en-2-one; a) (Z)-oxacyclohexadec-(12)-en-2-one and b) (Z)-oxacyclohexadec-(13)-en-2-one	422-320-3		N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-001-00-0	formic acid ... %	200-579-1	64-18-6	C; R35	C R: 35 S: (1/2-)23-26-45	C; R35: C ≥ 90 % C; R34: 10 % ≤ C < 90 % Xi; R36/38: 2 % ≤ C < 10 %	B
607-002-00-6	acetic acid ... %	200-580-7	64-19-7	R10 C; R35	C R: 10-35 S: (1/2-)23-26-45	C; R35: C ≥ 90 % C; R34: 25 % ≤ C < 90 % Xi; R36/38: 10 % ≤ C < 25 %	B
607-003-00-1	chloroacetic acid	201-178-4	79-11-8	T; R25 C; R34 N; R50	T; N R: 25-34-50 S: (1/2-)23-37-45-61		
607-004-00-7	TCA (ISO); trichloroacetic acid	200-927-2	76-03-9	C; R35 N; R50-53	C; N R: 35-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
607-005-00-2	TCA-sodium (ISO); sodium trichloroacetate	211-479-2	650-51-1	Xi; R37 N; R50-53	Xi; N R: 37-50/53 S: (2-)46-60-61		
607-006-00-8	oxalic acid	205-634-3	144-62-7	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)24/25	Xn; R21/22: C ≥ 5 %	
607-007-00-3	salts of oxalic acid	—	—	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)24/25	Xn; R21/22: C ≥ 5 %	A
607-008-00-9	acetic anhydride	203-564-8	108-24-7	R10 Xn; R20/22 C; R34	C R: 10-20/22-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R37/38-41: 5 % ≤ C < 25 % Xi; R36: 1 % ≤ C < 5 %	
607-009-00-4	phthalic anhydride	201-607-5	85-44-9	Xn; R22 Xi; R37/38-41 R42/43	Xn R: 22-37/38-41-42/43 S: (2-)23-24/25-26-37/39-46		
607-010-00-X	propionic anhydride	204-638-2	123-62-6	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-45	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/38: 10 % ≤ C < 25 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-011-00-5	acetyl chloride	200-865-6	75-36-5	F; R11 R14 C; R34	F; C R: 11-14-34 S: (1/2-)9-16-26-45		
607-012-00-0	benzoyl chloride	202-710-8	98-88-4	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-45		
607-013-00-6	dimethyl carbonate	210-478-4	616-38-6	F; R11	F R: 11 S: (2-)9-16		
607-014-00-1	methyl formate	203-481-7	107-31-3	F+; R12 Xn; R20/22 Xi; R36/37	F+; Xn R: 12-20/22-36/37 S: (2-)9-16-24-26-33		
607-015-00-7	ethyl formate	203-721-0	109-94-4	F; R11 Xn; R20/22 Xi; R36/37	F; Xn R: 11-20/22-36/37 S: (2-)9-16-24-26-33		
607-016-00-2	propyl formate; [1] isopropyl formate [2]	203-798-0 [1] 210-901-2 [2]	110-74-7 [1] 625-55-8 [2]	F; R11 Xi; R36/37 R67	F; Xi R: 11-36/37-67 S: (2-)9-16-24-33		C
607-017-00-8	butyl formate; [1] tert-butyl formate; [2] isobutyl formate [3]	209-772-5 [1] 212-105-0 [2] 208-818-1 [3]	592-84-7 [1] 762-75-4 [2] 542-55-2 [3]	F; R11 Xi; R36/37	F; Xi R: 11-36/37 S: (2-)9-16-24-33		C
607-018-00-3	isopentyl formate; [1] pentyl formate; [2] 2-methylbutyl formate [3]	203-769-2 [1] 211-340-6 [2] 252-343-2 [3]	110-45-2 [1] 638-49-3 [2] 35073-27-9 [3]	R10 Xi; R36/37	Xi R: 10-36/37 S: (2-)24		C
607-019-00-9	methyl chloroformate	201-187-3	79-22-1	F; R11 T+; R26 Xn; R21/22 C; R34	F; T+ R: 11-21/22-26-34 S: (1/2-)14-26-28-36/ 37/39-45-46-63		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-020-00-4	ethyl chloroformate	208-778-5	541-41-3	F; R11 T+; R26 Xn; R22 C; R34	F; T+ R: 11-22-26-34 S: (1/2-)9-16-26-28-33-36/37/39-45		
607-021-00-X	methyl acetate	201-185-2	79-20-9	F; R11 Xi; R36 R66 R67	F; Xi R: 11-36-66-67 S: (2-)16-26-29-33		
607-022-00-5	ethyl acetate	205-500-4	141-78-6	F; R11 Xi; R36 R66 R67	F; Xi R: 11-36-66-67 S: (2-)16-26-33		
607-023-00-0	vinyl acetate	203-545-4	108-05-4	F; R11	F R: 11 S: (2-)16-23-29-33		D
607-024-00-6	propyl acetate; [1] isopropyl acetate [2]	203-686-1 [1] 203-561-1 [2]	109-60-4 [1] 108-21-4 [2]	F; R11 Xi; R36 R66 R67	F; Xi R: 11-36-66-67 S: (2-)16-26-29-33		C
607-025-00-1	n-butyl acetate	204-658-1	123-86-4	R10 R66 R67	R: 10-66-67 S: (2-)25		
607-026-00-7	sec-butyl acetate; [1] isobutyl acetate; [2] tert-butyl acetate [3]	203-300-1 [1] 203-745-1 [2] 208-760-7 [3]	105-46-4 [1] 110-19-0 [2] 540-88-5 [3]	F; R11 R66	F R: 11-66 S: (2-)16-23-25-29-33		C
607-027-00-2	methyl propionate	209-060-4	554-12-1	F; R11 Xn; R20	F; Xn R: 11-20 S: (2-)16-24-29-33		
607-028-00-8	ethyl propionate	203-291-4	105-37-3	F; R11	F R: 11 S: (2-)16-23-24-29-33		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-029-00-3	<i>n</i> -butyl propionate; [1] <i>sec</i> -butyl propionate; [2] <i>tert</i> -butyl propionate; [3] iso-butyl propionate [4]	209-669-5 [1] - [2] - [3] 208-746-0 [4]	590-01-2 [1] 591-34-4 [2] 20487-40-5 [3] 540-42-1 [4]	R10	R: 10 S: (2-)		C
607-030-00-9	propyl propionate	203-389-7	106-36-5	R10 Xn; R20	Xn R: 10-20 S: (2-)24		
607-031-00-4	butyl butyrate	203-656-8	109-21-7	R10	R: 10 S: (2-)		C
607-032-00-X	ethyl acrylate	205-438-8	140-88-5	F; R11 Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/37/ 38 R43	F; Xn R: 11-20/21/22-36/ 37/38-43 S: (2-)9-16-33-36/37	Xi: 36/37/38: C ≥ 5 %	D
607-033-00-5	<i>n</i> -butyl methacrylate	202-615-1	97-88-1	R10 Xi; R36/37/ 38 R43	Xi R: 10-36/37/38-43 S: (2-)		D
607-034-00-0	methyl acrylate; methyl propenoate	202-500-6	96-33-3	F; R11 Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/37/ 38 R43	F; Xn R: 11-20/21/22-36/ 37/38-43 S: (2-)9-25-26-33-36/ 37-43		D
607-035-00-6	methyl methacrylate; methyl 2-methylprop-2-enoate; methyl 2-methylpropenoate	201-297-1	80-62-6	F; R11 Xi; R37/38 R43	F; Xi R: 11-37/38-43 S: (2-)24-37-46		D
607-036-00-1	2-methoxyethyl acetate; methylglycol acetate	203-772-9	110-49-6	Repr. Cat. 2; R60-61 Xn; R20/21/ 22	T R: 60-61-20/21/22 S: 53-45		E
607-037-00-7	2-ethoxyethyl acetate; ethylglycol acetate	203-839-2	111-15-9	⊗ Repr. Cat. 2; R60-61 Xn; R20/21/ 22	T R: 60-61-20/21/22 S: 53-45		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-038-00-2	2-butoxyethyl acetate; butylglycol acetate	203-933-3	112-07-2	Xn; R20/21	Xn R: 20/21 S: (2-)24		
607-039-00-8	2,4-D (ISO); 2,4-dichlorophenoxyacetic acid	202-361-1	94-75-7	Xn; R22 Xi; R37-41 R43 R52-53	Xn R: 22-37-41-43-52/ 53 S: (2-)24/25-26-36/ 37/39-46-61		
607-040-00-3	salts of 2,4-D	—	—	Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-51/53 S: (2-)24/25-26-36/ 37/39-46-61		A
607-041-00-9	2,4,5-T (ISO); 2,4,5-trichlorophenoxy acetic acid	202-273-3	93-76-5	Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/37/38-50/ 53 S: (2-)24-60-61		
607-042-00-4	salts and esters of 2,4,5-T; salts and esters of 2,4,5-trichlorophenoxy acetic acid	—	—	Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/37/38-50/ 53 S: (2-)24-60-61		A
607-043-00-X	dicamba (ISO); 2,5-dichloro-6-methoxybenzoic acid; 3,6-dichloro-2-methoxybenzoic acid	217-635-6	1918-00-9	Xn; R22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-52/53 S: (2-)26-61		
607-044-00-5	3,6-dichloro- <i>o</i> -anisic acid, compound with dimethylamine (1:1); [1] potassium 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisate [2]	218-951-7 [1] 233-002-7 [2]	2300-66-5 [1] 10007-85-9 [2]	Xi; R36 R52-53	Xi R: 36-52/53 S: (2-)26-61		
607-045-00-0	dichlorprop (ISO); 2-(2,4-dichlorophenoxy) propionic acid	204-390-5	120-36-5	Xn; R21/22 Xi; R38-41	Xn R: 21/22-38-41 S: (2-)26-36/37		
607-046-00-6	salts of dichlorprop	—	—	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)13		A
607-047-00-1	fenoprop (ISO); 2-(2,4,5-trichlorophenoxy)propionic acid	202-271-2	93-72-1	Xn; R22 Xi; R38 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-50/53 S: (2-)37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-048-00-7	salts of fenoprop; salts of 2-(2,4,5-trichlorophenoxy)propionic acid	—	—	Xn; R20/21/ 22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)13-60-61		A
607-049-00-2	mecoprop (ISO); 2-(4-chloro- <i>o</i> -tolylxy) propionic acid; ( <i>RS</i> )-2-(4-chloro- <i>o</i> -tolylxy)propionic acid; [1] 2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propionic acid [2]	230-386-8 [1] 202-264-4 [2]	7085-19-0 [1] 7085-19-0 [2]	Xn; R22 Xi; R38-41 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-41-50/53 S: (2-)13-26-37/39- 60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
607-050-00-8	salts of mecoprop	—	—	Xn; R22 Xi; R38-41 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-41-50/53 S: (2-)13-26-37/39- 60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	A
607-051-00-3	MCPA (ISO); 4-chloro- <i>o</i> -tolylxyacetic acid	202-360-6	94-74-6	Xn; R22 Xi; R38-41	Xn R: 22-38-41 S: (2-)26-37-39		
607-052-00-9	salts and esters of MCPA	—	—	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)13		A
607-053-00-4	MCPB (ISO); 4-(4-chloro- <i>o</i> -tolylxy) butyric acid	202-365-3	94-81-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-054-00-X	salts and esters of MCPB	—	—	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24/25		A
607-055-00-5	endothal-sodium (ISO); disodium 7-oxabicyclo(2,2,1)heptane-2,3-dicarboxylate	204-959-8	129-67-9	T; R25 Xn; R21 Xi; R36/37/ 38	T R: 21-25-36/37/38 S: (1/2-)36/37/39-45		
607-056-00-0	warfarin (ISO); [1] ( <i>S</i> )-4-hydroxy-3-(3-oxo-1-phenylbutyl)-2-benzopyrone; [2] ( <i>R</i> )-4-hydroxy-3-(3-oxo-1-phenylbutyl)-2-benzopyrone [3]	201-377-6 [1] 226-907-3 [2] 226-908-9 [3]	81-81-2 [1] 5543-57-7 [2] 5543-58-8 [3]	Repr. Cat. 1; R61 T; R48/25 R52-53	T R: 61-48/25-52/53 S: 53-45-61		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-057-00-6	coumachlor (ISO); 3-[1-(4-chlorophenyl)-3-oxobutyl]-4-hydroxycoumarin	201-378-1	81-82-3	Xn; R48/22 R52-53	Xn R: 48/22-52/53 S: (2-)37-61		
607-058-00-1	coumafuryl (ISO); fumarin; (RS)-3-(1-(2-furyl)-3-oxobutyl)4-hydroxycoumarin; 4-hydroxy-3-[3-oxo-1-(2-furyl) butyl]coumarin	204-195-5	117-52-2	T; R25-48/25 R52-53	T R: 25-48/25-52/53 S: (1/2-)37-45-61		
607-059-00-7	coumatetralyl; 4-hydroxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl)coumarin	227-424-0	5836-29-3	T+; R27/28 T; R48/24/25 R52-53	T+ R: 27/28-48/24/25- 52/53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
607-060-00-2	dicoumarol; 4,4'-dihydroxy-3,3'-methylenebis(2H-chromen-2-one)	200-632-9	66-76-2	T; R48/25 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 22-48/25-51/53 S: (1/2-)37-45-61		
607-061-00-8	acrylic acid; prop-2-enoic acid	201-177-9	79-10-7	R10 Xn; R20/21/ 22 C; R35 N; R50	C; N R: 10-20/21/22-35- 50 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	D
607-062-00-3	n-butyl acrylate	205-480-7	141-32-2	R10 Xi; R36/37/ 38 R43	Xi R: 10-36/37/38-43 S: (2-)9		D
607-063-00-9	isobutyric acid	201-195-7	79-31-2	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)		
607-064-00-4	benzyl chloroformate	207-925-0	501-53-1	C; R34 N; R50-53	C; N R: 34-50/53 S: (1/2-)26-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
607-065-00-X	bromoacetic acid	201-175-8	79-08-3	T; R23/24/25 C; R35 N; R50	T; C; N R: 23/24/25-35-50 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-066-00-5	dichloroacetic acid	201-207-0	79-43-6	C; R35 N; R50	C; N R: 35-50 S: (1/2-)26-45-61		
607-067-00-0	dichloroacetyl chloride	201-199-9	79-36-7	C; R35 N; R50	C; N R: 35-50 S: (1/2-)9-26-45-61		
607-068-00-6	iodoacetic acid	200-590-1	64-69-7	T; R25 C; R35	T; C R: 25-35 S: (1/2-)22-36/37/39-45		
607-069-00-1	ethyl bromoacetate	203-290-9	105-36-2	T+; R26/27/ 28	T+ R: 26/27/28 S: (1/2-)7/9-26-45		
607-070-00-7	ethyl chloroacetate	203-294-0	105-39-5	T; R23/24/25 N; R50	T; N R: 23/24/25-50 S: (1/2-)7/9-45-61		
607-071-00-2	ethyl methacrylate	202-597-5	97-63-2	F; R11 Xi; R36/37/ 38 R43	F; Xi R: 11-36/37/38-43 S: (2-)9-16-29-33		D
607-072-00-8	2-hydroxyethyl acrylate	212-454-9	818-61-1	T; R24 C; R34 R43 N; R50	T; N R: 24-34-43-50 S: (1/2-)26-36/39-45-61	T; R24: C ≥ 2 % Xn; R21: 0,2 % ≤ C < 2 % R43: C ≥ 0,2 %	D
607-073-00-3	4-CPA (ISO); 4-chlorophenoxyacetic acid	204-581-3	122-88-3	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
607-074-00-9	chlorfenac (ISO); 2,3,6-trichlorophenylacetic acid	201-599-3	85-34-7	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)36-61		
607-075-00-4	chlorfenprop-methyl; methyl 2-chloro-3-(4-chlorophenyl)propionate	238-413-5	14437-17-3	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-076-00-X	dodine (ISO); dodecylguanidinium acetate	219-459-5	2439-10-3	Xn; R22 Xi; R36/38 N; R50-53	Xn; N R: 22-36/38-50/53 S: (2-)26-60-61		
607-077-00-5	erbon (ISO); 2-(2,4,5-trichlorophenoxy)ethyl 2,2-dichloropropionate	—	136-25-4	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
607-078-00-0	fluenetil (ISO); 2-fluoroethyl biphenyl-4-ylacetate	—	4301-50-2	T+; R27/28	T+ R: 27/28 S: (1/2-)28-36/ 37-45		
607-079-00-6	kelevan (ISO); ethyl 5-(perchloro-5-hydroxypentacyclo[5,3,0,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>4,8</sup> ] decan-5-yl)-4-oxopentanoate; ethyl 5-(1,2,3,5,6,7,8,9,10,10-decachloro-4-hydroxypentacy- clo(5,2,1,0 <sup>2,6</sup> ,0 <sup>3,9</sup> ,0 <sup>3,8</sup> )dec-4-yl)-4-oxovalerate	—	4234-79-1	T; R24 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 22-24-51/53 S: (1/2-)36/37-45-61		
607-080-00-1	chloroacetyl chloride	201-171-6	79-04-9	R14 R29 T; R23/24/ 25-48/23 C; R35 N; R50	T; C; N R: 14-23/24/25-29- 35-48/23-50 S: (1/2-)7/8-9-26-36/ 37/39-45-61		
607-081-00-7	fluoroacetic acid	205-631-7	144-49-0	T+; R28 N; R50	T+; N R: 28-50 S: (1/2-)20-22-26-45- 61		
607-082-00-2	fluoroacetates, soluble	—	—	T+; R28 N; R50	T+; N R: 28-50 S: (1/2-)20-22-26-45- 61		A
607-083-00-8	2,4-DB (ISO); 4-(2,4-dichlorophenoxy)butyric acid	202-366-9	94-82-6	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)25-29-46-61		
607-084-00-3	salts of 2,4-DB	—	—	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)26-29-39-46- 61		A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-085-00-9	benzyl benzoate	204-402-9	120-51-4	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)25		
607-086-00-4	diallyl phthalate	205-016-3	131-17-9	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24/25-60-61		
607-088-00-5	methacrylic acid; 2-methylpropenoic acid	201-204-4	79-41-4	Xn; R21/22 C; R35	C R: 21/22-35 S: (1/2-)26-36/37/39-45	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	D
607-089-00-0	propionic acid ... %	201-176-3	79-09-4	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)23-36-45	C; R34: C ≥ 25 % Xi; R36/37/38: 10 % ≤ C < 25 %	B
607-090-00-6	thioglycolic acid	200-677-4	68-11-1	T; R23/24/25 C; R34	T R: 23/24/25-34 S: (1/2-)25-27-28-45	T; R23/24/25: C ≥ 2 % Xn; R20/21/22: 0,2 % ≤ C < 2 %	
607-091-00-1	trifluoroacetic acid . . . %	200-929-3	76-05-1	Xn; R20 C; R35 R52-53	C R: 20-35-52/53 S: (1/2-)9-26-27-28-45-61	Xn; R20: C ≥ 10 %	B
607-092-00-7	methyl lactate; [1] methyl (±)-lactate; [2] methyl (R)-lactate; [3] methyl (S)-(-)-lactate [4]	208-930-0 [1] 218-449-8 [2] 241-420-6 [3] 248-704-9 [4]	547-64-8 [1] 2155-30-8 [2] 17392-83-5 [3] 27871-49-4 [4]	R10 Xi; R36/37	Xi R: 10-36/37 S: (2-)24		C
607-093-00-2	propionyl chloride	201-170-0	79-03-8	F; R11 R14 C; R34	F; C R: 11-14-34 S: (1/2-)9-16-26-45		B D
607-094-00-8	peracetic acid . . . %	201-186-8	79-21-0	R10 O; R7 Xn; R20/21/ 22 C; R35 N; R50	O; C; N R: 7-10-20/21/22-35-50 S: (1/2-)3/7-14-36/37/39-45-61	Xn; R20/21/22: C ≥ 10 % C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	B D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-095-00-3	maleic acid	203-742-5	110-16-7	Xn; R22 Xi; R36/37/38	Xn R: 22-36/37/38 S: (2-)26-28-37		
607-096-00-9	maleic anhydride	203-571-6	108-31-6	Xn; R22 C; R34 R42/43	C R: 22-34-42/43 S: (2-)22-26-36/37/39-45		
607-097-00-4	benzene-1,2,4-tricarboxylic acid 1,2-anhydride; trimellitic anhydride	209-008-0	552-30-7	Xi; R37-41 R42/43	Xn R: 37-41-42/43 S: (2-)22-26-36/37/39		
607-098-00-X	benzene-1,2:4,5-tetracarboxylic dianhydride; benzene-1,2:4,5-tetracarboxylic dianhydride; pyromellitic dianhydride	201-898-9	89-32-7	Xi; R41 R42/43	Xn R: 41-42/43 S: (2-)22-24-26-37/39		
607-099-00-5	1,2,3,6-tetrahydrophthalic anhydride; [1] cis-1,2,3,6-tetrahydrophthalic anhydride; [2] 3,4,5,6-tetrahydrophthalic anhydride; [3] tetrahydrophthalic anhydride [4]	201-605-4 [1] 213-308-7 [2] 219-374-3 [3] 247-570-9 [4]	85-43-8 [1] 935-79-5 [2] 2426-02-0 [3] 26266-63-7 [4]	Xi; R41 R42/43 R52-53	Xn R: 41-42/43-52/53 S: (2-)22-24-26-37/39-61		C
607-100-00-9	benzophenone-3,3',4,4'-tetracarboxylic dianhydride; 4,4'-carbonyldi(phthalic anhydride)	219-348-1	2421-28-5	Xi; R36/37	Xi R: 36/37 S: (2-)25	Xi; R36/37: C ≥ 1 %	
607-101-00-4	1,4,5,6,7,7-hexachlorobicyclo [2,2,1]hept-5-ene-2,3-dicarboxylic anhydride chlorendic anhydride	204-077-3	115-27-5	Xi; R36/37/38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)25	Xi; R36/37/38: C ≥ 1 %	
607-102-00-X	cyclohexane-1,2-dicarboxylic anhydride; [1] cis-cyclohexane-1,2-dicarboxylic anhydride; [2] trans-cyclohexane-1,2-dicarboxylic anhydride [3]	201-604-9 [1] 236-086-3 [2] 238-009-9 [3]	85-42-7 [1] 13149-00-3 [2] 14166-21-3 [3]	Xi; R41 R42/43	Xn R: 41-42/43 S: (2-)23-24-26-37/39		C
607-103-00-5	succinic anhydride	203-570-0	108-30-5	Xi; R36/37	Xi R: 36/37 S: (2-)25	Xi; R36/37: C ≥ 1 %	



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-104-00-0	cyclopentane-1,2,3,4-tetracarboxylic dianhydride	227-964-7	6053-68-5	Xi; R36/37	Xi R: 36/37 S: (2-)25	Xi; R36/37: C ≥ 1 %	
607-105-00-6	8,9,10-trinorborn-5-ene-2,3-dicarboxylic anhydride; [1] 1,2,3,6-tetrahydro-3,6-methanophthalic anhydride; [2] (1 $\alpha$ ,2 $\alpha$ ,3 $\beta$ ,6 $\beta$ )-1,2,3,6-tetrahydro-3,6-methanophthalic anhydride [3]	204-957-7 [1] 212-557-9 [2] 220-384-5 [3]	129-64-6 [1] 826-62-0 [2] 2746-19-2 [3]	Xi; R41 R42/43	Xn R: 41-42/43 S: (2-)22-24-26-37/39		C
607-106-00-1	8,9-dinorborn-5-ene-2,3-dicarboxylic anhydride	—	123748-85-6	Xn; R22 Xi; R36/37/38 R42	Xn R: 22-36/37/38-42 S: (2-)39	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	C
607-107-00-7	2-ethylhexyl acrylate	203-080-7	103-11-7	Xi; R37/38 R43	Xi R: 37/38-43 S: (2-)36/37-46		D
607-108-00-2	2-hydroxy-1-methylethylacrylate; [1] 2-hydroxypropylacrylate; [2] acrylic acid, monoester with propane-1,2-diol [3]	220-852-9 [1] 213-663-8 [2] 247-118-0 [3]	2918-23-2 [1] 999-61-1 [2] 25584-83-2 [3]	T; R23/24/25 C; R34 R43	T R: 23/24/25-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45	T; R23/24/25: C ≥ 2 % Xn; R20/21/22: 0,2 % ≤ C < 2 % R43: C ≥ 0,2 %	C D
607-109-00-8	hexamethylene diacrylate; hexane-1,6-diol diacrylate	235-921-9	13048-33-4	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)39		D
607-110-00-3	pentaerythritol triacrylate	222-540-8	3524-68-3	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)39		D
607-111-00-9	2,2-bis(acryloyloxymethyl)butyl acrylate; trimethylolpropane triacrylate	239-701-3	15625-89-5	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)39		D
607-112-00-4	2,2-dimethyltrimethylene diacrylate; neopentyl glycol diacrylate	218-741-5	2223-82-7	T; R24 Xi; R36/38 R43	T R: 24-36/38-43 S: (1/2-)28-39-45	T; R24: C ≥ 5 % Xn; R21: 0,2 % ≤ C < 5 %	D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-113-00-X	isobutyl methacrylate	202-613-0	97-86-9	R10 Xi; R36/37/38 R43 N; R50	Xi; N R: 10-36/37/38-43-50 S: (2-)24-37-61		D
607-114-00-5	ethylene dimethacrylate	202-617-2	97-90-5	Xi; R37 R43	Xi R: 37-43 S: (2-)24-37	Xi; R37: C ≥ 10 %	D
607-115-00-0	isobutyl acrylate	203-417-8	106-63-8	R10 Xn; R20/21 Xi; R38 R43	Xn R: 10-20/21-38-43 S: (2-)9-24-37	Xi; R38: C ≥ 10 %	D
607-116-00-6	cyclohexyl acrylate	221-319-3	3066-71-5	Xi; R37/38 N; R51-53	Xi; N R: 37/38-51/53 S: (2-)61	Xi; R37/38: C ≥ 10 %	D
607-117-00-1	2,3-epoxypropyl acrylate; glycidyl acrylate	203-440-3	106-90-1	T; R23/24/25 C; R34 R43	T R: 23/24/25-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45	T; R23/24/25: C ≥ 2 % Xn; R20/21/22: 0,2 % ≤ C < 2 % R43: C ≥ 0,2 %	D
607-118-00-7	1-methyltrimethylene diacrylate; 1,3-butylene glycol diacrylate	243-105-9	19485-03-1	Xn; R21 C; R34 R43	C R: 21-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45		D
607-119-00-2	tetramethylene diacrylate; 1,4-butylene glycol diacrylate	213-979-6	1070-70-8	Xn; R21 C; R34 R43	C R: 21-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45		D
607-120-00-8	2,2'-oxydiethyl diacrylate; diethylene glycol diacrylate	223-791-6	4074-88-8	T; R24 Xi; R36/38 R43	T R: 24-36/38-43 S: (1/2-)28-39-45	T; R24: C ≥ 2 % Xn; R21: 0,2 % ≤ C < 2 % R43: C ≥ 0,2 %	D
607-121-00-3	8,9,10-trinorborn-2-yl acrylate	—	10027-06-2	Xn; R21 Xi; R38 R43	Xn R: 21-38-43 S: (2-)28	Xi; R38: C ≥ 10 %	D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-122-00-9	pentaerythritol tetraacrylate	225-644-1	4986-89-4	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)26-39		D
607-123-00-4	2,3-epoxypropyl methacrylate; glycidyl methacrylate	203-441-9	106-91-2	Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/38 R43	Xn R: 20/21/22-36/38- 43 S: (2-)26-28	Xi; R36/38: C ≥ 10 %	D
607-124-00-X	2-hydroxyethyl methacrylate	212-782-2	868-77-9	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)26-28		D
607-125-00-5	2-hydroxypropyl methacrylate; [1] 3-hydroxypropyl methacrylate [2]	213-090-3 [1] 220-426-2 [2]	923-26-2 [1] 2761-09-3 [2]	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)24/25-26-37/39		C D
607-126-00-0	2,2'-(ethylenedioxy)diethyl diacrylate; triethylene glycol diacrylate	216-853-9	1680-21-3	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)26-28		D
607-127-00-6	2-diethylaminoethyl methacrylate	203-275-7	105-16-8	Xn; R20 Xi; R36/38 R43	Xn R: 20-36/38-43 S: (2-)26	Xi; R36/38: C ≥ 10 %	D
607-128-00-1	2-tert-butylaminoethyl methacrylate	223-228-4	3775-90-4	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)26		D
607-129-00-7	ethyl lactate; ethyl DL-lactate; [1] ethyl (S)-2-hydroxypropionate; ethyl L-lactate; ethyl-(S)-lactate [2]	202-598-0 [1] 211-694-1 [2]	97-64-3 [1] 687-47-8 [2]	R10 Xi; R37-41	Xi R: 10-37-41 S: (2-)24-26-39		C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-130-00-2	pentyl acetate; [1] isopentyl acetate; [2] 1-methylbutyl acetate; [3] 2-methylbutyl acetate; [4] 2(or 3)-methylbutyl acetate [5]	211-047-3 [1] 204-662-3 [2] 210-946-8 [3] 210-843-8 [4] 282-263-3 [5]	628-63-7 [1] 123-92-2 [2] 626-38-0 [3] 624-41-9 [4] 84145-37-9 [5]	R10 R66	R: 10-66 S: (2-)23-25		C
607-131-00-8	isopentyl propionate; [1] pentyl propionate; [2] 2-methylbutyl propionate [3]	203-322-1 [1] 210-852-7 [2] 219-449-0 [3]	105-68-0 [1] 624-54-4 [2] 2438-20-2 [3]	R10	R: 10 S: (2-)23-24		C
607-132-00-3	2-dimethylaminoethyl methacrylate	220-688-8	2867-47-2	Xn; R21/22 Xi; R36/38 R43	Xn R: 21/22-36/38-43 S: (2-)26-28	Xi; R36/38: C ≥ 10 %	D
607-133-00-9	monoalkyl or monoaryl or monoalkylaryl esters of acrylic acid with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xi; R36/37/38 N; R51-53	Xi; N R: 36/37/38-51/53 S: (2-)26-28-61	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	A
607-134-00-4	monoalkyl or monoaryl or monoalkylaryl esters of methacrylic acid with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xi; R36/37/38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)26-28	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	A
607-135-00-X	butyric acid	203-532-3	107-92-6	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-36-45		
607-136-00-5	butyryl chloride	205-498-5	141-75-3	F; R11 C; R34	F; C R: 11-34 S: (1/2-)16-23-26-36-45		
607-137-00-0	methyl acetoacetate	203-299-8	105-45-3	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)26		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-138-00-6	butyl chloroformate; chloroformic acid butyl ester	209-750-5	592-34-7	R10 T; R23 C; R34	T R: 10-23-34 S: (1/2-)26-36-45		
607-139-00-1	2-chloropropionic acid	209-952-3	598-78-7	Xn; R22 C; R35	C R: 22-35 S: (1/2-)23-26-28-36-45		
607-140-00-7	isobutyryl chloride	201-194-1	79-30-1	F; R11 C; R35	F; C R: 11-35 S: (1/2-)16-23-26-36-45		
607-141-00-2	oxydiethylene bis(chloroformate)	203-430-9	106-75-2	Xn; R22 Xi; R38-41 N; R51-53	Xn; N R: 22-38-41-51/53 S: (2-)23-26-61		
607-142-00-8	propyl chloroformate; chloroformic acid propylester; <i>n</i> -propyl chloroformate	203-687-7	109-61-5	R10 ⊗ T; R23 C; R34	T R: 10-23-34 S: (1/2-)26-36-45		
607-143-00-3	valeric acid	203-677-2	109-52-4	C; R34 R52-53	C R: 34-52/53 S: (1/2-)26-36-45-61		
607-144-00-9	adipic acid	204-673-3	124-04-9	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)		
607-145-00-4	methanesulphonic acid	200-898-6	75-75-2	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-36-45		
607-146-00-X	fumaric acid	203-743-0	110-17-8	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)26		
607-147-00-5	oxalic acid diethylester; diethyl oxalate	202-464-1	95-92-1	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)23		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-148-00-0	guanidinium chloride; guanadine hydrochloride	200-002-3	50-01-1	Xn; R22 Xi; R36/38	Xn R: 22-36/38 S: (2-)22		
607-149-00-6	urethane (INN); ethyl carbamate	200-123-1	51-79-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		
607-150-00-1	endothal (ISO); 7-oxabicyclo(2,2,1)heptane-2,3-dicarboxylic acid	205-660-5	145-73-3	T; R25 Xn; R21 Xi; R36/37/ 38	T R: 21-25-36/37/38 S: (1/2-)36/37/39-45		
607-151-00-7	propargite (ISO); 2-(4- <i>tert</i> -butylphenoxy) cyclohexyl prop-2-ynyl sulphite	219-006-1	2312-35-8	Carc. Cat. 3; R40 T; R23 Xi; R38-41 N; R50-53	T; N R: 23-38-40-41-50/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61	N; R50-53: C $\geq$ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % $\leq$ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % $\leq$ C < 0,25 %	
607-152-00-2	2,3,6-TBA (ISO); 2,3,6-trichlorobenzoic acid	200-026-4	50-31-7	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
607-153-00-8	benazolin (ISO); 4-chloro-2,3-dihydro-2-oxo-1,3-benzothiazol-3-ylacetic acid	223-297-0	3813-05-6	Xi; R36/38 R52-53	Xi R: 36/38-52/53 S: (2-)22-61		
607-154-00-3	ethyl N-benzoyl-N-(3,4-dichlorophenyl)-DL-alaninate; benzoylprop-ethyl (ISO)	244-845-5	22212-55-1	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24-60-61		
607-155-00-9	3-(3-amino-5-(1-methylguanidino)-1-oxopentylamino-6-(4-amino-2-oxo-2,3-dihydro-pyrimidin-1-yl)-2,3-dihydro-(6H)-pyran-2-carboxylic acid; blasticidin-s	—	2079-00-7	T+; R28	T+ R: 28 S: (1/2-)24/25-36/37- 45		
607-156-00-4	chlorfenson (ISO); 4-chlorophenyl 4-chlorobenzenesulfonate	201-270-4	80-33-1	Xn; R22 Xi; R38 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-50/53 S: (2-)37-60-61		
607-157-00-X	3-(3-biphenyl-4-yl-1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl)-4-hydroxy-coumarin; difenacoum	259-978-4	56073-07-5	T+; R28 T; R48/25 N; R50-53	T+; N R: 28-48/25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-158-00-5	sodium salt of chloroacetic acid; sodium chloroacetate	223-498-3	3926-62-3	T; R25 Xi; R38 N; R50	T; N R: 25-38-50 S: (1/2-)22-37-45-61		
607-159-00-0	chlorobenzilate (ISO); ethyl 2,2-di(4-chlorophenyl)-2-hydroxyacetate; ethyl 4,4'-dichlorobenzilate	208-110-2	510-15-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
607-160-00-6	isobutyl 2-(4-(4-chlorophenoxy)phenoxy)propionate; clofop-isobutyl (ISO)	—	51337-71-4	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
607-161-00-1	diethanolamine salt of 4-CPA	—	—	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
607-162-00-7	2,2-dichloropropionic acid; dalapon	200-923-0	75-99-0	Xn; R22 Xi; R38-41 R52-53	Xn R: 22-38-41-52/53 S: (2-)26-39-61		
607-163-00-2	3-acetyl-6-methyl-2H-pyran-2,4(3H)-dione; dehydracetic acid	208-293-9	520-45-6	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
607-164-00-8	sodium 1-(3,4-dihydro-6-methyl-2,4-dioxo-2H-pyran-3-ylidene)ethonolate; sodium dehydracetate	224-580-1	4418-26-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
607-165-00-3	diclofop-methyl (ISO); methyl 2-(4-(2,4-dichlorophenoxy)phenoxy)propionate; methyl (RS)-2-[4-(2,4-dichlorophenoxy)phenoxy]propionate;	257-141-8	51338-27-3	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-166-00-9	medinoterb acetate (ISO); 6-tert-butyl-3-methyl-2,4-dinitrophenyl acetate	219-634-6	2487-01-6	T; R25 Xn; R21	T R: 21-25 S: (1/2-)36/37-45		
607-167-00-4	sodium 3-chloroacrylate	—	4312-97-4	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)36/37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-168-00-X	dipropyl 6,7-methylenedioxy-1,2,3,4-tetrahydro-3-methyl-naphthalene-1,2-dicarboxylate; propylisome	—	83-59-0	T; R24 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 22-24-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
607-169-00-5	sodium fluoroacetate	200-548-2	62-74-8	T+; R26/27/28 N; R50	T+; N R: 26/27/28-50 S: (1/2-)13-22-36/37-45-61		
607-170-00-0	bis(1,2,3-trithiacyclohexyldimethylammonium) oxalate; thiocyclam-oxalate	250-859-2	31895-22-4	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
607-172-00-1	4-hydroxy-3-(3-(4'-bromo-4-biphenyl)-1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl)coumarin; brodifacoum	259-980-5	56073-10-0	T+; R27/28 T; R48/24/25 N; R50-53	T+; N R: 27/28-48/24/25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
607-173-00-7	dimethyl (3-methyl-4-(5-nitro-3-ethoxycarbonyl-2-thienyl)azo)phenylnitrilodipropionate	400-460-6	—	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
607-174-00-2	reaction mass of dodecyl 3-(2,2,4,4-tetramethyl-21-oxo-7-oxa-3,20-diazadispiro(5,1,1,1,2)hencosan-20-yl)propionate and tetradecyl 3-(2,2,4,4-tetramethyl-21-oxo-7-oxa-3,20-diazadispiro(5,1,1,1,2)hencosan-20-yl)propionate	400-580-9	—	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)28-61		
607-175-00-8	methyl 2-(2-nitrobenzylidene)acetoacetate	400-650-9	39562-27-1	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
607-176-00-3	reaction mass of $\alpha$ -3-(3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyl- $\omega$ -hydroxypoly(oxyethylene) and $\alpha$ -3-(3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyl- $\omega$ -3-(3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)propionyloxypoly(oxyethylene)	400-830-7	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)36/37-61		
607-177-00-9	methyl 2-(3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)3-methylureidosulphonyl)benzoate	401-190-1	101200-48-0	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
607-178-00-4	methyl $\alpha$ -((4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)ureidosulphonyl)-o-toluate	401-340-6	83055-99-6	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-179-00-X	(benzothiazol-2-ylthio)succinic acid	401-450-4	95154-01-1	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-180-00-5	potassium 2-hydroxycarbazole-1-carboxylate	401-630-2	96566-70-0	Xn; R22 Xi; R36/37 R52-53	Xn R: 22-36/37-52/53 S: (2-)22-26-61		
607-181-00-0	3,5-dichloro-2,4-difluorobenzoyl fluoride	401-800-6	101513-70-6	T; R23 C; R34 Xn; R22 R29 R43 R52-53	T; C R: 22-23-29-34-43-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
607-182-00-6	methyl 3-sulphamoyl-2-thenoate	402-050-2	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-183-00-1	zinc 2-hydroxy-5-C <sub>13-18</sub> alkylbenzoate	402-280-3	—	Xi; R36/38 N; R51-53	Xi; N R: 36/38-51/53 S: (2-)26-61		
607-184-00-7	S-(3-trimethoxysilyl)propyl 19-isocyanato-11-(6-isocyanato-hexyl)-10,12-dioxo-2,9,11,13-tetraazonadecanethioate	402-290-8	85702-90-5	R10 R42/43	Xn R: 10-42/43 S: (2-)23-24-37		
607-185-00-2	ethyl <i>trans</i> -3-dimethylaminoacrylate	402-650-4	1117-37-9	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-186-00-8	quinclorac (ISO); 3,7-dichloroquinoline-8-carboxylic acid	402-780-1	84087-01-4	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-187-00-3	bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl) succinate	402-940-0	62782-03-0	Xi; R36 R52-53	Xi R: 36-52/53 S: (2-)26-61		
607-188-00-9	hydrogen sodium N-carboxylatoethyl-N-octadec-9-enylmaleamate	402-970-4	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-189-00-4	trimethylenediaminetetraacetic acid	400-400-9	1939-36-2	Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 22-41-50/53 S: (2-)22-26-39-60-61		
607-190-00-X	methyl acrylamidomethoxyacetate (containing $\geq 0,1$ % acrylamid)	401-890-7	77402-03-0	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Xn; R22 Xi; R36	T R: 45-46-22-36 S: 53-45		E
607-191-00-5	isobutyl 3,4-epoxybutyrate	401-920-9	100181-71-3	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)24-28-36/37-60-61		
607-192-00-0	disodium N-carboxymethyl-N-(2-(2-hydroxyethoxy)ethyl)glycinate	402-360-8	92511-22-3	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
607-194-00-1	propylene carbonate	203-572-1	108-32-7	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)		
607-195-00-7	2-methoxy-1-methylethyl acetate	203-603-9	108-65-6	R10 Xi; R36	Xi R: 10-36 S: (2-)25		
607-196-00-2	heptanoic acid	203-838-7	111-14-8	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45		
607-197-00-8	nonanoic acid	203-931-2	112-05-0	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45		
607-198-00-3	propyl 3,4,5-trihydroxybenzoate	204-498-2	121-79-9	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-199-00-9	octyl 3,4,5-trihydroxybenzoate	213-853-0	1034-01-1	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)24-37		
607-200-00-2	dodecyl 3,4,5-trihydroxybenzoate	214-620-6	1166-52-5	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-201-00-8	thiocarbonyl chloride	207-341-6	463-71-8	T; R23 Xn; R22 Xi; R36/37/ 38	T R: 22-23-36/37/38 S: (1/2-)7-9-36/37-45		
607-203-00-9	2-ethylhexyl[[[3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl]methyl]thio]acetate	279-452-8	80387-97-9	Repr. Cat. 2; R61 R43 R52-53	T R: 61-43-52/53 S: 53-45-61		
607-204-00-4	(chlorophenyl)(chlorotolyl)methane, mixed isomers	400-140-6	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-205-00-X	methyl chloroacetate	202-501-1	96-34-4	R10 T; R23/25 Xi; R37/38- 41	T R: 10-23/25-37/38- 41 S: (1/2-)26-37/39-45		
607-206-00-5	isopropyl chloroacetate	203-301-7	105-48-6	R10 T; R25 Xi; R36/37/ 38	T R: 10-25-36/37/38 S: (1/2-)26-37/39-45		
607-207-00-0	haloxyfop-etotyl (ISO) 2-ethoxyethyl 2-(4-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy)propionate; haloxyfop-(2-ethoxyethyl)	402-560-5	87237-48-7	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)22-36-60-61		
607-208-00-6	4,8,12-trimethyltrideca-3,7,11-trienoic acid, mixed isomers	403-000-2	91853-67-7	Xi; R38 N; R50-53	Xi; N R: 38-50/53 S: (2-)37/39-60-61		
607-209-00-1	reaction mass of O,O'-diisopropyl (pentathio)dithioformate and O,O'-diisopropyl (trithio)dithioformate and O,O'-diisopropyl (tetrathio)dithioformate	403-030-6	—	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-210-00-7	methyl acrylamidoglycolate (containing $\geq 0,1$ % acrylamide)	403-230-3	77402-05-2	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 C; R34 R43	T R: 45-46-34-43 S: 53-45		
607-211-00-2	methyl 3-(3- <i>tert</i> -butyl-4-hydroxy-5-methylphenyl)propionate	403-270-1	6386-39-6	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)36-61		
607-212-00-8	poly(oxypropylenecarbonyl-co-oxy(ethylethylene)carbonyl), containing 27 % hydroxyvalerate	403-300-3	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-213-00-3	ethyl 3,3-bis( <i>tert</i> -pentylperoxy)butyrate	403-320-2	67567-23-1	E; R2 $\otimes$ O; R7 R10 N; R51-53	E; N R: 2-7-10-51/53 S: (2-)3/7-14-33-36/ 37/39-61		
607-214-00-9	N,N-hydrazinodiacetic acid	403-510-5	19247-05-3	T; R25 Xn; R48/22 R43 R52-53	T R: 25-43-48/22-52/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		
607-215-00-4	3-(3- <i>tert</i> -butyl-4-hydroxyphenyl)propionic acid	403-920-4	107551-67-7	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)25-26-36		
607-216-00-X	glutamic acid, reaction products with N-(C <sub>12-14</sub> alkyl)propylenediamine	403-950-8	—	T+; R26 Xn; R22 C; R34 N; R50-53	T+; N R: 22-26-34-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 38-45-60-61		
607-217-00-5	2-ethoxyethyl 2-(4-(2,6-dihydro-2,6-dioxo-7-phenyl-1,5-dioxaindacen-3-yl)phenoxy)acetate	403-960-2	—	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
607-218-00-0	dichlorprop-P (ISO); (+)-R-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionic acid	403-980-1	15165-67-0	Xn; R22 Xi; R38-41 R43	Xn R: 22-38-41-43 S: (2-)24-26-37/39		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-219-00-6	bis(2-ethylhexyl) dithiodiacetate	404-510-8	62268-47-7	Xn; R22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-43-51/53 S: (2-)24/25-37-61		
607-221-00-7	6-docosyloxy-1-hydroxy-4-(1-(4-hydroxy-3-methylphenanthren-1-yl)-3-oxo-2-oxaphenalen-1-yl)naphthalene-2-carboxylic acid	404-550-6	—	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
607-222-00-2	6-(2,3-dimethylmaleimido)hexyl methacrylate	404-870-6	63740-41-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
607-223-00-8	transfluthrin (ISO); 2,3,5,6-tetrafluorobenzyl <i>trans</i> -2-(2,2-dichlorovinyl)-3,3-dimethylcyclopropanecarboxylate	405-060-5	118712-89-3	Xi; R38 N; R50-53	Xi; N R: 38-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
607-224-00-3	methyl 2-(3-nitrobenzylidene)acetoacetate	405-270-7	39562-17-9	Xi; R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-225-00-9	3-azidosulfonylbenzoic acid	405-310-3	15980-11-7	E; R2 Xn; R48/22 Xi; R41 R43	E; Xn R: 2-41-43-48/22 S: (2-)22-26-35-36/ 37/39		
607-226-00-4	reaction mass of 2-acryloyloxyethyl hydrogen cyclohexane-1,2-dicarboxylate and 2-methacryloyloxyethyl hydrogen cyclohexane-1,2-dicarboxylate	405-360-6	—	Xi; R38-41 R43 R52-53	Xi R: 38-41-43-52/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-227-00-X	potassium 2-amino-2-methylpropionate octahydrate	405-560-3	120447-91-8	Xn; R22 C; R35	C R: 22-35 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45		
607-228-00-5	bis(2-methoxyethyl) phthalate	204-212-6	117-82-8	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62	T R: 61-62 S: 53-45		
607-229-00-0	diethylcarbonyl chloride	201-798-5	88-10-8	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/22 Xi; R36/37/ 38	Xn R: 20/22-36/37/38- 40 S: (2-)26-36/37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-230-00-6	2-ethylhexanoic acid	205-743-6	149-57-5	Repr. Cat. 3; R63	Xn R: 63 S: (2-)36/37		
607-231-00-1	3,6-dichloropyridine-2-carboxylic acid; clopyralid	216-935-4	1702-17-6	Xi; R41 N; R51-53	X; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
607-232-00-7	pyridate (ISO); O-(6-chloro-3-phenylpyridazin-4-yl) S-octyl thiocarbonate	259-686-7	55512-33-9	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-233-00-2	hexyl acrylate	219-698-5	2499-95-8	Xi; R36/37/ 38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 36/37/38-43-51/ 53 S: (2-)24-26-37-61		
607-234-00-8	flurenol (ISO); 9-hydroxy-9H-fluorene-9-carboxylic acid	207-397-1	467-69-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-235-00-3	mecrilate; methyl 2-cyanoacrylate	205-275-2	137-05-3	Xi; R36/37/ 38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)23-24/25-26	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	
607-236-00-9	ethyl 2-cyanoacrylate	230-391-5	7085-85-0	Xi; R36/37/ 38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)23-24/25-26	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	
607-237-00-4	benzyl 2-chloro-4-(trifluoromethyl)thiazole-5-carboxylate; flurazole	276-942-3	72850-64-7	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-238-00-X	tau-fluvalinate (ISO); cyano-(3-phenoxyphenyl)methyl N-[2-chloro-4-(trifluorome- thyl)phenyl]-D-valinate	—	102851-06-9	Xn; R22 Xi; R38 N; R50-53	Xn; N R: 22-38-50/53 S: (2-)24-59-61		
607-239-00-5	fenpropathrin (ISO); α-cyano-3-phenoxybenzyl 2,2,3,3-tetramethylcyclopropane- carboxylate;	254-485-0	39515-41-8	T+; R26 T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T+; N R: 21-25-26-50/53 S: (1/2-)28-36/37-38- 45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-240-00-0	<i>cis</i> -1,2,3,6-tetrahydro-4-methylphthalic anhydride; [1] 1,2,3,6-tetrahydro-4-methylphthalic anhydride; [2] 1,2,3,6-tetrahydro-3-methylphthalic anhydride; [3] tetrahydromethylphthalic anhydride; [4] 1,2,3,6-tetrahydromethylphthalic anhydride; [5] tetrahydro-4-methylphthalic anhydride; [6] 2,3,5,6-tetrahydro-2-methylphthalic anhydride [7]	216-906-6 [1] 222-323-8 [2] 226-247-6 [3] 234-290-7 [4] 247-830-1 [5] 251-823-9 [6] 255-853-3 [7]	1694-82-2 [1] 3425-89-6 [2] 5333-84-6 [3] 11070-44-3 [4] 26590-20-5 [5] 34090-76-1 [6] 42498-58-8 [7]	Xi; R41 R42/43	Xn R: 41-42/43 S: (2-)22-24-26-37/39		C
607-241-00-6	hexahydro-4-methylphthalic anhydride; [1] hexahydromethylphthalic anhydride; [2] hexahydro-1-methylphthalic anhydride; [3] hexahydro-3-methylphthalic anhydride [4]	243-072-0 [1] 247-094-1 [2] 256-356-4 [3] 260-566-1 [4]	19438-60-9 [1] 25550-51-0 [2] 48122-14-1 [3] 57110-29-9 [4]	Xi; R41 R42/43	Xn R: 41-42/43 S: (2-)22-24-26-37/39		C
607-242-00-1	tetrachlorophthalic anhydride	204-171-4	117-08-8	Xi; R41 R42/43 N; R50-53	Xn; N R: 41-42/43-50/53 S: (2-)22-24-26-37/39-60-61		
607-243-00-7	sodium 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisate; [1] 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisic acid, compound with 2,2'-iminodiethanol (1:1); [2] 3,6-dichloro- <i>o</i> -anisic acid, compound with 2-aminoethanol (1:1) [3]	217-846-3 [1] 246-590-5 [2] 258-527-9 [3]	1982-69-0 [1] 25059-78-3 [2] 53404-28-7 [3]	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-244-00-2	isooctyl acrylate	249-707-8	29590-42-9	Xi; R36/37/38 N; R50-53	Xi; N R: 36/37/38-50/53 S: (2-)26-28-60-61	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	
607-245-00-8	<i>tert</i> -butyl acrylate	216-768-7	1663-39-4	F; R11 Xn; R20/21/22 Xi; R37/38 R43 N; R52-53	F; Xn R: 11-20/21/22-37/38-43-52/53 S: (2-)16-25-37-61		D

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-246-00-3	allyl methacrylate; 2-methyl-2-propenoic acid 2-propenyl ester	202-473-0	96-05-9	R10 T; R23 Xn; R21/22 N; R50	T; N R: 10-21/22-23-50 S: (1/2-)36/37-45-61		
607-247-00-9	dodecyl methacrylate	205-570-6	142-90-5	Xi; 36/37/38 N; R50-53	Xi; N R: 36/37/38-50/53 S: (2-)26-28-60-61	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	
607-248-00-4	naptalam-sodium (ISO);; sodium N-naphth-1-ylphthalamate	205-073-4	132-67-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
607-249-00-X	(1-methyl-1,2-ethanediy)bis[oxy(methyl-2,1-ethanediy)] diacrylate	256-032-2	42978-66-5	Xi; R36/37/38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 36/37/38-43-51/53 S: (2-)24-37-61	Xi; R36/37/38: C ≥ 10 %	
607-250-00-5	4H—3,1-benzoxazine-2,4(1H)-dione	204-255-0	118-48-9	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)24-26-37		
607-251-00-0	2-methoxypropyl acetate	274-724-2	70657-70-4	R10 Repr. Cat. 2; R61 Xi; R37	T R: 61-10-37 S: 53-45		
607-252-00-6	lambda-cyhalothrin (ISO); reaction mass of (S)-α-cyano-3-phenoxybenzyl(Z)-(1R)-cis-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate and (R)-α-cyano-3-phenoxybenzyl (Z)-(1S)-cis-3-(2-chloro-3,3,3-trifluoropropenyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate (1:1)	415-130-7	91465-08-6	T+; R26 T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T+; N R: 21-25-26-50/53 S: (1/2-)28-36/37/39-38-45-60-61		
607-253-00-1	α-cyano-4-fluoro-3-phenoxybenzyl-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate; cyfluthrin	269-855-7	68359-37-5	T+; R28 T; R23 N; R50-53	T+; N R: 23-28-50/53 S: (1/2-)36/37/39-45-60-61		
607-254-00-7	α-cyano-4-fluoro-3-phenoxybenzyl-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate; beta-cyfluthrin	269-855-7	68359-37-5	T+; R26/28 N; R50-53	T+; N R: 26/28-50/53 S: (1/2-)36/37/39-45-60-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-255-00-2	fluroxypyr (ISO); 4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridyloxyacetic acid	—	69377-81-7	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-256-00-8	azoxystrobin (ISO); methyl (E)-2-[2-[6-(2-cyanophenoxy)pyrimidin-4-yloxy]phenyl]-3-methoxyacrylate	—	131860-33-8	T; R23 N; 50-53	T; N R: 23-50/53 S: (1/2-)22-45-60-61		
607-257-00-3	isopropyl propionate	211-300-8	637-78-5	F; R11	F R: 11 S: (2-)16-23-24-29-33		
607-258-00-9	dodecyl 3-(2-(3-benzyl-4-ethoxy-2,5-dioximidazolidin-1-yl)-3-(4-methoxybenzoyl)acetamido)-4-chlorobenzoate	403-990-6	70950-45-7	R53	R: 53 S: 61		
607-259-00-4	methyl 2R,3S-(-)-3-(4-methoxyphenyl)oxiranecarboxylate	404-130-2	105560-93-8	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-260-00-X	ethyl 2-(3-nitrobenzylidene)acetoacetate	404-490-0	39562-16-8	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-261-00-5	iso(C <sub>10</sub> -C <sub>14</sub> )alkyl (3,5-di-tert-butyl-4-hydroxyphenyl)methylthioacetate	404-800-4	118832-72-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-262-00-0	7-chloro-1-cyclopropyl-6-fluoro-1,4-dihydro-4-oxoquinoline-3-carboxylic acid	405-050-0	86393-33-1	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-61		
607-263-00-6	potassium iron(III) 1,3-propanediamine-N,N,N',N'-tetraacetate hemihydrate	405-680-6	—	E; R2 N; R51-53	E; N R: 2-51/53 S: (2-)35-61		
607-264-00-1	2-chloro-4-(methylsulfonyl)benzoic acid	406-520-8	53250-83-2	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
607-265-00-7	ethyl-2-chloro-2,2-diphenylacetate	406-580-5	52460-86-3	Xi; R38 R52-53	Xi R: 38-52/53 S: (2-)37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-266-00-2	reaction mass of: hydroxylaluminium bis[2-hydroxy-3,5-di- <i>tert</i> -butylbenzoate]; 3,5-di- <i>tert</i> -butyl-salicylic acid	406-890-0	130296-87-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)22-60-61		
607-267-00-8	<i>tert</i> -butyl (5 <i>S</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>R</i> )-3-bromomethyl-5,8-dioxo-7-(2-(2-phenylacetamido)-5-thia-1-azabicyclo[4.2.0] oct-2-ene-2-carboxylate	407-620-4	33610-13-8	R42/43 R52-53	Xn R: 42/43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
607-268-00-3	2-methylpropyl (R)-2-hydroxypropanoate	407-770-0	61597-96-4	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)26		
607-269-00-9	(R)-2-(4-hydroxyphenoxy)propanoic acid	407-960-3	94050-90-5	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
607-270-00-4	3,9-bis(2-(3-(3- <i>tert</i> -butyl-4-hydroxy-5-methylphenyl)propionyloxy-1,1-dimethylethyl)-2,4,8,10-tetraoxaspiro[5.5]undecane	410-730-5	90498-90-1	Xn; R21	Xn R: 21 S: (2-)36/37		
607-271-00-X	2-isopropyl-5-methylcyclohexyloxycarbonyloxy-2-hydroxypropane	417-420-9	156324-82-2	Xi; R36 N; R51-53	Xi; N R: 36-51/53 S: (2-)26-61		
607-272-00-5	fluroxypyr-meptyl (ISO); methylheptyl, O-(4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridyloxy) acetate; [1] fluroxypyr-butometyl (ISO); 2-butoxy-1-methylethyl, O-(4-amino-3,5-dichloro-6-fluoro-2-pyridyloxy) acetate [2]	279-752-9 [1] - [2]	81406-37-3 [1] 154486-27-8 [2]	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-273-00-0	ammonium 7-(2,6-dimethyl-8-(2,2-dimethylbutyryloxy)-1,2,6,7,8,8a-hexahydro-1-naphthyl)-3,5-dihydroxyheptanoate	404-520-2	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-274-00-6	2-(N-benzyl-N-methylamino)ethyl 3-amino-2-butenate	405-350-1	54527-73-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
607-275-00-1	sodium benzoxyloxybenzene-4-sulfonate	405-450-5	66531-87-1	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-276-00-7	bis[(1-methylimidazol)-(2-ethyl-hexanoate)], zinc complex	405-635-0	—	Xi; R38-41 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-50/53 S: (2-)26-37/39-60-61		
607-277-00-2	reaction mass of: 2-(hexylthio)ethylamine hydrochloride; sodium propionate	405-720-2	—	Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-278-00-8	reaction mass of isomers of: sodium phenethylnaphthalene-sulfonate; sodium naphthylethylbenzenesulfonate	405-760-0	—	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-279-00-3	reaction mass of <i>n</i> -octadecylaminodiethyl bis(hydrogen maleate); <i>n</i> -octadecylaminodiethyl hydrogen maleate hydrogenphthalate	405-960-8	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
607-280-00-9	sodium 4-chloro-1-hydroxybutane-1-sulfonate	406-190-5	54322-20-2	Xn; R22 Xi; R36 R43	Xn R: 22-36-43 S: (2-)22-26-36/37		
607-281-00-4	reaction mass of branched and linear C <sub>7</sub> -C <sub>9</sub> alkyl 3-[3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxyphenyl] propionates	407-000-3	127519-17-9	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-282-00-X	2-acetoxymethyl-4-benzoyloxybut-1-yl acetate	407-140-5	131266-10-9	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-283-00-5	<i>E</i> -ethyl-4-oxo-4-phenylcrotonate	408-040-4	15121-89-8	Xn; R21/22 Xi; R38-41 R43 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-38-41-43-50/53 S: (2-)26-36/37/39-60-61		
607-284-00-0	reaction mass of: sodium 3,3'-(1,4-phenylenebis(carbonylimino-3,1-propanediylimino))bis(10-amino-6,13-dichloro-4,11-triphenodioxazinedisulfonate); lithium 3,3'-(1,4-phenylenebis-(carbonylimino-3,1-propanediylimino))bis(10-amino-6,13-dichloro-4,11-triphenodioxazinedisulfonate (9:1)	410-040-4	136213-76-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-285-00-6	reaction mass of: 7-(((3-aminophenyl)sulfonyl)amino)-naphthalene-1,3-disulfonic acid; sodium 7-(((3-aminophenyl)sulfonyl)amino)-naphthalene-1,3-disulfonate; potassium 7-(((3-aminophenyl)sulfonyl)amino)-naphthalene-1,3-disulfonate	410-065-0	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
607-286-00-1	reaction mass of: sodium/potassium 7-[[[3-[[[4-(2-hydroxynaphthyl)azo]phenyl]sulfonyl]amino]-naphthalene-1,3-disulfonate	410-070-8	141880-36-6	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
607-287-00-7	O'-methyl O-(1-methyl-2-methacryloyloxy-ethyl)-1,2,3,6-tetrahydrophthalate	410-140-8	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-288-00-2	Tetrasodium (c-(3-(1-(3-(ε-6-dichloro-5-cyanopyrimidin-f-yl(methyl)amino)propyl)-1,6-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxo-3-pyridylazo)-4-sulfonatophenylsulfamoyl)phthalocyanine-a,b,d-trisulfonato(6-))nickelato II, where a is 1 or 2 or 3 or 4, b is 8 or 9 or 10 or 11, c is 15 or 16 or 17 or 18, d is 22 or 23 or 24 or 25 and where ε and f together are 2 and 4 or 4 and 2 respectively	410-160-7	148732-74-5	Xi; R36 R43 R52-53	Xi R: 36-43-52/53 S: (2-)22-26-36/37-61		
607-289-00-8	3-(3-(4-(2,4-bis(1,1-dimethylpropyl)phenoxy)butylaminocarbonyl-4-hydroxy-1-naphthalenyl)thio)propanoic acid	410-370-9	105488-33-3	R53	R: 53 S: 61		
607-290-00-3	reaction mass (ratio not known) of: ammonium 1-C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> -alkyloxycarbonyl-2-(3-allyloxy-2-hydroxypropoxycarbonyl)ethane-1-sulfonate; ammonium 2-C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> -alkyloxycarbonyl-1-(3-allyloxy-2-hydroxypropoxycarbonyl)ethane-1-sulfonate	410-540-2	—	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-291-00-9	dodecyl-ω-(C <sub>5</sub> /C <sub>6</sub> -cycloalkyl)alkyl carboxylate	410-630-1	104051-92-5	R53	R: 53 S: 61		
607-292-00-4	reaction mass of: [1-(methoxymethyl)-2-(C <sub>12</sub> -alkoxy)-ethoxy]acetic acid; [1-(methoxymethyl)-2-(C <sub>14</sub> -alkoxy)-ethoxy]acetic acid	410-640-6	—	Xi; R38-41 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-50/53 S: (2-)26-37/39-60-61		
607-293-00-X	reaction mass of: N-aminoethylpiperazonium mono-2,4,6-trimethylnonyldiphenyl ether di-sulfonate; N-aminoethylpiperazonium di-2,4,6-trimethylnonyldiphenyl ether di-sulfonate	410-650-0	—	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)26-36/37/39-61		
607-294-00-5	sodium 2-benzoyloxy-1-hydroxyethane-sulfonate	410-680-4	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-295-00-0	reaction mass of: tetrasodium phosphonoethane-1,2-dicarboxylate; hexasodium phosphonobutane-1,2,3,4-tetracarboxylate	410-800-5	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
607-296-00-6	reaction mass of: pentaerythriol tetraesters with heptanoic acid and 2-ethylhexanoic acid	410-830-9	—	R53	R: 53 S: 61		
607-297-00-1	( <i>E—E</i> )-3,3'-(1,4-phenylenedimethylidene)bis(2-oxobornane-10-sulfonic acid)	410-960-6	92761-26-7	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
607-298-00-7	2-(trimethylammonium)ethoxycarboxybenzene-4-sulfonate	411-010-3	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-36/37		
607-299-00-2	methyl 3-(acetylthio)-2-methyl-propanoate	411-040-7	97101-46-7	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-300-00-6	trisodium [2-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)-5-( <i>b</i> -sulfamoyl- <i>c</i> , <i>d</i> -sulfonatophthalocyanin- <i>a</i> -yl-K4,N29,N30,N31,N32-sulfonylamino)benzoato(5-)]cuprate(II) where <i>a</i> =1,2,3,4 <i>b</i> =8,9,10,11 <i>c</i> =15,16,17,18 <i>d</i> =22,23,24,25	411-430-7	—	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)26-36/37/39		
607-301-00-1	reaction mass of: dodecanoic acid; poly(1-7)lactate esters of dodecanoic acid	411-860-5	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-302-00-7	reaction mass of: tetradecanoic acid; poly(1-7)lactate esters of tetradecanoic acid	411-910-6	—	Xi; R38-41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-303-00-2	1-cyclopropyl-6,7-difluoro-1,4-dihydro-4-oxoquinoline-3-carboxylic acid	413-760-7	93107-30-3	Repr. Cat. 3; R62 R52-53	Xn R: 62-52/53 S: (2-)22-36/37-61		
607-304-00-8	fluazifop-butyl (ISO); butyl (RS)-2-[4-(5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy]propionate	274-125-6	69806-50-4	Repr. Cat. 2; R61 N; R50-53	T; N R: 61-50/53 S: 53-45-60-61		
607-305-00-3	fluazifop-P-butyl (ISO); butyl (R)-2-[4-(5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy]propionate	—	79241-46-6	Repr. Cat. 3; R63 N; R50-53	Xn; N R: 50/53-63 S: (2-)29-36/37-46-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-306-00-9	chlzolinate (ISO); ethyl (RS)-3-(3,5-dichlorophenyl)-5-methyl-2,4-dioxo-oxazolidine-5-carboxylate	282-714-4	84332-86-5	Carc. Cat. 3; R40 N; R51-53	Xn; N R: 40-51/53 S: (2-)36/37-61		
607-307-00-4	vinclozolin (ISO); N—3,5-dichlorophenyl-5-methyl-5-vinyl-1,3-oxazolidine-2,4-dione	256-599-6	50471-44-8	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 2; R60-61 R43 N; R51-53	T; N R: 60-61-40-43-51/ 53 S: 53-45-61		
607-308-00-X	esters of 2,4-D	—	—	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)26-29-36/37- 46-60-61		A
607-309-00-5	carfentrazone-ethyl (ISO); ethyl (RS)-2-chloro-3-[2-chloro-4-fluoro-5-[4-difluoromethyl-4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1H—1,2,4-triazol-1-yl]phenyl]propionate	—	128639-02-1	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-310-00-0	kresoxim-methyl (ISO); methyl (E)-2-methoxyimino-[2-(o-tolylloxymethyl)phenyl]acetate	—	143390-89-0	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
607-311-00-6	benazolin-ethyl; ethyl 4-chloro-2-oxo-2H-benzothiazole-3-acetate	246-591-0	25059-80-7	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-312-00-1	methoxyacetic acid	210-894-6	625-45-6	Repr. Cat. 2; R60-61 Xn; R22 C; R34	T R: 60-61-22-34 S: 53-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	E
607-313-00-7	neodecanoyl chloride	254-875-0	40292-82-8	T+; R26 Xn; R22 C; R34	T+ R: 22-26-34 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
607-314-00-2	ethofumesate (ISO); (±)-2-ethoxy-2,3-dihydro-3,3-dimethylbenzofuran-5-yl methanesulfonate	247-525-3	26225-79-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-315-00-8	glyphosate (ISO); N-(phosphonomethyl)glycine	213-997-4	1071-83-6	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
607-316-00-3	glyphosate-trimesium; glyphosate-trimethylsulfonium	—	81591-81-3	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)36/37-46-61		
607-317-00-9	bis(2-ethylhexyl) phthalate; di-(2-ethylhexyl) phthalate; DEHP	204-211-0	117-81-7	Repr. Cat. 2; R60-61	T R: 60-61 S: 53-45		
607-318-00-4	dibutyl phthalate; DBP	201-557-4	84-74-2	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62 N; R50	T; N R: 61-50-62 S: 53-45-61		
607-319-00-X	deltamethrin (ISO); (S)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl (1R, 3R)-3-(2,2-dibromovinyl)- 2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	258-256-6	52918-63-5	T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 23/25-50/53 S: (1/2-)24-28-36/37/ 39-38-45-60-61		
607-320-00-5	bis[4-(ethenyloxy)butyl] 1,3-benzenedicarboxylate	413-930-0	130066-57-8	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-321-00-0	(S)-methyl-2-chloropropionate	412-470-8	73246-45-4	R10 Xn; R48/22 Xi; R36	Xn R: 10-36-48/22 S: (2-)23-26-36		
607-322-00-6	4-(4,4-dimethyl-3-oxo-pyrazolidin-1-yl)-benzoic acid	413-120-7	107144-30-9	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)22-61		
607-323-00-1	2-(1-(2-hydroxy-3,5-di- <i>tert</i> -pentyl-phenyl)ethyl)-4,6-di- <i>tert</i> - pentylphenyl acrylate	413-850-6	123968-25-2	R53	R: 53 S: 61		
607-324-00-7	reaction mass of: N,N-di(hydrogenated alkyl C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> )phthalamic acid; dihydrogenated alkyl (C <sub>14</sub> -C <sub>18</sub> )amine	413-800-3	—	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-325-00-2	(S)-2-chloropropionic acid	411-150-5	29617-66-1	Xn; R21/22 C; R35	C R: 21/22-35 S: (1/2-)23-26-28-36/ 37/39-45		
607-326-00-8	reaction mass of: isobutyl hydrogen 2-( $\alpha$ -2,4,6-trimethylnon-2-enyl)succinate; isobutyl hydrogen 2-( $\beta$ -2,4,6-trimethylnon-2-enyl)succinate	410-720-0	141847-13-4	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
607-327-00-3	2-(2-iodoethyl)-1,3-propanediol diacetate	411-780-0	127047-77-2	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)36-61		
607-328-00-9	methyl 4-bromomethyl-3-methoxybenzoate	410-310-1	70264-94-7	Xi; R38-41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-43-50/53 S: (2-)26-36/37/39- 60-61		
607-329-00-4	reaction mass of: sodium 2-(C <sub>12-18</sub> - <i>n</i> -alkyl)amino-1,4-butandioate; sodium 2-octadecenyl-amino-1,4-butandioate	411-250-9	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-26-37/39		
607-330-00-X	(S)-2,3-dihydro-1H-indole-2-carboxylic acid	410-860-2	79815-20-6	Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 R43	Xn R: 43-48/22-62 S: (2-)22-25-26-36/37		
607-331-00-5	reaction mass of: bis(2,2,6,6-tetramethyl-1-octyloxypiperidin-4-yl)-1,10-decanedioate; 1,8-bis[(2,2,6,6-tetramethyl-4-((2,2,6,6-tetramethyl-1-octyloxypiperidin-4-yl)-decan-1,10-diyl)piperidin-1-yl)oxy]octane	406-750-9	—	R53	R: 53 S: 23-61		
607-332-00-0	cyclopentyl chloroformate	411-460-0	50715-28-1	R10 T; R23 Xn; R22-48/ 22 Xi; R41 R43	T R: 10-22-23-41-43- 48/22 S: (1/2-)26-36/37/39- 45		
607-333-00-6	reaction mass of: dodecyl N-(2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)- $\beta$ -alaninate; tetradecyl N-(2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)- $\beta$ -alaninate	405-670-1	—	Xn; R22-48/ 22 C; R34 N; R50-53	C; N R: 22-34-48/22-50/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-334-00-1	ethyl 1-ethyl-6,7,8-trifluoro-1,4-dihydro-4-oxoquinoline-3-carboxylate	405-880-3	100501-62-0	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
607-335-00-7	methyl (R)-2-(4-(3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridyloxy)phenoxy)propionate	406-250-0	72619-32-0	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
607-336-00-2	4-methyl-8-methylenetricyclo[3.3.1.1 <sup>3,7</sup> ]dec-2-yl acetate	406-560-6	122760-85-4	Xi; R38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-43-51/53 S: (2-)36/37-61		
607-337-00-8	di-tert-(C <sub>12-14</sub> )-alkylammonium 2-benzothiazolythiosuccinate	406-052-4	125078-60-6	R10 Xn; R22 Xi; R38-41 N; R51-53	Xn; N R: 10-22-38-41-51/ 53 S: (2-)26-37/39-61		
607-338-00-3	2-methylpropyl 2-hydroxy-2-methylbut-3-enoate	406-235-9	72531-53-4	Xi; R36/38	Xi R: 36/38 S: (2-)26-37		
607-339-00-9	2,3,4,5-tetrachlorobenzoylchloride	406-760-3	42221-52-3	Xn; R22 C; R34 R43	C R: 22-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
607-340-00-4	1,3-bis(4-benzoyl-3-hydroxyphenoxy)prop-2-yl acetate	406-990-4	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-341-00-X	(9S)-9-amino-9-deoxyerythromycin	406-790-7	26116-56-3	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
607-342-00-5	4-chlorobutyl veratrate	410-950-1	69788-75-6	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
607-343-00-0	4,7-methanooctahydro-1H-indene-diyldimethyl bis(2-carboxybenzoate)	407-410-2	—	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-344-00-6	reaction mass of: 3-(N-(3-dimethylaminopropyl)-(C <sub>4-8</sub> )perfluoroalkylsulfonamido)propionic acid; N-[dimethyl-3-(C <sub>4-8</sub> -perfluoroalkylsulfonamido)propylammonium propionate; 3-(N-(3-dimethyl-propylammonium)-(C <sub>4-8</sub> )perfluoroalkylsulfonamido)propionic acid propionate	407-810-7	—	Xn; R48/22	Xn R: 48/22 S: (2-)21-22-36/37		
607-345-00-1	potassium 2-(2,4-dichlorophenoxy)-(R)-propionate	413-580-9	113963-87-4	Xn; R22 Xi; R38-41 R43	Xn R: 22-38-41-43 S: (2-)24-26-37/39		
607-346-00-7	3-icosyl-4-henicosylidene-2-oxetanone	401-210-9	83708-14-9	R53	R: 53 S: 61		
607-347-00-2	sodium (R)-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionate	413-340-3	119299-10-4	Xn; R22 Xi; R38-41 R43	Xn R: 22-38-41-43 S: (2-)22-26-36/37/39		
607-348-00-8	magnesium bis((R)-2-(2,4-dichlorophenoxy)propionate)	413-360-2	—	Xn; R22 Xi; R38-41 R43	Xn R: 22-38-41-43 S: (2-)22-26-36/37/39		
607-349-00-3	mono-(tetrapropylammonium) hydrogen 2,2'-dithiobisbenzoate	411-270-8	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-350-00-9	bis(4-(1,2-bis(ethoxycarbonyl)ethylamino)-3-methylcyclohexyl)methane	412-060-9	136210-32-7	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)36/37-61		
607-351-00-4	methyl O-(4-amino-3,5-dichloro-6-fluoropyridin-2-yloxy)acetate	407-550-4	69184-17-4	N; R51-53	N R: 51/53 S: 20/21-61		
607-352-00-X	4,4'-oxydiphthalic anhydride	412-830-4	1823-59-2	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-353-00-5	reaction mass of: ethyl <i>exo</i> -tricyclo[5.2.1.0 <sup>2,6</sup> ]decane- <i>endo</i> -2-carboxylate; ethyl <i>endo</i> -tricyclo[5.2.1.0 <sup>2,6</sup> ]decane- <i>exo</i> -2-carboxylate	407-520-0	80657-64-3	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
607-354-00-0	ethyl 2-cyclohexylpropionate	412-280-5	2511-00-4	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-355-00-6	p-tolyl 4-chlorobenzoate	411-530-0	15024-10-9	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-356-00-1	ethyl <i>trans</i> -2,2,6-trimethylcyclohexanecarboxylate	412-540-8	—	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
607-357-00-7	reaction mass of: <i>trans</i> -4-acetoxy-4-methyl-2-propyl-tetrahydro-2H-pyran; <i>cis</i> -4-acetoxy-4-methyl-2-propyl-tetrahydro-2H-pyran	412-450-9	131766-73-9	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-358-00-2	(1S,3S,5R,6R)-(4-nitrophenylmethyl)-1-dioxo-6-phenylacetamido-penam-3-carboxylate	412-670-5	54275-93-3	R42	Xn R: 42 S: (2-)22		
607-359-00-8	(1S,4R,6R,7R)-(4-nitrophenylmethyl)3-methylene-1-oxo-7-phenylacetamido-cepham-4-carboxylateido-penam-3-carboxylate	412-800-0	76109-32-5	R42	Xn R: 42 S: (2-)22		
607-360-00-3	sodium 3-acetoacetyl-amino-4-methoxytolyl-6-sulfonate	411-680-7	133167-77-8	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-361-00-9	methyl (R)-2-(4-hydroxyphenoxy)propionate	411-950-4	96562-58-2	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
607-362-00-4	reaction mass of: (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(2-(bis(2-hydroxyethyl)amino)ethoxycarbonylmethyl)hexadec-4-enoate; (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(2-(bis(2-hydroxyethyl)amino)ethoxycarbonylmethyl)tetradec-4-enoate; (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(3-methoxypropylcarbamoylmethyl)hexadec-4-enoate; (3-methoxy)propylammonium/[tris-(2-hydroxyethyl)]ammonium 2-(3-methoxypropylcarbamoylmethyl)tetradec-4-enoate	413-500-2	—	Xi; R38-41 N; R51-53	Xi; N R: 38-41-51/53 S: (2-)26-37/39-61		
607-363-00-X	methyl-3-methoxyacrylate	412-900-4	5788-17-0	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-364-00-5	3-phenyl-7-[4-(tetrahydrofurfuryloxy)phenyl]-1,5-dioxas-indacen-2,6-dione	413-330-9	134724-55-3	R53	R: 53 S: 61		
607-365-00-0	2-(2-amino-1,3-thiazol-4-yl)-(Z)-2-methoxyiminoacetyl chloride hydrochloride	410-620-7	119154-86-8	Xn; R22 C; R34 R43	C R: 22-34-43 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45		
607-366-00-6	3,5-dimethylbenzoyl chloride	413-010-9	6613-44-1	C; R34 R43	C R: 34-43 S: (1/2-)26-36/37/39- 45		
607-367-00-1	potassium bis(N-carboxymethyl)-N-methyl-glycinato-(2-)N,O,O,N-ferrate-(1-) monohydrate	411-640-9	153352-59-1	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)37		
607-368-00-7	1-(N,N-dimethylcarbamoyl)-3-tert-butyl-5-carbomethoxythio-1H-1,2,4-triazole	411-650-3	110895-43-7	T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 23/25-50/53 S: (1/2-)37-38-45-60- 61		
607-369-00-2	reaction mass of: <i>trans</i> -(2R)-5-acetoxy-1,3-oxathiolane-2-carboxylic acid; <i>cis</i> -(2R)-5-acetoxy-1,3-oxathiolane-2-carboxylic acid	411-660-8	147027-04-1	Xn; R22 Xi; R38-41 R43	Xn R: 22-38-41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
607-370-00-8	2-[[2-(acetyloxy)-3-(1,1-dimethyl-ethyl)-5-methylphenyl]methyl]-6-(1,1-dimethylethyl)-4-methylphenol	412-210-3	41620-33-1	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-371-00-3	3-ethyl 5-methyl 4-(2-chlorophenyl)-1,4-dihydro-2-[2-(1,3-dihydro-1,3-dioxo-(2H)isoindol-2-yl)-ethoxymethyl]-6-methyl-3,5-pyridinedicarboxylate	413-410-3	88150-62-3	R53	R: 53 S: 61		
607-372-00-9	ethoxylated bis phenol A di-(norbornene carboxylate)	412-410-0	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-373-00-4	(±) tetrahydrofurfuryl (R)-2-[4-(6-chloroquinoxalin-2-yloxy)phenoxy]propionate	414-200-4	119738-06-6	Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R22-48/ 22 N; R50-53	T; N R: 61-22-48/22-62- 68-50/53 S: 53-45-60-61		E
607-374-00-X	5-amino-2,4,6-triiodo-1,3-benzenedicarbonyldichloride	417-220-1	37441-29-5	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-36/37-61		
607-375-00-5	reaction mass of: <i>cis</i> -4-hydroxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro-3-(4-(4-trifluoromethylbenzyloxy)phenyl)-1-naphthyl)coumarin; <i>trans</i> -4-hydroxy-3-(1,2,3,4-tetrahydro-3-(4-(4-trifluoromethylbenzyloxy)phenyl)-1-naphthyl)coumarin	421-960-0	90035-08-8	T+; R26/27/ 28 T; R48/23/ 24/25 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-48/23/ 24/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37/39- 45-60-61		
607-376-00-0	benzyl 2,4-dibromobutanoate	420-710-8	23085-60-1	Repr. Cat. 3; R62 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 38-43-62-50/53 S: (2-)23-36/37-41- 60-61		
607-377-00-6	<i>trans</i> -4-cyclohexyl-L-proline monohydrochloride	419-160-1	90657-55-9	Repr. Cat. 3; R62 Xn; R22 Xi; R38-41 R43	Xn R: 22-38-41-43-62 S: (2-)22-26-36/37/39		
607-378-00-1	ammonium (Z)- $\alpha$ -methoxyimino-2-furylacetate	405-990-1	97148-39-5	F; R11	F R: 11 S: (2-)22-43		
607-379-00-7	reaction mass of: 2-[N-(2-hydroxyethyl)stearamido]ethyl stearate; sodium [bis(2-(stearoyloxy)ethyl)amino]methylsulfonate; sodium [bis(2-hydroxyethyl)amino]methylsulfonate; N,N-bis(2-hydroxyethyl)stearamide	401-230-8		R52-53	R: 52/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-380-00-2	reaction mass of: ammonium-1,2-bis(hexyloxy-carbonyl)ethanesulfonate; ammonium-1-hexyloxy-carbonyl-2-octyloxy-carbonylethane-sulfonate; ammonium-2-hexyloxy-carbonyl-1-octyloxy-carbonylethane-sulfonate	407-320-3	—	Xi; R38-41 R52-53	Xi R: 38-41-52/53 S: (2-)26-37/39-61		
607-381-00-8	reaction mass of triesters of 2,2-bis(hydroxymethyl)butanol with C <sub>7</sub> -alkanoic acids and 2-ethylhexanoic acid	413-710-4	—	R53	R: 53 S: 61		
607-382-00-3	2-((4-amino-2-nitrophenyl)amino)benzoic acid	411-260-3	117907-43-4	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-383-00-9	reaction mass of: 2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl-hexadecanoate; 2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl-octadecanoate	415-430-8	86403-32-9	Xi; R41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 41-43-50/53 S: (2-)24-26-37/39-60-61		
607-384-00-4	reaction mass of: esters of C <sub>14</sub> -C <sub>15</sub> branched alcohols with 3,5-di-t-butyl-4-hydroxyphenyl propionic acid; C <sub>15</sub> branched and linear alkyl 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxybenzenepropanoate; C <sub>13</sub> branched and linear alkyl 3,5-bis(1,1-dimethylethyl)-4-hydroxybenzenepropanoate	413-750-2	171090-93-0	R53	R: 53 S: 61		
607-385-00-X	Copolymer of vinyl-alcohol and vinyl acetate partially acetylated with 4-(2-(4-formylphenyl)ethenyl)-1-methylpyridinium methylsulfate	414-590-6	125229-74-5	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-386-00-5	reaction mass of: tetradecanoic acid (42.5-47.5 %); poly(1-7)lactate esters of tetradecanoic acid (52.5-57.5 %)	412-580-6	174591-51-6	Xi; R38-41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-43-50/53 S: (2-)24-26-37/39-60-61		
607-387-00-0	reaction mass of: dodecanoic acid (35-40 %); poly(1-7)lactate esters of dodecanoic acid (60-65 %)	412-590-0	58856-63-6	Xi; R38-41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-43-50/53 S: (2-)24-26-37/39-60-61		
607-388-00-6	4-ethylamino-3-nitrobenzoic acid	412-090-2	2788-74-1	Xn; R22 R43 R52-53	Xn R: 22-43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-389-00-1	trisodium N,N-bis(carboxymethyl)-3-amino-2-hydroxypropionate	414-130-4	119710-96-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22		
607-390-00-7	1,2,3,4-tetrahydro-6-nitro-quinoxaline	414-270-6	41959-35-7	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)22-61		
607-391-00-2	dimethylcyclopropane-1,1-dicarboxylate	414-240-2	6914-71-2	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-392-00-8	2-phenoxyethyl 4-((5-cyano-1,6-dihydro-2-hydroxy-1,4-dimethyl-6-oxo-3-pyridinyl)azo)benzoate	414-260-1	88938-37-8	R53	R: 53 S: 61		
607-393-00-3	3-(cis-1-propenyl)-7-amino-8-oxo-5-thia-1-azabicyclo[4.2.0]oct-2-ene-2-carboxylic acid	415-750-8	106447-44-3	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
607-394-00-9	5-methylpyrazine-2-carboxylic acid	413-260-9	5521-55-1	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
607-395-00-4	reaction mass of: sodium 1-tridecyl-4-allyl-(2 or 3)-sulfobutanedioate; sodium 1-dodecyl-4-allyl-(2 or 3)-sulfobutanedioate	410-230-7	—	C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 34-43-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
607-396-00-X	bis(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidinyl) 2-(4-methoxybenzylidene)malonate	414-840-4	147783-69-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 22-60-61		
607-397-00-5	reaction mass of: Ca salicylates (branched C <sub>10-14</sub> and C <sub>18-30</sub> alkylated); Ca phenates (branched C <sub>10-14</sub> and C <sub>18-30</sub> alkylated); Ca sulfurized phenates (branched C <sub>10-14</sub> and C <sub>18-30</sub> alkylated)	415-930-6	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)36/37		
607-398-00-0	ethyl N-(5-chloro-3-(4-(diethylamino)-2-methylphenylimino)-4-methyl-6-oxo-1,4-cyclohexadienyl)carbamate	414-820-5	125630-94-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-399-00-6	2,2-dimethyl 3-methyl-3-butenyl propanoate	415-610-6	104468-21-5	Xi; R38 R52-53	Xi R: 38-52/53 S: (2-)37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-400-00-X	methyl 3-[[[(dibutylamino)thioxomethyl]thio]propanoate	414-400-1	32750-89-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-401-00-5	ethyl 3-hydroxy-5-oxo-3-cyclohexene-1-carboxylate	414-450-4	88805-65-6	Xi; R38-41 R43	Xi R: 38-41-43 S: (2-)24-26-37/39		
607-402-00-0	methyl N-(phenoxy-carbonyl)-L-valinate	414-500-5	153441-77-1	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-403-00-6	reaction mass of: bis(1S,2S,4S)-(1-benzyl-4-tert-butoxycarbonylamido-2-hydroxy-5-phenyl)pentylammonium succinate; isopropyl alcohol	414-810-0	—	Xn; R48/22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 41-48/22-50/53 S: (2-)22-26-36/39-60-61		
607-404-00-1	reaction mass of: ((Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl)oxycarbonylpropanoic acid; di-((E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl) butandioate; di-((Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl) butandioate; (Z)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl butandioate; ((E)-3,7-dimethyl-2,6-octadienyl)oxycarbonylpropanoic acid	415-190-4	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-405-00-7	2-hexyldecyl-p-hydroxybenzoate	415-380-7	148348-12-3	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-406-00-2	potassium 2,5-dichlorobenzoate	415-700-5	184637-62-5	Xn; R22 Xi; R41	Xn R: 22-41 S: (2-)26-39		
607-407-00-8	ethyl 2-carboxy-3-(2-thienyl)propionate	415-680-8	143468-96-6	Xi; R38-41 R43	Xi R: 38-41-43 S: (2-)24-26-37/39		
607-408-00-3	potassium N-(4-fluorophenyl)glycinate	415-710-1	184637-63-6	Xn; R48/22 Xi; R41 R43 R52-53	Xn R: 41-43-48/22-52/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
607-409-00-9	reaction mass of: (3R)-[1S-(1 $\alpha$ , 2 $\alpha$ , 6 $\beta$ -((2S)-2-methyl-1-oxobutoxy)-8 $\alpha$ )hexahydro-2,6-dimethyl-1-naphthalene]-3,5-dihydroxyheptanoic acid; inert biomass from <i>Aspergillus terreus</i>	415-840-7	—	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)36/37-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-410-00-4	mono[2-(dimethylamino)ethyl]monohydrogen-2-(hexadec-2-enyl)butanedioate and/or mono[2-(dimethylamino)ethyl]monohydrogen-3-(hexadec-2-enyl)butanedioate	415-880-5	779343-34-9	Xi; R38-41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-43-50/53 S: (2-)24-26-37/39-60-61		
607-411-00-X	oxiranemethanol, 4-methylbenzene-sulfonate, (S)-	417-210-7	70987-78-9	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xi; R41 R43 N; R51-53	T; N R: 45-41-43-68-51/ 53 S: 53-45-61		
607-412-00-5	ethyl 2-(1-cyanocyclohexyl)acetate	415-970-4	133481-10-4	Xn; R22-48/ 22 R52-53	Xn R: 22-48/22-52/53 S: (2-)36/37-61		
607-413-00-0	trans-4-phenyl-L-proline	416-020-1	96314-26-0	Repr. Cat. 3; R62 R43	Xn R: 43-62 S: (2-)22-36/37		
607-414-00-6	tris(2-ethylhexyl)-4,4',4''-(1,3,5-triazine-2,4,6-triyltrimino)tri-benzoate	402-070-1	88122-99-0	R53	R: 53 S: 61		
607-415-00-1	poly-(methyl methacrylate)-co-(butylmethacrylate)-co-(4-acryloxybutyl-isopropenyl- $\alpha$ , $\alpha$ -dimethylbenzyl carbamate)-co-(maleicanhydride)	419-590-1	—	F; R11 R43	F; Xi R: 11-43 S: (2-)24-37-43		
607-416-00-7	4-(2-carboxymethylthio)ethoxy-1-hydroxy-5-isobutyloxycarbonylamino-N-(3-dodecyloxypropyl)-2-naphthamide	420-730-7	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-418-00-8	2-ethylhexyl 4-aminobenzoate	420-170-3	26218-04-2	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-419-00-3	(3'-carboxymethyl-5-(2-(3-ethyl-3H-benzothiazol-2-ylidene)-1-methyl-ethylidene)-4,4'-dioxo-2'-thioxo-(2,5')bithiazolidinyliden-3-yl)-acetic acid	422-240-9	166596-68-5	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)26-36/37/39		
607-420-00-9	2,2-bis(hydroxymethyl)butanoic acid	424-090-1	10097-02-6	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-421-00-4	cypermethrin <i>cis/trans</i> +/- 40/60; ( <i>RS</i> )- $\alpha$ -ciano-3-phenoxybenzyl (1 <i>RS</i> ,3 <i>RS</i> ;1 <i>RS</i> ,3 <i>SR</i> )-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	257-842-9	52315-07-8	Xn; R20/22 Xi; R37 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-37-50/53 S: (2-)24-36/37/39-60-61		
607-422-00-X	$\alpha$ -cypermethrin	257-842-9	67375-30-8	T; R25 Xn; R48/22 Xi; R37 N; R50-53	T; N R: 25-37-48/22-50/53 S: (2-)36/37/39-45-60-61		
607-423-00-5	esters of mecoprop and of mecoprop-P	—	—	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)13-36/37-60-61		A
607-424-00-0	trifloxystrobin (ISO); ( <i>E,E</i> )- $\alpha$ -methoxyimino-2-[[[1-[3-(trifluoromethyl)phenyl] ethylidene]amino]oxy]methyl]benzeneacetic acid methyl ester	—	141517-21-7	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-46-60-61		
607-425-00-6	metalaxyl (ISO); methyl-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(methoxyacetyl)-Dl-alanine	260-979-7	57837-19-1	Xn; R22 R43 R52-53	Xn R: 22-43-52/53 S: (2-)13-24-37-46-61		
607-426-00-1	1,2-benzenedicarboxylic acid, dipentylester, branched and linear; [1] n-pentyl-isopentylphthalate; [2] di-n-pentyl phthalate; [3] diisopentylphthalate [4]	284-032-2 [1] - [2] 205-017-9 [3] 210-088-4 [4]	84777-06-0 [1] - [2] 131-18-0 [3] 605-50-5 [4]	Repr. Cat. 2; R60-61 N; R50	T; N R: 60-61-50 S: 53-45-61		
607-427-00-7	bromoxynil heptanoate (ISO); 2,6-dibromo-4-cyanophenyl heptanoate	260-300-4	56634-95-8	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R20/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-43-63-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
607-430-00-3	BBP; benzyl butyl phthalate	201-622-7	85-68-7	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62 N; R50-53	T; N R: 61-62-50/53 S: 53-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-431-00-9	prallethrin (ISO); ETOC; 2-methyl-4-oxo-3-(prop-2-ynyl)cyclopent-2-en-1-yl 2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate	245-387-9	23031-36-9	T; R23 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 22-23-50/53 S: (1/2-)45-60-61		
607-432-00-4	S-metolachlor; reaction mass of (S)-2-chloro-N-(2-ethyl-6-methyl-phenyl)-N-(2-methoxy-1-methyl-ethyl)-acetamide (80-100 %); [1] (R)-2-chloro-N-(2-ethyl-6-methyl-phenyl)-N-(2-methoxy-1-methyl-ethyl)-acetamide (0-20 %) [2]	- [1] - [2]	87392-12-9 [1] 178961-20-1 [2]	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
607-433-00-X	cypermethrin <i>cis/trans</i> +/- 80/20; (RS)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl (1RS; 3RS; 1RS, 3SR)-3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	257-842-9	52315-07-8	Xn; R22 Xi; R37/38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-37/38-43-50/ 53 S: (2-)36/37/39-60-61		
607-434-00-5	mecoprop-P [1] and its salts; (R)-2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propionic acid	240-539-0	16484-77-8	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)13-26-37/39- 46-61		
607-435-00-0	2S-isopropyl-5R-methyl-1R-cyclohexyl 2,2-dihydroxyacetate	416-810-6	111969-64-3	Xn; R48/22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 41-48/22-51/53 S: (2-)22-26-36/39-61		
607-436-00-6	2-hydroxy-3-(2-ethyl-4-methylimidazol)propyl neodecanoate	417-350-9	—	Xi; R38-41 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-50/53 S: (2-)26-28-37/39- 60-61		
607-437-00-1	3-(4-aminophenyl)-2-cyano-2-propenoic acid	417-480-6	252977-62-1	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
607-438-00-7	methyl-2-[(aminosulfonyl)methyl]benzoate	419-010-5	112941-26-1	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)22-26		
607-439-00-2	methyl tetrahydro-2-furancarboxylate	420-670-1	37443-42-8	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-440-00-8	methyl 2-aminosulfonyl-6-(trifluoromethyl)pyridine-3-carboxylate	421-220-7	144740-59-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-61		
607-441-00-3	3-[3-(2-dodecyloxy-5-methylphenylcarbamoyl)-4-hydroxy-1-naphthylthio]propionic acid	421-490-6	167684-63-1	R53	R: 53 S: 57-61		
607-442-00-9	benzyl [hydroxy-(4-phenylbutyl)phosphinyl] acetate	416-050-5	87460-09-1	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-36/39		
607-443-00-4	bis(2,4-di- <i>tert</i> -butyl-6-methylphenyl)ethyl phosphate	416-140-4	145650-60-8	R53	R: 53 S: 61		
607-444-00-X	reaction mass of: <i>cis</i> —1,4-dimethylcyclohexyl dibenzoate; <i>trans</i> —1,4-dimethylcyclohexyl dibenzoate	416-230-3	35541-81-2	R53	R: 53 S: 61		
607-445-00-5	Iron (III) tris(4-methylbenzenesulfonate)	420-960-8	77214-82-5	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)24-26-39		
607-446-00-0	methyl 2-[4-(2-chloro-4-nitrophenylazo)-3-(1-oxopropyl)amino]phenylaminopropionate	416-240-8	155522-12-6	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)22-24-37-61		
607-447-00-6	sodium 4-[4-(4-hydroxyphenylazo)phenylamino]-3-nitrobenzenesulfonate	416-370-5	156738-27-1	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
607-448-00-1	2,3,5,6-tetrafluorobenzoic acid	416-800-1	652-18-6	Xi; R38-41	Xi R: 38-41 S: (2-)22-26-37/39		
607-449-00-7	reaction mass of: 4,4',4''-[(2,4,6-trioxo-1,3,5(2 <i>H</i> ,4 <i>H</i> ,6 <i>H</i> )-triazine-1,3,5-triyl)tris[methylene(3,5,5-trimethyl-3,1-cyclohexanediy)iminocarbonyloxy-2,1-ethanediy]l(ethyl)amino]]trisbenzenediazoniumtri[bis(2-methylpropyl)naphthalenesulfonate]; 4,4',4''-4'''-[[5,5'-[carbonylbis[imino(1,5,5-trimethyl-3,1-cyclohexanediy)methylene]]-2,4,6-trioxo-1,3,5(2 <i>H</i> ,4 <i>H</i> ,6 <i>H</i> )-triazine-1,1',3,3'-tetrayl]tetrakis[methylene(3,5,5-trimethyl-3,1-cyclohexanediy)iminocarbonyloxy-2,1-ethanediy]l(ethyl)amino]]tetrakisbenzenediazoniumtetra[bis(2-methylpropyl)naphthalenesulfonate]	417-080-1	—	E; R2 R43 N; R50-53	E; Xi; N R: 2-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-450-00-2	2-mercaptobenzothiazolyl-(Z)-(2-aminothiazol-4-yl)-2-(tert-butoxycarbonyl) isopropoxyiminoacetate	419-040-9	89604-92-2	R53	R: 53 S: 61		
607-451-00-8	4-[4-amino-5-hydroxy-3-(4-(2-sulfoxyethylsulfonyl)phenylazo)-2,7-disulfonapht-6-ylazo]-6-[3-(4-amino-5-hydroxy-3-(4-(2-sulfoxyethylsulfonyl)phenylazo)-2,7-disulfonapht-6-ylazo)phenylcarbonylamino]benzenesulfonic acid, sodium salt	417-640-5	161935-19-9	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
607-453-00-9	4-benzyl-2,6-dihydroxy-4-aza-heptylene bis(2,2-dimethyloctanoate)	418-100-1	172964-15-7	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
607-454-00-4	reaction mass of: <i>trans</i> -2-(1-methylethyl)-1,3-dioxane-5-carboxylic acid; <i>cis</i> -2-(1-methylethyl)-1,3-dioxane-5-carboxylic acid	418-170-3	116193-72-7	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)25-26-39-61		
607-455-00-X	1-amino-4-(3-[4-chloro-6-(2,5-di-sulfophenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2,2-dimethyl-propylamino)-anthraquinone-2-sulfonic acid, sodium/lithium salt	419-520-8	172890-93-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
607-456-00-5	3-amino-4-chlorobenzoic acid, hexadecyl ester	419-700-6	143269-74-3	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-457-00-0	tetrasodium dihydrogen 1,1"-dihydroxy-8,8"-[p-phenylbis(imino-{6-[4-(2-aminoethyl)piperazin-1-yl]}-1,3,5-triazine-4,2-diyl-imino)]bis(2,2'-azonaphthalene-1',3,6-trisulfonate)	420-350-1	172277-97-3	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
607-458-00-6	reaction mass of: 2-ethyl-[2,6-dibromo-4-[1-[3,5-dibromo-4-(2-hydroxyethoxy)phenyl]-1-methylethyl]phenoxy]propenoate; 2,2'-diethyl-[4,4'-bis(2,6-dibromophenoxy)-1-methylethylidene] dipropenoate; 2,2'-[(1-methylethylidene)bis[[2,6-dibromo-4,1-phenyleneoxy]ethanol]]	420-850-1	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-459-00-1	isopentyl 4-{2-[5-cyano-1,2,3,6-tetrahydro-1-(2-isopropoxyethoxy-carbonylmethyl)-4-methyl-2,6-dioxo-3-pyridylidene]hydrazino}benzoate	418-930-4	—	R53	R: 53 S: 61		
607-460-00-7	3-tridecyloxy-propyl-ammonium 9-octadecenoate	418-990-1	778577-53-0	Xn; R48/22 Xi; R36/38 N; R50-53	Xn; N R: 36/38-48/22-50/53 S: (2-)23-26-37/39-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-461-00-2	reaction mass of: pentasodium 2-{4-[3-methyl-4-[6-sulfonato-4-(2-sulfonato-phenylazo)-naphthalen-1-ylazo]-phenylamino]-6-[3-(2-sulfato-ethanesulfonyl)-phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-benzene-1,4-disulfonate; pentasodium 2-{4-[3-methyl-4-[7-sulfonato-4-(2-sulfonato-phenylazo)-naphthalen-1-ylazo]-phenylamino]-6-[3-(2-sulfato-ethanesulfonyl)-phenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-benzene-1,4-disulfonate	421-160-1	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-462-00-8	reaction mass of: 1-hexyl acetate; 2-methyl-1-pentyl acetate; 3-methyl-1-pentyl acetate; 4-methyl-1-pentyl acetate; other mixed linear and branched C <sub>6</sub> -alkyl acetates	421-230-1	88230-35-7	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-463-00-3	3-(phenothiazin-10-yl)propionic acid	421-260-5	362-03-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 24/25-61		
607-464-00-9	reaction mass of: 7-chloro-1-ethyl-6-fluoro-1,4-dihydro-4-oxo-quinoline-3-carboxylic acid; 5-chloro-1-ethyl-6-fluoro-1,4-dihydro-4-oxo-quinoline-3-carboxylic acid	421-280-4		R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-465-00-4	tris(2-hydroxyethyl)ammonium 7-{4-[4-(2-cyanoamino-4-hydroxy-6-oxidopyrimidin-5-ylazo)benzamido]-2-ethoxy-phenylazo)naphthalene-1,3-disulfonate	421-440-3	778583-04-3	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-466-00-X	reaction mass of: phenyl 1-(1-[2-chloro-5-(hexadecyloxycarbonyl)phenylcarbamoyl]-3,3-dimethyl-2-oxobutyl)-1H—2,3,3a,7a-tetrahydrobenzotriazole-5-carboxylate; phenyl 2-(1-(2-chloro-5-(hexadecyloxycarbonyl)phenylcarbamoyl)-3,3-dimethyl-2-oxobutyl)-1H—2,3,3a,7a-tetrahydrobenzotriazole-5-carboxylate; phenyl 3-(1-(2-chloro-5-(hexadecyloxycarbonyl)phenylcarbamoyl)-3,3-dimethyl-2-oxobutyl)-1H—2,3,3a,7a-tetrahydrobenzotriazole-5-carboxylate	421-480-1	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 37/39-61		
607-467-00-5	1,1,3,3-tetrabutyl-1,3-ditinoxydicaprylate	419-430-9	56533-00-7	Xn; R21/22-48/22 C; R34 N; R50-53	C; N R: 21/22-34-48/22-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-468-00-0	reaction mass of: monosodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate; disodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate; trisodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate; tetrasodium 4-((4-(5-sulfonato-2-methoxyphenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-2-((1,4-dimethyl-6-oxido-2-oxo-5-sulfonatomethyl-1,2-dihydropyridine-3-yl)azo)benzenesulfonate	419-450-8	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
607-469-00-6	disodium 7-((4,6-bis(3-diethylaminopropylamino)-1,3,5-triazine-2-yl)amino)-4-hydroxy-3-(4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo)-2-naphthalene sulfonate	419-460-2	120029-06-3	R52-53	R: 52/53 S: 61		
607-470-00-1	potassium sodium 6,13-dichloro-3,10-bis{2-[4-[3-(2-hydroxysulphonyloxyethanesulfonyl)phenylamino]-6-(2,5-disulfonatophenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]ethylamino}benzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b]phenoxazine-4,11-disulfonate	414-100-0	154336-20-6	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)39-22-26-61		
607-472-00-2	ammonium iron(III) trimethylenediaminetetraacetate hemihydrate	400-660-3	111687-36-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-474-00-3	(4-(4-(4-dimethylaminobenzyliden-1-yl)-3-methyl-5-oxo-2-pyrazolin-1-yl)benzoic acid	410-430-4	117573-89-4	R53	R: 53 S: 61		
607-475-00-9	reaction mass of: tetrasodium 7-(4-[4-chloro-6-[methyl-(3-sulfonatophenyl)amino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-ureidophenylazo)naphthalene-1,3,6-trisulfonate; tetrasodium 7-(4-[4-chloro-6-[methyl-(4-sulfonatophenyl)amino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-ureidophenylazo)naphthalene-1,3,6-trisulfonate (1:1)	412-940-2	148878-18-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
607-476-00-4	trisodium N,N-bis(carboxymethyl)-β-alanine	414-070-9	129050-62-0	C; R34 R52-53	C R: 34-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
607-478-00-5	tetramethylammonium hydrogen phthalate	416-900-5	79723-02-7	T; R25 Xn; R48/22 N; R50	T; N R: 25-48/22-50 S: (1/2-)25-36-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-479-00-0	hexadecyl 4-chloro-3-[2-(5,5-dimethyl-2,4-dioxo-1,3-oxazolidin-3-yl)-4,4-dimethyl-3-oxopentamido]benzoate	418-550-9	168689-49-4	R53	R: 53 S: 61		
607-480-00-6	1,2-benzenedicarboxylic acid; di-C <sub>7-11</sub> -branched and linear alkylesters	271-084-6	68515-42-4	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62	T R: 61-62 S: 53-45		
607-487-00-4	reaction mass of: disodium 4-(3-ethoxycarbonyl-4-(5-(3-ethoxycarbonyl-5-hydroxy-1-(4-sulfonatophenyl)pyrazol-4-yl)penta-2,4-dienylidene)-4,5-dihydro-5-oxopyrazol-1-yl)benzenesulfonate; trisodium 4-(3-ethoxycarbonyl-4-(5-(3-ethoxycarbonyl-5-oxido-1-(4-sulfonatophenyl)pyrazol-4-yl)penta-2,4-dienylidene)-4,5-dihydro-5-oxopyrazol-1-yl)benzenesulfonate	402-660-9	—	Repr. Cat. 2; R61 R52-53	T R: 61-52/53 S: 53-45-61		
607-488-00-X	ethyl (2-acetylamino-5-fluoro-4-isothiocyanatophenoxy)acetate	414-210-9	147379-38-2	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-489-00-5	reaction mass of: 2-ethylhexyl linolenate, linoleate and oleate; 2-ethylhexyl epoxyoleate; 2-ethylhexyl diepoxylinoleate; 2-ethylhexyl triepoxylinolenate	414-890-7	71302-79-9	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
607-490-00-0	N-[2-hydroxy-3-(C <sub>12-16</sub> -alkyloxy)propyl]-N-methyl glycinate	415-060-7	—	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)24-26-37/39		
607-492-00-1	2-(1-(3',3'-dimethyl-1'-cyclohexyl)ethoxy)-2-methyl propyl propanoate	415-490-5	141773-73-1	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
607-493-00-7	methyl (3aR,4R,7aR)-2-methyl-4-(1S,2R,3-triacetoxypropyl)-3a,7a-dihydro-4H-pyrano[3,4-d]oxazole-6-carboxylate	415-670-3	78850-37-0	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
607-494-00-2	bis(2-ethylhexyl)octylphosphonate	417-170-0	52894-02-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
607-495-00-8	sodium 4-sulfophenyl-6-((1-oxononyl)amino)hexanoate	417-550-6	168151-92-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-496-00-3	2,2'-methylenebis(4,6-di- <i>tert</i> -butyl-phenyl)-2-ethylhexyl phosphite	418-310-3	126050-54-2	R53	R: 53 S: 61		
607-497-00-9	cerium oxide isostearate	419-760-3	—	R53	R: 53 S: 61		
607-498-00-4	( <i>E</i> )-3,7-dimethyl-2,6-octadienylhexadecanoate	421-370-3	3681-73-0	Xi; R38 R53	Xi R: 38-53 S: (2-)37-61		
607-499-00-X	bis(dimethyl-(2-hydroxyethyl)ammonium) 1,2-ethanediyl-bis(2-hexadecylsuccinate)	421-660-1	—	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
607-500-00-3	calcium 2,2-bis[(5-tetrapropylene-2-hydroxy)phenyl]ethanoate	421-670-4	—	Xi; R38 N; R50-53	Xi; N R: 38-50/53 S: (2-)37-60-61		
607-501-00-9	reaction mass of: triphenylthiophosphate and tertiary butylated phenyl derivatives	421-820-9	192268-65-8	R53	R: 53 S: 61		
607-502-00-4	( <i>N</i> -benzyl- <i>N,N,N</i> -tributyl)ammonium 4-dodecylbenzenesulfonate	422-200-0	178277-55-9	C; R34 Xn; R22 N; R51-53	C; N R: 22-34-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
607-503-00-X	2,4,6-tri- <i>n</i> -propyl-2,4,6-trioxo-1,3,5,2,4,6-trioxatriphosphorinane	422-210-5	68957-94-8	C; R34	C R: 34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
607-505-00-0	pentasodium 7-(4-(4-(5-amino-4-sulfonato-2-(4-((2-(sulfonato-ethoxy)sulfonyl)phenylazo)phenylamino)-6-chloro-1,3,5-triazin-2-yl)amino-2-ureidophenylazo)naphthalene-1,3,6-trisulfonate	422-930-1		R52-53	R: 52/53 S: 22-61		
607-506-00-6	reaction mass of: strontium (4-chloro-2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-(3-sulfonatophenyl)-1 <i>H</i> -pyrazol-4-yl)azo)-5-methyl)benzenesulfonate; disodium (4-chloro-2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-(3-sulfonatophenyl)-1 <i>H</i> -pyrazol-4-yl)azo)-5-methyl)benzenesulfonate	422-970-8		N; R51-53	N R: 51/53 S: 22-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-507-00-1	potassium, sodium 2,4-diamino-3-[4-(2-sulfonatoethoxysulfonyl)phenylazo]-5-[4-(2-sulfonatoethoxysulfonyl)-2-sulfonatophenylazo]-benzenesulfonate	422-980-2	187026-95-5	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)22-26-39		
607-508-00-7	disodium 3,3'-[iminobis(sulfonyl-4,1-phenylene-(5-hydroxy-3-methylpyrazole-1,4-diyl)azo-4,1-phenylenesulfonylimino-(4-amino-6-hydroxypyrimidine-2,5-diyl)azo-4,1-phenylene-sulfonylimino(4-amino-6-hydroxypyrimidine-2,5-diyl)azo]bis(benzenesulfonate)]	423-110-4	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)22-26-39		
607-512-00-9	trisodium 2,4-diamino-3,5-bis-[4-(2-sulfonatoethoxy)sulfonyl]phenylazo]benzenesulfonate	423-970-0	182926-43-8	R52-53	R: 52/53 S: 22-61		
607-513-00-4	reaction mass of: Trisodium 4-benzoylamino-6-(6-ethenesulfonyl-1-sulfato-naphthalen-2-ylazo)-5-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate; 5-(benzoylamino)-4-hydroxy-3-((1-sulfo-6-((2-(sulfooxy)ethyl)sulfonyl)-2-naphthyl)azo)naphthalene-2,7-disulfonic acid sodium salt; 5-(benzoylamino)-4-hydroxy-3-((1-sulfo-6-((2-(sulfooxy)ethyl)sulfonyl)-2-naphthyl)azo)naphthalene-2,7-disulfonic acid	423-200-3	—	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
607-515-00-5	reaction mass of: disodium hexyldiphenyl ether disulphonate; disodium dihexyldiphenyl ether disulphonate	429-650-7	147732-60-3	Xi; R36 N; R51-53	Xi; N R: 36-51/53 S: (2-)26-61		
607-516-00-0	N,N'-bis(trifluoroacetyl)-S,S'-bis-L-homocysteine	429-670-6	105996-54-1	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)24-26-37/39		
607-517-00-6	(S)- $\alpha$ -(acetylthio)benzenepropanoic acid	430-300-0	76932-17-7	Xn; R22 Xi; R41 R43	Xn R: 22-41-43 S: (2-)22-26-36/37/39		
607-526-00-5	cartap (ISO); 1,3-bis(carbamoylthio)-2-(dimethylamino)propane	—	15263-53-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
607-527-00-0	reaction mass of: 1-(1''H,1''H,2''H,2''H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-tridecafluorooctyl)dodecanedioate; 1-(1''H,1''H,2''H,2''H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heptadecafluorodecyl)dodecanedioate; 1-(1''H,1''H,2''H,2''H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heneicosafuorododecyl)dodecanedioate; 1-(1''H,1''H,2''H,2''H-tridecafluorooctyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-pentacosafuorotetradecyl)dodecanedioate; 1-(1''H,1''H,2''H,2''H-heptadecafluorodecyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heptadecafluorodecyl)dodecanedioate; 1-(1''H,1''H,2''H,2''H-heptadecafluorodecyl)-12-(1''H,1''H,2''H,2''H-heneicosafuorododecyl)dodecanedioate	423-180-6	—	Xn; R48/22	Xn R: 48/22 S: (2-)36		
608-001-00-3	acetonitrile; cyanomethane	200-835-2	75-05-8	F; R11 Xn; R20/21/22 Xi; R36	F; Xn R: 11-20/21/22-36 S: (2-)16-36/37		
608-002-00-9	trichloroacetonitrile	208-885-7	545-06-2	T; R23/24/25 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-51/53 S: (1/2-)45-61		
608-003-00-4	acrylonitrile	203-466-5	107-13-1	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 Xi; R37/38-41 R43 N; R51-53	F; T; N R: 45-11-23/24/25-37/38-41-43-51/53 S: - 53-45-61	T; R23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R20/21/22: 0,2 % ≤ C < 1 %	D E
608-004-00-X	2-hydroxy-2-methylpropionitrile; 2-cyanopropan-2-ol; acetone cyanohydrin	200-909-4	75-86-5	T+; R26/27/28 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-50/53 S: (1/2-)7/9-27-45-60-61		
608-005-00-5	n-butyronitrile	203-700-6	109-74-0	R10 ⊗ T; R23/24/25	T R: 10-23/24/25 S: (1/2-)45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
608-006-00-0	bromoxynil (ISO) 3,5-dibromo-4-hydroxybenzonnitrile; bromoxynil phenol	216-882-7	1689-84-5	Repr. Cat. 3; R63 T+; R26 T; R25 R43 N; R50-53	T+; N R: 25-26-43-63-50/ 53 S: (1/2-)27/28-36/37- 45-63-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
608-007-00-6	ioxynil (ISO) 4-hydroxy-3,5-diiodobenzonnitrile	216-881-1	1689-83-4	Repr. Cat. 3; R63 T; R23/25 Xn; R21-48/ 22 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 21-23/25-36-48/ 22-63-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60- 61-63	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
608-008-00-1	chloroacetonitrile	203-467-0	107-14-2	T; R23/24/25 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-51/53 S: (1/2-)45-61		
608-009-00-7	malononitrile	203-703-2	109-77-3	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)23-27-45-60- 61		
608-010-00-2	methacrylonitrile; 2-methyl-2-propene nitrile	204-817-5	126-98-7	F; R11 T; R23/24/25 R43	F; T R: 11-23/24/25-43 S: (1/2-)9-16-18-29- 45	T; R23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R20/21/22: 0,2 % ≤ C < 1 % R43: C ≥ 0,2 %	D
608-011-00-8	oxalonitrile; cyanogen	207-306-5	460-19-5	F; R11 ⊗ T; R23 N; R50-53	F; T; N R: 11-23-50/53 S: (1/2-)23-45-60-61		
608-012-00-3	benzonnitrile	202-855-7	100-47-0	Xn; R21/22	Xn R: 21/22 S: (2-)23		
608-013-00-9	2-chlorobenzonnitrile	212-836-5	873-32-5	Xn; R21/22 Xi; R36	Xn R: 21/22-36 S: (2-)23		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
608-014-00-4	chlorothalonil (ISO); tetrachloroisophthalonitrile	217-588-1	1897-45-6	Carc. Cat. 3; R40 T+; R26 Xi; R41 Xi; R37 R43 N; R50-53	T+; N R: 26-37-40-41-43-50/53 S: (2-)28-36/37/39-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
608-015-00-X	dichlobenil (ISO); 2,6-dichlorobenzonitrile	214-787-5	1194-65-6	Xn; R21 N; R51-53	Xn; N R: 21-51/53 S: (2-)36/37-61		
608-016-00-5	1,4-Dicyano-2,3,5,6-tetra-chloro-benzene	401-550-8	1897-41-2	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
608-017-00-0	bromoxynil octanoate (ISO); 2,6-dibromo-4-cyanophenyl octanoate	216-885-3	1689-99-2	Repr. Cat. 3; R63 T; R23 Xn; R22 R43 N; R50-53	T; N R: 22-23-43-63-50/53 S: (1/2-)36/37-45-63-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
608-018-00-6	ioxynil octanoate (ISO); 4-cyano-2,6-diiodophenyl octanoate	223-375-4	3861-47-0	Repr. Cat. 3; R63 T; R25 Xi; R36 R43 N; R50-53	T; N R: 25-36-43-63-50/53 S: (1/2-)26-36/37-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
608-019-00-1	2,2'-dimethyl-2,2'-azodipropionitrile; ADZN	201-132-3	78-67-1	E; R2 F; R11 Xn; R20/22 R52-53	E; Xn R: 2-11-20/22-52/53 S: (2-)39-41-47-61		
608-021-00-2	3-(2-(diaminomethyleneamino)thiazol-4-ylmethylthio)propionitrile	403-710-2	76823-93-3	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)22-24-37		
608-022-00-8	3,7-dimethyloctanenitrile	403-620-3	40188-41-8	Xi; R38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 38-43-51/53 S: (2-)36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
608-023-00-3	fenbuconazole (ISO) 4-(4-chlorophenyl)-2-phenyl-2-[(1H—1,2,4-triazol-1-yl)methyl]butanenitrile	406-140-2	114369-43-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
608-024-00-9	2-(4-(N-butyl-N-phenethylamino)phenyl)ethylene-1,1,2-tricarbonitrile	407-650-8	97460-76-9	R53	R: 53 S: 61		
608-025-00-4	2-nitro-4,5-bis(benzyloxy)phenylacetone nitrile	410-970-0	117568-27-1	R53	R: 53 S: 61		
608-026-00-X	3-cyano-3,5,5-trimethylcyclohexanone	411-490-4	7027-11-4	Xn; R22-48/22 R43 R52-53	Xn R: 22-43-48/22-52/53 S: (2-)36/37-61		
608-027-00-5	reaction mass of: 3-(4-ethylphenyl)-2,2-dimethylpropanenitrile; 3-(2-ethylphenyl)-2,2-dimethylpropanenitrile; 3-(3-ethylphenyl)-2,2-dimethylpropanenitrile	412-660-0	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
608-028-00-0	4-(2-cyano-3-phenylamino-acryloyloxymethyl)-cyclohexylmethyl 2-cyano-3-phenylamino)-acrylate	413-510-7	147374-67-2	Xn; R48/20/21 R43 N; R51-53	Xn; N R: 43-48/20/21-51/53 S: (2-)36/37-61		
608-029-00-6	1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-1-[3-(1-methylethoxy)propyl]-2-oxo-3-pyridinecarbonitrile	411-990-2	68612-94-2	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
608-030-00-1	N-acetyl-N-[5-cyano-3-(2-dibutylamino-4-phenylthiazol-5-yl-methylene)-4-methyl-2,6-dioxo-1,2,3,6-tetrahydropyridin-1-yl]benzamide	412-340-0	147741-93-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
608-031-00-7	2-benzyl-2-methyl-3-butenitrile	407-870-4	97384-48-0	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
608-033-00-8	N-butyl-3-(2-chloro-4-nitrophenylhydrazono)-1-cyano-2-methylprop-1-ene-1,3-dicarboximide	407-970-8	75511-91-0	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
608-034-00-3	chlorfenapyr; 4-bromo-2-(4-chlorophenyl)-1-ethoxymethyl-5-trifluoromethylpyrrole-3-carbonitrile	—	122453-73-0	T; R23 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 22-23-50/53 S: (1/2-)13-36/37-45-60-61		
608-035-00-9	(±)-α-[(2-acetyl-5-methylphenyl)-amino]-2,6-dichlorobenzene-aceto-nitrile	419-290-9	—	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
608-036-00-4	3-(2-{4-[2-(4-cyanophenyl)vinyl]phenyl}vinyl)benzonnitrile	419-060-8	79026-02-1	R53	R: 53 S: 61		
608-037-00-X	reaction mass of: (E)-2,12-tridecadiennitrile; (E)-3,12-tridecadiennitrile; (Z)-3,12-tridecadiennitrile	422-190-8		N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
608-038-00-5	2,2,4-trimethyl-4-phenyl-butane-nitrile	422-580-8	75490-39-0	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
608-039-00-0	2-phenylhexanenitrile	423-460-8	3508-98-3	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)23-60-61		
608-040-00-6	4,4'-dithiobis(5-amino-1-(2,6-dichloro-4-(trifluoromethyl)phenyl)-1H-pyrazole-3-carbonitrile)	423-490-1	130755-46-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
608-041-00-1	4'-((2-butyl-4-oxo-1,3-diazaspiro[4.4]non-1-ene-3-yl)methyl)(1,1'-biphenyl)-2-carbonitrile	423-500-4	138401-24-8	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
608-043-00-2	3-(cis-3-hexenyloxy)propanenitril	415-220-6	142653-61-0	T; R23 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 22-23-50/53 S: (1/2-)13-36/37-45-60-61		
608-065-00-2	salts of bromoxynil with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Repr. Cat. 3; R63 T+; R26 T; R25 R43 N; R50-53	T+; N R: 25-26-43-50/53 S: (1/2-)27/28-36/37-45-63-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
608-066-00-8	salts of ioxynil with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Repr. Cat. 3; R63 T; R23/25 Xn; R21-48/ 22 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 21-23/25-36-48/ 22-63-50/53 S: (1/2-)36/37-45-63- 60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	A
609-001-00-6	1-nitropropane	203-544-9	108-03-2	R10 Xn; R20/21/ 22	Xn R: 10-20/21/22 S: (2-)9	Xn; R20/21/22: C ≥ 5 %	
609-002-00-1	2-nitropropane	201-209-1	79-46-9	R10 Carc. Cat. 2; R45 Xn; R20/22	T R: 45-10-20/22 S: 53-45		E
609-003-00-7	nitrobenzene	202-716-0	98-95-3	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/ 25-48/23/24 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-40-48/ 23/24-51/53-62 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
609-004-00-2	dinitrobenzene; [1] 1,4-dinitrobenzene; [2] 1,3-dinitrobenzene; [3] 1,2-dinitrobenzene [4]	246-673-6 [1] 202-833-7 [2] 202-776-8 [3] 208-431-8 [4]	25154-54-5 [1] 100-25-4 [2] 99-65-0 [3] 528-29-0 [4]	T+; R26/27/ 28 R33 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-33-50/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
609-005-00-8	1,3,5-trinitrobenzene	202-752-7	99-35-4	E; R2 ⊗ T+; R26/27/ 28 R33 N; R50-53	E; T+; N R: 2-26/27/28-33-50/ 53 S: (1/2-)35-45-60-61		
609-006-00-3	4-nitrotoluene	202-808-0	99-99-0	T; R23/24/25 R33 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-33-51/ 53 S: (1/2-)28-37-45-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-007-00-9	2,4-dinitrotoluene; dinitrotoluene, technical grade; [1] dinitrotoluene [2]	204-450-0 [1] 246-836-1 [2]	121-14-2 [1] 25321-14-6 [2]	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/25 Xn; R48/22 N; R51-53	T; N R: 45-23/24/25-48/ 22-62-68-51/53 S: 53-45-61		E
609-008-00-4	2,4,6-trinitrotoluene; TNT	204-289-6	118-96-7	E; R2 T; R23/24/25 R33 N; R51-53	E; T; N R: 2-23/24/25-33-51/ 53 S: (1/2-)35-45-61		
609-009-00-X	2,4,6-trinitrophenol; picric acid	201-865-9	88-89-1	E; R2 ⊗ R4 T; R23/24/25	E; T R: 2-4-23/24/25 S: (1/2-)28-35-37-45		
609-010-00-5	salts of picric acid	—	—	E; R3 T; R23/24/25	E; T R: 3-23/24/25 S: (1/2-)28-35-37-45		A
609-011-00-0	2,4,6-trinitroanisole	—	606-35-9	E; R2 Xn; R20/21/ 22 N; R51-53	E; Xn; N R: 2-20/21/22-51/53 S: (2-)35-61		
609-012-00-6	2,4,6-trinitro- <i>m</i> -cresol	210-027-1	602-99-3	E; R2 R4 Xn; R20/21/ 22	E; Xn R: 2-4-20/21/22 S: (2-)35		
609-013-00-1	2,4,6-trinitro- <i>m</i> -xylene	211-187-5	632-92-8	E; R2 Xn; R20/21/ 22 R33	E; Xn R: 2-20/21/22-33 S: (2-)35		
609-015-00-2	4-nitrophenol; <i>p</i> -nitrophenol	202-811-7	100-02-7	Xn; R20/21/ 22 R33	Xn R: 20/21/22-33 S: (2-)28		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-016-00-8	dinitrophenol (reaction mass of isomers); [1] 2,4(or 2,6)-dinitrophenol [2]	247-096-2 [1] 275-732-9 [2]	25550-58-7 [1] 71629-74-8 [2]	T; R23/24/25 R33 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-33-50/ 53 S: (1/2-)28-37-45-60- 61		
609-018-00-9	2,4,6-trinitroresorcinol; styphnic acid	201-436-6	82-71-3	E; R2 ⊗ R4 Xn; R20/21/ 22	E; Xn R: 2-4-20/21/22 S: (2-)35		
609-019-00-4	lead 2,4,6-trinitro- <i>m</i> -phenylene dioxide; lead 2,4,6-trinitroresorcinoxide; lead styphnate	239-290-0	15245-44-0	E; R3 Repr. Cat. 1; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/22 R33 N; R50-53	E; T; N R: 61-3-20/22-33-50/ 53-62 S: 53-45-60-61	E 1	
609-020-00-X	DNOC (ISO); 4,6-dinitro- <i>o</i> -cresol	208-601-1	534-52-1	Muta. Cat. 3; R68 T+; R26/27/ 28 Xi; R38-41 R43 R44 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-38-41- 43-44-50/53-68 S: (1/2-)36/37-45-60- 61		
609-021-00-5	sodium salt of DNOC; sodium 4,6-dinitro- <i>o</i> -cresolate; [1] potassium salt of DNOC; potassium 4,6-dinitro- <i>o</i> -cresolate [2]	219-007-7 [1] - [2]	2312-76-7 [1] 5787-96-2 [2]	T; R23/24/25 R33 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-33-50/ 53 S: (1/2-)13-45-60-61		
609-022-00-0	ammonium salt of DNOC; ammonium 4,6-dinitro- <i>o</i> -tolyl oxide	221-037-0	2980-64-5	T+; R26/27/ 28 R33 N; R50-53	T+; N R: 26/27/28-33-50/ 53 S: (1/2-)13-28-45-60- 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-023-00-6	dinocap (ISO)	254-408-0	39300-45-3	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R20-48/ 22 Xi; R38 R43 N; R50-53	T; N R: 61-20-22-38-43- 48/22-50/53 S: 53-45-60-61		E
609-024-00-1	binapacryl (ISO); 2-sec-butyl-4,6-dinitrophenyl-3-methylcrotonate	207-612-9	485-31-4	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R21/22 N; R50-53	T; N R: 61-21/22-50/53 S: 53-45-60-61		E
609-025-00-7	dinoseb (ISO); 6-sec-butyl-2,4-dinitrophenol	201-861-7	88-85-7	R44 T; R24/25 Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 61-62-24/25-36- 44-50/53 S: 53-45-60-61		E
609-026-00-2	salts and esters of dinoseb, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	R44 Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62 T; R24/25 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 61-62-24/25-36- 44-50/53 S: 53-45-60-61		AE
609-027-00-8	dinocton; reaction mass of isomers: methyl 2-octyl-4,6-dinitrophenyl carbonate, methyl 4-octyl-2,6-dinitrophenyl carbonate	—	63919-26-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
609-028-00-3	dinex (ISO); 2-cyclohexyl-4,6-dinitrophenol	205-042-5	131-89-5	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)13-45-60-61		
609-029-00-9	salts and esters of dinex	—	—	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)13-45-60-61		A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-030-00-4	dinoterb (ISO); 2- <i>tert</i> -butyl-4,6-dinitrophenol	215-813-8	1420-07-1	Repr. Cat. 2; R61 T+; R28 T; R24 R44 N; R50-53	T+; N R: 61-24-28-44-50/ 53 S: 53-45-60-61		E
609-031-00-X	salts and esters of dinoterb	—	—	Repr. Cat. 2; R61 T+; R28 T; R24 N; R50-53	T+; N R: 61-24-28-50/53 S: 45-53-60-61		AE
609-032-00-5	bromofenoxim (ISO); 3,5-dibromo-4-hydroxybenzaldehyde-O-(2,4-dinitrophenyl)-oxime	236-129-6	13181-17-4	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)25-60-61		
609-033-00-0	dinosam (ISO); 2-(1-methylbutyl)-4,6-dinitrophenol	—	4097-36-3	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)13-45-60-61		
609-034-00-6	salts and esters of dinosam	—	—	T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-50/53 S: (1/2-)13-45-60-61		A
609-035-00-1	nitroethane	201-188-9	79-24-3	R10 Xn; R20/22	Xn R: 10-20/22 S: (2-)9-25-41	Xn; R20/22: C ≥ 12,5 %	
609-036-00-7	nitromethane	200-876-6	75-52-5	R5-10 Xn; R22	Xn R: 5-10-22 S: (2-)41	Xn; R22: C ≥ 12,5 %	
609-037-00-2	5-nitroacenaphthene	210-025-0	602-87-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		
609-038-00-8	2-nitronaphthalene	209-474-5	581-89-5	Carc. Cat. 2; R45 N; R51-53	T; N R: 45-51/53 S: 53-45-61		
609-039-00-3	4-nitrobiphenyl	202-204-7	92-93-3	Carc. Cat. 2; R45 N; R51-53	T; N R: 45-51/53 S: 53-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-040-00-9	nitrofen (ISO); 2,4-dichlorophenyl 4-nitrophenyl ether	217-406-0	1836-75-5	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 2; R61 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-61-22-50/53 S: 53-45-60-61		E
609-041-00-4	2,4-dinitrophenol	200-087-7	51-28-5	T; R23/24/25 R33 N; R50	T; N R: 23/24/25-33-50 S: (1/2-)28-37-45-61		
609-042-00-X	pendimethalin (ISO); N-(1-ethylpropyl)-2,6-dinitro-3,4-xylidine	254-938-2	40487-42-1	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-29-37-60-61		
609-043-00-5	quintozene (ISO); pentachloronitrobenzene	201-435-0	82-68-8	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)13-24-37-60-61		
609-044-00-0	tecnazene (ISO); 1,2,4,5-tetrachloro-3-nitrobenzene	204-178-2	117-18-0	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
609-045-00-6	reaction mass of: 4,6-dinitro-2-(3-octyl)phenyl methyl carbonate and 4,6-dinitro-2-(4-octyl)phenyl methyl carbonate; dinocron-6	—	8069-76-9	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
609-046-00-1	trifluralin (ISO) (containing < 0.5 ppm NPDA); $\alpha, \alpha, \alpha$ -trifluoro-2,6-dinitro-N,N-dipropyl-p-toluidine (containing < 0.5 ppm NPDA); 2,6-dinitro-N,N-dipropyl-4-trifluoromethylaniline (containing < 0.5 ppm NPDA); N,N-dipropyl-2,6-dinitro-4-trifluoromethylaniline (containing < 0.5 ppm NPDA)	216-428-8	1582-09-8	Xi; R36 R43 N; R50-53	Xi; N R: 36-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
609-047-00-7	2-nitroanisole	202-052-1	91-23-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22	T R: 45-22 S: 53-45		E
609-048-00-2	sodium 3-nitrobenzenesulphonate	204-857-3	127-68-4	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)24-26-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-049-00-8	2,6-dinitrotoluene	210-106-0	606-20-2	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/25 Xn; R48/22 R52-53	T R: 45-23/24/25-48/ 22-62-68-52/53 S: 53-45-61		E
609-050-00-3	2,3-dinitrotoluene	210-013-5	602-01-7	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/25 Xn; R48/22 N; R50-53	T; N R: 45-23/24/25-48/ 22-62-68-50/53 S: 53-45-60-61		E
609-051-00-9	3,4-dinitrotoluene	210-222-1	610-39-9	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/25 Xn; R48/22 N; R51-53	T; N R: 45-23/24/25-48/ 22-62-68-51/53 S: 53-45-61		E
609-052-00-4	3,5-dinitrotoluene	210-566-2	618-85-9	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/25 Xn; R48/22 R52-53	T R: 45-23/24/25-48/ 22-62-68-52/53 S: 53-45-61		E
609-053-00-X	hydrazine-trinitromethane	414-850-9	—	E; R3 O; R8 Carc. Cat. 2; R45 T; R23/25 R43	E; T R: 45-3-8-23/25-43 S: 53-45		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-054-00-5	2,3-dinitrophenol; [1] 2,5-dinitrophenol; [2] 2,6-dinitrophenol; [3] 3,4-dinitrophenol; [4] salts of dinitrophenol [5]	200-628-7 [1] 206-348-1 [2] 209-357-9 [3] 209-415-3 [4] - [5]	66-56-8 [1] 329-71-5 [2] 573-56-8 [3] 577-71-9 [4] - [5]	T; R23/24/25 R33 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-33-51 S: (1/2-)28-37-45-61		
609-055-00-0	2,5-dinitrotoluene	210-581-4	619-15-8	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/25 Xn; R48/22 N; R51-53	T; N R: 45-23/24/25-48/ 22-62-68-51/53 S: 53-45-61		E
609-056-00-6	2,2-dibromo-2-nitroethanol	412-380-9	69094-18-4	E; R2 Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22-48/ 22 C; R35 R43 N; R50-53	E; C; N R: 2-22-35-40-43-48/ 22-50/53 S: (1/2-)23-26-36/37/ 39-45-60-61	Xn; R22: C ≥ 10 % C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
609-057-00-1	3-chloro-2,4-difluoronitrobenzene	411-980-8	3847-58-3	Xn; R22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-34-43-50/53 S: (1/2-)22-26-28-36/ 37/39-45-60-61		
609-058-00-7	2-nitro-2-phenyl-1,3-propanediol	410-360-4	5428-02-4	T; R39-48/25 Xn; R21/22 Xi; R41 R43 N; R51-53	T; N R: 21/22-39-41-43- 48/25-51/53 S: 53-45-61		
609-059-00-2	2-chloro-6-(ethylamino)-4-nitrophenol	411-440-1	131657-78-8	Xn; R22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-43-51/53 S: (2-)22-24-37/39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-060-00-8	4-[(3-hydroxypropyl)amino]-3-nitrophenol	406-305-9	92952-81-3	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
609-061-00-3	(E,Z)-4-chlorophenyl(cyclopropyl)ketone O-(4-nitrophenyl-methyl)oxime	406-100-4	94097-88-8	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
609-062-00-9	2-bromo-2-nitropropanol	407-030-7	24403-04-1	T; R24 Xn; R22-48/ 22 C; R34 R43 N; R50-53	T; N R: 22-24-34-43-48/ 22-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		
609-063-00-4	2-[(4-chloro-2-nitrophenyl)amino]ethanol	413-280-8	59320-13-7	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)22-61		
609-064-00-X	mesotrione (ISO); 2-[4-(methylsulfonyl)-2-nitrobenzoyl]-1,3-cyclohexanedione	—	104206-82-8	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
609-065-00-5	2-nitrotoluene	201-853-3	88-72-2	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-46-22-62-51/ 53 S: 53-45-61		E
609-066-00-0	lithium sodium 3-amino-10-{4-(10-amino-6,13-dichloro-4,11-disulfonatobenzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b]phenoxazine-3-ylamino)-6-[methyl(2-sulfonato-ethyl)amino]-1,3,5-triazin-2-ylamino)-6,13-dichlorobenzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b]phenoxazine-4,11-disulfonate	418-870-9	154212-58-5	Xn; R20/21/ 22-68/20/ 21/22	Xn R: 20/21/22-68/20/ 21/22 S: (2-)36/37		
609-067-00-6	sodium and potassium 4-(3-aminopropylamino)-2,6-bis[3-(4-methoxy-2-sulfophenylazo)-4-hydroxy-2-sulfo-7-naphthylamino]-1,3,5-triazine	416-280-6	156769-97-0	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
609-068-00-1	musk xylene; 5-tert-butyl-2,4,6-trinitro-m-xylene	201-329-4	81-15-2	E; R2 Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	E; Xn; N R: 2-40-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
609-070-00-2	1,4-dichloro-2-(1,1,2,3,3,3-hexafluoropropoxy)-5-nitrobenzene	415-580-4	130841-23-5	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)36/37/39-60-61		
609-071-00-8	reaction mass of: 2-methylsulfanyl-4,6-bis-(2-hydroxy-4-methoxy-phenyl)-1,3,5-triazine; 2-(4,6-bis-methylsulfanyl-1,3,5-triazin-2-yl)-5-methoxy-phenol	423-520-3	156137-33-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
610-001-00-3	trichloronitromethane; chloropicrin	200-930-9	76-06-2	Xn; R22 T+; R26 Xi; R36/37/38	T+ R: 22-26-36/37/38 S: (1/2-)36/37-38-45		
610-002-00-9	1,1-dichloro-1-nitroethane	209-854-0	594-72-9	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)26-45		
610-003-00-4	chlorodinitrobenzene	—	—	T; R23/24/25 R33 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-33-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		C
610-004-00-X	2-chloro-1,3,5-trinitrobenzene	201-864-3	88-88-0	E; R2 T+; R26/27/28 N; R50-53	E; T+; N R: 2-26/27/28-50/53 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
610-005-00-5	1-chloro-4-nitrobenzene	202-809-6	100-00-5	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/25 Xn; R48/20/21/22 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-40-48/20/21/22-68-51/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
610-006-00-0	chloronitroanilines with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T+; R26/27/28 R33 N; R51-53	T+; N R: 26/27/28-33-51/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61		A C
610-007-00-6	1-chloro-1-nitropropane	209-990-0	600-25-9	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)	Xn; R20/22: C ≥ 5 %	
610-008-00-1	2,6-dichloro-4-nitroanisole	403-350-6	17742-69-7	T; R25 N; R51-53	T; N R: 25-51/53 S: (1/2-)36/37-45-61		
610-009-00-7	2-chloro-4-nitroaniline	204-502-2	121-87-9	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)22-24-61		
610-010-00-2	2-bromo-1-(2-furyl)-2-nitroethylene	406-110-9	35950-52-8	Xn; R22-48/22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-34-43-48/22-50/53 S: (1/2-)22-26-36/37/39-45-60-61		
611-001-00-6	azobenzene	203-102-5	103-33-3	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/22-48/22 N; R50-53	T; N R: 45-20/22-48/22-68-50/53 S: 53-45-60-61		E
611-002-00-1	azoxybenzene	207-802-1	495-48-7	Xn; R20/22	Xn R: 20/22 S: (2-)28		
611-003-00-7	fenaminosulf (ISO); sodium 4-dimethylaminobenzenediazosulphonate	205-419-4	140-56-7	T; R25 Xn; R21 R52-53	T R: 21-25-52/53 S: (1/2-)36/37-45-61		
611-004-00-2	methyl-ONN-azoxymethyl acetate; methyl azoxy methyl acetate	209-765-7	592-62-1	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 2; R61	T R: 45-61 S: 53-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-005-00-8	disodium {5-[(4'-((2,6-hydroxy-3-((2-hydroxy-5-sulphophenyl)azo)phenyl)azo)(1,1'-biphenyl)-4-yl)azo]salicylato(4-)} cuprate(2-); CI Direct Brown 95	240-221-1	16071-86-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		
611-006-00-3	4- <i>o</i> -tolylazo- <i>o</i> -toluidine; 4-amino-2',3-dimethylazobenzene; fast garnet GBC base; AAT; <i>o</i> -aminoazotoluene	202-591-2	97-56-3	Carc. Cat. 2; R45 R43	T R: 45-43 S: 53-45		
611-007-00-9	tricyclazole (ISO); 5-methyl-1,2,4-triazolo(3,4- <i>b</i> )benzo-1,3-thiazole	255-559-5	41814-78-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
611-008-00-4	4-aminoazobenzene; 4-phenylazoaniline	200-453-6	60-09-3	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61		
611-009-00-X	sodium (1-(5-(4-(4-anilino-3-sulphophenylazo)-2-methyl-5-methylsulphonamidophenylazo)-4-hydroxy-2-oxido-3-(phenylazo)phenylazo)-5-nitro-4-sulphonato-2-naphtholato)iron (II)	401-220-3	—	Xn; R20 R52-53	Xn R: 20-52/53 S: (2-)61		
611-010-00-5	2'-(2-cyano-4,6-dinitrophenylazo)-5'-( <i>N,N</i> -dipropylamino) propionanilide	403-010-7	106359-94-8	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
611-011-00-0	<i>N,N,N',N'</i> -tetramethyl-3,3'-(propylenebis(iminocarbonyl-4,1-phenylenazo(1,6-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxopyridine-3,1-díyl)))di(propylammonium) dilactate	403-340-1	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
611-012-00-6	reaction mass of 2,2-iminodiethanol 6-methyl-2-(4-(2,4,6-triaminopyrimidin-5-ylazo)phenyl)benzothiazole-7-sulfonate and 2-methylaminoethanol 6-methyl-2-(4-(2,4,6-triaminopyrimidin-5-ylazo)phenyl)benzothiazole-7-sulfonate and <i>N,N</i> -diethylpropane-1,3-diamine 6-methyl-2-(4-(2,4,6-triaminopyrimidin-5-ylazo)phenyl)benzothiazole-7-sulfonate	403-410-1	114565-65-0	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-26-37		
611-013-00-1	trilithium-1-hydroxy-7-(3-sulfonatoanilino)-2-(3-methyl-4-(2-methoxy-4-(3-sulfonatophenylazo)phenylazo)phenylazo)naphthalene-3-sulfonate	403-650-7	117409-78-6	E; R2 N; R51-53	E; N R: 2-51/53 S: (2-)35-61		
611-014-00-7	(tetrasodium 1-(4-(3-acetamido-4-(4'-nitro-2,2'-disulfonato-stilben-4-ylazo)anilino)-6-(2,5-disulfonatoanilino)-1,3,5-triazin-2-yl)-3-carboxypyridinium) hydroxide	404-250-5	115099-55-3	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-015-00-2	tetrasodium 4-amino-5-hydroxy-6-(4-(2-(2-(sulfonatooxy)ethylsulfonyl)ethylcarbamoyl)phenylazo)-3-(4-(2-(sulfonatooxy)ethylsulfonyl)phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	404-320-5	116889-78-2	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-016-00-8	reaction mass of 1,1'-((dihydroxyphenylene)bis(azo-3,1-phenylenazo(1-(3-dimethylaminopropyl)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-2-oxopyridine-5,3-diy)))dipyridinium dichloride dihydrochloride, mixed isomers and 1-(1-(3-dimethylaminopropyl)-5-(3-((4-(1-(3-dimethylaminopropyl)-1,6-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxo-5-pyridinio-3-pyridylazo)phenylazo)-2,4(or2,6 or3,5)-dihydroxyphenylazo)phenylazo)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-2-oxo-3-pyridyl)pyridinium dichloride	404-540-1	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-017-00-3	2-(4-(diethylaminopropylcarbamoyl)phenylazo)-3-oxo-N-(2,3-dihydro-2-oxobenzimidazol-5-yl)butyramide	404-910-2	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
611-018-00-9	tetraammonium 5-(4-(7-amino-1-hydroxy-3-sulfonato-2-naphthylazo)-6-sulfonato-1-naphthylazo)isophthalate	405-130-5	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
611-019-00-4	tetralithium 6-amino-4-hydroxy-3-(7-sulfonato-4-(4-sulfonatophenylazo)-1-naphthylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	405-150-4	106028-58-4	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
611-020-00-X	tetrakis(tetramethylammonium) 6-amino-4-hydroxy-3-(7-sulfonato-4-(4-sulfonatophenylazo)-1-naphthylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	405-170-3	116340-05-7	T; R25 R43 R52-53	T R: 25-43-52/53 S: (1/2-)22-24-37-45-61		
611-021-00-5	2-(4-(4-cyano-3-methylisothiazol-5-ylazo)-N-ethyl-3-methylanilino)ethyl acetate	405-480-9	—	Xn; R22-48/22 Xi; R38 R53	Xn R: 22-38-48/22-53 S: (2-)22-36/37-61		
611-022-00-0	4-dimethylaminobenzenediazonium 3-carboxy-4-hydroxybenzenesulfonate	404-980-4	—	E; R2 T; R23/25 Xn; R21-48/22 Xi; R41 R43 N; R50/53	E; T; N R: 2-21-23/25-41-43-48/22-50/53 S: (1/2-)3-12-26-35-36/37/39-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-023-00-6	disodium 7-(4,6-dichloro-1,3,5-triazin-2-ylamino)-4-hydroxy-3-(4-(2-(sulfonatooxy)ethylsulfonyl)phenylazo) naphthalene-2-sulfonate	404-600-7	—	R43	X R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-024-00-1	Benzidine based azo dyes; 4,4'-diarylazobiphenyl dyes, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		A
611-025-00-7	disodium 4-amino-3-[[4'-[(2,4-diaminophenyl)azo][1,1'-biphenyl]-4-yl]azo]-5-hydroxy-6-(phenylazo)naphthalene-2,7-disulphonate; C.I. Direct Black 38	217-710-3	1937-37-7	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 3; R63	T R: 45-63 S: 53-45		
611-026-00-2	tetrasodium 3,3'-[[1,1'-biphenyl]-4,4'-diylbis(azo)]bis[5-amino-4-hydroxynaphthalene-2,7-disulphonate]; C.I. Direct Blue 6	220-012-1	2602-46-2	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 3; R63	T R: 45-63 S: 53-45		
611-027-00-8	disodium 3,3'-[[1,1'-biphenyl]-4,4'-diylbis(azo)]bis(4-aminonaphthalene-1-sulphonate); C.I. Direct Red 28	209-358-4	573-58-0	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 3; R63	T R: 45-63 S: 53-45		
611-028-00-3	C,C'-azodi(formamide)	204-650-8	123-77-3	R42 R44 ⊗	Xn R: 42-44 S: (2-)22-24-37		
611-029-00-9	o-dianisidine based azo dyes; 4,4'-diarylazo-3,3'-dimethoxybiphenyl dyes with the exception of those mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		A H
611-030-00-4	o-tolidine based dyes; 4,4'-diarylazo-3,3'-dimethylbiphenyl dyes, with the exception of those mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		A H
611-031-00-X	4,4'-(4-iminocyclohexa-2,5-dienylidenemethylene)dianiline hydrochloride; C.I. Basic Red 9	209-321-2	569-61-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		
611-032-00-5	1,4,5,8-tetraaminoanthraquinone; C.I. Disperse Blue 1	219-603-7	2475-45-8	Carc. Cat. 2; R45 Xi; R38-41 R43	T R: 45-38-41-43 S: 53-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-033-00-0	hexasodium [4,4"-azoxybis(2,2'-disulfonatostilbene-4,4'-diy-lazo)]-bis[5'-sulfonatobenzene-2,2'- diolato-O(2),O(2),N(1)]-copper(II)	400-020-3	82027-60-9	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
611-034-00-6	N-(5-(bis(2-methoxyethyl)amino)-2-((5-nitro-2,1-benzisothiazol-3-yl)azo)phenylacetamide	402-430-8	105076-77-5	R53	R: 53 S: 61		
611-035-00-1	tetralithium 6-amino-4-hydroxy-3-[7-sulfonato-4-(5-sulfonato-2-naphthylazo)-1-naphthylazo]naphthalene-2,7-disulfonate	403-660-1	107246-80-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
611-036-00-7	2-(4-(5,6(or 6,7)-dichloro-1,3-benzothiazol-2-ylazo)-N-methyl-m-toluidino)ethyl acetate	405-440-0	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-037-00-2	3(or 5)-(4-(N-benzyl-N-ethylamino)-2-methylphenylazo)-1,4-dimethyl-1,2,4-triazolium methylsulphate	406-055-0	124584-00-5	Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-51/53 S: (2-)22-24-26-37/ 39-61		
611-038-00-8	trisodium 1-hydroxynaphthalene-2-azo-4'(5',5"-dimethylbiphenyl)-4"-azo(4"-phenylsulfonyloxybenzene)- 2',2",4-trisulfonate	406-820-9	—	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)25-26		
611-039-00-3	7-(((4,6-dichloro-1,3,5-triazin-2-yl)amino)-4-hydroxy-3-(4-((2-sulfoxy)ethyl)sulfonyl)phenylazo)naphthalene-2-sulfonic acid	407-050-6	117715-57-8	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-040-00-9	3-(5-acetyl-amino-4-(4-[4,6-bis(3-diethylaminopropylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]phenylazo)-2-(2-methoxyethoxy)phenylazo)-6-amino-4-hydroxy-2-naphthalenesulfonic acid	407-670-7	115099-58-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
611-041-00-4	2-[[[4[[4,6-bis[[3-(diethylamino)propyl]amino]-1,3,5-triazine-2-yl]amino]phenyl]azo]-N-(2,3-dihydro-2-oxo-1H-benzimidazol-5-yl)-3-oxobutanamide	407-680-1	98809-11-1	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
611-042-00-X	trisodium 5-amino-3-[5-(2-bromoacryloylamino)-2-sulfonatophenylazo]-4-hydroxy-6-(4-vinylsulfonylphenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	411-770-6	136213-71-3	R52-53	R: 52/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-043-00-5	<p>reaction mass of: trisodium N(1')-N(2):N(1'')-N(2'')-η-6-[2-amino-4-(or 6)-hydroxy-(or 4-amino-2-hydroxy)phenylazo]-6''-(1-carbaniloyl-2-hydroxyprop-1-enylazo)-5',5'''-disulfamoyl-3,3''-disulfonatobis(naphthalene-2,1'-azobenzene-1,2'-diolato-O(1),O(2'))-chromate;</p> <p>trisodium N(1')-N(2):N(1'')-N(2'')-η-6,6''-bis(1-carbaniloyl-2-hydroxyprop-1-enylazo)-5',5'''-disulfamoyl-3,3''-disulfonatobis(naphthalene-2,1'-azobenzene-1,2'-diolato-O(1),O(2'))-chromate;</p> <p>trisodium N(1')-N(2):N(1'')-N(2'')-η-6,6''-bis[2-amino-4-(or 6)-hydroxy-(or 4-amino-2-hydroxy)phenylazo]5',5'''-disulfamoyl-3,3''-disulfonatobis(naphthalene-2,1'-azobenzene-1,2'-diolato-O(1),O(2'))-chromate (2:1:1)</p>	402-850-1	—	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
611-044-00-0	<p>reaction mass of: <i>tert</i>-alkyl(C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>)ammonium bis[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]-chromate (1-);</p> <p><i>tert</i>-alkyl(C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>)ammonium bis[1-[(2-hydroxy-4-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]-chromate(1-);</p> <p><i>tert</i>-alkyl(C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>)ammonium bis[1-[[5-(1,1-dimethylpropyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl]azo]-2-naphthalenolato(2-)]-chromate(1-);</p> <p><i>tert</i>-alkyl(C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>)ammonium [[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]-[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]]-chromate(1-);</p> <p><i>tert</i>-alkyl(C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>)ammonium [[1-[[5-(1,1-dimethylpropyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl]azo]-2-naphthalenolato(2-)]-[1-[(2-hydroxy-5-nitrophenyl)azo]-2-naphthalenolato(2-)]]-chromate(1-);</p> <p><i>tert</i>-alkyl(C<sub>12</sub>-C<sub>14</sub>)ammonium ((1-(4(or 5)-nitro-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)(1-(3-nitro-2-oxido-5-pentylphenylazo)-2-naphtholato))chromate(1-)</p>	403-720-7	117527-94-3	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
611-045-00-6	2-[4-[N-(4-acetoxybutyl)-N-ethyl]amino-2-methylphenylazo]-3-acetyl-5-nitrothiophene	404-830-8	—	R53	R: 53 S: 61		
611-046-00-1	4,4'-diamino-2-methylazobenzene	407-590-2	43151-99-1	T; R25 Xn; R48/22 R43 N; R50-53	T; N R: 25-43-48/22-50/53 S: (1/2-)22-28-36/37-45-60-61		
611-047-00-7	<p>reaction mass of: 2-[[4-[N-ethyl-N-(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-5,6-dichlorobenzothiazole;</p> <p>2-[[4-[N-ethyl-N-(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-6,7-dichlorobenzothiazole (1:1)</p>	407-890-3	111381-11-4	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-048-00-2	reaction mass of: 2-[[4-[bis(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-5,6-dichlorobenzothiazole; 2-[[4-[bis(2-acetoxyethyl)amino]phenyl]azo]-6,7-dichlorobenzothiazole (1:1)	407-900-6	111381-12-5	R53	R: 53 S: 61		
611-049-00-8	reaction mass of 7-[4-(3-diethylaminopropylamino)-6-(3-diethylammoniopropylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-hydroxy-3-(4-phenylazophenylazo)-naphthalene-2-sulfonate, acetic acid, lactic acid (2:1:1)	408-000-6	118658-98-3	Xn; R48/22 R43 R52-53	Xn R: 43-48/22-52/53 S: (2-)22-36/37-61		
611-051-00-9	2-(4-(N-ethyl-N-(2-hydroxy)ethyl)amino-2-methylphenyl)azo-6-methoxy-3-methyl-benzothiazolium chloride	411-110-7	136213-74-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
611-052-00-4	monosodium aqua-[5-[[2,4-dihydroxy-5-[(2-hydroxy-3,5-dinitrophenyl)azo]phenyl]azo]-2-naphthalensulfonate], iron complex	400-720-9	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
611-053-00-X	2,2'-azobis[2-methylpropionamidine] dihydrochloride	221-070-0	2997-92-4	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)24-37		
611-055-00-0	C.I. Disperse Yellow 3; N-[4-[(2-hydroxy-5-methylphenyl)azo]phenyl]acetamide	220-600-8	2832-40-8	Carc. Cat. 3; R40 R43	Xn R: 40-43 S: (2-)22-36/37-46		
611-056-00-6	C.I. Solvent Yellow 14; 1-phenylazo-2-naphthol	212-668-2	842-07-9	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 R43 R53	Xn R: 40-43-53-68 S: (2-)22-36/37-46-61		
611-057-00-1	6-hydroxy-1-(3-isopropoxypropyl)-4-methyl-2-oxo-5-[4-(phenylazo)phenylazo]-1,2-dihydro-3-pyridinecarbonitrile	400-340-3	85136-74-9	Carc. Cat. 2; R45 R53	T R: 45-53 S: 53-45-61		
611-058-00-7	(6-(4-hydroxy-3-(2-methoxyphenylazo)-2-sulfonato-7-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2,4-diyl)bis[(amino-1-methylethyl) ammonium] formate	402-060-7	108225-03-2	Carc. Cat. 2; R45 Xi; R41 N; R51-53	T; N R: 45-41-51/53 S: 53-45-61		
611-059-00-2	octasodium 2-(6-(4-chloro-6-(3-(N-methyl-N-(4-chloro-6-(3,5-disulfonato-2-naphthylazo)-1-hydroxy-6-naphthylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)aminomethyl)phenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-3,5-disulfonato-1-hydroxy-2-naphthylazo)naphthalene-1,5-disulfonate	412-960-1	148878-21-1	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)22-24-26-37/39-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-060-00-8	reaction mass of: sodium 5-[8-[4-[4-[7-(3,5-dicarboxylatophenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-1-ylamino]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-yl]-2,5-dimethylpiperazin-1-yl]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]-1-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-2-ylazo]-isophthalate; ammonium 5-[8-[4-[4-[4-[7-(3,5-dicarboxylatophenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-1-ylamino]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-yl]-2,5-dimethylpiperazin-1-yl]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]-1-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-2-ylazo]-isophthalate; 5-[8-[4-[4-[4-[7-(3,5-dicarboxylatophenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-1-ylamino]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-yl]-2,5-dimethylpiperazin-1-yl]-6-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]-1-hydroxy-3,6-disulfonatonaphthalen-2-ylazo]-isophthalic acid	413-180-4	187285-15-0	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)22-26-39		
611-061-00-3	disodium 5-[5-[4-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)benzamido]-2-sulfonatophenylazo]-1-ethyl-6-hydroxy-4-methyl-2-oxo-3-pyridylmethylsulfonate	412-530-3	—	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
611-062-00-9	octasodium 2-(8-(4-chloro-6-(3-(4-chloro-6-(3,6-disulfonato-2-(1,5-disulfonatonaphthalen-2-ylazo)-1-hydroxynaphthalen-8-ylamino)-1,3,5-triazin-2-yl)aminomethyl)phenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-3,6-disulfonato-1-hydroxynaphthalen-2-ylazo)naphthalene-1,5-disulfonate	413-550-5	—	Xi; R38-41	Xi R: 38-41 S: (2-)22-26-37/39		
611-063-00-4	trisodium [4'-(8-acetylamino-3,6-disulfonato-2-naphthylazo)-4''-(6-benzoylamino-3-sulfonato-2-naphthylazo)-biphenyl-1,3',3'',1'''-tetraolato-O,O',O'',O''']copper(II)	413-590-3	164058-22-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		
611-064-00-X	4-(3,4-dichlorophenylazo)-2,6-di- <i>sec</i> -butyl-phenol	410-600-8	124719-26-2	Xn; R48/22 Xi; R38 N; R50-53	Xn; N R: 38-48/22-50/53 S: (2-)23-25-36/37-60-61		
611-065-00-5	4-(4-nitrophenylazo)-2,6-di- <i>sec</i> -butyl-phenol	410-610-2	111850-24-9	Xn; R48/22 Xi; R36/38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 36/38-43-48/22-50/53 S: (2-)23-26-36/37-60-61		
611-066-00-0	tetrasodium 5-[4-chloro-6-( <i>N</i> -ethyl-anilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-hydroxy-3-(1,5-disulfonatonaphthalen-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate	411-540-5	130201-57-9	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)22-24-26-37/39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-067-00-6	reaction mass of: bis(tris(2-(2-hydroxy(1-methyl)ethoxy)ethyl) ammonium) 7-anilino-4-hydroxy-3-(2-methoxy-5-methyl-4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo)naphthalene-2-sulfonate; bis(tris(2-(2-hydroxy(2-methyl)ethoxy)ethyl) ammonium) 7-anilino-4-hydroxy-3-(2-methoxy-5-methyl-4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo)naphthalene-2-sulfonate	406-910-8	—	Xn; R22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-52/53 S: (2-)26-36/39-61		
611-068-00-1	tetrasodium 4-amino-3,6-bis(5-[4-chloro-6-(2-hydroxyethylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-sulfonatophenylazo)-5-hydroxynaphthalene-2,7-disulfonate	400-690-7	85665-98-1	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
611-069-00-7	N,N-di-[poly(oxyethylene)-co-poly(oxypropylene)]-4-[(3,5-dicyano-4-methyl-2-thienyl)azo]-3-methylaniline	413-380-1	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
611-070-00-2	reaction mass of: disodium (6-(4-anisidino)-3-sulfonato-2-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-1-naphtholato)(1-(5-chloro-2-oxidophenylazo)-2-naphtholato)chromate(1-); trisodium bis(5-(4-anisidino)-3-sulfonato-2-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-1-naphtholato)chromate(1-)	405-665-4	—	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
611-071-00-8	tris(tetramethylammonium) 5-hydroxy-1-(4-sulphonatophenyl)-4-(4-sulphonatophenylazo)pyrazole-3-carboxylate	406-073-9	131013-81-5	T; R25 R52-53	T R: 25-52/53 S: (1/2-)37-45-61		
611-072-00-3	2,4-bis[2,2'-[2-(N,N-dimethylamino)ethyloxycarbonyl]phenylazo]-1,3-dihydroxybenzene, dihydrochloride	407-010-8	118208-02-9	Xn; R22 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-51/53 S: (2-)26-39-61		
611-073-00-9	dimethyl 3,3'-(N-(4-(4-bromo-2,6-dicyanophenylazo)-3-hydroxyphenyl)imino)dipropionate	407-310-9	122630-55-1	R53	R: 53 S: 61		
611-074-00-4	reaction mass of: sodium/potassium (3-(4-(5-(5-chloro-2,6-difluoropyrimidin-4-ylamino)-2-methoxy-3-sulfonatophenylazo)-2-oxidophenylazo)-2,5,7-trisulfonato-4-naphtholato)copper(II); sodium/potassium (3-(4-(5-(5-chloro-4,6-difluoropyrimidin-2-ylamino)-2-methoxy-3-sulfonatophenylazo)-2-oxidophenylazo)-2,5,7-trisulfonato-4-naphtholato)copper(II)	407-100-7	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-075-00-X	reaction mass of: tris(3,5,5-trimethylhexylammonium) 4-amino-3-(4-(4-(2-amino-4-hydroxyphenylazo)anilino)-3-sulfonatophenylazo)-5,6-dihydro-5-oxo-6-phenylhydrazononaphthalene-2,7-disulfonate; tris(3,5,5-trimethylhexylammonium) 4-amino-3-(4-(4-(4-amino-2-hydroxyphenylazo)anilino)-3-sulfonatophenylazo)-5,6-dihydro-5-oxo-6-phenylhydrazononaphthalene-2,7-disulfonate (2:1)	406-000-0	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
611-076-00-5	3-(2,6-dichloro-4-nitrophenylazo)-1-methyl-2-phenylindole	406-280-4	117584-16-4	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
611-077-00-0	dilithium disodium (5,5'-diamino-(μ-4,4'-dihydroxy-1:2-κ-2, O4,O4',-3,3'-[3,3'-dihydroxy-1:2-κ-2-O3,O3'-biphenyl-4,4'-ylenebisazo-1:2-(N3,N4-η;N3',N4'-η)]-dinaphthalene-2,7-disulfonato(8)))dicuprate(2-)	407-230-4	126637-70-5	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)22-24-37		
611-078-00-6	(2,2'-(3,3'-dioxidobiphenyl-4,4'-diyldiazo)bis(6-(4-(3-(diethylamino)propylamino)-6-(3-(diethylammonio)propylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-3-sulfonato-1-naphtholato))dicopper (II) acetate lactate	407-240-9	159604-94-1	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-61		
611-079-00-1	disodium 7-[4-chloro-6-(N-ethyl-o-toluidino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-hydroxy-3-(4-methoxy-2-sulfonatophenylazo)-2-naphthalenesulfonate	410-390-8	147703-64-8	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)22-26-39		
611-080-00-7	sodium 3-(2-acetamido-4-(4-(2-hydroxybutoxy)phenylazo)phenylazo)benzenesulfonate	410-150-2	147703-65-9	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-081-00-2	tetrasodium [7-(2,5-dihydroxy-KO2-7-sulfonato-6-[4-(2,5,6-trichloro-pyrimidin-4-ylamino)phenylazo]-(N1,N7-N)-1-naphthylazo)-8-hydroxy-KO8-naphthalene-1,3,5-trisulfonato(6-)]cuprate(II)	411-470-5	141048-13-7	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
611-082-00-8	reaction mass of: pentasodium bis(1-(3(or 5)-(4-anilino-3-sulfonatophenylazo)-4-hydroxy-2-oxidophenylazo)-6-nitro-4-sulfonato-2-naphtholato)ferrate(1-); pentasodium [(1-(3-(4-anilino-3-sulfonatophenylazo)-4-hydroxy-2-oxidophenylazo)-6-nitro-4-sulfonato-2-naphtholato)-(5-(4-anilino-3-sulfonatophenylazo)-4-hydroxy-2-oxidophenylazo)-6-nitro-4-sulfonato-2-naphtholato]ferrate(1-)	407-570-3	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
611-083-00-3	reaction mass of: 2-[N-ethyl-4-[(5,6-dichlorobenzothiazol-2-yl)azo]-m-toluidino]ethyl acetate; 2-[N-ethyl-4-[(6,7-dichlorobenzothiazol-2-yl)azo]-m-toluidino]ethyl acetate (1:1)	411-560-4	—	T; R48/25 R43 N; R51-53	T; N R: 43-48/25-51/53 S: (1/2-)22-36/37-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-084-00-9	reaction mass of: N-(4-chlorophenyl)-4-(2,5-dichloro-4-(dimethylsulfamoyl)phenylazo)-3-hydroxy-2-naphthalenecarboxamide; N-(4-chlorophenyl)-4-(2,5-dichloro-4-(methylsulfamoyl)phenylazo)-3-hydroxy-2-naphthalenecarboxamide	412-550-2	—	R53	R: 53 S: 61		
611-085-00-4	reaction mass of: 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-2-(2-hydroxy-ethylamino)-4-methyl-6-[3-(2-phenoxyethoxy)propylamino]pyridine; 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-6-(2-hydroxy-ethylamino)-4-methyl-2-[3-(2-phenoxyethoxy)propylamino]pyridine; 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-2-amino-4-methyl-6-[3-(3-hydroxypropoxy)propylamino]pyridine; 3-cyano-5-(2-cyano-4-nitro-phenylazo)-6-amino-4-methyl-2-[3-(3-methoxypropoxy)propylamino]pyridine	411-880-4	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
611-086-00-X	monolithium 5-[[2,4-dihydroxy-5-[(2-hydroxy-3,5-dinitrophenyl)azo]phenyl]azo]-2-naphthalenesulfonate], iron complex, monohydrate	411-360-7	—	R52-53	R: 52/53 S: 61		
611-087-00-5	reaction mass of: 3-((5-cyano-1,6-dihydro-1,4-dimethyl-2-hydroxyl-6-oxo-3-pyridinyl)azo)-benzoyloxy-2-phenoxyethane; 3-((5-cyano-1,6-dihydro-1,4-dimethyl-2-hydroxy-6-oxo-3-pyridinyl)azo)-benzoyloxy-2-ethoxy-2-(ethylphenol)	411-710-9	—	R53	R: 53 S: 61		
611-088-00-0	reaction mass of: trilithium 4-amino-3-((4-((2-amino-4-hydroxyphenyl)azo)phenyl)amino)-3-sulfofenyl)azo)-5-hydroxy-6-(phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate; trilithium 4-amino-3-((4-((4-amino-2-hydroxyphenyl)azo)phenyl)amino)-3-sulfofenyl)azo)-5-hydroxy-6-(phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	411-890-9	—	Xn; R22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-52/53 S: (2-)22-26-39-61		
611-089-00-6	2-((4-(ethyl-(2-hydroxyethyl)amino)-2-methylphenyl)azo)-6-methoxy-3-methyl-benzothiazolium methylsulfate	411-100-2	136213-73-5	Xn; R48/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 43-48/22-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61		
611-090-00-1	2,5-dibutoxy-4-(morpholin-4-yl)benzenediazonium 4-methylbenzenesulfonate	413-290-2	93672-52-7	F; R11 Xn; R22 Xi; R41 R43 R52-53	F; Xn R: 11-22-41-43-52/53 S: (2-)12-22-24-26-37/39-47-61		
611-091-00-7	sodium (1.0-1.95)/lithium (0.05-1) 5-((5-((5-chloro-6-fluoropyrimidin-4-yl)amino)-2-sulfonatophenyl)azo)-1,2-dihydro-6-hydroxy-1,4-dimethyl-2-oxo-3-pyridinemethylsulfonate	413-470-0	134595-59-8	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24/25-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-092-00-2	<i>tert</i> -(dodecyl/tetradecyl)-ammonium bis(3-(4-((5-(1,1-dimethyl-propyl)-2-hydroxy-3-nitrophenyl)azo)-3-methyl-5-hydroxy-(1 <i>H</i> )pyrazol-1-yl)benzenesulfonamidato)chromate	413-210-6	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
611-093-00-8	sodium 2-(4-(4-fluoro-6-(2-sulfo-ethylamino)-[1,3,5]triazin-2-ylamino)-2-ureido-phenylazo)-5-(4-sulfophenylazo)benzene-1-sulfonate	410-770-3	146177-84-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-094-00-3	reaction mass of: 2-[2-acetylamino-4-[N,N-bis[2-ethoxy-carbonyloxy)ethyl]amino]phenylazo]-5,6-dichloro-1,3-benzothiazole; 2-[2-acetylamino-4-[N,N-bis[2-ethoxy-carbonyloxy)ethyl]amino]phenylazo]-6,7-dichloro-1,3-benzotriazole (1:1)	411-600-0	143145-93-1	R53	R: 53 S: 61		
611-095-00-9	hexasodium 1,1'-[(1-amino-8-hydroxy-3,6-disulfonate-2,7-naphthalenediyl)bis(azo(4-sulfonate-1,3-phenyl)imino[6-[(4-chloro-3-sulfonatophenyl)amino]-1,3,5-triazin-2,4-diyl]]]bis[3-carboxypyridinium] dihydroxide	412-240-7	89797-03-5	N; R51-53	N R: 51/53 S: 22-61		
611-096-00-4	methyl N-[3-acetylamino)-4-(2-cyano-4-nitrophenylazo)phenyl]-N-[(1-methoxy)acetyl]glycinate	413-040-2	149850-30-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-097-00-X	reaction mass of iron complexes of: 1,3-dihydroxy-4-[(5-phenylaminosulfonyl)-2-hydroxyphenylazo]- <i>n</i> -(5-amino-sulfonyl-2-hydroxyphenylazo)benzene and: 1,3-dihydroxy-4-[(5-phenylaminosulfonyl)-2-hydroxyphenylazo]- <i>n</i> -[4-(4-nitro-2-sulfophenylamino)phenylazo]benzene ( <i>n</i> =2,5,6)	414-150-3	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-61		
611-098-00-5	tetrakis(tetramethylammonium)3,3'-(6-(2-hydroxyethylamino)1,3,5-triazine-2,4-diylbisimino(2-methyl-4,1-phenyleneazo))bisnaphthalene-1,5-disulfonate	405-950-3	131013-83-7	T; R25 R52-53	T R: 25-52/53 S: (1/2-)37-45-61		
611-099-00-0	(methylenebis(4,1-phenylenazo(1-(3-(dimethylamino)propyl)-1,2-dihydro-6-hydroxy-4-methyl-2-oxopyridine-5,3-diyl)))-1,1'-dipyridinium dichloride dihydrochloride	401-500-5	118658-99-4	Carc. Cat. 2; R45 N; R51-53	T; N R: 45-51/53 S: 53-45-61		
611-100-00-4	potassium sodium 3,3'-(3(or4)-methyl-1,2-phenylenebis(imino(6-chloro)-1,3,5-triazine-4,2-diylimino(2-acetamido-5-methoxy)-4,1-phenylenazo)dinaphthalene-1,5-disulfonate	403-810-6	140876-13-7	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
611-101-00-X	2'-(4-chloro-3-cyano-5-formyl-2-thienyl)azo-5'-diethylaminoacetanilide	405-200-5	104366-25-8	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-103-00-0	trisodium (1-(3-carboxylato-2-oxido-5-sulfonatophenylazo)-5-hydroxy-7-sulfonatophthalen-2-amido)nickel(II)	407-110-1	—	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
611-104-00-6	reaction mass of: trisodium (2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)(2(or 4 or 6)-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxy-4(or 2 or 6)-(4-(4-nitro-2-sulfonatoanilino)phenylazo)phenolato)ferrate(1-); trisodium bis(2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)ferrate(1-); trisodium (2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)(2(or 4 or 6)-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxy-4(or 2 or 6)-(4-nitro-2-sulfonatophenylazo)phenolato)ferrate(1-); trisodium (2,4(or 2,6 or 4,6)-bis(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxyphenolato)(2(or 4 or 6)-(3,5-dinitro-2-oxidophenylazo)-5-hydroxy-4(or 2 or 6)-(3-sulfonatophenylazo)phenolato)ferrate(1-); disodium 3,3'-(2,4-dihydroxy-1,3(or 1,5 or 3,5)-phenylene-diazo)dibenzenesulfonate	406-870-1	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
611-105-00-1	sodium 4-(4-chloro-6-(N-ethylanilino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-(1-(2-chlorophenyl)-5-hydroxy-3-methyl-1H-pyrazol-4-ylazo)benzenesulfonate	407-800-2	136213-75-7	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-61		
611-106-00-7	hexasodium 4,4'-dihydroxy-3,3'-bis[2-sulfonato-4-(4-sulfonatophenylazo)phenylazo]-7,7'[p-phenylenebis(imino(6-chloro-1,3,5-triazine-4,2-diyl)imino)]dinaphthalene-2-sulfonate	410-180-6	157627-99-1	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
611-107-00-2	potassium sodium 4-(4-chloro-6-(3,6-disulfonato-7-(5,8-disulfonato-naphthalen-2-ylazo)-8-hydroxy-naphthalen-1-ylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-5-hydroxy-6-(4-(2-sulfatoethanesulfonyl)-phenylazo)-naphthalene-1,7-disulfonate	412-490-7	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-108-00-8	disodium 5-(((4-(4-chloro-3-sulfonatophenyl)azo)-1-naphthyl)azo)-8-(phenylamino)-1-naphthalenesulfonate	413-600-6	6527-62-4	R52-53	R: 52/53 S: 61		
611-109-00-3	Reaction products of: copper(II) sulfate and tetrasodium 2,4-bis[6-(2-methoxy-5-sulfonatophenylazo)-5-hydroxy-7-sulfonato-2-naphthylamino]-6-(2-hydroxyethylamino)-1,3,5-triazine (2:1)	407-710-3	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
611-110-00-9	tetra-sodium/lithium 4,4'-bis-(8-amino-3,6-disulfonato-1-naphthol-2-ylazo)-3-methylazobenzene	408-210-8	124605-82-9	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-28-37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-111-00-4	disodium 2-[[4-(2-chloroethylsulfonyl)phenyl]-[(2-hydroxy-5-sulfo-3-[3-[2-(2-(sulfooxy)ethylsulfonyl)ethylazo]-4-sulfobenzoato(3-)cuprate(1-)	414-230-8	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-112-00-X	tetrasodium 4-hydroxy-5-[4-[3-(2-sulfatoethanesulfonyl)phenylamino]-6-morpholin-4-yl-1,3,5-triazin-2-ylamino]-3-(1-sulfonatonaphthalen-2-ylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	413-070-6	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-113-00-5	lithium sodium (2-(((5-((2,5-dichlorophenyl)azo)-2-hydroxyphenyl)methylene)amino)benzoato(2-)))(2-((4,5-dihydro-3-methyl-5-oxo-1-phenyl-1H-pyrazol-4-yl)azo)-5-sulfobenzoato(3-)) chromate(2-)	414-280-0	149626-00-6	N; R51-53	N R: 51/53 S: 24/25-61		
611-114-00-0	lithium sodium (4-((5-chloro-2-hydroxyphenyl)azo)-2,4-dihydro-5-methyl-3H-pyrazol-3-onato(2-))(3-((4,5-dihydro-3-methyl-1-(4-methylphenyl)-5-oxo-1H-pyrazol-4-yl)azo)-4-hydroxy-5-nitrobenzenesulfonato(3-)) chromate(2-)	414-250-7	149564-66-9	Xn; R22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-52/53 S: (2-)22-26-39-61		
611-115-00-6	trilithium bis(4-((4-(diethylamino)-2-hydroxyphenyl)azo)-3-hydroxy-1-naphthalenesulfonato(3-))chromate(3-)	414-290-5	149564-65-8	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-61		
611-116-00-1	reaction mass of: trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(2,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-4-ylamino)-propylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatonaphthalene-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate; trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(2,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-4-ylamino)-1-methyl-ethylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatonaphthalene-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate; trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(4,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-2-ylamino)-propylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatonaphthalen-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate; trisodium 5-{4-chloro-6-[2-(4,6-dichloro-5-cyanopyrimidin-2-ylamino)-1-methyl-ethylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-4-hydroxy-3-(1-sulfonatonaphthalen-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonate	414-620-8	—	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
611-117-00-7	1,3-bis(6-fluoro-4-[1,5-disulfo-4-(3-aminocarbonyl-1-ethyl-6-hydroxy-4-methyl-pyrid-2-on-5-ylazo)-phenyl-2-ylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino)propane lithium-, sodium salt	415-100-3	149850-29-3	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
611-118-00-2	sodium 1,2-bis[4-[4-(4-sulfophenylazo)-2-sulfophenylazo]-2-ureido-phenyl-amino]-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino]-propane, sodium salt	413-990-8		R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-119-00-8	tetrasodium 4-[4-chloro-6-(4-methyl-2-sulfofenilamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]-6-(4,5-dimetil-2-sulfofenilazo)-5-idrossinaphthalene-2,7-disulfonate	415-400-4	148878-22-2	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
611-120-00-3	5-{4-[5-amino-2-[4-(2-sulfoetil-sulfonyl)fenilazo]-4-sulfo-fenilamino]-6-cloro-1,3,5-triazin-2-ylamino]-4-idrossi-3-(1-sulfo-naphthalen-2-ylazo)-naphthalene-2,7-disulfonicacid sodium salt	418-340-7	157707-94-3	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)22-26-39-61		
611-121-00-9	Main component 6 (isomer): asym. 1:2 Cr(III)-complex of: A: 3-idrossi-4-(2-idrossi-naphthalene-1-ylazo)naphthalene-1-sulfonic acid, Na-salt and B: 1-[2-idrossi-5-(4-metossi-fenilazo)fenilazo]naphthalene-2-ol; Main component 8 (isomer): asym. 1:2 Cr-complex of: A: 3-idrossi-4-(2-idrossi-naphthalene-1-ylazo)-naphthalene-1-sulfonic acid, Na-salt and B: 1-[2-idrossi-5-(4-metossi-fenilazo)-fenilazo]-naphthalene-2-ol	417-280-9	30785-74-1	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
611-122-00-4	hexasodium (di[N-(3-(4-[5-(5-amino-3-metil-1-fenil)pirazol-4-yl-azo)-2,4-disulfo-anilino]-6-cloro-1,3,5-triazin-2-ylamino)fenil)-sulfamoyl](di-sulfo)-phthalocyaninato)nickel	417-250-5	151436-99-6	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
611-123-00-X	3-(2,4-bis(4-((5-(4,6-bis(2-aminopropilamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-4-idrossi-2,7-disulfonaphthalen-3-yl)azo)fenilamino)-1,3,5-triazin-6-ylamino)propyldiethylammonium lactate	424-310-4	178452-66-9	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
611-124-00-5	reaction mass of: pentasodium 5-amino-3-(5-{4-cloro-6-[4-(2-sulfoetil-sulfonyl)fenilamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-sulfonatofenilazo)-6-[5-(2,3-dibromopropionilamino)-2-sulfonatofenilazo]-4-idrossinaphthalene-2,7-disulfonate; pentasodium 5-amino-6-[5-(2-bromoacrililamino)-2-sulfonatofenilazo]-3-(5-{4-cloro-6-[4-(2-sulfoetil-sulfonyl)fenilamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-sulfonatofenilazo)-4-idrossinaphthalene-2,7-disulfonate; tetrasodium 5-amino-3-[5-{4-cloro-6-[4-(vinil-sulfonyl)fenilamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-2-sulfonatofenilazo]-6-[5-(2,3-dibromopropionilamino)-2-sulfonatofenilazo]-4-idrossinaphthalene-2,7-disulfonate	424-320-9		Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
611-125-00-0	reaction mass of: Disodium 6-[3-carboxi-4,5-dihidro-5-ossio-4-sulfonatofenil]pirazolin-4-yl-azo]-3-[2-ossido-4-(eten-sulfonyl)-5-metossi-fenilazo]-4-ossidonaphthalene-2-sulfonate copper (II) complex; Disodium 6-[3-carboxi-4,5-dihidro-5-ossio-4-sulfonatofenil]pirazolin-4-yl-azo]-3-[2-ossido-4-(2-idrossi-etil-sulfonyl)-5-metossi-fenilazo]-4-ossidonaphthalene-2-sulfonate copper (II) complex	423-940-7	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-126-00-6	2,6-bis-(2-(4-(4-amino-phenylamino)-phenylazo)-1,3-dimethyl-3H-imidazolium)-4-dimethylamino-1,3,5-triazine, dichloride	424-120-1	174514-06-8	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
611-127-00-1	pentasodium 4-amino-6-(5-(4-(2-ethyl-phenylamino)-6-(2-sulfatoethanesulfonyl)-1,3,5-triazin-2-ylamino)-2-sulfonato-phenylazo)-5-hydroxy-3-(4-(2-sulfatoethanesulfonyl)phenylazo)naphthalene-2,7-disulfonate	423-790-2	—	R5 Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 5-41-43-52/53 S: (2-)22-26-36/37/ 39-41-61		
611-128-00-7	N,N'-bis{6-chloro-4-[6-(4-vinylsulfonylphenylazo)-2,7-disulfonic acid-5-hydroxynaphth-4-ylamino]-1,3,5-triazin-2-yl}-N-(2-hydroxyethyl)ethane-1,2-diamine, sodium salt	419-500-9	171599-85-2	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)22-24-26-37/39		
611-129-00-2	reaction mass of: 5-[(4-[(7-amino-1-hydroxy-3-sulfo-2-naphthyl)azo]-2,5-diethoxyphenyl)azo]-2-[(3-phosphonophenyl)azo]benzoic acid; 5-[(4-[(7-amino-1-hydroxy-3-sulfo-2-naphthyl)azo]-2,5-diethoxyphenyl)azo]-3-[(3-phosphonophenyl)azo]benzoic acid	418-230-9	163879-69-4	E; R2 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 R43 N; R51-53	E; Xn; N R: 2-43-48/22-62-51/ 53 S: (2-)26-35-36/37-61		
611-130-00-8	tetra-ammonium 2-[6-[7-(2-carboxylato-phenylazo)-8-hydroxy-3,6-disulfonato-1-naphthylamino]-4-hydroxy-1,3,5-triazin-2-ylamino]benzoate	418-520-5	183130-96-3	Xi; R36 N; R50-53	Xi; N R: 36-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
611-131-00-3	2-[2-hydroxy-3-(2-chlorophenyl)carbamoyl-1-naphthylazo]-7-[2-hydroxy-3-(3-methylphenyl)carbamoyl-1-naphthylazo]fluoren-9-one	420-580-2	151798-26-4	Repr. Cat. 2; R61 R53	T R: 61-53 S: 53-45-61		
611-132-00-9	pentasodium bis{7-[4-(1-butyl-5-cyano-1,2-dihydro-2-hydroxy-4-methyl-6-oxo-3-pyridylazo)phenylsulfonylamino]-5'-nitro-3,3'-disulfonatophthalene-2-azobenzene-1,2'-diolato} chromate (III)	419-210-2	178452-71-6	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
611-133-00-4	Product by process iron complex of azo dyestuffs obtained by coupling a mixture of diazotized 2-amino-1-hydroxybenzene-4-sulfanilide and 2-amino-1-hydroxybenzene-4-sulfonamide with resorcin, the obtained mixture being subsequently submitted to a second coupling reaction with a mixture of diazotized 3-aminobenzene-1-sulfonic acid (metanilic acid) and 4'-amino-4-nitro-1,1'-diphenylamine-2-sulfonic acid and metallization with ferric chloride, sodium salt	419-260-5	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)26-39-61		
611-134-00-X	trisodium 2-{α[2-hydroxy-3-[4-chloro-6-[4-(2,3-dibromopropionylamino)-2-sulfonatophenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino]-5-sulfonatophenylazo]-benzylidenehydrazino}-4-sulfatobenzoate, copper complex	423-770-3	—	Xi; R41 N; R51-53	Xi; N R: 41-51/53 S: (2-)22-26-39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
611-135-00-5	Reaction product of: 2-[[[4-amino-2-ureidophenylazo]-5-[(2-(sulfoxy)ethyl)sulfonyl]]benzenesulfonic acid with 2,4,6-trifluoropyrimidine and partial hydrolysis to the corresponding vinylsulfonyl derivative, mixed potassium/sodium salt	424-250-9	—	Xi; R41 R52-53	Xi R: 41-52/53 S: (2-)26-39-61		
611-136-00-0	2-{4-(2-ammoniopropylamino)-6-[4-hydroxy-3-(5-methyl-2-methoxy-4-sulfamoylphenylazo)-2-sulfonatophth-7-ylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino}-2-aminopropyl formate	424-260-3	—	Repr. Cat. 3; R62 Xi; R41 N; R51-53	Xn; N R: 41-62-51/53 S: (2-)22-26-36/37/ 39-61		
611-137-00-6	6-tert-butyl-7-chloro-3-tridecyl-7,7a-dihydro-1H-pyrazolo [5,1-c]-1,2,4-triazole	419-870-1	159038-16-1	R53	R: 53 S: 61		
611-138-00-1	2-(4-aminophenyl)-6-tert-butyl-1H-pyrazolo[1,5-b][1,2,4]triazole	415-910-7	152828-25-6	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-61		
611-140-00-2	azafenidin (ISO) 2-(2,4-dichloro-5-prop-2-ynyloxyphenyl)-5,6,7,8-tetrahydro-1,2,4-triazolo[4,3-a]pyridin-3(2H)-one	—	68049-83-2	Repr. Cat. 2; R61 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R48/22 N; R50-53	T; N R: 61-48/22-62-50/ 53 S: 53-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,025 % N; R51-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 % R52-53: 0,00025 % ≤ C < 0,0025 %	E
612-001-00-9	mono-methylamine; [1] di-methylamine; [2] tri-methylamine [3]	200-820-0 [1] 204-697-4 [2] 200-875-0 [3]	74-89-5 [1] 124-40-3 [2] 75-50-3 [3]	F+; R12 Xn; R20 Xi; R37/38-41	F+; Xn R: 12-20-37/38-41 S: (2-)16-26-39	Xn; R20: C ≥ 5 % Xi; R37/38-41: C ≥ 5 % Xi; R36: 0,5 % ≤ C < 5 %	5
612-001-01-6	mono-methylamine ...%; [1] di-methylamine ...%; [2] tri-methylamine ...% [3]	200-820-0 [1] 204-697-4 [2] 200-875-0 [3]	74-89-5 [1] 124-40-3 [2] 75-50-3 [3]	F+; R12 Xn; R20/22 C; R34	F+; C R: 12-20/22-34 S: (1/2-)3-16-26-29-36/37/39-45	Xn; R20/22: C ≥ 15 % C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	B
612-002-00-4	ethylamine	200-834-7	75-04-7	F+; R12 Xi; R36/37	F+; Xi R: 12-36/37 S: (2-)16-26-29		
612-003-00-X	diethylamine	203-716-3	109-89-7	F; R11 Xn; R20/21/22 C; R35	F; C R: 11-20/21/22-35 S: (1/2-)3-16-26-29-36/37/39-45	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-004-00-5	triethylamine	204-469-4	121-44-8	F; R11 Xn; R20/21/ 22 C; R35	F; C R: 11-20/21/22-35 S: (1/2-)3-16-26-29- 36/37/39-45	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
612-005-00-0	butylamine	203-699-2	109-73-9	F; R11 Xn; R20/21/ 22 C; R35	F; C R: 11-20/21/22-35 S: (1/2-)3-16-26-29- 36/37/39-45	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
612-006-00-6	ethylenediamine; 1,2-diaminoethane	203-468-6	107-15-3	R10 Xn; R21/22 C; R34 R42/43	C R: 10-21/22-34-42/ 43 S: (1/2-)23-26-36/37/ 39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/38: 2 % ≤ C < 10 %	
612-007-00-1	2-aminopropane; isopropylamine	200-860-9	75-31-0	F+; R12 Xi; R36/37/ 38	F+; Xi R: 12-36/37/38 S: (2-)16-26-29		
612-008-00-7	aniline	200-539-3	62-53-3	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/ 25-48/23/ 24/25 Xi; R41 R43 N; R50	T; N R: 23/24/25-40-41- 43-48/23/24/25-68- 50 S: (1/2-)26-27-36/37/ 39-45-46-61-63	T; R23/24/25: C ≥ 25 % Xn; R20/21/22: 1 % ≤ C < 25 % T; R48/23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R48/20/21/22: 0,2 % ≤ C < 1 %	
612-009-00-2	salts of aniline	—	—	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/ 25-48/23/ 24/25 Xi; R41 R43 N; R50	T; N R: 23/24/25-40-41- 43-48/23/24/25-68- 50 S: (1/2-)26-27-36/37/ 39-45-61-63	T; R23/24/25: C ≥ 25 % Xn; R20/21/22: 1 % ≤ C < 25 % T; R48/23/24/25: C ≥ 1 % Xn; R48/20/21/22: 0,2 % ≤ C < 1 %	A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-010-00-8	chloroanilines, with exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R23/24/25 R33 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-33-50/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		C
612-011-00-3	4-nitrosoaniline	211-535-6	659-49-4	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)25-28		
612-012-00-9	<i>o</i> -nitroaniline; [1] <i>m</i> -nitroaniline; [2] <i>p</i> -nitroaniline [3]	201-855-4 [1] 202-729-1 [2] 202-810-1 [3]	88-74-4 [1] 99-09-2 [2] 100-01-6 [3]	T; R23/24/25 R33 R52-53	T R: 23/24/25-33-52/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		C
612-013-00-4	3-aminobenzene sulphonic acid; metanilic acid	204-473-6	121-47-1	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)25-28		
612-014-00-X	sulphanilic acid; 4-aminobenzenesulphonic acid	204-482-5	121-57-3	Xi; R36/38 R43	Xi R: 36/38-43 S: (2-)24-37		
612-015-00-5	<i>N</i> -methylaniline	202-870-9	100-61-8	T; R23/24/25 R33 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-33-50/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
612-016-00-0	<i>N,N</i> -dimethylaniline	204-493-5	121-69-7	Carc. Cat. 3; R40 T; R23/24/25 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-40-51/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
612-017-00-6	<i>N</i> -methyl- <i>N</i> ,2,4,6-tetranitroaniline; tetryl	207-531-9	479-45-8	E; R2 ⊗ T; R23/24/25 R33	E; T R: 2-23/24/25-33 S: (1/2-)35-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-018-00-1	bis(2,4,6-trinitrophenyl)amine; hexyl	205-037-8	131-73-7	E; R2 ☉ T+; R26/27/ 28 R33 N; R51-53	E; T+; N R: 2-26/27/28-33-51/ 53 S: (1/2-)35-36-45-61		
612-019-00-7	dipicrylamine, ammonium salt	220-639-0	2844-92-0	E ☉ R1 T+; R26/27/ 28 R33 N; R51-53	E; T+; N R: 1-26/27/28-33-51/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
612-020-00-2	1-naphthylamine	205-138-7	134-32-7	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)24-61		
612-022-00-3	2-naphthylamine	202-080-4	91-59-8	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-22-51/53 S: 53-45-61	Carc. Cat. 1; R45: C ≥ 0,01 %	E
612-023-00-9	phenylhydrazine; [1] phenylhydrazinium chloride; [2] phenylhydrazine hydrochloride; [3] phenylhydrazinium sulphate (2:1) [4]	202-873-5 [1] 200-444-7 [2] 248-259-0 [3] 257-622-2 [4]	100-63-0 [1] 59-88-1 [2] 27140-08-5 [3] 52033-74-6 [4]	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/ 25-48/23/ 24/25 Xi; R36/38 R43 N; R50	T; N R: 45-23/24/25-36/ 38-43-48/23/24/25- 68-50 S: 53-45-61		E
612-024-00-4	<i>m</i> -toluidine; 3-aminotoluene	203-583-1	108-44-1	T; R23/24/25 R33 N; R50	T; N R: 23/24/25-33-50 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
612-025-00-X	nitrotoluidines, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R23/24/25 R33 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-33-51/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		C

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-026-00-5	diphenylamine	204-539-4	122-39-4	T; R23/24/25 R33 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-33-50/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
612-027-00-0	xylidines with the exception of those specified elsewhere in this Annex; dimethyl anilines with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	T; R23/24/25 R33 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-33-51/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		C
612-028-00-6	<i>p</i> -phenylenediamine	203-404-7	106-50-3	T; R23/24/25 Xi; R36 R43 N; R50-53	T+; N R: 23/24/25-36-43- 50/53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
612-029-00-1	benzene-1,4-diamine dihydrochloride; <i>p</i> -phenylenediamine dihydrochloride	210-834-9	624-18-0	T; R23/24/25 Xi; R36 R43 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-36-43- 50/53 S: (1/2-)28-36/37-45- 60-61		
612-030-00-7	2-methyl- <i>p</i> -phenylenediamine sulphate [1]	210-431-8 [1] 228-871-4 [2]	615-50-9 [1] 6369-59-1 [2]	T; R25 Xn; R20/21 R43 N; R51-53	T; N R: 20/21-25-43-51/ 53 S: (1/2-)24-37-45-61		
612-031-00-2	<i>N,N</i> -dimethylbenzene-1,3-diamine; [1] 4-amino- <i>N,N</i> -dimethylaniline; 3-amino- <i>N,N'</i> -dimethylaniline [2]	220-623-3 [1] 202-807-5 [2]	2836-04-6 [1] 99-98-9 [2]	T; R23/24/25	T R: 23/24/25 S: (1/2-)28-45		C
612-032-00-8	<i>N,N,N',N'</i> -tetramethyl- <i>p</i> -phenylenediamine	202-831-6	100-22-1	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)28		
612-033-00-3	2-aminophenol	202-431-1	95-55-6	Xn; R20/22 Muta. Cat. 3; R68	Xn R: 20/22-68 S: (2-)28-36/37		
612-034-00-9	2-amino-4,6-dinitrophenol; picramic acid	202-544-6	96-91-3	E; R1 ⊗ Xn; R20/21/ 22 R52-53	E; Xn R: 1-20/21/22-52/53 S: (2-)35-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-035-00-4	2-methoxyaniline; <i>o</i> -anisidine	201-963-1	90-04-0	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/25	T R: 45-23/24/25-68 S: 53-45		E
612-036-00-X	3,3'-dimethoxybenzidine; <i>o</i> -dianisidine	204-355-4	119-90-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22	T R: 45-22 S: 53-45		E
612-037-00-5	salts of 3,3'-dimethoxybenzidine; salts of <i>o</i> -dianisidine	—	—	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22	T R: 45-22 S: 53-45		AE
612-038-00-0	2-nitro- <i>p</i> -anisidine; 4-methoxy-2-nitroaniline	202-547-2	96-96-8	T+; R26/27/ 28 R33 R52-53	T+ R: 26/27/28-33-52/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
612-039-00-6	2-ethoxyaniline; <i>o</i> -phenetidine	202-356-4	94-70-2	T; R23/24/25 R33	T R: 23/24/25-33 S: (1/2-)28-36/37-45		
612-040-00-1	2,4-dinitroaniline	202-553-5	97-02-9	T+; R26/27/ 28 R33 N; R51-53	T+; N R: 26/27/28-33-51/ 53 S: (1/2-)28-36/37-45- 61		
612-041-00-7	4,4'- <i>bi-o</i> -toluidine	204-358-0	119-93-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-22-51/53 S: 53-45-61		E
612-042-00-2	benzidine; 1,1'-biphenyl-4,4'-diamine; 4,4'-diaminobiphenyl; biphenyl-4,4'-ylenediamine	202-199-1	92-87-5	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61	Carc. Cat. 1; R45: C ≥ 0,01 %	E
612-043-00-8	<i>N,N'</i> -dimethylbenzidine	—	2810-74-4	Xn; R20/21/ 22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)22-36		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-044-00-3	N,N'-diacetylbenzidine	210-338-2	613-35-4	Xn; R20/21/22	Xn R: 20/21/22 S: (2-)22-36		
612-046-00-4	allylamine	203-463-9	107-11-9	F; R11 T; R23/24/25 N; R51-53	F; T; N R: 11-23/24/25-51/53 S: (1/2-)9-16-24/25-45-61		
612-047-00-X	benzylamine	202-854-1	100-46-9	Xn; R21/22 C; R34	C R: 21/22-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
612-048-00-5	dipropylamine	205-565-9	142-84-7	F; R11 Xn; R20/21/22 C; R35	F; C R: 11-20/21/22-35 S: (1/2-)16-26-36/37/39-45	C; R35: C ≥ 10 % C; R34: 5 % ≤ C < 10 % Xi; R36/37/38: 1 % ≤ C < 5 %	
612-049-00-0	di-n-butylamine; [1] di-sec-butylamine [2]	203-921-8 [1] 210-937-9 [2]	111-92-2 [1] 626-23-3 [2]	R10 Xn; R20/21/22	Xn R: 10-20/21/22 S: (2-)		
612-050-00-6	cyclohexylamine	203-629-0	108-91-8	R10 Xn; R21/22 C; R34	C R: 10-21/22-34 S: (1/2-)36/37/39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/38: 2 % ≤ C < 10 %	
612-051-00-1	4,4'-diaminodiphenylmethane; 4,4'-methylenedianiline	202-974-4	101-77-9	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 T; R39/23/24/25 Xn; R48/20/21/22 R43 N; R51-53	T; N R: 45-39/23/24/25-43-48/20/21/22-68-51/53 S: 53-45-61		E



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-052-00-7	(S)- <i>sec</i> -butylamine; (S)-2-aminobutane; [1] (R)- <i>sec</i> -butylamine; (R)-2-aminobutane; [2] <i>sec</i> -butylamine; 2-aminobutane [3]	208-164-7 [1] 236-232-6 [2] 237-732-7 [3]	513-49-5 [1] 13250-12-9 [2] 13952-84-6 [3]	F; R11 Xn; R20/22 C; R35 N; R50	F; C; N R: 11-20/22-35-50 S: (1/2-)9-16-26-28-36/37/39-45-61		C
612-053-00-2	N-ethylaniline	203-135-5	103-69-5	T; R23/24/25 R33	T R: 23/24/25-33 S: (1/2-)28-37-45		
612-054-00-8	N,N-diethylaniline	202-088-8	91-66-7	T; R23/24/25 R33 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-33-51/53 S: (1/2-)28-37-45-61	T; R23/24/25: C ≥ 5 % Xn; R20/21/22: 1 % ≤ C < 5 %	
612-055-00-3	N-methyl- <i>o</i> -toluidine; [1] N-methyl- <i>m</i> -toluidine; [2] N-methyl- <i>p</i> -toluidine [3]	210-260-9 [1] 211-795-0 [2] 210-769-6 [3]	611-21-2 [1] 696-44-6 [2] 623-08-5 [3]	T; R23/24/25 R33 R52-53	T R: 23/24/25-33-52/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61		C
612-056-00-9	N,N-dimethyl- <i>p</i> -toluidine; [1] N,N-dimethyl- <i>m</i> -toluidine; [2] N,N-dimethyl- <i>o</i> -toluidine [3]	202-805-4 [1] 204-495-6 [2] 210-199-8 [3]	99-97-8 [1] 121-72-2 [2] 609-72-3 [3]	T; R23/24/25 R33 R52-53	T R: 23/24/25-33-52/53 S: (1/2-)28-36/37-45-61	T; R23/24/25: C ≥ 5 % Xn; R20/21/22: 1 % ≤ C < 5 %	C
612-057-00-4	piperazine	203-808-3	110-85-0	C; R34 R42/43 R52-53	C R: 34-42/43-52/53 S: (1/2-)22-26-36/37/39-45-61		
612-058-00-X	2,2'-iminodiethylamine; diethylenetriamine	203-865-4	111-40-0	Xn; R21/22 C; R34 R43	C R: 21/22-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
612-059-00-5	3,6-diazaoctanethylenediamin; triethylenetetramine	203-950-6	112-24-3	Xn; R21 C; R34 R43 R52-53	C R: 21-34-43-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-060-00-0	3,6,9-triazaundecamethylenediamine; tetraethylenepentamine	203-986-2	112-57-2	Xn; R21/22 C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 21/22-34-43-51/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		
612-061-00-6	3-aminopropyldimethylamine; N,N-dimethyl-1,3-diaminopropane	203-680-9	109-55-7	R10 Xn; R22 C; R34 R43	C R: 10-22-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39- 45		
612-062-00-1	3-aminopropyldiethylamine; N,N-diethyl-1,3-diaminopropane	203-236-4	104-78-9	R10 Xn; R21/22 C; R34 R43	C R: 10-21/22-34-43 S: (1/2-)26-36/37/39- 45		
612-063-00-7	3,3'-iminodi(propylamine); dipropylenetriamine	200-261-2	56-18-8	T+; R26 T; R24 Xn; R22 C; R35 R43	T+; C R: 22-24-26-35-43 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45		
612-064-00-2	3,6,9,12-tetra-azatetradecamethylenediamine; pentactylenhexamine	223-775-9	4067-16-7	C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 34-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		
612-065-00-8	polyethylenepolyamines with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xn; R21/22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 21/22-34-43-50/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		
612-066-00-3	dicyclohexylamine	202-980-7	101-83-7	Xn; R22 C; R34 N; R50-53	C; N R: 22-34-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61	C; R34: C $\geq$ 10 % Xi; R36/38: 2 % $\leq$ C < 10 %	
612-067-00-9	3-aminomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexylamine	220-666-8	2855-13-2	Xn; R21/22 C; R34 R43 R52-53	C R: 21/22-34-43-52/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-068-00-4	3,3'-dichlorobenzidine; 3,3'-dichlorobiphenyl-4,4'-ylenediamine	202-109-0	91-94-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R21 R43 N; R50-53	T; N R: 45-21-43-50/53 S: 53-45-60-61		E
612-069-00-X	salts of 3,3'-dichlorobenzidine; salts of 3,3'-dichlorobiphenyl-4,4'-ylenediamine	— — —	— — —	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R21 R43 N; R50-53	T; N R: 45-21-43-50/53 S: 53-45-60-61		AE
612-070-00-5	salts of benzidine [	208-519-6 208-520-1 244-236-4 252-984-8	531-85-1 531-86-2 21136-70-9 36341-27-2	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61		AE
612-071-00-0	salts of 2-naphthylamine	209-030-0 210-313-6	553-00-4 612-52-2	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-22-51/53 S: 53-45-61		AE
612-072-00-6	biphenyl-4-ylamine; xenylamine; 4-aminobiphenyl	202-177-1	92-67-1	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22	T R: 45-22 S: 53-45		E
612-073-00-1	salts of biphenyl-4-ylamine; salts of xenylamine; salts of 4-aminobiphenyl	—	—	Carc. Cat. 1; R45 Xn; R22	T R: 45-22 S: 53-45		AE
612-074-00-7	benzyl dimethylamine	203-149-1	103-83-3	R10 Xn; R20/21/ 22 C; R34 R52-53	C R: 10-20/21/22-34- 52/53 S: (1/2-)26-36-45-61		
612-075-00-2	2-aminoethyl dimethylamine; 2-dimethylaminoethylamine	203-541-2	108-00-9	F; R11 Xn; R21/22 C; R35	F; C R: 11-21/22-35 S: (1/2-)16-23-26-28- 36-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-076-00-8	ethyl dimethylamine	209-940-8	598-56-1	F+; R12 ⊗ Xn; R20/22 C; R34	F+; C R: 12-20/22-34 S: (1/2-)3-16-26-36-45		
612-077-00-3	dimethylnitrosoamine; N-nitrosodimethylamine	200-549-8	62-75-9	Carc. Cat. 2; R45 T+; R26 T; R25-48/25 N; R51-53	T+; N R: 45-25-26-48/25-51/53 S: 53-45-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,001 %	E
612-078-00-9	2,2'-dichloro-4,4'-methylenedianiline; 4,4'-methylene bis(2-chloroaniline)	202-918-9	101-14-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61		E
612-079-00-4	salts of 2,2'-dichloro-4,4'-methylenedianiline; salts of 4,4'-methylenebis(2-chloroaniline)	—	—	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R50-53	T; N R: 45-22-50/53 S: 53-45-60-61		AE
612-080-00-X	4-amino-N,N-diethylaniline; N,N-diethyl-p-phenylenediamine	202-214-1	93-05-0	T; R25 C; R34	T R: 25-34 S: (1/2-)26-36-45		
612-081-00-5	salts of 4,4'-bi-o-toluidine; salts of 3,3'-dimethylbenzidine; salts of o-toluidine	210-322-5 265-294-7 277-985-0	612-82-8 64969-36-4 74753-18-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-22-51/53 S: 53-45-61		AE
612-082-00-0	thiourea; thiocarbamide	200-543-5	62-56-6	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-40-51/53-63 S: (2-)36/37-61		
612-083-00-6	1-methyl-3-nitro-1-nitrosoguanidine	200-730-1	70-25-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R20 Xi; R36/38 N; R51-53	T; N R: 45-20-36/38-51/53 S: 53-45-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 %	E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-084-00-1	dapsone; 4,4'-diamino diphenyl sulfone	201-248-4	80-08-0	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22		
612-085-00-7	4,4'-methylenedi-o-toluidine	212-658-8	838-88-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 R43 N; R50-53	T; N R: 45-22-43-50/53 S: 53-45-60-61		E
612-086-00-2	amitraz (ISO); N,N-bis(2,4-xylyliminomethyl) methylamine	251-375-4	33089-61-1	Xn; R22-48/ 22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-48/22-50/ 53 S: (2-)22-24-60-36/ 37-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
612-087-00-8	guazatine (ISO)		108173-90-6	T+; R26 Xn; R21/22 Xi; R37/38- 41 N; R50-53	T+; N R: 21/22-26-37/38- 41-50/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-38-45-46-60-61- 63		
612-088-00-3	simazine (ISO); 6-chloro-N,N'-diethyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine	204-535-2	122-34-9	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
612-089-00-9	1,5-naphthylenediamine	218-817-8	2243-62-1	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
612-090-00-4	2,2'-(nitrosoimino)bisethanol	214-237-4	1116-54-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		
612-091-00-X	o-toluidine; 2-aminotoluene	202-429-0	95-53-4	Carc. Cat. 2; R45 T; R23/25 Xi; R36 N; R50	T; N R: 45-23/25-36-50 S: 53-45-61		E
612-092-00-5	N,N'-(2,2-dimethylpropylidene)hexamethylenediamine	401-660-6	1000-78-8	Xi; R38 R43	Xi R: 38-43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-093-00-0	3,5-dichloro-4-(1,1,2,2-tetrafluoroethoxy)aniline	401-790-3	104147-32-2	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24/25-26-57-60-61		
612-094-00-6	4-(2-chloro-4-trifluoromethyl)phenoxy-2-fluoroaniline hydrochloride	402-190-4	—	T; R48/25 Xn; R22-48/20 Xi; R41 R43 N; R50-53	T; N R: 22-41-43-48/20-48/25-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
612-095-00-1	benzyl-2-hydroxydodecyldimethylammonium benzoate	402-610-6	113694-52-3	C; R34 Xn; R22 N; R50-53	C; N R: 22-34-50/53 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45-60-61		
612-096-00-7	4,4'-carbonimidoylbis[N,N-dimethylaniline]	207-762-5	492-80-8	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 Xi; R36 N; R51-53	Xn; N R: 22-36-40-51/53 S: (2-)36/37-61		
612-097-00-2	salts of 4,4'-carbonimidoylbis[N,N-dimethylaniline]	—	—	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 Xi; R36 N; R51-53	Xn; N R: 22-36-40-51/53 S: (2-)36/37-61		A
612-098-00-8	nitrosodipropylamine	210-698-0	621-64-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-22-51/53 S: 53-45-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,001 %	E
612-099-00-3	4-methyl- <i>m</i> -phenylenediamine; 2,4-toluenediamine	202-453-1	95-80-7	Carc. Cat. 2; R45 T; R25 Xn; R21 Xi; R36 R43 N; R51-53	T; N R: 45-21-25-36-43-51/53 S: 53-45-61		E

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-100-00-7	propylenediamine	201-155-9	78-90-0	R10 Xn; R21/22 C; R35	C R: 10-21/22-35 S: (1/2-)26-37/39-45		
612-101-00-2	methenamine; hexamethylenetetramine	202-905-8	100-97-0	F; R11 R42/43	F; Xn R: 11-42/43 S: (2-)16-22-24-37		
612-102-00-8	N,N-bis(3-aminopropyl)methylamine	203-336-8	105-83-9	T; R23/24 Xn; R22 C; R34	T R: 22-23/24-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
612-103-00-3	N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine	203-744-6	110-18-9	F; R11 Xn; R20/22 C; R34	F; C R: 11-20/22-34 S: (1/2-)16-26-36/37/39-45		
612-104-00-9	hexamethylenediamine	204-679-6	124-09-4	Xn; R21/22 Xi; R37 C; R34	C R: 21/22-34-37 S: (1/2-)22-26-36/37/39-45		
612-105-00-4	2-piperazin-1-ylethylamine	205-411-0	140-31-8	Xn; R21/22 C; R34 R43 R52-53	C R: 21/22-34-43-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
612-106-00-X	2,6-diethylaniline	209-445-7	579-66-8	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)23-24		
612-107-00-5	1-phenylethylamine; [1] DL- $\alpha$ -methylbenzylamine [2]	202-706-6 [1] 210-545-8 [2]	98-84-0 [1] 618-36-0 [2]	Xn; R21/22 C; R34	C R: 21/22-34 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45		
612-108-00-0	3-aminopropyltriethoxysilane	213-048-4	919-30-2	Xn; R22 C; R34	C R: 22-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-109-00-6	bis(2-dimethylaminoethyl)(methyl)amine	221-201-1	3030-47-5	T; R24 Xn; R22 C; R34	T R: 22-24-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
612-110-00-1	2,2'-dimethyl-4,4'-methylenebis(cyclohexylamine)	229-962-1	6864-37-5	T; R23/24 Xn; R22 C; R35 N; R51-53	T; C; N R: 22-23/24-35-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
612-111-00-7	2-methyl- <i>m</i> -phenylenediamine; 2,6-toluenediamine	212-513-9	823-40-5	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R21/22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-43-51/53-68 S: (2-)24-36/37-61		
612-112-00-2	<i>p</i> -anisidine; 4-methoxyaniline	203-254-2	104-94-9	T+; R26/27/ 28 R33 N; R50	T+; N R: 26/27/28-33-50 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
612-113-00-8	6-methyl-2,4-bis(methylthio)phenylene-1,3-diamine	403-240-8	106264-79-3	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
612-114-00-3	<i>R,R</i> -2-hydroxy-5-(1-hydroxy-2-(4-phenylbut-2-ylamino)ethyl) benzamide hydrogen 2,3-bis(benzoyloxy)succinate	404-390-7	—	F; R11 R43 R52-53	F; Xi R: 11-43-52/53 S: (2-)24-37-61		
612-115-00-9	dimethyldioctadecylammonium hydrogen sulfate	404-050-8	123312-54-9	Xi; R36 R53	Xi R: 36-53 S: (2-)26-39-61		
612-116-00-4	C <sub>8-18</sub> alkylbis(2-hydroxyethyl)ammonium bis(2-ethylhexyl) phosphate	404-690-8	68132-19-4	T; R23 C; R34 R43 N; R50-53	T; N R: 23-34-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
612-117-00-X	C <sub>12-14</sub> — <i>tert</i> -alkylamine, methylphosphonic acid salt	404-750-3	119415-07-5	Xn; R22 C; R34 N; R51-53	C; N R: 22-34-51/53 S: (1/2-)26-28-36/37/39-45-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-118-00-5	A reaction mass of: (1,3-dioxo-2H-benz(de)isoquinolin-2-ylpropyl)hexadecyldimethylammonium 4-toluenesulfonate; (1,3-dioxo-2H-benz(de)isoquinolin-2-ylpropyl)hexadecyldimethylammonium bromide	405-080-4	—	Xi; R41 N; R50-53	X; N R: 41-50/53 S: (2-)22-26-39-60-61		
612-119-00-0	benzyldimethyloctadecylammonium 3-nitrobenzenesulfonate	405-330-2	—	Xi; R38-41 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-50/53 S: (2-)26-37/39-60-61		
612-120-00-6	aclonifen (ISO); 2-chloro-6-nitro-3-phenoxyaniline	277-704-1	74070-46-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
612-121-00-1	amines, polyethylenepoly-; HEPA	268-626-9	68131-73-7	Xn; R21/22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 21/22-34-43-50/ 53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		
612-122-00-7	hydroxylamine	232-259-2	7803-49-8	R5 ⊗ Xn; R22-48/ 22 Xi; R37/38- 41 R43 N; R50	Xn; N R: 5-22-37/38-41-43- 48/22-50 S: (2-)22-26-36/37/ 39-61		
612-123-00-2	hydroxylammonium chloride; hydroxylamine hydrochloride; [1] bis(hydroxylammonium) sulphate; hydroxylamine sulphate (2:1); [2] hydroxylammonium hydrogensulphate; hydroxylamine sulphate (1:1) [3]	226-798-2 [1] 233-118-8 [2] 233-154-4 [3]	5470-11-1 [1] 10039-54-0 [2] 10046-00-1 [3]	⊗ Xn; R22- 48/22 Xi; R36/38 R43 N; R50	Xn; N R: 22-36/38-43-48/ 22-50 S: (2-)22-24-37-61		
612-124-00-8	N,N,N-trimethylanilinium chloride	205-319-0	138-24-9	T; R24/25	T R: 24/25 S: (1/2-)25-39-45-53		
612-125-00-3	2-methyl-p-phenylenediamine; 2,5-toluenediamine	202-442-1	95-70-5	T; R25 Xn; R20/21 R43 N; R51-53	T; N R: 20/21-25-43-51/ 53 S: (1/2-)24-37-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-126-00-9	toluene-2,4-diammonium sulphate; 4-methyl-m-phenylenediamine sulfate	265-697-8	65321-67-7	Carc. Cat. 2; R45 T; R25 Xn; R21 Xi; R36 R43 N; R51-53	T; N R: 45-21-25-36-43-51/53 S: 53-45-61		E
612-127-00-4	3-aminophenol	209-711-2	591-27-5	Xn; R20/22 N; R51-53	Xn; N R: 20/22-51/53 S: (2-)28-61		
612-128-00-X	4-aminophenol	204-616-2	123-30-8	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-50/53-68 S: (2-)28-36/37-60-61		
612-129-00-5	diisopropylamine	203-558-5	108-18-9	F; R11 Xn; R20/22 C; R34	F; C R: 11-20/22-34 S: (1/2-)16-26-36/37/39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
612-130-00-0	2,6-diamino-3,5-diethyltoluene; 4,6-diethyl-2-methyl-1,3-benzenediamine; [1] 2,4-diamino-3,5-diethyltoluene; 2,4-diethyl-6-methyl-1,3-benzenediamine; [2] diethylmethylbenzenediamine [3]	218-255-3 [1] 218-256-9 [2] 270-877-4 [3]	2095-01-4 [1] 2095-02-5 [2] 68479-98-1 [3]	Xn; R21/22-48/22 Xi; R36 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-36-48/22-50/53 S: (2-)26-28-36/37/39-60-61		C
612-131-00-6	didecyldimethylammonium chloride	230-525-2	7173-51-5	Xn; R22 C; R34	C R: 22-34 S: (2-)26-36/37/39-45		
612-132-00-1	N,N'-diphenyl-p-phenylenediamine; N,N'-diphenyl-1,4-benzenediamine	200-806-4	74-31-7	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
612-133-00-7	(4-ammonio- <i>m</i> -tolyl)ethyl(2-hydroxyethyl)ammonium sulphate; 4-( <i>N</i> -ethyl- <i>N</i> -2-hydroxyethyl)-2-methylphenylenediamine sulphate	247-162-0	25646-77-9	T; R25 Xn; R48/22 R43 N; R50-53	T; N R: 25-43-48/22-50/53 S: (1/2-)24-37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-134-00-2	N-(2-(4-amino-N-ethyl-m-toluidino)ethyl)methanesulphonamide sesquisulphate; 4-(N-ethyl-N-2-methanesulphonylaminoethyl)-2-methylphenylenediamine sesquisulphate monohydrate	247-161-5	25646-71-3	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
612-135-00-8	N-2-naphthylaniline; N-phenyl-2-naphthylamine	205-223-9	135-88-6	Carc. Cat. 3; R40 Xi; R36/38 R43 N; R51-53	Xn; N R: 36/38-40-43-51/ 53 S: (2-)26-36/37-61		
612-136-00-3	N-isopropyl-N'-phenyl-p-phenylenediamine	202-969-7	101-72-4	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61	R43: C ≥ 0,1 %	
612-137-00-9	4-chloroaniline	203-401-0	106-47-8	Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 R43 N; R50-53	T; N R: 45-23/24/25-43- 50/53 S: 53-45-60-61		E
612-138-00-4	furalaxyl (ISO); methyl N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(2-furylcarbonyl)-DL-alaninate	260-875-1	57646-30-7	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)36/37/39-61		
612-139-00-X	mefenacet (ISO); 2-(benzothiazol-2-yloxy)-N-methyl-N-phenylacetamide	277-328-8	73250-68-7	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
612-140-00-5	quaternary ammonium compounds, benzyl-C <sub>8-18</sub> -alkyldimethyl, chlorides	264-151-6	63449-41-2	Xn; R21/22 C; R34 N; R50	C; N R: 21/22-34-50 S: (2-)36/37/39-45-61		
612-141-00-0	4,4'-methylenebis(2-ethylaniline); 4,4'-methylenebis(2-ethylbenzeneamine)	243-420-1	19900-65-3	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
612-142-00-6	biphenyl-2-ylamine	201-990-9	90-41-5	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-40-52/53 S: (2-)36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-143-00-1	N <sup>5</sup> ,N <sup>5</sup> -diethyltoluene-2,5-diamine monohydrochloride; 4-diethylamino-2-methylaniline monohydrochloride	218-130-3	2051-79-8	T; R25 Xi; R36 R43 N; R50-53	T; N R: 25-36-43-50/53 S: (1/2-)24-26-37-45-60-61		
612-144-00-7	flumetralin (ISO); N-(2-chloro-6-fluorobenzyl)-N-ethyl- $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro-2,6-dinitro- <i>p</i> -toluidine	—	62924-70-3	Xi; R36/38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 36/38-43-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
612-145-00-2	<i>o</i> -phenylenediamine	202-430-6	95-54-5	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 T; R25 Xn; R20/21 Xi; R36 R43 N; R50-53	T; N R: 20/21-25-36-40-43-50/53-68 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
612-146-00-8	<i>o</i> -phenylenediamine dihydrochloride	210-418-7	615-28-1	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 T; R25 Xn; R20/21 Xi; R36 R43 N; R50-53	T; N R: 20/21-25-36-40-43-50/53-68 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
612-147-00-3	<i>m</i> -phenylenediamine	203-584-7	108-45-2	Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/25 Xi; R36 R43 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-36-43-50/53-68 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		
612-148-00-9	<i>m</i> -phenylenediamine dihydrochloride	208-790-0	541-69-5	Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/25 Xi; R36 R43 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-36-43-50/53-68 S: (1/2-)28-36/37-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-149-00-4	1,3-diphenylguanidine	203-002-1	102-06-7	Repr. Cat. 3; R62 Xn; R22 Xi; R36/37/ 38 N; R51-53	Xn; N R: 22-36/37/38-51/ 53-62 S: (2-)26-36/37/39-61		
612-150-00-X	spiroxamine (ISO); 8- <i>tert</i> -butyl-1,4-dioxaspiro[4.5]decan-2-ylmethyl(ethyl)(propyl)amine	—	118134-30-8	Xn; R20/21/ 22 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-38-43- 50/53 S: (2-)36/37/39-46- 60-61		
612-151-00-5	diaminotoluene, technical product — reaction mass of [2] and [3]; methyl-phenylenediamine; [1] 4-methyl- <i>m</i> -phenylene diamine; [2] 2-methyl- <i>m</i> -phenylene diamine [3]	246-910-3 [1] 202-453-1 [2] 212-513-9 [3]	25376-45-8 [1] 95-80-7 [2] 823-40-5 [3]	Carc. Cat. 2; R45 T; R25 Xn; R20/21 Xi; R36 R43 N; R51-53	T; N R: 45-20/21-25-36- 43-51/53 S: 53-45-61		E
612-152-00-0	<i>N,N</i> -diethyl- <i>N',N'</i> -dimethylpropan-1,3-diyl-diamine	406-610-7	62478-82-4	R10 Xn; R20/22- 48/20 C; R35 R52-53	C R: 10-20/22-35-48/ 20-52/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		
612-153-00-6	4-[ <i>N</i> -ethyl- <i>N</i> -(2-hydroxyethyl)amino]-1-(2-hydroxyethyl)amino-2-nitrobenzene, monohydrochloride	407-020-2	132885-85-9	Xn; R22 R43 R52-53	Xn R: 22-43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
612-154-00-1	6'-(isobutylethylamino)-3'-methyl-2'-phenylamino-spiro[isobenzofuran-7,9'-[9 <i>H</i> ]-xanthene]	410-890-6	95235-29-3	R53	R: 53 S: 61		
612-155-00-7	2'-anilino-6'-((3-ethoxypropyl)ethylamino)-3'-methylspiro(isobenzofuran-3-oxofuran)-1-(1 <i>H</i> )-9'-xanthene	411-730-8	93071-94-4	R53	R: 53 S: 61		
612-156-00-2	reaction mass of: trihexadecylmethylammonium chloride; dihexadecyldimethylammonium chloride	405-620-9	—	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-157-00-8	(Z)-1-benzo[b]thien-2-ylethanone oxime hydrochloride	410-780-8	—	Xn; R22-48/22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-48/22-51/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
612-158-00-3	reaction mass of: bis(5-dodecyl-2-hydroxybenzald-oximate) copper (II) C <sub>12</sub> -alkyl group is branched; 4-dodecylsalicylaldoxime	410-820-4	—	R53	R: 53 S: 61		
612-159-00-9	Reaction products of: trimethylhexamethylene diamine (a mixture of 2,2,4-trimethyl-1,6-hexanediamine and 2,4,4-trimethyl-1,6-hexanediamine, EINECS listed), Epoxide 8 (mono[(C <sub>10</sub> -C <sub>16</sub> -alkyloxy)methyl]oxirane derivatives) and p-toluene-sulfonic acid	410-880-1	—	Xn; R22 C; R34 N; R50-53	C; N R: 22-34-50/53 S: (1/2-)23-26-36/37/39-45-60-61		
612-160-00-4	p-toluidine; 4-aminotoluene; [1] toluidinium chloride; [2] toluidine sulphate (1:1) [3]	203-403-1 [1] 208-740-8 [2] 208-741-3 [3]	106-49-0 [1] 540-23-8 [2] 540-25-0 [3]	Carc. Cat. 3; R40 T; R23/24/25 Xi; R36 R43 N; R50	T; N R: 23/24/25-36-40-43-50 S: (1/2-)28-36/37-45-61		
612-161-00-X	2,6-xylidine; 2,6-dimethylaniline	201-758-7	87-62-7	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/21/22 Xi; R37/38 N; R51-53	Xn; N R: 20/21/22-37/38-40-51/53 S: (2-)23-25-36/37-61		
612-162-00-5	dimethyldioctadecylammonium chloride; DODMAC	203-508-2	107-64-2	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)24-26-39-46-60-61		
612-163-00-0	metalaxyl-M (ISO); mefenoxam; (R)-2-[(2,6-dimethylphenyl)-methoxyacetyl-amino]propionic acid methyl ester	—	70630-17-0	Xn; R22 Xi; R41	Xn R: 22-41 S: (2-)26-39-46		
612-164-00-6	2-butyl-2-ethyl-1,5-diaminopentane	412-700-7	137605-95-9	Xn; R21/22-48/22 C; R34 R43 R52-53	C R: 21/22-34-43-48/22-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-165-00-1	<i>N,N'</i> -diphenyl- <i>N,N'</i> -bis(3-methylphenyl)-(1,1'-diphenyl)-4,4'-diamine	413-810-8	65181-78-4	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
612-166-00-7	reaction mass of: <i>cis</i> -(5-ammonium-1,3,3-trimethyl)-cyclohexanemethylammonium phosphate (1:1); <i>trans</i> -(5-ammonium-1,3,3-trimethyl)-cyclohexanemethylammonium phosphate (1:1)	411-830-1	114765-88-7	Xi; R41 R43 R52-53	Xi R: 41-43-52/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
612-167-00-2	5-acetyl-3-amino-10,11-dihydro-5 <i>H</i> -dibenz[ <i>b,f</i> ]azepine-hydrochloride	410-490-1	—	Xn; R22-48/22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-48/22-51/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
612-168-00-8	3,5-dichloro-2,6-difluoropyridine-4-amine	220-630-1	2840-00-8	Xn; R21/22 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-51/53 S: (2-)36/37-61		
612-170-00-9	4-chlorophenyl cyclopropyl ketone <i>O</i> -(4-aminobenzyl)oxime	405-260-2	—	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
612-171-00-4	<i>N,N,N',N'</i> -tetraglycidyl-4,4'-diamino-3,3'-diethyldiphenylmethane	410-060-3	130728-76-6	Muta. Cat. 3; R68 R43 N; R51-53	Xn; N R: 43-68-51/53 S: (2-)36/37-61		
612-172-00-X	4,4'-methylenebis( <i>N,N'</i> -dimethylcyclohexanamine	412-840-9	13474-64-1	Xn; R22-48/22 C; R35 R52-53	C R: 22-35-48/22-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
612-173-00-5	lithium 1-amino-4-(4- <i>tert</i> -butylanilino)anthraquinone-2-sulfonate	411-140-0	125328-86-1	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
612-174-00-0	4,4-dimethoxybutylamine	407-690-6	19060-15-2	Xn; R22 C; R34 R43 R52-53	C R: 22-34-43-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-175-00-6	2-(O-aminooxy)ethylamine dihydrochloride	412-310-7	37866-45-8	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
612-176-00-1	Polymer of 1,3-dibromopropane and N,N-diethyl-N',N'-dimethyl-1,3-propanediamine	410-570-6	143747-73-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
612-177-00-7	2-naphthylamino-6-sulfomethylamide	412-120-4	104295-55-8	Xn; R48/22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 43-48/22-51/53 S: (2-)22-36/37-61		
612-178-00-2	1,4,7,10-tetraazacyclododecane disulfate	412-080-8	112193-77-8	Xn; R22 Xi; R37-41 R52-53	Xn R: 22-37-41-52/53 S: (2-)26-36/37/39-61		
612-179-00-8	1-(2-propenyl)pyridinium chloride	412-740-5	25965-81-5	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)24-37		
612-180-00-3	3-aminobenzylamine	412-230-2	4403-70-7	Xn; R22 C; R34 N; R51-53	C; N R: 22-34-51/53 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45-61		
612-181-00-9	2-phenylthioaniline	413-030-8	1134-94-7	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
612-182-00-4	1-ethyl-1-methylmorpholinium bromide	418-210-1	65756-41-4	Muta. Cat. 3; R68	Xn R: 68 S: (2-)36/37		
612-183-00-X	1-ethyl-1-methylpyrrolidinium bromide	418-200-5	69227-51-6	Muta. Cat. 3; R68	Xn R: 68 S: (2-)36/37		
612-184-00-5	6'-(dibutylamino)-3'-methyl-2'-(phenylamino)spiro[isobenzofuran-1(3H),9-(9H)-xanthen]-3-one	403-830-5	89331-94-2	R52-53	R: 52/53 S: 61		
612-185-00-0	1-[3-[4-((heptadecafluorononyl)oxy)-benzamido]propyl]-N,N,N-trimethylammonium iodide	407-400-8	59493-72-0	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-186-00-6	bis(N-(7-hydroxy-8-methyl-5-phenylphenazin-3-ylidene)dimethylammonium) sulfate	406-770-8	149057-64-7	Xn; R48/22 Xi; R41 R43 N; R50-53	Xn; N R: 41-43-48/22-50/53 S: (2-)22-26-36/37/39-60-61		
612-187-00-1	2,3,4-trifluoroaniline	407-170-9	3862-73-5	Xn; R21/22-48/22 Xi; R38-41 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-38-41-48/22-51/53 S: (2-)23-26-36/37/39-61		
612-188-00-7	4,4'-(9H-fluoren-9-ylidene)bis(2-chloroaniline)	407-560-9	107934-68-9	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
612-189-00-2	4-amino-2-(aminomethyl)phenol dihydrochloride	412-510-4	135043-64-0	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)22-24-37-60-61		
612-190-00-8	4,4'-methylenebis(2-isopropyl-6-methylaniline)	415-150-6	16298-38-7	Xn; R48/22 N; R51-53	Xn; N R: 48/22-51/53 S: (2-)36-61		
612-191-00-3	Polymer of allylamine hydrochloride	415-050-2	71550-12-4	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)36/37		
612-192-00-9	2-isopropyl-4-(N-methyl)aminomethylthiazole	414-800-6	154212-60-9	Xn; R21/22 Xi; R38-41 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-38-41-51/53 S: (2-)26-36/37/39-61		
612-193-00-4	3-methylaminomethylphenylamine	414-570-7	18759-96-1	Xn; R21/22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 21/22-34-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
612-194-00-X	2-hydroxy-3-[(2-hydroxyethyl)-[2-(1-oxotetradecyl)amino]ethyl]amino]-N,N,N-trimethyl-1-propanammonium chloride	414-670-0	141890-30-4	Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 22-41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-195-00-5	bis[tributyl 4-(methylbenzyl)ammonium] 1,5-naphthalenedisulfonate	415-210-1	160236-81-7	Xn; R20/22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-41-50/53 S: (2-)26-36/39-60-61		
612-196-00-0	4-chloro- <i>o</i> -toluidine; [1] 4-chloro- <i>o</i> -toluidine hydrochloride [2]	202-441-6 [1] 221-627-8 [2]	95-69-2 [1] 3165-93-3 [2]	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 T; R23/24/25 N; R50-53	T; N R: 45-23/24/25-68-50/53 S: 53-45-60-61		E
612-197-00-6	2,4,5-trimethylaniline; [1] 2,4,5-trimethylaniline hydrochloride [2]	205-282-0 [1] - [2]	137-17-7 [1] 21436-97-5 [2]	Carc. Cat. 2; R45 T; R23/24/25 N; R51-53	T; N R: 45-23/24/25-51/53 S: 53-45-61		E
612-198-00-1	4,4'-thiodianiline and its salts	205-370-9	139-65-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-22-51/53 S: 53-45-61		E
612-199-00-7	4,4'-oxydianiline and its salts; <i>p</i> -aminophenyl ether	202-977-0	101-80-4	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 3; R62 T; R23/24/25 N; R51-53	T; N R: 45-46-23/24/25-62-51/53 S: 53-45-61		E
612-200-00-0	2,4-diaminoaniline; 4-methoxy- <i>m</i> -phenylenediamine; [1] 2,4-diaminoaniline sulphate [2]	210-406-1 [1] 254-323-9 [2]	615-05-4 [1] 39156-41-7 [2]	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R22 N; R51-53	T; N R: 45-22-68-51/53 S: 53-45-61		E
612-201-00-6	<i>N,N,N',N'</i> -tetramethyl-4,4'-methylenedianiline	202-959-2	101-61-1	Carc. Cat. 2; R45 N; R50-53	T; N R: 45-50/53 S: 53-45-60-61		
612-202-00-1	3,4-dichloroaniline	202-448-4	95-76-1	T; R23/24/25 Xi; R41 R43 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-41-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-204-00-2	C.I. Basic Violet 3; 4-[4,4'-bis(dimethylamino) benzhydrylidene]cyclohexa-2,5-dien-1-ylidene]dimethylammonium chloride	208-953-6	548-62-9	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-41-50/53 S: (2-)26-36/37/39-46-60-61		
612-205-00-8	C.I. Basic Violet 3 with $\geq 0.1$ % of Michler's ketone (EC no. 202-027-5)	208-953-6	548-62-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	T; N R: 45-22-41-50/53 S: 53-45-60-61		E
612-206-00-3	famoxadone (ISO); 3-anilino-5-methyl-5-(4-phenoxyphenyl)-1,3-oxazolidine-2,4-dione	—	131807-57-3	Xn; R48/22 N; R50-53	Xn; N R: 48/22-50/53 S: (2-)46-60-61		
612-207-00-9	4-ethoxyaniline; <i>p</i> -phenetidine	205-855-5	156-43-4	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20/21/ 22 Xi; R36 R43	Xn R: 20/21/22-36-43-68 S: (2-)36/37-46		
612-209-00-X	6-methoxy- <i>m</i> -toluidine; <i>p</i> -cresidine	204-419-1	120-71-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22	T R: 45-22 S: 53-45		E
612-210-00-5	5-nitro- <i>o</i> -toluidine; [1] 5-nitro- <i>o</i> -toluidine hydrochloride [2]	202-765-8 [1] 256-960-8 [2]	99-55-8 [1] 51085-52-0 [2]	Carc. Cat. 3; R40 T; R23/24/25 R52-53	T R: 23/24/25-40-52/ 53 S: (1/2-)36/37-45-61		
612-211-00-0	N-[(benzotriazole-1-yl)methyl]-4-carboxybenzenesulfonamide	416-470-9	170292-97-4	Xi; R36 N; R51-53	Xi; N R: 36-51/53 S: (2-)26-61		
612-212-00-6	2,6-dichloro-4-trifluoromethylaniline	416-430-0	24279-39-8	Xn; R20/22 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-38-43-50/ 53 S: (2-)24-37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
612-213-00-1	isobutylidene-(2-(2-isopropyl-4,4-dimethyloxazolidine-3-yl)-1,1-dimethylethyl)amine	419-850-2	148348-13-4	C; R34 R52-53	C R: 34-52/53 S: (1/2-)23-26-36/37/ 39-45-61		
612-214-00-7	4-(2,2-diphenylethenyl)-N,N-di-phenylbenzenamine	421-390-2	89114-90-9	R53	R: 53 S: 61		
612-215-00-2	3-chloro-2-(isopropylthio)aniline	421-700-6	179104-32-6	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
612-217-00-3	1-methoxy-2-propylamine	422-550-4	37143-54-7	F; R11 C; R34 Xn; R22 R52-53	F; C R: 11-22-34-52/53 S: (1/2-)9-26-36/37/ 39-45-61		
613-001-00-1	ethyleneimine; aziridine	205-793-9	151-56-4	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 T+; R26/27/ 28 C; R34 N; R51-53	F; T+; N R: 45-46-11-26/27/ 28-34-51/53 S: 53-45-61		D E
613-002-00-7	pyridine	203-809-9	110-86-1	F; R11 Xn; R20/21/ 22	F; Xn R: 11-20/21/22 S: (2-)26-28	Xn; R20/21/22: C ≥ 5 %	
613-003-00-2	1,2,3,4-tetranitrocarbazole	—	6202-15-9	E ⊗ R1 Xn; R20/21/ 22	E; Xn R: 1-20/21/22 S: (2-)35		
613-004-00-8	crimidine (ISO); 2-chloro-6-methylpyrimidin-4-yl-dimethylamine	208-622-6	535-89-7	T+; R28	T+ R: 28 S: (1/2-)36/37-45		
613-007-00-4	desmetryne (ISO); 6-isopropylamino-2-methylamino-4-methylthio-1,3,5-triazine	213-800-1	1014-69-3	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-008-00-X	dazomet (ISO); tetrahydro-3,5-dimethyl-1,3,5-thiadiazine-2-thione	208-576-7	533-74-4	Xn; R22 Xi; R36 N; R50-53	Xn; N R: 22-36-50/53 S: (2-)15-22-24-60-61		
613-009-00-5	2,4,6-trichloro-1,3,5-triazine; cyanuric chloride	203-614-9	108-77-0	R14 T+; R26 Xn; R22 C; R34 R43	T+; R: 14-22-26-34-43 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-46-63	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
613-010-00-0	ametryn (ISO); 2-ethylamino-4-isopropylamino-6-methylthio-1,3,5-triazine	212-634-7	834-12-8	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)36-60-61		
613-011-00-6	amitrole (ISO); 1,2,4-triazol-3-ylamine	200-521-5	61-82-5	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R48/22 N; R51-53	Xn; N R: 48/22-63-51/53 S: (2-)13-36/37-61		
613-012-00-1	bentazone (ISO); 3-isopropyl-2,1,3-benzothiadiazine-4-one-2,2-dioxide	246-585-8	25057-89-0	Xn; R22 Xi; R36 R43 R52-53	Xn R: 22-36-43-52/53 S: (2-)24-37-61		
613-013-00-7	cyanazine (ISO); 2-(4-chloro-6-ethylamino-1,3,5-triazine-2-ylamino)-2-methylpropionitrile	244-544-9	21725-46-2	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)37-60-61		
613-014-00-2	ethoxyquin (ISO); 6-ethoxy-1,2-dihydro-2,2,4-trimethylquinoline	202-075-7	91-53-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24		
613-015-00-8	fenazaflor (ISO); phenyl 5,6-dichloro-2-trifluoromethylbenzimidazole-1-carboxylate	238-134-9	14255-88-0	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
613-016-00-3	fuberidazole (ISO); 2-(2-furyl)benzimidazole	223-404-0	3878-19-1	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)22-60-61		
613-017-00-9	bis (8-hydroxyquinolinium) sulphate	205-137-1	134-31-6	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)36		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-018-00-4	morfamquat (ISO); 1,1'-bis(3,5-dimethylmorpholinocarbonylmethyl)-4,4'-bipyridilium ion	—	7411-47-4	Xn; R22 Xi; R36/37/38 R52-53	Xn R: 22-36/37/38-52/53 S: (2-)22-36-61		
613-019-00-X	thioquinox (ISO); 2-thio-1,3-dithiolo(4,5,b)quinoxaline	202-272-8	93-75-4	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24		
613-020-00-5	tridemorph (ISO); 2,6-dimethyl-4-tridecylmorpholine	246-347-3	24602-86-6	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R20/22 Xi; R38 N; R50-53	T; N R: 61-20/22-38-50/53 S: 53-45-60-61	E	
613-021-00-0	dithianon (ISO); 5,10-dihydro-5,10-dioxonaphtho(2,3-b)(1,4)dithiazine-2,3-dicarbonitrile	222-098-6	3347-22-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24-60-61		
613-022-00-6	pyrethrins including cinerins, with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xn; R20/21/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)13-60-61	A	
613-023-00-1	2-methyl-4-oxo-3-(penta-2,4-dienyl)cyclopent-2-enyl [1R-[1 $\alpha$ [S*(Z)],3 $\beta$ ]]-chrysanthemate; pyrethrin I	204-455-8	121-21-1	Xn; R20/21/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)13-60-61		
613-024-00-7	2-methyl-4-oxo-3-(penta-2,4-dienyl)cyclopent-2-enyl[1R-[1 $\alpha$ [S*(Z)](3 $\beta$ )]]-3-(3-methoxy-2-methyl-3-oxoprop-1-enyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate; pyrethrin II	204-462-6	121-29-9	Xn; R20/21/22 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-50/53 S: (2-)13-60-61		
613-025-00-2	cinerin I; 3-(but-2-enyl)-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl 2,2-dimethyl-3-(2-methylprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate	246-948-0	25402-06-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-026-00-8	cinerin II; 3-(but-2-enyl)-2-methyl-4-oxocyclopent-2-enyl 2,2-dimethyl-3-(3-methoxy-2-methyl-3-oxoprop-1-enyl)cyclopropanecarboxylate	204-454-2	121-20-0	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-027-00-3	piperidine	203-813-0	110-89-4	F; R11 T; R23/24 C; R34	F; T R: 11-23/24-34 S: (1/2-)16-26-27-45	T; R23/24: C $\geq$ 5 % Xn; R20/21: 1 % $\leq$ C < 5 % C; R34: C $\geq$ 5 % Xi; R36/38: 1 % $\leq$ C < 5 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-028-00-9	morpholine	203-815-1	110-91-8	R10 Xn; R20/21/ 22 C; R34	C R: 10-20/21/22-34 S: (1/2-)23-36-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/38: 1 % ≤ C < 10 %	
613-029-00-4	dichloro-1,3,5-triazinetrione; dichloroisocyanuric acid	220-487-5	2782-57-2	O; R8 Xn; R22 R31 Xi; R36/37 N; R50-53	O; Xn; N R: 8-22-31-36/37-50/ 53 S: (2-)8-26-41-60-61		
613-030-00-X	troclosene potassium; [1] troclosene sodium [2]	218-828-8 [1] 220-767-7 [2]	2244-21-5 [1] 2893-78-9 [2]	O; R8 ⊗ Xn; R22 R31 Xi; R36/37 N; R50-53	O; Xn; N R: 8-22-31-36/37-50/ 53 S: (2-)8-26-41-60-61	Xn; R22: C ≥ 10 % Xi; R36/37: C ≥ 10 % R31: C ≥ 10 %	
613-030-01-7	troclosene sodium, dihydrate	220-767-7	51580-86-0	Xn; R22 R31 Xi; R36/37 N; R50-53	Xn; N R: 22-31-36/37-50/ 53 S: (2-)8-26-41-60-61		
613-031-00-5	symclosene; trichloroisocyanuric acid; trichloro-1,3,5-triazinetriion	201-782-8	87-90-1	O; R8 Xn; R22 Xi; R36/37 R31 N; R50-53	O; Xn; N R: 8-22-31-36/37-50/ 53 S: (2-)8-26-41-60-61		
613-032-00-0	methyl-2,3,5,6-tetrachloro-4-pyridylsulphone; 2,3,5,6-tetrachloro-4-(methylsulphonyl)pyridine	236-035-5	13108-52-6	Xn; R21/22 Xi; R36 R43	Xn R: 21/22-36-43 S: (2-)26-28		
613-033-00-6	2-methylaziridine; propyleneimine	200-878-7	75-55-8	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 T+; R26/27/ 28 Xi; R41 N; R51-53	F; T+; N R: 45-11-26/27/28- 41-51/53 S: 53-45-61	Carc. Cat. 2; R45: C ≥ 0,01 %	E
613-034-00-1	1,2-dimethylimidazole	217-101-2	1739-84-0	Xn; R22 Xi; R38-41	Xn R: 22-38-41 S: (2-)24-26		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-035-00-7	1-methylimidazole	210-484-7	616-47-7	Xn; R21/22 C; R34	C R: 21/22-34 S: (1/2-)26-36-45		
613-036-00-2	2-methylpyridine; 2-picoline	203-643-7	109-06-8	R10 Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/37	Xn R: 10-20/21/22-36/ 37 S: (2-)26-36		
613-037-00-8	4-methylpyridine; 4-picoline	203-626-4	108-89-4	R10 T; R24 Xn; R20/22 Xi; R36/37/ 38	T R: 10-20/22-24-36/ 37/38 S: (1/2-)26-36-45		
613-038-00-3	6-phenyl-1,3,5-triazine-2,4-diyl diamine; 6-phenyl-1,3,5-triazine-2,4-diamine; benzoguanamine	202-095-6	91-76-9	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
613-039-00-9	ethylene thiourea; imidazolidine-2-thione; 2-imidazoline-2-thiol	202-506-9	96-45-7	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R22	T R: 61-22 S: 53-45		E
613-040-00-4	azaconazole (ISO); 1-[[2-(2,4-dichlorophenyl)-1,3-dioxolan-2-yl]methyl]-1H- 1,2,4-triazole	262-102-3	60207-31-0	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)46		
613-041-00-X	morpholine-4-carbonyl chloride	239-213-0	15159-40-7	R14 Carc. Cat. 3; R40 Xi; R36/38	Xn R: 14-36/38-40 S: (2-)26-30-36-38		
613-042-00-5	imazalil (ISO); 1-[2-(allyloxy)-2-(2,4-dichlorophenyl)ethyl]-1H-imidazole	252-615-0	35554-44-0	Xn; R20/22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
613-043-00-0	imazalil sulphate (ISO) powder; 1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazolium hydrogen sulphate; [1] (±)-1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazo- lium hydrogen sulphate [2]	261-351-5 [1] 281-291-3 [2]	58594-72-2 [1] 83918-57-4 [2]	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24/25-37-46- 60-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-043-01-8	imazalil sulphate (ISO), aqueous solution; 1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazolium hydrogen sulphate; [1] (±)-1- [2-(allyloxy)ethyl-2-(2,4-dichlorophenyl)]-1H-imidazolium hydrogen sulphate [2]	261-351-5 [1] 281-291-3 [2]	58594-72-2 [1] 83918-57-4 [2]	Xn; R22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-34-43-50/53 S: (2-)26-36/37/39-45-60-61	C; R34: C ≥ 50 % Xi; R38: 30 % ≤ C < 50 % Xi; R41: 15 % ≤ C < 50 % Xi; R36: 5 % ≤ C < 15 %	
613-044-00-6	captan (ISO); 1,2,3,6-tetrahydro-N-(trichloromethylthio)phthalimide	205-087-0	133-06-2	Carc. Cat. 3; R40 T; R23 Xi; R41 R43 N; R50	T; N R: 23-40-41-43-50 S: (1/2-)26-29-36/37/39-45-61		
613-045-00-1	folpet (ISO); N-(trichloromethylthio)phthalimide	205-088-6	133-07-3	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20 Xi; R36 R43 N; R50	Xn; N R: 20-36-40-43-50 S: (2-)36/37-46-61		
613-046-00-7	captafol (ISO); 1,2,3,6-tetrahydro-N-(1,1,2,2-tetrachloroethylthio)phthalimide	219-363-3	2425-06-1	Carc. Cat. 2; R45 R43 N; R50-53	T; N R: 45-43-50/53 S: 53-45-60-61		
613-047-00-2	1-dimethylcarbamoyl-5-methylpyrazol-3-yl dimethylcarbamate; dimetilan (ISO)	211-420-0	644-64-4	T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
613-048-00-8	carbendazim (ISO); methyl benzimidazol-2-ylcarbamate	234-232-0	10605-21-7	Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 N; R50-53	T; N R: 46-60-61-50/53 S: 53-45-60-61		
613-049-00-3	benomyl (ISO); methyl 1-(butylcarbamoyl)benzimidazol-2-ylcarbamate	241-775-7	17804-35-2	Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 2; R60-61 Xi; R37/38 R43 N; R50-53	T; N R: 46-60-61-37/38-43-50/53 S: 53-45-60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-050-00-9	carbadox (INN); methyl 3-(quinoxalin-2-ylmethylene)carbazate 1,4-dioxide; 2-(methoxycarbonylhydrazonomethyl)quinoxaline 1,4-dioxide	229-879-0	6804-07-5	F; R11 Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22	F; T R: 45-11-22 S: 53-45		E
613-051-00-4	molinate (ISO); S-ethyl 1-perhydroazepinecarbothioate; S-ethyl perhydroazepine-1-carbothioate	218-661-0	2212-67-1	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R62 Xn; R20/ 2248/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-40-43-48/ 22-62-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,25 \%$ N; R51-53: $0,025 \% \leq C < 0,25 \%$ R52-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$	
613-052-00-X	trifenmorph (ISO); 4-tritylmorpholine	215-812-2	1420-06-0	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-053-00-5	anilazine (ISO); 2-chloro-N-(4,6-dichloro-1,3,5-triazin-2-yl)aniline	202-910-5	101-05-3	Xi; R36/38 N; R50-53	Xi; N R: 36/38-50/53 S: (2-)22-60-61		
613-054-00-0	thiabendazol (ISO); 2-(thiazole-4-yl)benzimidazole	205-725-8	148-79-8	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-056-00-1	1,2-dimethyl-3,5-diphenylpyrazolium methylsulphate; difenzoquat methyl sulfate	256-152-5	43222-48-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-057-00-7	dodemorph (ISO); 4-cyclododecyl-2,6-dimethylmorpholine	216-474-9	1593-77-7	Xi; R36/37/ 38 N; R51-53	Xi; N R: 36/37/38-51/53 S: (2-)26-61		
613-058-00-2	permethrin (ISO); m-phenoxybenzyl 3-(2,2-dichlorovinyl)-2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate	258-067-9	52645-53-1	Xn; R20/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-43-50/53 S: (2-)13-24-36/37/ 39-60-61	N; R50-53: $C \geq 0,025 \%$ N; R51-53: $0,0025 \% \leq C < 0,025 \%$ R52-53: $0,00025 \% \leq C < 0,0025 \%$	
613-059-00-8	profluralin (ISO); N-(cyclopropylmethyl)- $\alpha$ , $\alpha$ , $\alpha$ -trifluoro-2,6-dinitro-N-propyl-p-toluidine	247-656-6	26399-36-0	Xi; R36 N; R50-53	Xi; N R: 36-50/53 S: (2-)60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-060-00-3	resmethrin (ISO); 5-benzyl-3-furylmethyl (±)-cis—trans-chrysanthemate	233-940-7	10453-86-8	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60/61		
613-061-00-9	6-(1α,5αβ,8αβ,9-pentahydroxy-7β-isopropyl-2β,5β,8β-trimethylperhydro-8ba,9-epoxy-5,8-ethanocyclopenta[1,2-b]indanyl) pyrrole-2-carboxylate; ryania	239-732-2	15662-33-6	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
613-062-00-4	sabadilla (ISO); veratrine	—	8051-02-3	Xi; R36/37/ 38	Xi R: 36/37/38 S: (2-)36/37/39		
613-063-00-X	secbumeton (ISO); 2-sec-butylamino-4-ethylamino-6-methoxy-1,3,5-triazine	247-554-1	26259-45-0	Xn; R22 Xi; R36 N; R50-53	Xn; N R: 22-36-50/53 S: (2-)60-61		
613-064-00-5	5-(3,6,9-trioxa-2-undecyloxy)benzo(d)-1,3-dioxolane; sesamex	—	51-14-9	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
613-065-00-0	simetryn (ISO); 2,4-bis(ethylamino)-6-methylthio-1,3,5-triazine	213-801-7	1014-70-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-066-00-6	terbumeton (ISO); 2-tert-butylamino-4-ethylamino-6-methoxy-1,3,5-triazine	251-637-8	33693-04-8	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-067-00-1	propazine (ISO); 2-chloro-4,6-bis(isopropylamino)-1,3,5-triazine	205-359-9	139-40-2	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
613-068-00-7	atrazine (ISO); 2-chloro-4-ethylamine-6-isopropylamine-1,3,5-triazine	217-617-8	1912-24-9	Xn; R48/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 43-48/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
613-069-00-2	ε-caprolactam	203-313-2	105-60-2	Xn; R20/22 Xi; R36/37/ 38	Xn R: 20/22-36/37/38 S: (2-)		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-070-00-8	propylenethiourea	—	2122-19-2	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53-63 S: (2-)36/37-46-61		
613-071-00-3	2-fluoro-5-trifluoromethylpyridine	400-290-2	69045-82-5	R10 R43 R52-53	Xi R: 10-43-52/53 S: (2-)24-37-61		
613-072-00-9	N,N-bis(2-ethylhexyl)-((1,2,4-triazol-1-yl)methyl)amine	401-280-0	91273-04-0	C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 34-43-51/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		
613-073-00-4	N,N-dimethyl-2-(3-(4-chlorophenyl)-4,5-dihydropyrazol-1-ylphenylsulphonyl)ethylamine	401-410-6	10357-99-0	Xn; R48/22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 43-48/22-51/53 S: (2-)24-37-61		
613-074-00-X	3-(3-methylpent-3-yl)isoxazol-5-ylamine	401-460-9	82560-06-3	T; R23/25 Xi; R41 R52-53	T R: 23/25-41-52/53 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45-61		
613-075-00-5	1,3-dichloro-5-ethyl-5-methylimidazolidine-2,4-dione	401-570-7	89415-87-2	O; R8 T; R23 C; R34 Xn; R22 R43 N; R50	O; T; N R: 8-22-23-34-43-50 S: (1/2-)8-26-36/37/ 39-45-61		
613-076-00-0	3-chloro-5-trifluoromethyl-2-pyridylamine	401-670-0	79456-26-1	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
613-077-00-6	reaction mass of 5-heptyl-1,2,4-triazol-3-ylamine and 5-nonyl-1,2,4-triazol-3-ylamine	401-940-8	—	Xn; R22 Xi; R36 N; R51-53	Xn; N R: 22-36-51/53 S: (2-)22-26-61		
613-078-00-1	N,N,N,N-tetrakis(4,6-bis(butyl-(N-methyl-2,2,6,6-tetramethylpiperidin-4-yl)amino)triazin-2-yl)-4,7-diazadecane-1,10-diamine	401-990-0	106990-43-6	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-079-00-7	4-(1(or 4 or 5 or 6)-methyl-8,9,10-trinorborn-5-en-2-yl)pyridine, reaction mass of isomers	402-520-7	—	Xn; R21/22 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-38-43-50/ 53 S: (2-)36/37-60-61		
613-080-00-2	3-(bis(2-ethylhexyl)aminomethyl)benzothiazole-2(3H)-thione	402-540-6	105254-85-1	C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 34-43-50/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-60-61		
613-081-00-8	1-butyl-2-methylpyridinium bromide	402-680-8	26576-84-1	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
613-082-00-3	2-methyl-1-pentylpyridinium bromide	402-690-2	—	Xn; R21/22 R52-53	Xn R: 21/22-52/53 S: (2-)36/37-61		
613-083-00-9	2-(4-(3-(4-chlorophenyl)-2-pyrazolin-1-yl)phenylsulfonyl)ethyldimethylammonium formate	402-120-2	—	C; R34 Xn; R48/22 R43 N; R50-53	C; N R: 34-43-48/22-50/ 53 S: (1/2-)24-26-28-37/ 39-45-60-61		
613-084-00-4	2-(4-(3-(4-chlorophenyl)-4,5-dihydropyrazolyl)phenylsulphonyl)ethyldimethylammonium hydrogen phosphonate	402-490-5	106359-93-7	Xi; R36 N; R50-53	Xi; N R: 36-50/53 S: (2-)26-60-61		
613-085-00-X	reaction mass of 1,1'-(methylenebis(4,1-phenylene))dipyrrole-2,5-dione and N-(4-(4-(2,5-dioxopyrrol-1-yl)benzyl)phenyl)acetamide and 1-(4-(4-(5-oxo-2H-2-furylidenamino)benzyl)phenyl)pyrrole-2,5-dione	401-970-1	—	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
613-086-00-5	caffeine	200-362-1	58-08-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
613-087-00-0	tetrahydrothiophene	203-728-9	110-01-0	F; R11 Xn; R20/21/ 22 Xi; R36/38 R52-53	F; Xn R: 11-20/21/22-36/ 38-52/53 S: (2-)16-23-36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-088-00-6	1,2-benzisothiazol-3(2H)-one; 1,2-benzisothiazolin-3-one	220-120-9	2634-33-5	Xn; R22 Xi; R38-41 R43 N; R50	Xn; N R: 22-38-41-43-50 S: (2-)24-26-37/39-61	R43: C ≥ 0,05 %	
613-089-00-1	diquat dibromide; [1] diquat dichloride; [2] 6,7-dihydrodipyrdo[1,2-α:2',1'-c]pyrazinediylum dihydroxide [3]	201-579-4 [1] 223-714-6 [2] 301-467-6 [3]	85-00-7 [1] 4032-26-2 [2] 94021-76-8 [3]	T+; R26 T; R48/25 Xn; R22 Xi; R36/37/38 R43 N; R50-53	T+; N R: 22-26-36/37/38-43-48/25-50/53 S: (1/2-)28-36/37/39-45-60-61		
613-090-00-7	paraquat dichloride; 1,1-dimethyl-4,4'-bipyridinium dichloride; [1] paraquat dimethylsulfate; 1,1-dimethyl-4,4'-bipyridinium dimethyl sulphate [2]	217-615-7 [1] 218-196-3 [2]	1910-42-5 [1] 2074-50-2 [2]	T+; R26 T; R24/25-48/25 Xi; R36/37/38 N; R50-53	T+; N R: 24/25-26-36/37/38-48/25-50/53 S: (1/2-)22-28-36/37/39-45-60-61		
613-091-00-2	morfamquat dichloride; [1] morfamquat sulfate [2]	225-062-8 [1] - [2]	4636-83-3 [1] 29873-36-7 [2]	Xn; R22 Xi; R36/37/38 R52-53	Xn R: 22-36/37/38-52/53 S: (2-)22-36-61		
613-092-00-8	1,10-phenanthroline	200-629-2	66-71-7	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)45-60-61		
613-093-00-3	hexasodium 6,13-dichloro-3,10-bis((4-(2,5-disulfonatoanilino)-6-fluoro-1,3,5-triazin-2-ylamino)prop-3-ylamino)-5,12-dioxa-7,14-diazapentacene-4,11-disulfonate	400-050-7	85153-92-0	R42/43	Xn R: 42/43 S: (2-)22-24-37		
613-094-00-9	4-methoxy-N,6-dimethyl-1,3,5-triazin-2-ylamine	401-360-5	5248-39-5	Xn; R22-48/22	Xn R: 22-48/22 S: (2-)22-36		
613-095-00-4	sodium 3-(2H-benzotriazol-2-yl)-5-sec-butyl-4-hydroxybenzenesulfonate	403-080-9	92484-48-5	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
613-096-00-X	2-amino-6-ethoxy-4-methylamino-1,3,5-triazine	403-580-7	62096-63-3	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-097-00-5	7-amino-3-((5-carboxymethyl-4-methyl-1,3-thiazol-2-ylthio)methyl)-8-oxo-5-thia-1-azabicyclo(4.2.0)oct-2-ene-2-carboxylic acid	403-690-5	111298-82-9	R42/43 R52-53	Xn R: 42/43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
613-098-00-0	N-(n-octyl)-2-pyrrolidone	403-700-8	2687-94-7	C; R34 N; R51-53	C; N R: 34-51/53 S: (1/2-)23-26-36/37/39-45		
613-099-00-6	1-dodecyl-2-pyrrolidone	403-730-1	2687-96-9	C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 34-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
613-100-00-X	2,9-bis(3-(diethylamino)propylsulfamoyl)quino(2,3-b)acridine-7,14-dione	404-230-6	—	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
613-101-00-5	N—tert-pentyl-2-benzothiazolesulfenamide	404-380-2	110799-28-5	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)36/37-61		
613-102-00-0	dimethomorph (ISO); 4-(3-(4-chlorophenyl)-3-(3,4-dimethoxyphenyl)acryloyl)morpholine	404-200-2	110488-70-5	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
613-103-00-6	sodium 5-n-butylbenzotriazole	404-450-2	118685-34-0	Xn; R22 C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 22-34-43-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
613-104-00-1	5-tert-butyl-3-isoxazolylamine hydrochloride	404-840-2	—	Xn; R22-48/22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-48/22-52/53 S: (2-)26-36/39-61		
613-105-00-7	hexakis(tetramethylammonium) 4,4'-vinylenebis((3-sulfonato-4,1-phenylene)imino(6-morpholino-1,3,5-triazine-4,2-diyl)imino)bis(5-hydroxy-6-phenylazonaphthalene-2,7-disulfonate)	405-160-9	124537-30-0	T; R25 R43 R52-53	T R: 25-43-52/53 S: (1/2-)24-37-45-61		
613-106-00-2	tetrapotassium 2-(4-(5-(1-(2,5-disulfonatophenyl)-3-ethoxycarbonyl-5-hydroxypyrazol-4-yl)penta-2,4-dienylidene)-3-ethoxycarbonyl-5-oxo-2-pyrazolin-1-yl)benzene-1,4-disulfonate	405-240-3	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-107-00-8	hexasodium 2,2'-vinylenebis((3-sulfonato-4,1-phenylene) imino(6-(N-cyanoethyl-N-(2-hydroxypropyl)amino)-1,3,5-triazine-4,2-diyl)imino)dibenzene-1,4-disulfonate	405-280-1	76508-02-6	Xi; R36	Xi R: 36 S: (2-)26		
613-108-00-3	benzothiazole-2-thiol	205-736-8	149-30-4	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
613-109-00-9	bis(piperidinothiocarbonyl) disulphide	202-328-1	94-37-1	Xi; R36/37/ 38 R43	Xi R: 36/37/38-43 S: (2-)24-26-37		
613-110-00-4	dimepiperate (ISO); S-(1-methyl-1-phenylethyl) piperidine-1-carbothioate	262-784-2	61432-55-1	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
613-111-00-X	1,2,4-triazole	206-022-9	288-88-0	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36-63 S: (2-)36/37		
613-112-00-5	octhilinone (ISO); 2-octyl-2H-isothiazol-3-one	247-761-7	26530-20-1	T; R23/24 Xn; R22 C; R34 R43 N; R50-53	T; N R: 22-23/24-34-43- 50/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61	R43: C ≥ 0,05 %	
613-113-00-0	2-(morpholinothio)benzothiazole	203-052-4	102-77-2	Xi; R36/38 R43 N; R51-53	Xi; N R: 36/38-43-51/53 S: (2-)24-26-37-61		
613-114-00-6	2,2',2''-(hexahydro-1,3,5-triazine-1,3,5-triyl)triethanol; 1,3,5-tris(2-hydroxyethyl)hexahydro-1,3,5-triazine	225-208-0	4719-04-4	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)24-37	R43: C ≥ 0,1 %	
613-115-00-1	hymexazol (ISO); 3-hydroxy-5-methylisoxazole	233-000-6	10004-44-1	Xn; R22 Xi; R41 R52-53	Xn R: 22-41-52/53 S: (2-)26-39-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-116-00-7	tolylfluamid (ISO); dichloro-N-[(dimethylamino)sulphonyl]fluoro-N-(p-tolyl) methanesulphenamide	211-986-9	731-27-1	T; R23 Xn; R48/20 Xi; R36/37/ 38 R43 N; R50-53	T; N R: 23-36/37/38-43- 48/20-50/53 S: (1/2-)24-26-37-38- 45-60-61		
613-117-00-2	diniconazole (ISO); (E)-β-[(2,4-dichlorophenyl)methylene]-α-(1,1-dimethylethyl)- 1H-1,2,4-triazol-1-ethanol; (E)-(RS)-1-(2,4-dichlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H-1,2,4- triazol-1-yl)pent-1-en-3-ol	—	76714-88-0	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-118-00-8	flubenzimine (ISO); N-[3-phenyl-4,5-bis[(trifluoromethyl)imino]thiazolidin-2-ylidene]aniline;	253-703-1	37893-02-0	Xi; R36 N; R50-53	Xi; N R: 36-50/53 S: (2-)26-60-61		
613-119-00-3	(benzothiazol-2-ylthio)methyl thiocyanate; TCMTB	244-445-0	21564-17-0	T+; R26 Xn; R22 Xi; R36/38 R43 N; R50-53	T+; N R: 22-26-36/38-43- 50/53 S: (1/2-)28-36/37-38- 45-60-61		
613-120-00-9	bioresmethrin; (5-bezylfur-3-yl)methyl(1R)-trans-2,2-dimethyl-3-(2-methyl- propenyl)cyclopropanecarboxylate	249-014-0	28434-01-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-121-00-4	chlorsulfuron (ISO); 2-chloro-N-[[[(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)amino] carbonyl]benzenesulphonamide;	265-268-5	64902-72-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-122-00-X	diclobutrazole (ISO); (R*, R*)-(±)-β-[(2,4-dichlorophenyl)methyl]-α-(1,1-dimethyle- thyl)-1H-1,2,4-triazole-1-ethanol; (2RS, 3RS)-1-(2,4-dichlorophenyl)-4,4-dimethyl-2-(1H- 1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-ol	—	75736-33-3	Xi; R36 N; R51-53	Xi; N R: 36-51/53 S: (2-)26-61		
613-123-00-5	5,6-dihydro-3H-imidazo[2,1-c]-1,2,4-dithiazole-3-thione; etem	251-684-4	33813-20-6	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-124-00-0	fenpropimorph (ISO); <i>cis</i> -4-[3-( <i>p</i> - <i>tert</i> -butylphenyl)-2-methylpropyl]-2,6-dimethylmorpholine	266-719-9	67564-91-4	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 Xi; R38 N; R51-53	Xn; N R: 22-38-63-51/53 S: (2-)36/37-46-61		
613-125-00-6	hexythiazox (ISO); <i>trans</i> -5-(4-chlorophenyl)- <i>N</i> -cyclohexyl-4-methyl-2-oxo-3-thiazolidine-carboxamide	—	78587-05-0	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-126-00-1	imazapyr (ISO); 2-[4,5-dihydro-4-methyl-4-(1-methylethyl)-5-oxo-1 <i>H</i> -imidazol-2-yl]-3-pyridine carboxylate	—	81334-34-1	Xi; R36 R52-53	Xi R: 36-52/53 S: (2-)26-61		
613-127-00-7	1,1-dimethylpiperidinium chloride; mepiquat chloride	246-147-6	24307-26-4	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
613-128-00-2	prochloraz (ISO); <i>N</i> -propyl- <i>N</i> -[2-(2,4,6-trichlorophenoxy)ethyl]-1 <i>H</i> -imidazole-1-carboxamide;	266-994-5	67747-09-5	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
613-129-00-8	metamitron (ISO); 4-amino-3-methyl-6-phenyl-1,2,4-triazin-5-one	255-349-3	41394-05-2	Xn; R22 N; R50	Xn; N R: 22-50 S: (2-)61		
613-131-00-9	pyroquilon (ISO); 1,2,5,6-tetrahydropyrrolo[3,2,1- <i>ij</i> ]quinolin-4-one	—	57369-32-1	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
613-132-00-4	hexazinone (ISO); 3-cyclohexyl-6-dimethylamino-1-methyl-1,2,3,4-tetrahydro-1,3,5-triazine-2,4-dione;	257-074-4	51235-04-2	Xn; R22 Xi; R36 N; R50-53	Xn; N R: 22-36-50/53 S: (2-)60-61		
613-133-00-X	etridiazole (ISO); 5-ethoxy-3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazole	219-991-8	2593-15-9	Carc. Cat. 3; R40 T; R23 Xn; R21/22 N; R50-53	T; N R: 21/22-23-40-50/ 53 S: (1/2-)36/37-38-45- 60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-134-00-5	myclobutanil (ISO); 2-(4-chlorophenyl)-2-(1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl)hexanenitrile	—	88671-89-0	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 Xi; R36 N; R51-53	Xn; N R: 22-36-51/53-63 S: (2-)36/37-46-61		
613-135-00-0	di(benzothiazol-2-yl) disulphide	204-424-9	120-78-5	R31 R43 N; R50-53	Xi; N R: 31-43-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
613-136-00-6	N-cyclohexylbenzothiazole-2-sulphenamide	202-411-2	95-33-0	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
613-137-00-1	methabenzthiazuron (ISO); 1-(1,3-benzothiazol-2-yl)1,3-dimethylurea	242-505-0	18691-97-9	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-138-00-7	quinoxyfen (ISO); 5,7-dichloro-4-(4-fluorophenoxy)quinoline	—	124495-18-7	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-46-60-61		
613-139-00-2	metsulfuron-methyl; 2-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-ylcarbamoylsulfamoyl) benzoic acid	—	74223-64-6	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-140-00-8	cycloheximide (ISO); 4-((2R)-2-[(1S,3S,5S)-3,5-dimethyl-2-oxocyclohexyl]-2-hydroxyethyl)piperidine-2,6-dione	200-636-0	66-81-9	Muta. Cat. 3; R68 Repr. Cat. 2; R61 T+; R28 N; R51-53	T+; N R: 61-28-51/53-68 S: 53-45-61		E
613-141-00-3	1,4-diamino-2-(2-butyltetrazol-5-yl)-3-cyanoanthraquinone	401-470-3	93686-63-6	R53	R: 53 S: 61		
613-142-00-9	<i>trans</i> -N-methyl-2-styryl-[4'-aminomethine-(1-acetyl-1-(2-methoxyphenyl)acetamido)]pyridinium acetate	405-860-4	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)22-24-37-61		
613-143-00-4	1-(3-phenylpropyl)-2-methylpyridinium bromide	405-930-4	10551-42-5	Xn; R22 Xi; R36 R52-53	Xn R: 22-36-52/53 S: (2-)26-36/37-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-144-00-X	Reaction products of: poly(vinyl acetate), partially hydrolyzed, with (E)-2-(4-formylstyryl)-3,4-dimethylthiazoliummethyl sulfate	406-460-2	125139-08-4	R52-53	R: 52/53 S: 61		
613-145-00-5	(S)-3-benzyloxycarbonyl-1,2,3,4-tetrahydro-isoquinolinium 4-methylbenzenesulfonate	406-960-0	77497-97-3	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
613-146-00-0	N-ethyl-N-methylpiperidinium iodide	407-780-5	4186-71-4	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)22-61		
613-147-00-6	4-[2-(1-methyl-2-(4-morpholinyl)ethoxy)ethyl]morpholine	407-940-4	111681-72-2	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
613-148-00-1	tetrasodium 1,2-bis(4-fluoro-6-[5-(1-amino-2-sulfonatoanthrachinon-4-ylamino)-2,4,6-trimethyl-3-sulfonatophenylamino]-1,3,5-triazin-2-ylamino)ethane	411-240-4	143683-23-2	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24/25-37-61		
613-149-00-7	pyridaben (ISO); 2-tert-butyl-5-(4-tert-butylbenzylthio)-4-chloropyridazin-3(2H)-one	405-700-3	96489-71-3	T; R23/25 N; R50-53	T; N R: 23/25-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
613-150-00-2	2,2'-[3,3'-(piperazine-1,4-diyl)dipropyl]bis(1H-benzimidazo[2,1-b]benzo[l,m,n][3,8]phenanthroline-1,3,6-trione	406-295-6	—	R53	R: 53 S: 61		
613-151-00-8	1-(3-mesyloxy-5-trityloxymethyl-2-D-threofuryl)thymine	406-360-9	104218-44-2	R53	R: 53 S: 61		
613-152-00-3	phenyl N-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)carbamate	406-600-2	89392-03-0	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
613-153-00-9	2,3,5-trichloropyridine	407-270-2	16063-70-0	R52-53	R: 52/53 S: 61		
613-154-00-4	2-amino-4-chloro-6-methoxypyrimidine	410-050-9	5734-64-5	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-155-00-X	5-chloro-2,3-difluoropyridine	410-090-7	89402-43-7	R10 Xn; R22 R52-53	Xn R: 10-22-52/53 S: (2-)23-36-61		
613-156-00-5	2-butyl-4-chloro-5-formylimidazole	410-260-0	83857-96-9	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
613-157-00-0	2,4-diamino-5-methoxymethylpyrimidine	410-330-0	54236-98-5	Xn; R22-48/ 22 Xi; R36	Xn R: 22-36-48/22 S: (2-)22-26-36		
613-158-00-6	2,3-dichloro-5-trifluoromethyl-pyridine	410-340-5	69045-84-7	Xn; R20/22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 20/22-41-43-51/ 53 S: (2-)24-26-37/39-61		
613-159-00-1	fenazaquin (ISO); 4-[2-[4-(1,1-dimethylethyl)phenyl]-ethoxy]quinazoline	410-580-0	120928-09-8	T; R25 Xn; R20 N; R50-53	T; N R: 20-25-50/53 S: (1/2-)37-45-60-61		
613-160-00-7	(1S)-2-methyl-2,5-diazobicyclo[2.2.1]heptane dihydrobromide	411-000-9	125224-62-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
613-163-00-3	azimsulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-[1-methyl-4-(2-methyl-2H-tetrazol-5-yl)pyrazol-5-ylsulfonyl]urea	—	120162-55-2	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-164-00-9	flufenacet (ISO); N-(4-fluorophenyl)-N-isopropyl-2-(5-trifluoromethyl-[1,3,4]thiadiazol-2-yloxy)acetamide	—	142459-58-3	Xn; R22-48/ 22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-48/22-50/ 53 S: (2-)13-24-37-60-61		
613-165-00-4	flupyr-sulfuron-methyl-sodium (ISO); methyl 2-[[[4,6-dimethoxypyrimidin-2-ylcarbamoyl]sulfa-moyl]-6-trifluoromethyl]nicotinate, monosodium salt	—	144740-54-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-166-00-X	flumioxazin (ISO); N-(7-fluoro-3,4-dihydro-3-oxo-4-prop-2-ynyl-2H-1,4-benzoxazin-6-yl)cyclohex-1-ene-1,2-dicarboxamide	—	103361-09-7	Repr. Cat. 2; R61 N; R50-53	T; N R: 61-50/53 S: 53-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-167-00-5	reaction mass of: 5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-2H -isothiazol-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1); reaction mass of: 5-chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 247-500-7] and 2-methyl-4-isothiazolin-3-one [EC no. 220-239-6] (3:1)	—	55965-84-9	T; R23/24/25 C; R34 R43 N; R50-53	T; N R: 23/24/25-34-43-50/53 S: (2-)26-28-36/37/39-45-60-61	C; R34: C ≥ 0,6 % Xi; R36/38: 0,06 % ≤ C < 0,6 % R43: C ≥ 0,0015 %	
613-168-00-0	1-vinyl-2-pyrrolidone	201-800-4	88-12-0	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/21/ 22-48/20 Xi; R37-41	Xn R: 20/21/22-37-40-41-48/20 S: (2-)26-36/37/39		D
613-169-00-6	9-vinylcarbazole	216-055-0	1484-13-5	Muta. Cat. 3; R68 Xn; R21/22 Xi; R38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-38-43-50/ 53-68 S: 22-23-36/37-60-61		
613-170-00-1	2,2-ethylmethylthiazolidine	404-500-3	694-64-4	Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
613-171-00-7	hexaconazole (ISO); (RS)-2-(2,4-dichlorophenyl)-1-(1H—1,2,4-triazol-1-yl)hexan-2-ol	413-050-7	79983-71-4	Xn; R22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-43-51/53 S: (2-)24-37-61		
613-172-00-2	5-chloro-1,3-dihydro-2H-indol-2-one	412-200-9	17630-75-0	Repr. Cat. 3; R62 Xn; R22 R43 R52-53	Xn R: 22-43-62-52/53 S: (2-)22-36/37-61		
613-173-00-8	fluquinconazole (ISO); 3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-2-(1H—1,2,4-triazol-1-yl)quinazolin-4-(3H)-one	411-960-9	136426-54-5	T; R23/25-48/25 Xn; R21 Xi; R38 N; R50-53	T; N R: 21-23/25-38-48/ 25-50/53 S: (1/2-)36/37/39-38-45-60-61		
613-174-00-3	(±) 2-(2,4-dichlorophenyl)-3-(1H—1,2,4-triazol-1-yl)propyl-1,1,2,2-tetrafluoroethyl ether	407-760-6	112281-77-3	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R20/22 N; R51-53	Xn; N R: 20/22-40-51/53 S: (2-)36/37-41-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-175-00-9	epoxiconazole (ISO); (2RS,3SR)-3-(2-chlorophenyl)-2-(4-fluorophenyl)-[(1H—1,2,4-triazol-1-yl)methyl]oxirane	406-850-2	133855-98-8	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R62 Repr. Cat. 3; R63 N; R51-53	Xn; N R: 40-62-63-51/53 S: (2-)36/37-46-61		
613-176-00-4	2-methyl-2-azabicyclo[2.2.1]heptane	404-810-9	4524-95-2	R10 Xn; R21/22-48/20 C; R34	C R: 10-21/22-34-48/20 S: (1/2-)16-26-36/37/39-45		
613-177-00-X	8-amino-7-methylquinoline	412-760-4	5470-82-6	Xn; R21/22 R43 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-43-51/53 S: (2-)36/37-61		
613-178-00-5	4-ethyl-2-methyl-2-isopentyl-1,3-oxazolidine	410-470-2	137796-06-6	C; R34 R43	C R: 34-43 S: (1/2-)7/8-26-36/37/39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
613-179-00-0	lithium 3-oxo-1,2(2H)-benzothiazol-2-ide	411-690-1	111337-53-2	Xn; R22 C; R34 R43 N; R51-53	C; N R: 22-34-43-51/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61		
613-180-00-6	N-(1,1-dimethylethyl)bis(2-benzothiazolesulfen)amide	407-430-1	3741-80-8	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-181-00-1	5,5-dimethyl-perhydro-pyrimidin-2-one α-(4-trifluoromethylstyryl)-α-(4-trifluoromethyl)cinnamylidenehydrazone	405-090-9	67485-29-4	T; R48/25 Xn; R22 Xi; R36 N; R50-53	T; N R: 22-36-48/25-50/53 S: (1/2-)22-26-36/37-45-60-61		
613-182-00-7	1-(1-naphthylmethyl)quinolinium chloride	406-220-7	65322-65-8	Carc. Cat. 3; R40 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R22 Xi; R38-41 R52-53	Xn R: 22-38-40-41-52/53-68 S: (2-)22-26-36/37/39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-183-00-2	reaction mass of: 5-(N-methylperfluorooctylsulfonamido) methyl-3-octadecyl-1,3-oxazolidin-2-one; 5-(N-methylperfluoroheptylsulfonamido)methyl-3-octadecyl-1,3-oxazolidin-2-one	413-640-4	—	Xn; R48/22 N; R50-53	Xn; N R: 48/22-50/53 S: (2-)36-60-61		
613-184-00-8	nitrilotriethyleneammoniopropane-2-ol 2-ethylhexanoate	413-670-8	—	Xi; R36 R43	Xi R: 36-43 S: (2-)24-26-37		
613-185-00-3	2,3,5,6-tetrahydro-2-methyl-2H-cyclopenta[d]-1,2-thiazol-3-one	407-630-9	82633-79-2	T; R25 Xi; R41 R43 N; R50-53	T; N R: 25-41-43-50/53 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45-60-61		
613-186-00-9	(2R,3R)-3-((R)-1-(tert-butyldimethylsiloxy)ethyl)-4-oxoazetidin-2-yl acetate	408-050-9	76855-69-1	Xi; R36 R43 N; R51-53	Xi; N R: 36-43-51/53 S: (2-)24-26-37-61		
613-188-00-X	1-(3-(4-fluorophenoxy)propyl)-3-methoxy-4-piperidinone	411-500-7	116256-11-2	Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-51/53 S: (2-)22-24-26-37/ 39-61		
613-189-00-5	1,4,7,10-tetrakis(p-toluensulfonyl)-1,4,7,10-tetraazacyclododecane	414-030-0	52667-88-6	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
613-190-00-0	disodium 1-amino-4-(2-(5-chloro-6-fluoro-pyrimidin-4-ylamino-methyl)-4-methyl-6-sulfo-phenylamino)-9,10-dioxo-9,10-dihydro-anthracene-2-sulfonate	414-040-5	149530-93-8	Xn; R22 R43	Xn R: 22-43 S: (2-)22-24-37		
613-191-00-6	3-ethyl-2-methyl-2-(3-methylbutyl)-1,3-oxazolidine	421-150-7	143860-04-2	Repr. Cat. 2; R60 C; R34 N; R50-53	T; N R: 60-34-50/53 S: 53-45-60-61		
613-193-00-7	pentakis[3-(dimethylammonio)propylsulfamoyl]-[(6-hydroxy-4,4,8,8-tetramethyl-4,8-diazoniaundecane-1,11-diyl)disulfamoyl]di[phthalocyaninecopper(II)] heptalactate	414-930-3	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
613-194-00-2	6,13-dichloro-3,10-bis[2-[4-fluoro-6-(2-sulfophenylamino)-1,3,5-triazin-2-ylamino]propylamino]benzo[5,6][1,4]oxazino[2,3-b.]phenoxazine-4,11-disulphonic acid, lithium-, sodium salt	418-000-8	163062-28-0	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)22-26-39		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-195-00-8	2,2-(1,4-phenylene)bis((4H—3,1-benzoxazine-4-one)	418-280-1	18600-59-4	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
613-196-00-3	5-[[4-chloro-6-[[2-[[4-fluoro-6-[[5-hydroxy-6-[[4-methoxy-2-sulfophenyl]azo]-7-sulfo-2-naphthalenyl]amino]-1,3,5-triazin-2-yl]amino]-1-methylethyl]amino]-1,3,5-triazin-2-yl]amino]-3-[[4-(ethenylsulfonyl)phenyl]azo]-4-hydroxy-naphthalene-2,7-disulfonic acid, sodium salt	418-380-5	168113-78-8	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
613-197-00-9	reaction mass of: 2,4,6-tri(butylcarbamoyl)-1,3,5-triazine; 2,4,6-tri(methylcarbamoyl)-1,3,5-triazine; [(2-butyl-4,6-dimethyl)tricarbamoyl]-1,3,5-triazine; [(2,4-dibutyl-6-methyl)tricarbamoyl]-1,3,5-triazine	420-390-1	187547-46-2	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
613-199-00-X	reaction mass of: 1,3,5-tris(3-aminomethylphenyl)-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazine-2,4,6-trione; reaction mass of oligomers of 3,5-bis(3-aminomethylphenyl)-1-poly[3,5-bis(3-aminomethylphenyl)-2,4,6-trioxo-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazin-1-yl]-1,3,5-(1H,3H,5H)-triazine-2,4,6-trione	421-550-1	—	Carc. Cat. 2; R45 Repr. Cat. 2; R61 R43 R52-53	T R: 45-61-43-52/53 S: 53-45-61		
613-200-00-3	Reaction product of: copper, (29H,31H-phthalocyaninato(2-)-N29,N30,N31,N32)-, chlorosulfuric acid and 3-(2-sulfoxyethylsulfonyl)aniline, sodium salts	420-980-7	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)22-26-39		
613-201-00-9	(R)-5-bromo-3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl methyl)-1H-indole	422-390-5	143322-57-0	Repr. Cat. 3; R62 T; R39-48/25 Xn; R20/22 Xi; R41 R43 N; R50-53	T; N R: 20/22-39-41-43-48/25-62-50/53 S: (1/2-)53-45-60-61		
613-202-00-4	pymetrozine (ISO); (E)-4,5-dihydro-6-methyl-4-(3-pyridylmethyleneamino)-1,2,4-triazin-3(2H)-one	—	123312-89-0	Carc. Cat. 3; R40 R52-53	Xn R: 40-52/53 S: (2-)36/37-61		
613-203-00-X	pyraflufen-ethyl; [1] pyraflufen [2]	- [1] - [2]	129630-19-9 [1] 129630-17-7 [2]	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-204-00-5	oxadiargyl (ISO); 3-[2,4-dichloro-5-(2-propynyloxy)phenyl]-5-(1,1-dimethyl-ethyl)-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one; 5-tert-butyl-3-[2,4-dichloro-5-(prop-2-ynyloxy)phenyl]-1,3,4-oxadiazol-2(3H)-one	254-637-6	39807-15-3	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R48/22 N; R50-53	Xn; N R: 48/22-63-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
613-205-00-0	propiconazole (ISO); (±)-1-[2-(2,4-dichlorophenyl)-4-propyl-1,3-dioxolan-2-ylmethyl]-1H-1,2,4-triazole	262-104-4	60207-90-1	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
613-206-00-6	fenamidone (ISO); (S)-5-methyl-2-methylthio-5-phenyl-3-phenylamino-3,5-dihydroimidazol-4-one	—	161326-34-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-208-00-7	imazamox (ISO); (RS)-2-(4-isopropyl-4-methyl-5-oxo-2-imidazolin-2-yl)-5-methoxymethylnicotinic acid	—	114311-32-9	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-209-00-2	cis-1-(3-chloropropyl)-2,6-dimethyl-piperidin hydrochloride	417-430-3	63645-17-0	T; R25 Xn; R48/22 R43 N; R51-53	T; N R: 25-43-48/22-51/53 S: (1/2-)22-36/37-45-61		
613-210-00-8	2-(3-chloropropyl)-2,5,5-trimethyl-1,3-dioxane	417-650-1	88128-57-8	Xn; R48/22 R52-53	Xn R: 48/22-52/53 S: (2-)23-25-36-61		
613-211-00-3	N-methyl-4-(p-formylstyryl)pyridinium methylsulfate	418-240-3	74401-04-0	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
613-212-00-9	4-[4-(2-ethylhexyloxy)phenyl](1,4-thiazinane-1,1-dioxide)	418-320-8	133467-41-1	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)22-60-61		
613-213-00-4	cis-1-benzoyl-4-[(4-methylsulfonyl)oxy]-L-proline	416-040-0	120807-02-5	R52-53	R: 52/53 S: 61		
613-214-00-X	N,N-di-n-butyl-2-(1,2-dihydro-3-hydroxy-6-isopropyl-2-quinolydene)-1,3-dioxindan-5-carboxamide	416-260-7	147613-95-4	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-215-00-5	2-chloromethyl-3,4-dimethoxy-pyridinium chloride	416-440-5	72830-09-2	Xn; R21/22-48/22 Xi; R38-41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-38-41-43-48/22-51/53 S: (2-)26-36/37/39-61		
613-216-00-0	6- <i>tert</i> -butyl-7-(6-diethylamino-2-methyl-3-pyridylimino)-3-(3-methylphenyl)pyrazolo[3,2-c][1,2,4]triazole	416-490-8	162208-01-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-217-00-6	4-[3-(3,5-di- <i>tert</i> -butyl-4-hydroxyphenyl)propionyloxy]-1-[2-[3-(3,5-di- <i>tert</i> -butyl-4-hydroxyphenyl)propionyloxy]ethyl]-2,2,6,6-tetramethylpiperidine	416-770-1	73754-27-5	R53	R: 53 S: 61		
613-218-00-1	6-hydroxyindole	417-020-4	2380-86-1	Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	Xn; N R: 22-41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
613-219-00-7	7a-ethyl-3,5-bis(1-methylethyl)-2,3,4,5-tetrahydrooxazolo[3,4-c]-2,3,4,5-tetrahydrooxazole	417-140-7	79185-77-6	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)37-61		
613-220-00-2	trans-(4 <i>S</i> ,6 <i>S</i> )-5,6-dihydro-6-methyl-4 <i>H</i> -thieno[2,3- <i>b</i> ]thiopyran-4-ol, 7,7-dioxide	417-290-3	147086-81-5	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)36		
613-221-00-8	2-chloro-5-methyl-pyridine	418-050-0	18368-64-4	Xn; R21/22 Xi; R38 R52-53	Xn R: 21/22-38-52/53 S: (2-)23-25-36/37-61		
613-222-00-3	4-(1-oxo-2-propenyl)-morpholine	418-140-1	5117-12-4	Xn; R22-48/22 Xi; R41 R43	Xn R: 22-41-43-48/22 S: (2-)23-26-36/37/39		
613-223-00-9	<i>N</i> -isopropyl-3-(4-fluorophenyl)-1 <i>H</i> -indole	418-790-4	93957-49-4	R53	R: 53 S: 61		
613-224-00-4	2,5-dimercaptomethyl-1,4-dithiane	419-770-8	136122-15-1	Xn; R22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-34-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
613-225-00-X	reaction mass of:[2-(anthraquinon-1-ylamino)-6-[(5-benzoylamino)-anthraquinone-1-ylamino]-4-phenyl]-1,3,5-triazine; 2,6-bis-[(5-benzoylamino)-anthraquinon-1-ylamino]-4-phenyl-1,3,5-triazine.	421-290-9	—	Xn; R48/22 R53	Xn R: 48/22-53 S: (2-)22-36-61		
613-226-00-5	1-(2-(ethyl(4-(4-(4-(ethyl(2-pyridinoethyl)amino)-2-methylphenylazo)benzoylamino)-phenylazo)-3-methylphenyl)amino)ethyl)-pyridinium dichloride	420-950-3	163831-67-2	Xi; R41 N; R50-53	Xi; N R: 41-50/53 S: (2-)26-39-60-61		
613-227-00-0	(±)-[(R*,R*) and (R*,S*)]-6-fluoro-3,4-dihydro-2-oxiranyl-2H-1-benzopyran	419-600-2	99199-90-3	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-28-36/37-61		
613-228-00-6	(±)-(R*,S*)-6-fluoro-3,4-dihydro-2-oxiranyl-2H-1-benzopyran	419-630-6	793669-26-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 24-61		
613-230-00-7	florasulam (ISO); 2',6',8-trifluoro-5-methoxy-5-triazolo[1,5-c]; pyrimidine-2-sulfonilide	—	145701-23-1	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
613-233-00-3	4,4'-(oxy-(bismethylene))-bis-1,3-dioxolane	423-230-7	56552-15-9	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
614-001-00-4	nicotine (ISO); 3-(N-methyl-2-pyrrolidinyl)pyridine	200-193-3	54-11-5	T+; R27 T; R25 N; R51-53	T+; N R: 25-27-51/53 S: (1/2-)36/37-45-61		
614-002-00-X	salts of nicotine	—	—	T+; R26/27/ 28 N; R51-53	T+; N R: 26/27/28-51/53 S: (1/2-)13-28-45-61		A
614-003-00-5	strychnine	200-319-7	57-24-9	T+; R27/28 N; R50-53	T+; N R: 27/28-50/53 S: (1/2-)36/37-45-60-61		
614-004-00-0	salts of strychnine	—	—	T+; R26/28 N; R50-53	T+; N R: 26/28-50/53 S: (1/2-)13-28-45-60-61		A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
614-005-00-6	colchicine	200-598-5	64-86-8	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)13-45		
614-006-00-1	brucine; 2,3-dimethoxystrychnine	206-614-7	357-57-3	T+; R26/28 R52-53	T+ R: 26/28-52/53 S: (1/2-)13-45-61		
614-007-00-7	brucine sulphate; [1] brucine nitrate; [2] Strychnidin-10-one, 2,3-dimethoxy-, mono[(R)-1-methylheptyl 1,2-benzenedicarboxylate]; [3] Strychnidin-10-one, 2,3-dimethoxy-, compd. with (S)mono(1-methylheptyl)-1,2-benzenedicarboxylate (1:1) [4]	225-432-9 [1] 227-317-9 [2] 269-439-5 [3] 269-710-8 [4]	4845-99-2 [1] 5786-97-0 [2] 68239-26-9 [3] 68310-42-9 [4]	T+; R26/28 R52-53	T+ R: 26/28-52/53 S: (1/2-)13-45-61		A
614-008-00-2	aconitine	206-121-7	302-27-2	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)24-45		
614-009-00-8	salts of aconitine	—	—	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)24-45		A
614-010-00-3	atropine	200-104-8	51-55-8	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)25-45		
614-011-00-9	salts of atropine	—	—	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)25-45		A
614-012-00-4	hyoscyamine	202-933-0	101-31-5	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)24-45		
614-013-00-X	salts of hyoscyamine	—	—	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)24-45		A
614-014-00-5	hyoscine	200-090-3	51-34-3	T+; R26/27/28	T+ R: 26/27/28 S: (1/2-)25-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
614-015-00-0	salts of hyoscine	—	—	T+; R26/27/28	T+ R: 26/27/28 S: (1/2-)25-45		A
614-016-00-6	pilocarpine	202-128-4	92-13-7	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)25-45		
614-017-00-1	salts of pilocarpine	—	—	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)25-45		A
614-018-00-7	papaverine	200-397-2	58-74-2	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22		
614-019-00-2	salts of papaverine	—	—	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22		A
614-020-00-8	physostigmine	200-332-8	57-47-6	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)25-45		
614-021-00-3	salts of physostigmine	—	—	T+; R26/28	T+ R: 26/28 S: (1/2-)25-45		A
614-022-00-9	digitoxin	200-760-5	71-63-6	T; R23/25 R33	T R: 23/25-33 S: (1/2-)45		
614-023-00-4	ephedrine	206-080-5	299-42-3	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22-25		
614-024-00-X	salts of ephedrine	—	—	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)22-25		A
614-025-00-5	ouabain	211-139-3	630-60-4	T; R23/25 R33	T R: 23/25-33 S: (1/2-)45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
614-026-00-0	strophantin-K	234-239-9	11005-63-3	T; R23/25 R33	T R: 23/25-33 S: (1/2-)45		
614-027-00-6	bufa-4,20,22-trienolide, 6-(acetyloxy)-3-(β-D-glucopyranosyloxy)-8,14-dihydroxy-, (3β, 6β)-; red squill; scilliroside	208-077-4	507-60-8	T+; R28	T+ R: 28 S: (1/2-)36/37-45		
614-028-00-1	reaction mass of: 2-ethylhexyl mono-D-glucopyranoside; 2-ethylhexyl di-D-glucopyranoside	414-420-0	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
614-029-00-7	constitutional isomers of penta-O-allyl-β-D-fructofuranosyl-α-D-glucopyranoside; constitutional isomers of hexa-O-allyl-β-D-fructofuranosyl-α-D-glucopyranoside; constitutional isomers of hepta-O-allyl-β-D-fructofuranosyl-α-D-glucopyranoside	419-640-0	68784-14-5	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
615-001-00-7	methyl isocyanate	210-866-3	624-83-9	F+; R12 ⊗ Repr. Cat. 3; R63 T+; R26 T; R24/25 R42/43 Xi; R37/38-41	F+; T+ R: 12-24/25-26-37/ 38-41-42/43-63 S: (1/2-)26-27/28-36/ 37/39-45-63		
615-002-00-2	methyl isothiocyanate	209-132-5	556-61-6	T; R23/25 C; R34 R43 N; R50-53	T; N R: 23/25-34-43-50/ 53 S: (1/2-)36/37-38-45-60-61		
615-003-00-8	thiocyanic acid	207-337-4	463-56-9	Xn; R20/21/ 22 R32 R52-53	Xn R: 20/21/22-32-52/ 53 S: (2-)13-61		
615-004-00-3	salts of thiocyanic acid	—	—	Xn; R20/21/ 22 R32 R52-53	Xn R: 20/21/22-32-52/ 53 S: (2-)13-61		A

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
615-005-00-9	4,4'-methylenediphenyl diisocyanate; diphenylmethane-4,4'-diisocyanate; [1] 2,2'-methylenediphenyl diisocyanate; diphenylmethane-2,2'-diisocyanate; [2] o-(p-isocyanatobenzyl)phenyl isocyanate; diphenylmethane-2,4'-diisocyanate; [3] methylenediphenyl diisocyanate [4]	202-966-0 [1] 219-799-4 [2] 227-534-9 [3] 247-714-0 [4]	101-68-8 [1] 2536-05-2 [2] 5873-54-1 [3] 26447-40-5 [4]	Xn; R20 Xi; R36/37/ 38 R42/43	Xn R: 20-36/37/38-42/ 43 S: (1/2-)23-36/37-45	Xi; R36/37/38: C ≥ 5 % R42: C ≥ 0,1 %	C 2
615-006-00-4	2-methyl- <i>m</i> -phenylene diisocyanate; toluene-2,4-di-isocyanate; [1] 4-methyl- <i>m</i> -phenylene diisocyanate; toluene-2,6-di-isocyanate; [2] <i>m</i> -tolylidene diisocyanate; toluene-diisocyanate [3]	202-039-0 [1] 209-544-5 [2] 247-722-4 [3]	91-08-7 [1] 584-84-9 [2] 26471-62-5 [3]	Carc. Cat. 3; R40 T+; R26 Xi; R36/37/ 38 R42/43 R52-53	T+ R: 26-36/37/38-40- 42/43-52/53 S: (1/2-)23-36/37-45- 61	R42: C ≥ 0,1 %	C 2
615-007-00-X	1,5-naphthylene diisocyanate	221-641-4	3173-72-6	Xn; R20 Xi; R36/37/ 38 R42 R52-53	Xn R: 20-36/37/38-42- 52/53 S: (2-)26-28-38-45- 61		
615-008-00-5	3-isocyanatomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexyl isocyanate; isophorone di-isocyanate	223-861-6	4098-71-9	T; R23 Xi; R36/37/ 38 R42/43 N; R51-53	T; N R: 23-36/37/38-42/ 43-51/53 S: (1/2-)26-28-38-45- 61	T; R23: C ≥ 2 % Xn; R20: 0,5 % ≤ C < 2 % R42/43: C ≥ 0,5 %	2
615-009-00-0	4,4'-methylenedi(cyclohexyl isocyanate); dicyclohexylmethane-4,4'-di-isocyanate	225-863-2	5124-30-1	T; R23 Xi; R36/37/ 38 R42/43	T R: 23-36/37/38-42/ 43 S: (1/2-)26-28-38-45	T; R23: C ≥ 2 % Xn; R20: 0,5 % ≤ C < 2 % R42/43: C ≥ 0,5 %	2
615-010-00-6	2,2,4-trimethylhexamethylene-1,6-di-isocyanate; [1] 2,4,4-trimethylhexamethylene-1,6-di-isocyanate [2]	241-001-8 [1] 239-714-4 [2]	16938-22-0 [1] 15646-96-5 [2]	T; R23 Xi; R36/37/ 38 R42	T R: 23-36/37/38-42 S: (1/2-)26-28-38-45	T; R23: C ≥ 2 % Xn; R20: 0,5 % ≤ C < 2 % R42: C ≥ 0,5 %	C 2
615-011-00-1	hexamethylene-di-isocyanate	212-485-8	822-06-0	T; R23 Xi; R36/37/ 38 R42/43	T R: 23-36/37/38-42/ 43 S: (1/2-)26-28-38-45	T; R23: C ≥ 2 % Xn; R20: 0,5 % ≤ C < 2 % R42/43: C ≥ 0,5 %	2



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
615-012-00-7	4-isocyanatosulphonyltoluene; tosyl isocyanate	223-810-8	4083-64-1	R14 Xi; R36/37/ 38 R42	Xn R: 14-36/37/38-42 S: (2-)26-28-30	Xi; R36/37/38; C ≥ 5 %	
615-013-00-2	cyanamide; carbanonitril	206-992-3	420-04-2	T; R25 Xn; R21 Xi; R36/38 R43	T R: 21-25-36/38-43 S: (1/2-)3-22-36/37- 45		
615-014-00-8	tris(1-dodecyl-3-methyl-2-phenylbenzimidazolium)hexacyanoferate	—	7276-58-6	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24		
615-015-00-3	1,7,7-trimethylbicyclo(2,2,1)hept-2-yl thiocyanatoacetate; isobornyl thiocyanacetate	204-081-5	115-31-1	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)24/25-60-61		
615-016-00-9	potassium cyanate	209-676-3	590-28-3	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)24/25		
615-017-00-4	calcium cyanamide	205-861-8	156-62-7	Xn; R22 Xi; R37-41	Xn R: 22-37-41 S: (2-)22-26-36/37/39		
615-018-00-X	2-(2-butoxyethoxy)ethyl thiocyanate	203-985-7	112-56-1	R10 T; R24/25	T R: 10-24/25 S: (1/2-)13-36/37-45		
615-019-00-5	dicyclohexylcarbodiimide	208-704-1	538-75-0	T; R24 Xn; R22 Xi; R41 R43	T R: 22-24-41-43 S: (1/2-)24-26-37/39- 45		
615-020-00-0	methylene dithiocyanate	228-652-3	6317-18-6	T+; R26 T; R25 C; R34 R43 N; R50	T+; N R: 25-26-34-43-50 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
615-021-00-6	1,3,5-tris(oxiranylmethyl)-1,3,5-triazine-2,4,6(1H,3H,5H)-trione; TGIC	219-514-3	2451-62-9	Muta. Cat. 2; R46 T; R23/25 Xn; R48/22 Xi; R41 R43 R52-53	T R: 46-23/25-41-43-48/22-52/53 S: 53-45-61		E
615-022-00-1	methyl 3-isocyanatosulfonyl-2-thiophene-carboxylate	410-550-7	79277-18-2	E; R2 ⊗ R14 Xn; R48/22 R42/43	E; Xn R: 2-14-42/43-48/22 S: (2-)22-30-35-36/37		
615-023-00-7	2-(isocyanatosulfonylmethyl)benzoic acid methyl ester; (alt.):methyl 2-(isocyanatosulfonylmethyl)benzoate	410-900-9	83056-32-0	R10 R14 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R20-48/ 22 Xi; R41 R42	Xn R: 10-14-20-41-42-48/22-68 S: (2-)23-26-36/37/39		
615-024-00-2	2-phenylethylisocyanate	413-080-0	1943-82-4	T; R23 Xn; R22 C; R35 R42/43 N; R51-53	T; C; N R: 22-23-35-42/43-51/53 S: (1/2-)23-26-36/37/ 39-43-45-61		
615-025-00-8	4,4'-ethylidenediphenyl dicyanate	405-740-1	47073-92-7	Xn; R20/22-48/22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 20/22-41-48/22-50/53 S: (2-)26-36/37/39-60-61		
615-026-00-3	4,4'-methylenebis(2,6-dimethylphenyl cyanate)	405-790-4	101657-77-6	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)22-24-37-61		
615-028-00-4	ethyl 2-(isocyanatosulfonyl)benzoate	410-220-2	77375-79-2	E; R2 ⊗ R14 Xn; R22-48/ 22 Xi; R41 R42/43	E; Xn R: 2-14-22-41-42/43-48/22 S: (2-)8-23-26-30-35-36/37/39		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
615-029-00-X	2,5-bis-isocyanatomethyl-bicyclo[2.2.1]heptane	411-280-2	—	T+; R26 Xn; R22 C; R34 R42/43 R52-53	T+ R: 22-26-34-42/43-52/53 S: (1/2-)23-26-28-36/37/39-45-61		
615-030-00-5	alkali salts, alkali earth salts and other salts of thiocyanic acid not mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Xn; R20/21/22 R32 R52-53	Xn R: 20/21/22-32-52/53 S: (2-)13-61		A
615-031-00-0	thallium salt of thiocyanic acid	222-571-7	3535-84-0	Xn; R20/21/22 R32 N; R51-53	Xn; N R: 20/21/22-32-51/53 S: (2-)13-61		A
615-032-00-6	metal salts of thiocyanic acid not mentioned elsewhere in this Annex	—	—	Xn; R20/21/22 R32 N; R50-53	Xn; N R: 20/21/22-32-50/53 S: (2-)13-60-61		A
616-001-00-X	N,N-dimethylformamide; dimethyl formamide	200-679-5	68-12-2	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R20/21 Xi; R36	T R: 61-20/21-36 S: 53-45		E
616-002-00-5	2-fluoroacetamide	211-363-1	640-19-7	T+; R28 T; R24	T+ R: 24-28 S: (1/2-)36/37-45		
616-003-00-0	acrylamide; prop-2-enamide	201-173-7	79-06-1	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 2; R46 Repr. Cat. 3; R62 T; R25-48/ 23/24/25 Xn; R20/21 Xi; R36/38 R43	T R: 45-46-20/21-25-36/38-43-48/23/24/25-62 S: 53-45		DE

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-004-00-6	allidochlor (ISO); N,N-diallylchloroacetamide	202-270-7	93-71-0	Xn; R21/22 Xi; R36/38 N; R51-53	Xn; N R: 21/22-36/38-51/ 53 S: (2-)26-28-36/37/ 39-61		
616-005-00-1	chlorthiamid (ISO); 2,6-dichloro (thiobenzamide)	217-637-7	1918-13-4	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)36		
616-006-00-7	dichlofluamid (ISO); N-dichlorofluoromethylthio-N',N'-dimethyl-N-phenylsulphamide	214-118-7	1085-98-9	Xn; R20 Xi; R36 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20-36-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
616-007-00-2	diphenamid (ISO); N,N-dimethyl-2,2-diphenylacetamide	213-482-4	957-51-7	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
616-008-00-8	propachlor (ISO); 2-chloro-N-isopropylacetanilide; $\alpha$ -chloro-N-isopropylacetanilide	217-638-2	1918-16-7	Xn; R22 Xi; R36 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-36-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
616-009-00-3	propanil (ISO); 3',4'-dichloropropionanilide	211-914-6	709-98-8	Xn; R22 N; R50	Xn; N R: 22-50 S: (2-)22-61		
616-010-00-9	tosylchloramide sodium	204-854-7	127-65-1	Xn; R22 R31 C; R34 R42	C R: 22-31-34-42 S: (1/2-)7-22-26-36/ 37/39-45		
616-011-00-4	N,N-dimethylacetamide	204-826-4	127-19-5	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R20/21	T R: 61-20/21 S: 53-45	Repr. Cat. 2; R61: C $\geq$ 5 %	E
616-012-00-X	N-(dichlorofluoromethylthio)phthalimide; N-(fluorodichloromethylthio)phthalimide	211-952-3	719-96-0	Xi; R38	Xi R: 38 S: (2-)28		
616-013-00-5	butyraldehyde oxime	203-792-8	110-69-0	T; R24 Xn; R22 Xi; R36	T R: 22-24-36 S: (1/2-)23-36-45		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-014-00-0	2-butanone oxime; ethyl methyl ketoxime; ethyl methyl ketone oxime	202-496-6	96-29-7	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R21 Xi; R41 R43	Xn R: 21-40-41-43 S: (2-)13-23-26-36/ 37/39		
616-015-00-6	alachlor (ISO); 2-chloro-2',6'-diethyl-N-(methoxymethyl)acetanilide	240-110-8	15972-60-8	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-43-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61	N; R50-53: C ≥ 0,25 % N; R51-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 % R52-53: 0,0025 % ≤ C < 0,025 %	
616-016-00-1	1-(3,4-dichlorophenylimino) thiosemicarbazide	—	5836-73-7	T+; R28	T+ R: 28 S: (1/2-)22-36/37-45		
616-017-00-7	cartap hydrochloride	239-309-2	15263-52-2	Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
616-018-00-2	N,N-diethyl- <i>m</i> -toluamide; deet	205-149-7	134-62-3	Xn; R22 Xi; R36/38 R52-53	Xn R: 22-36/38-52/53 S: (2-)61		
616-019-00-8	perfluidone (ISO); 1,1,1-trifluoro-N-(4-phenylsulphonyl- <i>o</i> -tolyl)methanesulpho- namide	253-718-3	37924-13-3	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)		
616-020-00-3	tebuthiuron (ISO); 1-(5- <i>tert</i> -butyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3-dimethylurea	251-793-7	34014-18-1	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)37-60-61		
616-021-00-9	thiazafurone (ISO); 1,3-dimethyl-1-(5-trifluoromethyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)urea	246-901-4	25366-23-8	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)60-61		
616-022-00-4	acetamide	200-473-5	60-35-5	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		
616-023-00-X	N-hexadecyl(or octadecyl)-N-hexadecyl(or octadecyl)benza- mide	401-980-6	—	Xi; R38 R43	Xi R: 38-43 S: (2-)24-37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-024-00-5	2-(4,4-dimethyl-2,5-dioxooxazolidin-1-yl)-2-chloro-5-(2-(2,4-di- <i>tert</i> -pentylphenoxy)butyramido)-4,4-dimethyl-3-oxovaleranimide	402-260-4	54942-74-4	R53	R: 53 S: 61		
616-025-00-0	valinamide	402-840-7	20108-78-5	Repr. Cat. 3; R62 Xi; R36 R43	Xn R: 36-43-62 S: (2-)26-36/37		
616-026-00-6	thioacetamide	200-541-4	62-55-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R22 Xi; R36/38 R52-53	T R: 45-22-36/38-52/ 53 S: 53-45-61		E
616-027-00-1	tris(2-(2-hydroxyethoxy)ethyl)ammonium 3-acetoacetamido-4-methoxybenzenesulfonate	403-760-5	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
616-028-00-7	N-(4-(3-(4-cyanophenyl)ureido)-3-hydroxyphenyl)-2-(2,4-di- <i>tert</i> -pentylphenoxy)octanamide	403-790-9	108673-51-4	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
616-029-00-2	N,N'-ethylenebis(vinylsulfonylacetamide)	404-790-1	66710-66-5	Xi; R41 R43	Xi R: 41-43 S: (2-)24-26-37/39		
616-030-00-8	ethidimuron (ISO); 1-(5-ethylsulphonyl-1,3,4-thiadiazol-2-yl)-1,3-dimethylurea	250-010-6	30043-49-3	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
616-031-00-3	dimethachlor (ISO); 2-chloro-N-(2,6-dimethylphenyl)-N-(2-methoxyethyl)acetamide	256-625-6	50563-36-5	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
616-032-00-9	diflufenican (ISO); N-(2,4-difluorophenyl)-2-[3-(trifluoromethyl)phenoxy]-3-pyridinecarboxamide	—	83164-33-4	R52-53	R: 52/53 S: 61		
616-033-00-4	cyprofuram (ISO); N-(3-chlorophenyl)-N-(tetrahydro-2-oxo-3-furyl)cyclopropanecarboxamide	274-050-9	69581-33-5	T; R25 Xn; R21 N; R50-53	T; N R: 21-25-50/53 S: (1/2-)36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-034-00-X	pyracarbolid (ISO); 3,4-dihydro-6-methyl-2H-pyran-5-carboxanilide	246-419-4	24691-76-7	R52-53	R: 52/53 S: 61		
616-035-00-5	cymoxanil (ISO); 2-cyano-N-[(ethylamino)carbonyl]-2-(methoxyimino)acetamide	261-043-0	57966-95-7	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
616-036-00-0	2-chloroacetamide	201-174-2	79-07-2	Repr. Cat. 3; R62 T; R25 R43	T R: 25-43-62 S: (1/2-)22-36/37-45	R43: C ≥ 0,1 %	
616-037-00-6	acetochlor (ISO); 2-chloro-N-(ethoxymethyl)-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)acetamide	251-899-3	34256-82-1	Xn; R20 Xi; R37/38 R43 N; R50-53	Xn; N R: 20-37/38-43-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
616-038-00-1	(4-aminophenyl)-N-methylmethylensulfonamide hydrochloride	406-010-5	88918-84-7	Xi; R41 R43 N; R51-53	Xi; N R: 41-43-51/53 S: (2-)24-26-37/39-61		
616-039-00-7	3',5'-dichloro-4'-ethyl-2'-hydroxypalmitanilide	406-200-8	117827-06-2	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
616-040-00-2	potassium N-(4-toluenesulfonyl)-4-toluenesulfonamide	406-650-5	97888-41-0	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
616-041-00-8	3',5'-dichloro-2-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)-4'-ethyl-2'-hydroxyhexananilide	406-840-8	101664-25-9	R53	R: 53 S: 61		
616-042-00-3	N-(2-(6-ethyl-7-(4-methylphenoxy)-1H-pyrazolo[1,5-b][1,2,4]triazol-2-yl)propyl)-2-octadecyloxybenzamide	407-070-5	142859-67-4	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)22-24-37-61		
616-043-00-9	isoxaben (ISO); N-[3-(1-ethyl-1-methylpropyl)-1,2-oxazol-5-yl]-2,6-dimethoxybenzamide	407-190-8	82558-50-7	R53	R: 53 S: 61		
616-044-00-4	N-(3,5-dichloro-4-ethyl-2-hydroxyphenyl)-2-(3-pentadecylphenoxy)butanamide	402-510-2	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-045-00-X	2'-(4-chloro-3-cyano-5-formyl-2-thienylazo)-5'-diethylamino-2-methoxyacetanilide	405-190-2	122371-93-1	R43 R53	Xi R: 43-53 S: 2-22-24-37-61		
616-046-00-5	N-(2-(6-chloro-7-methylpyrazolo(1,5-b)-1,2,4-triazol-4-yl)propyl)-2-(2,4-di-tert-pentylphenoxy)octanamide	406-390-2	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-047-00-0	reaction mass of: 2,2',2''-(ethylenedinitrilotetrakis-N,N-di(C <sub>16</sub> )alkylacetamide; 2,2',2''-(ethylenedinitrilotetrakis-N,N-di(C <sub>18</sub> )alkylacetamide	406-640-0	—	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
616-048-00-6	3'-trifluoromethylisobutyranilide	406-740-4	1939-27-1	Xn; R48/22 N; R51-53	Xn; N R: 48/22-51/53 S: (2-)22-36-61		
616-049-00-1	2-(2,4-bis(1,1-dimethylethyl)phenoxy)-N-(3,5-dichloro-4-ethyl-2-hydroxyphenyl)-hexanamide	408-150-2	99141-89-6	R53	R: 53 S: 61		
616-050-00-7	lufenuron (ISO); N-[2,5-dichloro-4-(1,1,2,3,3,3-hexafluoropropoxy)-phenyl-aminocarbonyl]-2,6-difluorobenzamide	410-690-9	103055-07-8	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
616-051-00-2	reaction mass of: 2,4 -bis(N'-(4-methylphenyl)-ureido)-toluene; 2,6 -bis(N'-(4-methylphenyl)-ureido)-toluene	411-070-0	—	R53	R: 53 S: 61		
616-052-00-8	formamide	200-842-0	75-12-7	Repr. Cat. 2; R61	T R: 61 S: 53-45		
616-053-00-3	N-methylacetamide	201-182-6	79-16-3	Repr. Cat. 2; R61	T R: 61 S: 53-45		
616-054-00-9	iprodione (ISO); 3-(3,5-dichlorophenyl)-2,4-dioxo-N-isopropylimidazolidine-1-carboxamide	253-178-9	36734-19-7	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		
616-055-00-4	propyzamide (ISO); 3,5-dichloro-N-(1,1-dimethylprop-2-ynyl)benzamide	245-951-4	23950-58-5	Carc. Cat. 3; R40 N; R50-53	Xn; N R: 40-50/53 S: (2-)36/37-60-61		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-056-00-X	N-methylformamide	204-624-6	123-39-7	Repr. Cat. 2; R61 Xn; R21	T R: 61-21 S: 53-45		E
616-057-00-5	reaction mass of: N-[3-hydroxy-2-(2-methylacryloylamino-methoxy)propoxymethyl]-2-methylacrylamide; N-[2,3-bis-(2-methylacryloylamino-methoxy)propoxymethyl]-2-methylacrylamide; methacrylamide; 2-methyl-N-(2-methylacryloylamino-methoxymethyl)-acrylamide; N-(2,3-dihydroxypropoxymethyl)-2-methylacrylamide	412-790-8	—	Carc. Cat. 2; R45 Muta. Cat. 3; R68 Xn; R48/22	T R: 45-48/22 S: 53-45		E
616-058-00-0	1,3-bis(3-methyl-2,5-dioxo-1H-pyrrolinylmethyl)benzene	412-570-1	119462-56-5	Xn; R48/22 Xi; R41 R43 N; R50-53	Xn; N R: 41-43-48/22-50/ 53 S: (2-)26-36/37/39- 60-61		
616-059-00-6	4-((4-(diethylamino)-2-ethoxyphenyl)imino)-1,4-dihydro-1-oxo-N-propyl-2-naphthalenecarboxamide	412-650-6	121487-83-0	R53	R: 53 S: 61		
616-060-00-1	Condensation product of: 3-(7-carboxyhept-1-yl)-6-hexyl-4-cyclohexene-1,2-dicarboxylic acid with polyamines (primarily amino-ethyl-piperazine and triethylenetetramine)	413-770-1	—	Xn; R22 C; R34 R43 N; R50-53	C; N R: 22-34-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-60-61		
616-061-00-7	N,N'-1,6-hexanedylbis(N-(2,2,6,6-tetramethyl-piperidin-4-yl)-formamide	413-610-0	124172-53-8	Xi; R36 R52-53	Xi R: 36-52/53 S: (2-)26-61		
616-062-00-2	N-[3-[(2-acetyloxy)ethyl](phenyl-methyl)amino]-4-methoxyphenylacetamide	411-590-8	70693-57-1	C; R34 R52-53	C R: 34-52/53 S: (1/2-)26-36/37/39- 45-61		
616-063-00-8	3-dodecyl-(1-(1,2,2,6,6-pentamethyl-4-piperidin-yl)-2,5-pyrrolidindione	411-920-0	106917-30-0	T; R23 Xn; R22-48/ 22 C; R35 N; R50-53	T; C; N R: 22-23-35-48/22- 50/53 S: (1/2-)26-28-36/37/ 39-45-60-61		
616-064-00-3	N-tert-butyl-3-methylpicolinamide	406-720-5	32998-95-1	R52-53	R: 52/53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-065-00-9	3'-(3-acetyl-4-hydroxyphenyl)-1,1-diethylurea	411-970-3	79881-89-3	Xn; R22-48/22	Xn R: 22-48/22 S: (2-)22-36		
616-066-00-4	5,6,12,13-tetrachloroanthra(2,1,9-def:6,5,10-d'ef')diisoquinoline-1,3,8,10(2H,9H)-tetrone	405-100-1	115662-06-1	Repr. Cat. 3; R62	Xn R: 62 S: (2-)22-36/37		
616-067-00-X	dodecyl 3-(2-(3-benzyl-4-ethoxy-2,5-dioximidazolidin-1-yl)-4,4-dimethyl-3-oxovaleramido)-4-chlorobenzoate	407-300-4	92683-20-0	R53	R: 53 S: 61		
616-068-00-5	potassium 4-(11-methacrylamidoundecanamido)benzenesulfonate	406-500-9	174393-75-0	R43	Xi R: 43 S: (2-)22-24-37		
616-069-00-0	1-hydroxy-5-(2-methylpropyloxycarbonylamino)-N-(3-dodecyloxypropyl)-2-naphthoamide	406-210-2	110560-22-0	R53	R: 53 S: 61		
616-070-00-6	reaction mass of: 3,3'-dicyclohexyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea; 3-cyclohexyl-1-(4-(4-(3-octadecylureido)benzyl)phenyl)urea; 3,3'-dioctadecyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea	406-530-2	—	R53	R: 53 S: 22-61		
616-071-00-1	reaction mass of: bis(N-cyclohexyl-N'-phenyleneureido)methylene; bis(N-octadecyl-N'-phenyleneureido)methylene; bis(N-dicyclohexyl-N'-phenyleneureido)methylene (1:2:1)	406-550-1	—	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)22-24-37-61		
616-072-00-7	1-(2-deoxy-5-O-trityl-β-D-threopentofuranosyl)thymine	407-120-6	55612-11-8	R53	R: 53 S: 61		
616-073-00-2	4'-ethoxy-2-benzimidazoleanilide	407-600-5	120187-29-3	Muta. Cat. 3; R68 R53	Xn R: 68-53 S: (2-)22-36/37-61		
616-074-00-8	N-butyl-2-(4-morpholinylcarbonyl)benzamide	407-730-2	104958-67-0	Xi; R36 R43 R52-53	Xi R: 36-43-52/53 S: (2-)24-26-37-61		
616-075-00-3	D, L-(N,N-diethyl-2-hydroxy-2-phenylacetamide)	408-120-9	65197-96-8	Xn; R22 Xi; R41	Xn R: 22-41 S: (2-)26-39-46		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-076-00-9	tebufenozide (ISO); N— <i>tert</i> -butyl-N'-(4-ethylbenzoyl)-3,5-dimethylbenzohydrazide	412-850-3	112410-23-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
616-077-00-4	reaction mass of: 2-(9-methyl-1,3,8,10-tetraoxo-2,3,9,10-tetrahydro-(1 <i>H</i> ,8 <i>H</i> )-anthra[2,1,9— <i>def</i> : 6,5,10- <i>d'e'f'</i> ]diisoquinolin-2-ylethansulfonic acid; potassium 2-(9-methyl-1,3,8,10-tetraoxo-2,3,9,10-tetrahydro-(1 <i>H</i> ,8 <i>H</i> )-anthra[2,1,9— <i>def</i> : 6,5,10- <i>d'e'f'</i> ]diisoquinolin-2-ylethansulfate	411-310-4	—	Xi; R41	Xi R: 41 S: (2-)26-39		
616-078-00-X	2-[2,4-bis(1,1-dimethyl-ethyl)phenoxy]-N-(2-hydroxy-5-methyl-phenyl)hexanamide	411-330-3	104541-33-5	R53	R: 53 S: 61		
616-079-00-5	1,6-hexanediyyl-bis(2-(2-(1-ethylpentyl)-3-oxazolidinyl)ethyl) carbamate	411-700-4	140921-24-0	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
616-080-00-0	4-(2-((3-ethyl-4-methyl-2-oxo-pyrrolin-1-yl)carboxamido)ethyl)benzenesulfonamide)	411-850-0	119018-29-0	R52-53	R: 52/53 S: 61		
616-081-00-6	5-bromo-8-naphtholactam	413-480-5	24856-00-6	Xn; R22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-50/53 S: (2-)22-24-37-60-61		
616-082-00-1	N-(5-chloro-3-((4-(diethylamino)-2-methylphenyl)imino-4-methyl-6-oxo-1,4-cyclohexadien-1-yl)benzamide	413-200-1	129604-78-0	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
616-083-00-7	[2-[(4-nitrophenyl)amino]ethyl]urea	410-700-1	27080-42-8	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
616-084-00-2	2,4-bis[N'-(4-methylphenyl)ureido]toluene	411-790-5	—	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-085-00-8	3-(2,4-dichlorophenyl)-6-fluoro-quinazoline-2,4(1 <i>H</i> ,3 <i>H</i> )-dione	412-190-6	168900-02-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-086-00-3	2-acetyl-amino-6-chloro-4-[(4-diethylamino)2-methylphenyl-imino]-5-methyl-1-oxo-2,5-cyclohexadiene	412-250-1	102387-48-4	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-087-00-9	reaction mass of: 7,9,9-trimethyl-3,14-dioxa-4,13-dioxo-5,12-diazaheptadecane-1,16-diyl-prop-2-enoate; 7,7,9-trimethyl-3,14-dioxa-4,13-dioxo-5,12-diazaheptadecan-1,16-diyl-prop-2-enoate	412-260-6	52658-19-2	Xi; R36 R43 N; R51-53	Xi; N R: 36-43-51/53 S: (2-)26-36/37-61		
616-088-00-4	2-aminosulfonyl-N,N-dimethylnicotinamide	413-440-7	112006-75-4	R43 R52-53	Xi R: 43-52/53 S: (2-)24-37-61		
616-089-00-X	5-(2,4-dioxo-1,2,3,4-tetrahydropyrimidine)-3-fluoro-2-hydroxymethyltetrahydrofuran	415-360-8	41107-56-6	Muta. Cat. 3; R68	Xn R: 68 S: (2-)22-36/37		
616-090-00-5	1-(1,4-benzodioxan-2-ylcarbonyl)piperazine hydrochloride	415-660-9	70918-74-0	T; R23/24/25 Xn; R48/22 N; R51-53	T; N R: 23/24/25-48/22-51/53 S: 53-45-61		
616-091-00-0	1,3,5-tris-[(2S and 2R)-2,3-epoxypropyl]-1,3,5-triazine-2,4,6-(1H,3H,5H)-trione	423-400-0	59653-74-6	Muta. Cat. 2; R46 T; R23 Xn; R22-48/22 Xi; R41 R43	T R: 46-22-23-41-43-48/22 S: 53-45		E
616-092-00-6	Polymeric reaction product of bicyclo[2.2.1]hepta-2,5-diene, ethene, 1,4-hexadiene, 1-propene with N,N-di-2-propenyl-formamide	404-035-6	—	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
616-093-00-1	Reaction products of: aniline-terephthalaldehyde-o-toluidine condensate with maleic anhydride	406-620-1	129217-90-9	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
616-094-00-7	3,3'-dicyclohexyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea	406-370-3	58890-25-8	R43 R53	Xi R: 43-53 S: (2-)24-37-61		
616-095-00-2	3,3'-dioctadecyl-1,1'-methylenebis(4,1-phenylene)diurea	406-690-3	43136-14-7	R53	R: 53 S: 61		
616-096-00-8	N-(3-hexadecyloxy-2-hydroxyprop-1-yl)-N-(2-hydroxyethyl) palmitamide	408-110-4	110483-07-3	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-097-00-3	<i>N,N'</i> -1,4-phenylenebis(2-((2-methoxy-4-nitrophenyl)azo)-3-oxobutanamide	411-840-6	83372-55-8	R53	R: 53 S: 61		
616-098-00-9	1-[4-chloro-3-((2,2,3,3,3-pentafluoropropoxy)methyl)phenyl]-5-phenyl-1 <i>H</i> -1,2,4-triazole-3-carboxamide	411-750-7	119126-15-7	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
616-099-00-4	2-[4-[(4-hydroxyphenyl)sulfonyl]phenoxy]-4,4-dimethyl- <i>N</i> -[5-[(methylsulfonyl)amino]-2-[4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenoxy]phenyl]-3-oxopentanamide	414-170-2	135937-20-1	R53	R: 53 S: 61		
616-100-00-8	1,3-dimethyl-1,3-bis(trimethylsilyl)urea	414-180-7	10218-17-4	Xn; R22 Xi; R38	Xn R: 22-38 S: (2-)36/37		
616-101-00-3	( <i>S</i> )- <i>N</i> - <i>tert</i> -butyl-1,2,3,4-tetrahydro-3-isoquinolinecarboxamide	414-600-9	149182-72-9	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)61		
616-102-00-9	reaction mass of: $\alpha$ -[3-(3-mercaptopropanoxycarbonylamino)methylphenylaminocarbonyl]- $\omega$ -[3-(3-mercaptopropanoxycarbonylamino)methylphenylaminocarbonyloxy]-poly-(oxyethylene-co-oxypropylene); 1,2-(or 1,3)-bis[ $\alpha$ -(3-mercaptopropanoxycarbonylamino)methylphenylaminocarbonyl]- $\omega$ -oxy-poly(oxyethylene-co-oxypropylene)]-3-(or 2)-propanol; 1,2,3-tris[ $\alpha$ -(3-mercaptopropanoxycarbonyl-amino)methylphenylaminocarbonyl]- $\omega$ -oxy-poly-(oxyethylene-co-oxypropylene)]propane]	415-870-0	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)36/37-61		
616-103-00-4	( <i>S,S</i> )- <i>trans</i> -4-(acetylamino)-5,6-dihydro-6-methyl-7,7-dioxo-4 <i>H</i> -thieno[2,3- <i>b</i> ]thiopyran-2-sulfonamide	415-030-3	120298-38-6	R43 N; R50-53	Xi; N R: 43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
616-104-00-X	benalaxyl (ISO); methyl <i>N</i> -(2,6-dimethylphenyl)- <i>N</i> -(phenylacetyl)-DL-alaninate	275-728-7	71626-11-4	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-105-00-5	chlorotoluron (ISO); 3-(3-chloro- <i>p</i> -tolyl)-1,1-dimethylurea	239-592-2	15545-48-9	Carc. Cat. 3; R40 Repr. Cat. 3; R63 N; R50-53	Xn; N R: 40-63-50/53 S: (2-)26-36/37-46-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-106-00-0	phenmedipham (ISO); methyl 3-(3-methylcarbaniloyloxy)carbanilate	237-199-0	13684-63-4	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-108-00-1	iodosulfuron-methyl-sodium; sodium ([5-iodo-2-(methoxycarbonyl)phenyl]sulfonyl)carbamoyl(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)azanide	—	144550-36-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-109-00-7	sulfosulfuron (ISO); 1-(4,6-dimethoxypyrimidin-2-yl)-3-(2-ethylsulfonylimidazo [1,2-a]pyridin-3-yl)sulfonylurea	—	141776-32-1	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-110-00-2	cyclanilide (ISO); 1-(2,4-dichloroanilincarbonyl)cyclopropanecarboxylic acid	419-150-7	113136-77-9	Xn; R22 N; R51-53	Xn; N R: 22-51/53 S: (2-)61		
616-111-00-8	fenhexamid (ISO); N-(2,3-dichlor-4-hydroxyphenyl)-1-methylcyclohexancarboxamid	422-530-5	126833-17-8	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
616-112-00-3	oxasulfuron (ISO); oxetan-3-yl 2-[(4,6-dimethylpyrimidin-2-yl)-carbamoylsulfamoyl]benzoate	—	144651-06-9	Xn; R48/22 N; R50-53	Xn; N R: 48/22-50/53 S: (2-)46-60-61		
616-113-00-9	desmedipham (ISO); ethyl 3-phenylcarbamoyloxyphenylcarbamate	237-198-5	13684-56-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61	N; R50-53: C ≥ 2,5 % N; R51-53: 0,25 % ≤ C < 2,5 % R52-53: 0,025 % ≤ C < 0,25 %	
616-114-00-4	dodecanamide, N,N'-(9,9',10,10'-tetrahydro-9,9',10,10'-tetraoxo(1,1'-bianthracene)-4,4'-diyl)bis-	418-010-2	136897-58-0	R53	R: 53 S: 22-61		
616-115-00-X	N-(3-acetyl-2-hydroxyphenyl)-4-(4-phenylbutoxy)benzamide	416-150-9	136450-06-1	R53	R: 53 S: 61		
616-116-00-5	N-(4-dimethylaminopyridinium)-3-methoxy-4-(1-methyl-5-nitroindol-3-ylmethyl)-N-(o-tolylsulfonyl)benzamidate	416-790-9	143052-96-4	R53	R: 53 S: 61		
616-117-00-0	N-[2-(3-acetyl-5-nitrothiophen-2-ylazo)-5-diethylaminophenyl]acetamide	416-860-9	777891-21-1	Repr. Cat. 3; R62 R43 N; R50-53	Xn; N R: 43-62-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-118-00-6	N-(2',6'-dimethylphenyl)-2-piperidinecarboxamide hydrochloride	417-950-0	65797-42-4	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-61		
616-119-00-1	2-(1-butyl-3,5-dioxo-2-phenyl-(1,2,4)-triazolidin-4-yl)-4,4-dimethyl-3-oxo-N-(2-methoxy-5-(2-(dodecyl-1-sulfonyl)propionylamino)-phenyl)-pentanamide	418-060-5	118020-93-2	R53	R: 53 S: 61		
616-120-00-7	reaction mass of: N-(3-dimethylamino-4-methyl-phenyl)-benzamide; N-(3-dimethylamino-2-methyl-phenyl)-benzamide; N-(3-dimethylamino-3-methyl-phenyl)-benzamide	420-600-1	—	Xn; R48/22 N; R51-53	Xn; N R: 48/22-51/53 S: (2-)36/37-61		
616-121-00-2	2,4-dihydroxy-N-(2-methoxyphenyl)benzamide	419-090-1	129205-19-2	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
616-123-00-3	N-[3-[[4-(diethylamino)-2-methylphenyl]imino]-6-oxo-1,4-cyclohexadienyl]acetamide	414-740-0	96141-86-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-124-00-9	lithium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide	415-300-0	90076-65-6	T; R24/25 C; R34 R52-53	T R: 24/25-34-52/53 S: (1/2-)22-26-36/37/ 39-45-61		
616-125-00-4	3-cyano-N-(1,1-dimethylethyl)androsta-3,5-diene-17-β-carboxamide	415-730-9	151338-11-3	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-127-00-5	reaction mass of: N,N'-Ethane-1,2-diylbis(decanamide); 12-Hydroxy-N-[2-[1-oxydecyl]amino]ethyl]octadecanamide; N,N'-Ethane-1,2-diylbis(12-hydroxyoctadecanamide)	430-050-2	—	R43 N; R51-53	Xi; N R: 43-51/53 S: (2-)24-37-61		
616-128-00-0	N-(2-(1-allyl-4,5-dicyanoimidazol-2-ylazo)-5-(dipropylamino)phenyl)-acetamide	417-530-7	123590-00-1	R53	R: 53 S: 61		
616-129-00-6	N,N'-bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidyl)isophthalamide	419-710-0	42774-15-2	Xn; R22 Xi; R36	Xn R: 22-36 S: (2-)22-25-26		
616-130-00-1	N-(3-(2-(4,4-dimethyl-2,5-dioxoimidazolin-1-yl)-4,4-dimethyl-3-oxo-pentanoylamino)-4-methoxy-phenyl)-octadecanamide	421-780-2	150919-56-5	R53	R: 53 S: 61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
616-132-00-2	N-[4-(4-cyano-2-furfurylidene-2,5-dihydro-5-oxo-3-furyl)phenyl]butane-1-sulfonamide	423-250-6	130016-98-7	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
616-133-00-8	N-cyclohexyl-S,S-dioxobenzo[b]tiophene-2-carboxamide	423-990-1	149118-66-1	Xn; R22 Xi; R41 N; R50-53	Xn; N R: 22-41-50/53 S: (2-)22-26-39-60-61		
616-134-00-3	3,3'-bis(dioctyloxyphosphinothioylthio)-N,N'-oxybis(methylene)dipropionamide	401-820-5	793710-14-2	R52-53	R: 52/53 S: 61		
616-135-00-9	(3S,4aS,8aS)-2-[(2R,3S)-3-amino-2-hydroxy-4-phenylbutyl]-N-tert-butyldecahydroisoquinoline-3-carboxamide	430-230-0	136522-17-3	Xn; R22 R52-53	Xn R: 22-52/53 S: (2-)22-61		
616-142-00-7	1,3-Bis(vinylsulfonylacetamido)propane	428-350-3	93629-90-4	Muta. Cat. 3; R68 Xi; R41 R43 R52-53	Xn R: 41-43-68-52/53 S: (2-)22-26-36/37/39-61		
616-143-00-2	N,N'-dihexadecyl-N,N'-bis(2-hydroxyethyl)propanediamide	422-560-9	149591-38-8	Repr. Cat. 3; R62 Xi; R36 R53	Xn R: 36-62-53 S: (2-)26-36/37-61		
617-001-00-2	di-tert-butyl peroxide	203-733-6	110-05-4	O; R7 F; R11	O; F R: 7-11 S: (2-)3/7-14-16-36/37/39		
617-002-00-8	$\alpha$ , $\alpha$ -dimethylbenzyl hydroperoxide; cumene hydroperoxide	201-254-7	80-15-9	O; R7 T; R23 Xn; R21/22-48/20/22 C; R34 N; R51-53	O; T; N R: 7-21/22-23-34-48/20/22-51/53 S: (1/2-)3/7-14-36/37/39-45-50-61	C; R34: C $\geq$ 10 % Xi; R37/38-41: 3 % $\leq$ C < 10 % Xi; R36/37: 1 % $\leq$ C < 3 %	
617-003-00-3	dilauroyl peroxide	203-326-3	105-74-8	O; R7	O R: 7 S: (2-)3/7-14-36/37/39		



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
617-004-00-9	1,2,3,4-tetrahydro-1-naphthyl hydroperoxide	212-230-0	771-29-9	O; R7 Xn; R22 C; R34 N; R50-53	O; C; N R: 7-22-34-50/53 S: (1/2-)3/7-14-26-36/37/39-45-60-61	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
617-006-00-X	bis(α, α-dimethylbenzyl) peroxide	201-279-3	80-43-3	O; R7 Xi; R36/38 N; R51-53	O; Xi; N R: 7-36/38-51/53 S: (2-)3/7-14-36/37/39-61		
617-007-00-5	tert-butyl α, α-dimethylbenzyl peroxide	222-389-8	3457-61-2	O; R7 Xi; R38 N; R51-53	O; Xi; N R: 7-38-51/53 S: (2-)3/7-14-36/37/39-61		
617-008-00-0	dibenzoyl peroxide; benzoyl peroxide	202-327-6	94-36-0	E; R2 ⊗ Xi; R36 R43	E; Xi R: 2-36-43 S: (2-)3/7-14-36/37/39		
617-010-00-1	1-hydroperoxycyclohexyl 1-hydroxycyclohexyl peroxide; [1] 1,1'-dioxibiscyclohexan-1-ol; [2] cyclohexylidene hydroperoxide; [3] cyclohexanone, peroxide [4]	201-091-1 [1] 219-306-2 [2] 220-279-4 [3] 235-527-7 [4]	78-18-2 [1] 2407-94-5 [2] 2699-11-8 [3] 12262-58-7 [4]	E; R2 ⊗ Xn; R22 C; R34	E; C R: 2-22-34 S: (1/2-)3/7-14-36/37/39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	C
617-012-00-2	8-p-menthyl hydroperoxide; p-menthane hydroperoxide	201-281-4	80-47-7	O; R7 C; R34 Xn; R20	O; C R: 7-20-34 S: (1/2-)3/7-14-36/37/39-45	C; R34: C ≥ 10 % Xi; R36/37/38: 5 % ≤ C < 10 %	
617-013-00-8	O,O—tert-butyl O-docosyl monoperoxyoxalate	404-300-6	116753-76-5	O; R7 N; R50-53	O; N R: 7-50/53 S: (2-)7-14-36/37/39-47-60-61		
617-014-00-3	6-(nonylamino)-6-oxo-peroxyhexanoic acid	406-680-9	104788-63-8	O; R7 Xi; R41 R43 N; R50	O; Xi; N R: 7-41-43-50 S: (2-)3/7-14-26-36/37/39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
617-015-00-9	bis(4-methylbenzoyl)peroxide	407-950-9	895-85-2	E; R2 O; R7 N; R50-53	E; N R: 2-7-50/53 S: (2-)7-14-36/37/39-47-60-61		
617-016-00-4	3-hydroxy-1,1-dimethylbutyl 2-ethyl-2-methylheptaneperoxoate	413-910-1	—	O; R7 R10 Xi; R38 N; R50-53	O; Xi; N R: 7-10-38-50/53 S: (2-)7/47-14-36/37/39-60-61		
617-017-00-X	reaction mass of: 2,2'-bis( <i>tert</i> -pentylperoxy)- <i>p</i> -diisopropylbenzene; 2,2'-bis( <i>tert</i> -pentylperoxy)- <i>m</i> -diisopropylbenzene	412-140-3	32144-25-5	O; R7 ⊗ R53	O R: 7-53 S: (2-)3/7-14-36/37/39-61		
617-018-00-5	reaction mass of: 1-methyl-1-(3-(1-methylethyl)phenyl)ethyl-1-methyl-1-phenylethylperoxide, 63 % by weight; 1-methyl-1-(4-(1-methylethyl)phenyl)ethyl-1-methyl-1-phenylethylperoxide, 31 % by weight	410-840-3	71566-50-2	O; R7 N; R51-53	O; N R: 7-51/53 S: (2-)3/7-14-36/37/39-61		
617-019-00-0	6-(phthalimido)peroxyhexanoic acid	410-850-8	128275-31-0	O; R7 Xi; R41 N; R50	O; Xi; N R: 7-41-50 S: (2-)3/7-14-26-36/37/39-61		
617-020-00-6	1,3-di(prop-2,2-diy)benzene bis(neodecanoylperoxide)	420-060-5	117663-11-3	R10 O; R7 N; R51-53	O; N R: 7-10-51/53 S: (2-)7-14-36/37/39-47-61		
647-001-00-8	glucosidase, β-	232-589-7	9001-22-3	R42	Xn R: 42 S: (2-)22-24-36/37		
647-002-00-3	cellulase	232-734-4	9012-54-8	R42	Xn R: 42 S: (2-)22-24-36/37		
647-003-00-9	cellobiohydrolase, exo-	253-465-9	37329-65-0	R42	Xn R: 42 S: (2-)22-24-36/37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
647-004-00-4	cellulases with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	R42	Xn R: 42 S: (2-)22-24-36/37		A
647-005-00-X	bromelain, juice	232-572-4	9001-00-7	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-006-00-5	ficin	232-599-1	9001-33-6	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-007-00-0	papain	232-627-2	9001-73-4	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-008-00-6	pepsin A	232-629-3	9001-75-6	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-009-00-1	rennin	232-645-0	9001-98-3	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-010-00-7	trypsin	232-650-8	9002-07-7	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-011-00-2	chymotrypsin	232-671-2	9004-07-3	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-012-00-8	subtilisin	232-752-2	9014-01-1	Xi: R37/38-41 R42	Xn R: 37/38-41-42 S: (2-)22-24-26-36/37/39		
647-013-00-3	proteinase, microbial neutral	232-966-6	9068-59-1	Xi: R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
647-014-00-9	proteases with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	Xi; R36/37/38 R42	Xn R: 36/37/38-42 S: (2-)22-24-26-36/37		
647-015-00-4	amylase, α-	232-565-6	9000-90-2	R42	Xn R: 42 S: (2-)22-24-36/37		
647-016-00-X	amylases with the exception of those specified elsewhere in this Annex	—	—	R42	Xn R: 42 S: (2-)22-24-36/37		
648-001-00-0	Distillates (coal tar), benzole fraction; Light Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of coal tar. It consists of hydrocarbons having carbon numbers primarily in the range of C <sub>4</sub> to C <sub>10</sub> and distilling in the approximate range of 80 °C to 160 °C (175°F to 320°F).]	283-482-7	84650-02-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-002-00-6	Tar oils, brown-coal; Light Oil; [The distillate from lignite tar boiling in the range of approximately 80 °C to 250 °C (176°F to 482°F). Composed primarily of aliphatic and aromatic hydrocarbons and monobasic phenols.]	302-674-4	94114-40-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-003-00-1	Benzol forerunnings (coal); Light Oil Redistillate, low boiling; [The distillate from coke oven light oil having an approximate distillation range below 100 °C (212°F). Composed primarily of C <sub>4</sub> to C <sub>6</sub> aliphatic hydrocarbons.]	266-023-5	65996-88-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-004-00-7	Distillates (coal tar), benzole fraction, BTX-rich; Light Oil Redistillate, low boiling; [A residue from the distillation of crude benzole to remove benzole fronts. Composed primarily of benzene, toluene and xylenes boiling in the range of approximately 75 °C to 200 °C (167°F to 392°F).]	309-984-9	101896-26-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-005-00-2	Aromatic hydrocarbons, C <sub>6-10</sub> , C <sub>8</sub> -rich; Light Oil Redistillate, low boiling	292-697-5	90989-41-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-006-00-8	Solvent naphtha (coal), light; Light Oil Redistillate, low boiling	287-498-5	85536-17-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-007-00-3	Solvent naphtha (coal), xylene-styrene cut; Light Oil Redistillate, intermediate boiling	287-502-5	85536-20-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-008-00-9	Solvent naphtha (coal), coumarone-styrene contg.; Light Oil Redistillate, intermediate boiling	287-500-4	85536-19-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-009-00-4	Naphtha (coal), distn. residues; Light Oil Redistillate, high boiling; [The residue remaining from the distillation of recovered naphtha. Composed primarily of naphthalene and condensation products of indene and styrene.]	292-636-2	90641-12-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-010-00-X	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8</sub> ; Light Oil Redistillate, high boiling	292-694-9	90989-38-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-012-00-0	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8-9</sub> , hydrocarbon resin polymn. by-product; Light Oil Redistillate, high boiling; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the evaporation of solvent under vacuum from polymerized hydrocarbon resin. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>9</sub> and boiling in the range of approximately 120 °C to 215 °C (248°F to 419°F).]	295-281-1	91995-20-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-013-00-6	Aromatic hydrocarbons, C <sub>9-12</sub> , benzene distn.; Light Oil Redistillate, high boiling	295-551-9	92062-36-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-014-00-1	Extract residues (coal), benzole fraction alk., acid ext.; Light Oil Extract Residues, low boiling; [The redistillate from the distillate, freed of tar acids and tar bases, from bituminous coal high temperature tar boiling in the approximate range of 90 °C to 160 °C (194°F to 320°F). It consists predominantly of benzene, toluene and xylenes.]	295-323-9	91995-61-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-015-00-7	Extract residues (coal tar), benzole fraction alk., acid ext.; Light Oil Extract Residues, low boiling; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the redistillation of the distillate of high temperature coal tar (tar acid and tar base free). It consists predominantly of unsubstituted and substituted mononuclear aromatic hydrocarbons boiling in the range of 85 °C-195 °C (185°F-383°F).]	309-868-8	101316-63-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-016-00-2	Extract residues (coal), benzole fraction acid; Light Oil Extract Residues, low boiling; [An acid sludge by-product of the sulphuric acid refining of crude high temperature coal. Composed primarily of sulfuric acid and organic compounds.]	298-725-2	93821-38-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-017-00-8	Extract residues (coal), light oil alk., distn. overheads; Light Oil Extract Residues, low boiling; [The first fraction from the distillation of aromatic hydrocarbons, coumarone, naphthalene and indene rich prefractionator bottoms or washed carbolic oil boiling substantially below 145 °C (293°F). Composed primarily of C <sub>7</sub> and C <sub>8</sub> aliphatic and aromatic hydrocarbons.]	292-625-2	90641-02-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-018-00-3	Extract residues (coal), light oil alk., acid ext., indene fraction; Light Oil Extract Residues, intermediate boiling	309-867-2	101316-62-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-019-00-9	Extract residues (coal), light oil alk., indene naphtha fraction; Light Oil Extract Residues, high boiling; [The distillate from aromatic hydrocarbons, coumarone, naphthalene and indene rich prefractionator bottoms or washed carbolic oils, having an approximate boiling range of 155 °C to 180 °C (311°F to 356°F). Composed primarily of indene, indan and trimethylbenzenes.]	292-626-8	90641-03-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-020-00-4	Solvent naphtha (coal); Light Oil Extract Residues, high boiling; [The distillate from either high temperature coal tar, coke oven light oil, or coal tar oil alkaline extract residue having an approximate distillation range of 130 °C to 210 °C (266°F to 410°F) Composed primarily of indene and other polycyclic ring systems containing a single aromatic ring. May contain phenolic compounds and aromatic nitrogen bases.]	266-013-0	65996-79-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-021-00-X	Distillates (coal tar), light oils, neutral fraction; Light Oil Extract Residues, high boiling; [A distillate from the fractional distillation of high temperature coal tar. Composed primarily of alkyl-substituted one ring aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 135 °C to 210 °C (275°F to 410°F). May also include unsaturated hydrocarbons such as indene and coumarone.]	309-971-8	101794-90-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-022-00-5	Distillates (coal tar), light oils, acid exts.; Light Oil Extract Residues, high boiling; [This oil is a complex mixture of aromatic hydrocarbons, primarily indene, naphthalene, coumarone, phenol, and <i>o</i> -, <i>m</i> - and <i>p</i> -cresol and boiling in the range of 140 °C to 215 °C (284°F to 419°F).]	292-609-5	90640-87-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-023-00-0	Distillates (coal tar), light oils; Carbolic Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of coal tar. It consists of aromatic and other hydrocarbons, phenolic compounds and aromatic nitrogen compounds and distills at the approximate range of 150 °C to 210 °C (302°F to 410°F).]	283-483-2	84650-03-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-024-00-6	Tar oils, coal; Carbolic Oil; [The distillate from high temperature coal tar having an approximate distillation range of 130 °C to 250 °C (266°F to 410°F). Composed primarily of naphthalene, alkylnaphthalenes, phenolic compounds, and aromatic nitrogen bases.]	266-016-7	65996-82-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-026-00-7	Extract residues (coal), light oil alk., acid ext.; Carbolic Oil Extract Residue; [The oil resulting from the acid washing of alkali-washed carbolic oil to remove the minor amounts of basic compounds (tar bases). Composed primarily of indene, indan and alkylbenzenes.]	292-624-7	90641-01-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-027-00-2	Extract residues (coal), tar oil alk.; Carbolic Oil Extract Residue; [The residue obtained from coal tar oil by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxide after the removal of crude coal tar acids. Composed primarily of naphthalenes and aromatic nitrogen bases.]	266-021-4	65996-87-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-028-00-8	Extract oils (coal), light oil; Acid Extract; [The aqueous extract produced by an acidic wash of alkali-washed carbolic oil. Composed primarily of acid salts of various aromatic nitrogen bases including pyridine, quinoline and their alkyl derivatives.]	292-622-6	90640-99-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-029-00-3	Pyridine, alkyl derivs.; Crude Tar Bases; [The complex combination of polyalkylated pyridines derived from coal tar distillation or as high-boiling distillates approximately above 150 °C (302°F) from the reaction of ammonia with acetaldehyde, formaldehyde or paraformaldehyde.]	269-929-9	68391-11-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-030-00-9	Tar bases, coal, picoline fraction; Distillate Bases; [Pyridine bases boiling in the range of approximately 125 °C to 160 °C (257°F 320°F) obtained by distillation of neutralized acid extract of the base-containing tar fraction obtained by the distillation of bituminous coal tars. Composed chiefly of lutidines and picolines.]	295-548-2	92062-33-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-031-00-4	Tar bases, coal, lutidine fraction; Distillate Bases	293-766-2	91082-52-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-032-00-X	Extract oils (coal), tar base, collidine fraction; Distillate Bases; [The extract produced by the acidic extraction of bases from crude coal tar aromatic oils, neutralization, and distillation of the bases. Composed primarily of collidines, aniline, toluidines, lutidines, xylidines.]	273-077-3	68937-63-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-033-00-5	Tar bases, coal, collidine fraction; Distillate Bases; [The distillation fraction boiling in the range of approximately 181 °C to 186 °C (356°F to 367°F) from the crude bases obtained from the neutralized, acid-extracted base-containing tar fractions obtained by the distillation of bituminous coal tar. It contains chiefly aniline and collidines.]	295-543-5	92062-28-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-034-00-0	Tar bases, coal, aniline fraction; Distillate Bases; [The distillation fraction boiling in the range of approximately 180 °C to 200 °C (356°F to 392°F) from the crude bases obtained by dephenolating and debasing the carbolated oil from the distillation of coal tar. It contains chiefly aniline, collidines, lutidines and toluidines.]	295-541-4	92062-27-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-035-00-6	Tar bases, coal, toluidine fraction; Distillate Bases	293-767-8	91082-53-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-036-00-1	Distillates (petroleum), alkene-alkyne manuf. pyrolysis oil, mixed with high-temp. coal tar, indene fraction; Redistillates; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a redistillate from the fractional distillation of bituminous coal high temperature tar and residual oils that are obtained by the pyrolytic production of alkenes and alkynes from petroleum products or natural gas. It consists predominantly of indene and boils in a range of approximately 160 °C to 190 °C (320°F to 374°F).]	295-292-1	91995-31-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-037-00-7	Distillates (coal), coal tar-residual pyrolysis oils, naphthalene oils; Redistillates; [The redistillate obtained from the fractional distillation of bituminous coal high temperature tar and pyrolysis residual oils and boiling in the range of approximately 190 °C to 270 °C (374°F to 518°F). Composed primarily of substituted dinuclear aromatics.]	295-295-8	91995-35-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-038-00-2	Extract oils (coal), coal tar-residual pyrolysis oils, naphthalene oil, redistillate; Redistillates; [The redistillate from the fractional distillation of dephenolated and debased methylnaphthalene oil obtained from bituminous coal high temperature tar and pyrolysis residual oils boiling in the approximate range of 220 °C to 230 °C (428°F to 446°F). It consists predominantly of unsubstituted and substituted dinuclear aromatic hydrocarbons.]	295-329-1	91995-66-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-039-00-8	Extract oils (coal), coal tar-residual pyrolysis oils, naphthalene oils; Redistillates; [A neutral oil obtained by debasing and dephenolating the oil obtained from the distillation of high temperature tar and pyrolysis residual oils which has a boiling range of 225 °C to 255 °C (437°F to 491°F). Composed primarily of substituted dinuclear aromatic hydrocarbons.]	310-170-0	122070-79-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-040-00-3	Extract oils (coal), coal tar residual pyrolysis oils, naphthalene oil, distn. residues; Redistillates; [Residue from the distillation of dephenolated and debased methylnaphthalene oil (from bituminous coal tar and pyrolysis residual oils) with a boiling range of 240 °C to 260 °C (464°F to 500°F). Composed primarily of substituted dinuclear aromatic and heterocyclic hydrocarbons.]	310-171-6	122070-80-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-041-00-9	Absorption oils, bicyclo arom. and heterocyclic hydrocarbon fraction; Wash Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a redistillate from the distillation of wash oil. It consists predominantly of 2-ringed aromatic and heterocyclic hydrocarbons boiling in the range of approximately 260 °C to 290 °C (500°F to 554°F).]	309-851-5	101316-45-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-042-00-4	Distillates (coal tar), upper, fluorene-rich; Wash Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the crystallization of tar oil. It consists of aromatic and polycyclic hydrocarbons primarily fluorene and some acenaphthene.]	284-900-0	84989-11-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-043-00-X	Creosote oil, acenaphthene fraction, acenaphthene-free; Wash Oil Redistillate; [The oil remaining after removal by a crystallization process of acenaphthene from acenaphthene oil from coal tar. Composed primarily of naphthalene and alkylnaphthalenes.]	292-606-9	90640-85-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-044-00-5	Distillates (coal tar), heavy oils; Heavy Anthracene Oil; [Distillate from the fractional distillation of coal tar of bituminous coal, with boiling range of 240 °C to 400 °C (464°F to 752°F). Composed primarily of tri- and polynuclear hydrocarbons and heterocyclic compounds.]	292-607-4	90640-86-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-045-00-0	Distillates (coal tar), upper; Heavy Anthracene Oil; [The distillate from coal tar having an approximate distillation range of 220 °C to 450 °C (428°F to 842°F). Composed primarily of three to four membered condensed ring aromatic hydrocarbons and other hydrocarbons.]	266-026-1	65996-91-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-046-00-6	Anthracene oil, acid ext.; Anthracene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons from the base-free fraction obtained from the distillation of coal tar and boiling in the range of approximately 325 °C to 365 °C (617°F to 689°F). It contains predominantly anthracene and phenanthrene and their alkyl derivatives.]	295-274-3	91995-14-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-047-00-1	Distillates (coal tar); Heavy Anthracene Oil; [The distillate from coal tar having an approximate distillation range of 100 °C to 450 °C (212°F to 842°F). Composed primarily of two to four membered condensed ring aromatic hydrocarbons, phenolic compounds, and aromatic nitrogen bases.]	266-027-7	65996-92-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-048-00-7	Distillates (coal tar), pitch, heavy oils; Heavy Anthracene Oil; [The distillate from the distillation of the pitch obtained from bituminous high temperature tar. Composed primarily of tri- and polynuclear aromatic hydrocarbons and boiling in the range of approximately 300 °C to 470 °C (572°F to 878°F). The product may also contain heteroatoms.]	295-312-9	91995-51-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-049-00-2	Distillates (coal tar), pitch; Heavy Anthracene Oil; [The oil obtained from condensation of the vapors from the heat treatment of pitch. Composed primarily of two- to four-ring aromatic compounds boiling in the range of 200 °C to greater than 400 °C (392°F to greater than 752°F).]	309-855-7	101316-49-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-050-00-8	Distillates (coal tar), heavy oils, pyrene fraction; Heavy Anthracene Oil Redistillate; [The redistillate obtained from the fractional distillation of pitch distillate boiling in the range of approximately 350 °C to 400 °C (662°F to 752°F). Consists predominantly of tri- and polynuclear aromatics and heterocyclic hydrocarbons.]	295-304-5	91995-42-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-051-00-3	Distillates (coal tar), pitch, pyrene fraction; Heavy Anthracene Oil Redistillate; [The redistillate obtained from the fractional distillation of pitch distillate and boiling in the range of approximately 380 °C to 410 °C (7160 to 770°F). Composed primarily of tri- and polynuclear aromatic hydrocarbons and heterocyclic compounds.]	295-313-4	91995-52-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-052-00-9	Paraffin waxes (coal), brown-coal high-temp. tar, carbon-treated; Coal Tar Extract; [A complete combination of hydrocarbons obtained by the treatment of lignite carbonization tar with activated carbon for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-296-6	97926-76-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-053-00-4	Paraffin waxes (coal), brown-coal high-temp tar, clay-treated; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of lignite carbonization tar with bentonite for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-297-1	97926-77-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-054-00-X	Pitch; Pitch	263-072-4	61789-60-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-055-00-5	Pitch, coal tar, high-temp.; Pitch; [The residue from the distillation of high temperature coal tar. A black solid with an approximate softening point from 30 °C to 180 °C (86°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of three or more membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	266-028-2	65996-93-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-056-00-0	Pitch, coal tar, high-temp., heat-treated; Pitch; [The heat treated residue from the distillation of high temperature coal tar. A black solid with an approximate softening point from 80 °C to 180 °C (176°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of three or more membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	310-162-7	121575-60-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-057-00-6	Pitch, coal tar, high-temp., secondary; Pitch Redistillate; [The residue obtained during the distillation of high boiling fractions from bituminous coal high temperature tar and/or pitch coke oil, with a softening point of 140 °C to 170 °C (284°F to 392°F) according to DIN 52025. Composed primarily of tri- and polynuclear aromatic compounds which also contain heteroatoms.]	302-650-3	94114-13-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-058-00-1	Residues (coal tar), pitch distn.; Pitch Redistillate; [Residue from the fractional distillation of pitch distillate boiling in the range of approximately 400 °C to 470 °C (752°F to 846°F). Composed primarily of polynuclear aromatic hydrocarbons, and heterocyclic compounds.]	295-507-9	92061-94-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-059-00-7	Tar, coal, high-temp., distn. and storage residues; Coal Tar Solids Residue; [Coke- and ash-containing solid residues that separate on distillation and thermal treatment of bituminous coal high temperature tar in distillation installations and storage vessels. Consists predominantly of carbon and contains a small quantity of hetero compounds as well as ash components.]	295-535-1	92062-20-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-060-00-2	Tar, coal, storage residues; Coal Tar Solids Residue; [The deposit removed from crude coal tar storages. Composed primarily of coal tar and carbonaceous particulate matter.]	293-764-1	91082-50-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-061-00-8	Tar, coal, high-temp., residues; Coal Tar Solids Residue; [Solids formed during the coking of bituminous coal to produce crude bituminous coal high temperature tar. Composed primarily of coke and coal particles, highly aromatized compounds and mineral substances.]	309-726-5	100684-51-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-062-00-3	Tar, coal, high-temp., high-solids; Coal Tar Solids Residue; [The condensation product obtained by cooling, to approximately ambient temperature, the gas evolved in the high temperature (greater than 700 °C (1292°F)) destructive distillation of coal. Composed primarily of a complex mixture of condensed ring aromatic hydrocarbons with a high solid content of coal-type materials.]	273-615-7	68990-61-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-063-00-9	Waste solids, coal-tar pitch coking; Coal Tar Solids Residue; [The combination of wastes formed by the coking of bituminous coal tar pitch. It consists predominantly of carbon.]	295-549-8	92062-34-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-064-00-4	Extract residues (coal), brown; Coal Tar Extract; [The residue from extraction of dried coal.]	294-285-0	91697-23-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-065-00-X	Paraffin waxes (coal), brown-coal-high-temp. tar; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained from lignite carbonization tar by solvent crystallisation (solvent deoiling), by sweating or an adducting process. It consists predominantly of straight and branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-454-1	92045-71-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-066-00-5	Paraffin waxes (coal), brown-coal-high-temp. tar, hydrotreated; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained from lignite carbonization tar by solvent crystallisation (solvent deoiling), by sweating or an adducting process treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of straight and branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-455-7	92045-72-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-067-00-0	Paraffin waxes (coal), brown-coal high-temp tar, silicic acid-treated; Coal Tar Extract; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of lignite carbonization tar with silicic acid for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-298-7	97926-78-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-068-00-6	Tar, coal, low-temp., distn. residues; Tar Oil, intermediate boiling; [Residues from fractional distillation of low temperature coal tar to remove oils that boil in a range up to approximately 300 °C (572°F). Composed primarily of aromatic compounds.]	309-887-1	101316-85-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-069-00-1	Pitch, coal tar, low-temp; Pitch Residue; [A complex black solid or semi-solid obtained from the distillation of a low temperature coal tar. It has a softening point within the approximate range of 40 °C to 180 °C (104°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of hydrocarbons.]	292-651-4	90669-57-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-070-00-7	Pitch, coal tar, low-temp., oxidized; Pitch Residue, oxidised; [The product obtained by air-blowing, at elevated temperature, low-temperature coal tar pitch. It has a softening-point within the approximate range of 70 °C to 180 °C (158°F to 356°F). Composed primarily of a complex mixture of hydrocarbons.]	292-654-0	90669-59-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-071-00-2	Pitch, coal tar, low-temp., heat-treated; Pitch Residue, oxidised; Pitch Residue, heat-treated; [A complex black solid obtained by the heat treatment of low temperature coal tar pitch. It has a softening point within the approximate range of 50 °C to 140 °C (122°F to 284°F). Composed primarily of a complex mixture of aromatic compounds.]	292-653-5	90669-58-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-072-00-8	Distillates (coal-petroleum), condensed-ring arom; Distillates; [The distillate from a mixture of coal and tar and aromatic petroleum streams having an approximate distillation range of 220 °C to 450 °C (428°F to 842°F). Composed primarily of 3- to 4-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-159-3	68188-48-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-073-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>20-28</sub> , polycyclic, mixed coal-tar pitch-polyethylene-polypropylene pyrolysis-derived; Pyrolysis Products; [A complex combination hydrocarbons obtained from mixed coal tar pitch-polyethylene-polypropylene pyrolysis. Composed primarily of polycyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>28</sub> and having a softening point of 100 °C to 220 °C (212°F to 428°F) according to DIN 52025.]	309-956-6	101794-74-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-074-00-9	Aromatic hydrocarbons, C <sub>20-28</sub> , polycyclic, mixed coal-tar pitch-polyethylene pyrolysis-derived; Pyrolysis Products; [A complex combination of hydrocarbons obtained from mixed coal tar pitch-polyethylene pyrolysis. Composed primarily of polycyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>28</sub> and having a softening point of 100 °C to 220 °C (212°F to 428°F) according to DIN 52025.]	309-957-1	101794-75-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-075-00-4	Aromatic hydrocarbons, C <sub>20-28</sub> , polycyclic, mixed coal-tar pitch-polystyrene pyrolysis-derived; Pyrolysis Products; [A complex combination of hydrocarbons obtained from mixed coal tar pitch-polystyrene pyrolysis. Composed primarily of polycyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>28</sub> and having a softening point of 100 °C to 220 °C (212°F to 428°F) according to DIN 52025.]	309-958-7	101794-76-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-076-00-X	Pitch, coal tar-petroleum; Pitch Residues; [The residue from the distillation of a mixture of coal tar and aromatic petroleum streams. A solid with a softening point from 40 °C to 180 °C (140°F to 356°F). Composed primarily of a complex combination of three or more membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-109-0	68187-57-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-077-00-5	Phenanthrene, distn. residues; Heavy Anthracene Oil Redistillate; [Residue from the distillation of crude phenanthrene boiling in the approximate range of 340 °C to 420 °C (644°F to 788°F). It consists predominantly of phenanthrene, anthracene and carbazole.]	310-169-5	122070-78-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-078-00-0	Distillates (coal tar), upper, fluorene-free; Wash Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the crystallization of tar oil. It consists of aromatic polycyclic hydrocarbons, primarily diphenyl, dibenzofuran and acenaphthene.]	284-899-7	84989-10-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-079-00-6	Anthracene oil; Anthracene oil; [A complex combination of polycyclic aromatic hydrocarbons obtained from coal tar having an approximate distillation range of 300 °C or 400 °C (572°F to 752°F). Composed primarily of phenanthrene, anthracene and carbazole.]	292-602-7	90640-80-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-080-00-1	Residues (coal tar), creosote oil distn.; Wash Oil Redistillate; [The residue from the fractional distillation of wash oil boiling in the approximate range of 270 °C to 330 °C (518°F to 626°F). It consists predominantly of dinuclear aromatic and heterocyclic hydrocarbons.]	295-506-3	92061-93-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-081-00-7	Tar, coal; Coal tar; [The by-product from the destructive distillation of coal. Almost black semisolid. A complex combination of aromatic hydro-carbons, phenolic compounds, nitrogen bases and thiophene.]	232-361-7	8007-45-2	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-082-00-2	Tar, coal, high-temp.; Coal tar; [The condensation product obtained by cooling, to approximately ambient temperature, the gas evolved in the high temperature (greater than 700 °C (1292°F)) destructive distillation of coal. A black viscous liquid denser than water. Composed primarily of a complex mixture of condensed ring aromatic hydrocarbons. May contain minor amounts of phenolic compounds and aromatic nitrogen bases.]	266-024-0	65996-89-6	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-083-00-8	Tar, coal, low-temp.; Coal oil; [The condensation product obtained by cooling, to approximately ambient temperature, the gas evolved in low temperature (less than 700 °C (1292°F)) destructive distillation of coal. A black viscous liquid denser than water. Composed primarily of condensed ring aromatic hydrocarbons, phenolic compounds, aromatic nitrogen bases, and their alkyl derivatives.]	266-025-6	65996-90-9	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-084-00-3	Distillates (coal), coke-oven light oil, naphthalene cut; Naphthalene Oil; [The complex combination of hydrocarbons obtained from prefractionation (continuous distillation) of coke oven light oil. It consists predominantly of naphthalene, coumarone and indene and boils above 148 °C (298°F).]	285-076-5	85029-51-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-085-00-9	Distillates (coal tar), naphthalene oils; Naphthalene Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of coal tar. It consists primarily of aromatic and other hydrocarbons, phenolic compounds and aromatic nitrogen compounds and distills in the approximate range of 200 °C to 250 °C (392°F to 482°F).]	283-484-8	84650-04-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-086-00-4	Distillates (coal tar), naphthalene oils, naphthalene-low; Naphthalene Oil Redistillate; [A complex combination of hydrocarbons obtained by crystallization of naphthalene oil. Composed primarily of naphthalene, alkyl naphthalenes and phenolic compounds.]	284-898-1	84989-09-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-087-00-X	Distillates (coal tar), naphthalene oil crystn. mother liquor; Naphthalene Oil Redistillate; [A complex combination of organic compounds obtained as a filtrate from the crystallization of the naphthalene fraction from coal tar and boiling in the range of approximately 200 °C to 230 °C (392°F to 446°F). Contains chiefly naphthalene, thionaphthene and alkyl naphthalenes.]	295-310-8	91995-49-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-088-00-5	Extract residues (coal), naphthalene oil, alk.; Naphthalene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the alkali washing of naphthalene oil to remove phenolic compounds (tar acids). It is composed of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	310-166-9	121620-47-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-089-00-0	Extract residues (coal), naphthalene oil, alk., naphthalene-low; Naphthalene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons remaining after the removal of naphthalene from alkali-washed naphthalene oil by a crystallization process. It is composed primarily of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	310-167-4	121620-48-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-090-00-6	Distillates (coal tar), naphthalene oils, naphthalene-free, alk. exts.; Naphthalene Oil Extract Residue; [The oil remaining after the removal of phenolic compounds (tar acids) from drained naphthalene oil by an alkali wash. Composed primarily of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	292-612-1	90640-90-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-091-00-1	Extract residues (coal), naphthalene oil alk., distn. overheads; Naphthalene Oil Extract Residue; [The distillation from alkali-washed naphthalene oil having an approximate distillation range of 180 °C to 220 °C (356°F to 428°F). Composed primarily of naphthalene, alkylbenzenes, indene and indan.]	292-627-3	90641-04-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-092-00-7	Distillates (coal tar), naphthalene oils, methylnaphthalene fraction; Methylnaphthalene Oil; [A distillate from the fractional distillation of high temperature coal tar. Composed primarily of substituted two ring aromatic hydrocarbons and aromatic nitrogen bases boiling in the range of approximately 225 °C to 255 °C (437°F to 491°F).]	309-985-4	101896-27-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-093-00-2	Distillates (coal tar), naphthalene oils, indole-methylnaphthalene fraction; Methylnaphthalene Oil; [A distillate from the fractional distillation of high temperature coal tar. Composed primarily of indole and methylnaphthalene boiling in the range of approximately 235 °C to 255 °C (455°F to 491°F).]	309-972-3	101794-91-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-094-00-8	Distillates (coal tar), naphthalene oils, acid exts.; Methylnaphthalene Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons obtained by debasing the methylnaphthalene fraction obtained by the distillation of coal tar and boiling in the range of approximately 230 °C to 255 °C (446°F to 491°F). Contains chiefly 1(2)-methylnaphthalene, naphthalene, dimethylnaphthalene and biphenyl.]	295-309-2	91995-48-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-095-00-3	Extract residues (coal), naphthalene oil alk., distn. residues; Methylnaphthalene Oil Extract Residue; [The residue from the distillation of alkali-washed naphthalene oil having an approximate distillation range of 220 °C to 300 °C (428°F to 572°F). Composed primarily of naphthalene, alkylnaphthalenes and aromatic nitrogen bases.]	292-628-9	90641-05-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-096-00-9	Extract oils (coal), acidic, tar-base free; Methylnaphthalene Oil Extract Residue; [The extract oil boiling in the range of approximately 220 °C to 265 °C (428°F to 509°F) from coal tar alkaline extract residue produced by an acidic wash such as aqueous sulfuric acid after distillation to remove tar bases. Composed primarily of alkylnaphthalenes.]	284-901-6	84989-12-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-097-00-4	Distillates (coal tar), benzole fraction, distn. residues; Wash Oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude benzole (high temperature coal tar). It may be a liquid with the approximate distillation range of 150 °C to 300 °C (302°F to 572°F) or a semi-solid or solid with a melting point up to 70 °C (158°F). It is composed primarily of naphthalene and alkyl naphthalenes.]	310-165-3	121620-46-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-098-00-X	Creosote oil, acenaphthene fraction; Wash Oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of coal tar and boiling in the range of approximately 240 °C to 280 °C (464°F to 536°F). Composed primarily of acenaphthene, naphthalene and alkyl naphthalene.]	292-605-3	90640-84-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-099-00-5	Creosote oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of coal tar. It consists primarily of aromatic hydrocarbons and may contain appreciable quantities of tar acids and tar bases. It distills at the approximate range of 200 °C to 325 °C (392°F to 617°F).]	263-047-8	61789-28-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-100-00-9	Creosote oil, high-boiling distillate; Wash Oil; [The high-boiling distillation fraction obtained from the high temperature carbonization of bituminous coal which is further refined to remove excess crystalline salts. It consists primarily of creosote oil with some of the normal polynuclear aromatic salts, which are components of coal tar distillates, removed. It is crystal free at approximately 5 °C (41°F).]	274-565-9	70321-79-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-101-00-4	Creosote; [The distillate of coal tar produced by the high temperature carbonization of bituminous coal. It consists primarily of aromatic hydrocarbons, tar acids and tar bases.]	232-287-5	8001-58-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-102-00-X	Extract residues (coal), creosote oil acid; Wash Oil Extract Residue; [A complex combination of hydrocarbons from the base-freed fraction from the distillation of coal tar, boiling in the range of approximately 250 °C to 280 °C (482°F to 536°F). It consists predominantly of biphenyl and isomeric diphenylnaphthalenes.]	310-189-4	122384-77-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-103-00-5	Anthracene oil, anthracene paste; Anthracene Oil Fraction; [The anthracene-rich solid obtained by the crystallization and centrifuging of anthracene oil. It is composed primarily of anthracene, carbazole and phenanthrene.]	292-603-2	90640-81-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-104-00-0	Anthracene oil, anthracene-low; Anthracene Oil Fraction; [The oil remaining after the removal, by a crystallization process, of an anthracene-rich solid (anthracene paste) from anthracene oil. It is composed primarily of two, three and four membered aromatic compounds.]	292-604-8	90640-82-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-105-00-6	Residues (coal tar), anthracene oil distn.; Anthracene Oil Fraction; [The residue from the fraction distillation of crude anthracene boiling in the approximate range of 340 °C to 400 °C (644°F to 752°F). It consists predominantly of tri- and polynuclear aromatic and heterocyclic hydrocarbons.]	295-505-8	92061-92-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-106-00-1	Anthracene oil, anthracene paste, anthracene fraction; Anthracene Oil Fraction; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of anthracene obtained by the crystallization of anthracene oil from bituminous high temperature tar and boiling in the range of 330 °C to 350 °C (626°F to 662°F). It contains chiefly anthracene, carbazole and phenanthrene.]	295-275-9	91995-15-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-107-00-7	Anthracene oil, anthracene paste, carbazole fraction; Anthracene Oil Fraction; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of anthracene obtained by crystallization of anthracene oil from bituminous coal high temperature tar and boiling in the approximate range of 350 °C to 360 °C (662°F to 680°F). It contains chiefly anthracene, carbazole and phenanthrene.]	295-276-4	91995-16-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-108-00-2	Anthracene oil, anthracene paste, distn. lights; Anthracene Oil Fraction; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of anthracene obtained by crystallization of anthracene oil from bituminous light temperature tar and boiling in the range of approximately 290 °C to 340 °C (554°F to 644°F). It contains chiefly trinuclear aromatics and their dihydro derivatives.]	295-278-5	91995-17-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-109-00-8	Tar oils, coal, low-temp.; Tar Oil, high boiling; [A distillate from low-temperature coal tar. Composed primarily of hydrocarbons, phenolic compounds and aromatic nitrogen bases boiling in the range of approximately 160 °C to 340 °C (320°F to 644°F).]	309-889-2	101316-87-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-110-00-3	Extract residues (coal), low temp. coal atar alk.; [The residue from low temperature coal tar oils after an alkaline wash, such as aqueous sodium hydroxide, to remove crude coal tar acids. Composed primarily of hydrocarbons and aromatic nitrogen bases.]	310-191-5	122384-78-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-111-00-9	Phenols, ammonia liquor ext.; Alkaline Extract; [The combination of phenols extracted, using isobutyl acetate, from the ammonia liquor condensed from the gas evolved in low-temperature (less than 700 °C (1292°F)) destructive distillation of coal. It consists predominantly of a mixture of monohydric and dihydric phenols.]	284-881-9	84988-93-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-112-00-4	Distillates (coal tar), light oils, alk. exts.; Alkaline Extract; [The aqueous extract from carbolic oil produced by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxide. Composed primarily of the alkali salts of various phenolic compounds.]	292-610-0	90640-88-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-113-00-X	Extracts, coal tar oil alk.; Alkaline Extract; [The extract from coal tar oil produced by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxide. Composed primarily of the alkali salts of various phenolic compounds.]	266-017-2	65996-83-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-114-00-5	Distillates (coal tar), naphthalene oils, alk. exts.; Alkaline Extract; [The aqueous extract from naphthalene oil produced by an alkaline wash such as aqueous sodium hydroxid. Composed primarily of the alkali salts of various phenolic compounds.]	292-611-6	90640-89-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-115-00-0	Extract residues (coal), tar oil alk., carbonated, limed; Crude Phenols; [The product obtained by treatment of coal tar oil alkaline extract with CO <sub>2</sub> and CaO. Composed primarily of CaCO <sub>3</sub> , Ca(OH) <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> and other organic and inorganic impurities.]	292-629-4	90641-06-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-116-00-6	Tar acids, coal, crude; Crude Phenols; [The reaction product obtained by neutralizing coal tar oil alkaline extract with an acidic solution, such as aqueous sulfuric acid, or gaseous carbon dioxide, to obtain the free acids. Composed primarily of tar acids such as phenol, cresols, and xylenols.]	266-019-3	65996-85-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-117-00-1	Tar acids, brown-coal, crude; Crude Phenols; [An acidified alkaline extract of brown coal tar distillate. Composed primarily of phenol and phenol homologs.]	309-888-7	101316-86-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-118-00-7	Tar acids, brown-coal gasification; Crude Phenols; [A complex combination of organic compounds obtained from brown coal gasification. Composed primarily of C <sub>6-10</sub> hydroxy aromatic phenols and their homologs.]	295-536-7	92062-22-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-119-00-2	Tar acids, distn. residues; Distillate Phenols; [A residue from the distillation of crude phenol from coal. It consists predominantly of phenols having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> with a softening point of 60 °C to 80 °C (140°F to 176°F).]	306-251-5	96690-55-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-120-00-8	Tar acids, methylphenol fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acid rich in 3- and 4-methylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids.]	284-892-9	84989-04-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-121-00-3	Tar acids, polyalkylphenol fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids, having an approximate boiling range of 225 °C to 320 °C (437°F to 608°F). Composed primarily of polyalkylphenols.]	284-893-4	84989-05-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-122-00-9	Tar acids, xylene fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, rich in 2,4- and 2,5-dimethylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids.]	284-895-5	84989-06-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-123-00-4	Tar acids, ethylphenol fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, rich in 3- and 4-ethylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar crude tar acids.]	284-891-3	84989-03-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-124-00-X	Tar acids, 3,5-xylene fraction; Distillate Phenols; [The fraction of tar acids, rich in 3,5-dimethylphenol, recovered by distillation of low-temperature coal tar acids.]	284-896-0	84989-07-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-125-00-5	Tar acids, residues, distillates, first-cut; Distillate Phenols; [The residue from the distillation in the range of 235 °C to 355 °C (481°F to 697°F) of light carbolic oil.]	270-713-1	68477-23-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-126-00-0	Tar acids, cresylic, residues; Distillate Phenols; [The residue from crude coal tar acids after removal of phenol, cresols, xylenols and any higher boiling phenols. A black solid with a melting point approximately 80 °C (176°F). Composed primarily of polyalkyphenols, resin gums, and inorganic salts.]	271-418-0	68555-24-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-127-00-6	Phenols, C <sub>9-11</sub> ; Distillate Phenols	293-435-2	91079-47-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-128-00-1	Tar acids, cresylic; Distillate Phenols; [A complex combination of organic compounds obtained from brown coal and boiling in the range of approximately 200 °C to 230 °C (392°F to 446°F). It contains chiefly phenols and pyridine bases.]	295-540-9	92062-26-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-129-00-7	Tar acids, brown-coal, C <sub>2</sub> -alkylphenol fraction; Distillate Phenols; [The distillate from the acidification of alkaline washed lignite tar distillate boiling in the range of approximately 200 °C to 230 °C (392°F to 446°F). Composed primarily of <{ITA}>m-<{/ITA}> and <{ITA}>p-<{/ITA}>ethylphenol as well as cresols and xylenols.]	302-662-9	94114-29-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-130-00-2	Extract oils (coal), naphthalene oils; Acid Extract; [The aqueous extract produced by an acidic wash of alkali-washed naphthalene oil. Composed primarily of acid salts of various aromatic nitrogen bases including pyridine, quinoline and their alkyl derivatives.]	292-623-1	90641-00-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-131-00-8	Tar bases, quinoline derivs.; Distillate Bases	271-020-7	68513-87-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-132-00-3	Tar bases, coal, quinoline derivs. fraction; Distillate Bases	274-560-1	70321-67-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-133-00-9	Tar bases, coal, distn. residues; Distillate Bases; [The distillation residue remaining after the distillation of the neutralized, acid-extracted base-containing tar fractions obtained by the distillation of coal tars. It contains chiefly aniline, collidines, quinoline and quinoline derivatives and toluidines.]	295-544-0	92062-29-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-134-00-4	Hydrocarbon oils, arom., mixed with polyethylene and polypropylene, pyrolyzed, light oil fraction; Heat Treatment Products; [The oil obtained from the heat treatment of a polyethylene/polypropylene mixture with coal tar pitch or aromatic oils. It consists predominantly of benzene and its homologs boiling in a range of approximately 70 °C to 120 °C (158°F to 248°F).]	309-745-9	100801-63-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-135-00-X	Hydrocarbon oils, arom., mixed with polyethylene, pyrolyzed, light oil fraction; Heat Treatment Products; [The oil obtained from the heat treatment of polyethylene with coal tar pitch or aromatic oils. It consists predominantly of benzene and its homologs boiling in a range of 70 °C to 120 °C (158°F to 248°F).]	309-748-5	100801-65-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-136-00-5	Hydrocarbon oils, arom., mixed with polystyrene, pyrolyzed, light oil fraction; Heat Treatment Products; [The oil obtained from the heat treatment of polystyrene with coal tar pitch or aromatic oils. It consists predominantly of benzene and its homologs boiling in a range of approximately 70 °C to 210 °C (158°F to 410°F).]	309-749-0	100801-66-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-137-00-0	Extract residues (coal), tar oil alk., naphthalene distn. residues; Naphthalene Oil Extract Residue; [The residue obtained from chemical oil extracted after the removal of naphthalene by distillation composed primarily of two to four membered condensed ring aromatic hydrocarbons and aromatic nitrogen bases.]	277-567-8	73665-18-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-138-00-6	Creosote oil, low-boiling distillate; Wash Oil; [The low-boiling distillation fraction obtained from the high temperature carbonization of bituminous coal, which is further refined to remove excess crystalline salts. It consists primarily of creosote oil with some of the normal polynuclear aromatic salts, which are components of coal tar distillate, removed. It is crystal free at approximately 38 °C (100°F).]	274-566-4	70321-80-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-139-00-1	Tar acids, cresylic, sodium salts, caustic solns.; Alkaline Extract	272-361-4	68815-21-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-140-00-7	Extract oils (coal), tar base; Acid Extract; [The extract from coal tar oil alkaline extract residue produced by an acidic wash such as aqueous sulfuric acid after distillatin to remove naphthalene. Composed primarily of the acid salts of various aromatic nitrogen bases including pyridine, quinoline, and their alkyl derivatives.]	266-020-9	65996-86-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-141-00-2	Tar bases, coal, crude; Crude Tar Bases; [The reaction product obtained by neutralizing coal tar base extract oil with an alkaline solution, such as aqueous sodium hydroxide, to obtain the free bases. Composed primarily of such organic bases as acridine, phenanthridine, pyridine, quinoline and their alkyl derivatives.]	266-018-8	65996-84-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		HJM
648-142-00-8	Residues (coal), liq. solvent extn.; [A cohesive powder composed of coal mineral matter and undissolved coal remaining after extraction of coal by a liquid solvent.]	302-681-2	94114-46-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-143-00-3	Coal liquids, liq. solvent extn. soln.; [The product obtained by filtration of coal mineral matter and undissolved coal from coal extract solution produced by digesting coal in a liquid solvent. A black, viscous, highly complex liquid combination composed primarily of aromatic and partly hydro-genated aromatic hydrocarbons, aromatic nitrogen compounds, aromatic sulfur compounds, phenolic and other aromatic oxygen compounds and their alkyl derivatives.]	302-682-8	94114-47-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M
648-144-00-9	Coal liquids, liq. solvent extn.; [The substantially solvent-free product obtained by the distillation of the solvent from filtered coal extract solution produced by digesting coal in a liquid solvent. A black semi-solid, composed primarily of a complex combination of condensed-ring aromatic hydrocarbons, aromatic nitrogen compounds, aromatic sulfur compounds, phenolic compounds and other aromatic oxygen compounds, and their alkyl derivatives.]	302-683-3	94114-48-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H M

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-145-00-4	Tar brown-coal; [An oil distilled from brown-coal tar. Composed primarily of aliphatic, naphthenic and one- to three-ring aromatic hydrocarbons, their alkyl derivates, heteroaromatics and one- and two-ring phenols boiling in the range of approximately 150 °C to 360 °C (302°F to 680°F).]	309-885-0	101316-83-0	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-146-00-X	Tar, brown-coal, low-temp.; [A tar obtained from low temperature carbonization and low temperature gasification of brown coal. Composed primarily of aliphatic, naphthenic and cyclic aromatic hydrocarbons, heteroaromatic hydrocarbons and cyclic phenols.]	309-886-6	101316-84-1	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-147-00-5	Light oil (coal), coke-oven; Crude benzole; [The volatile organic liquid extracted from the gas evolved in the high temperature (greater than 700 °C (1292°F)) destructive distillation of coal. Composed primarily of benzene, toluene, and xylenes. May contain other minor hydrocarbon constituents.]	266-012-5	65996-78-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-148-00-0	Distillates (coal), liq. solvent extn., primary; [The liquid product of condensation of vapors emitted during the digestion of coal in a liquid solvent and boiling in the range of approximately 30 °C to 300 °C (86°F to 572°F). Composed primarily of partly hydrogenated condensed-ring aromatic hydrocarbons, aromatic compounds containing nitrogen, oxygen and sulfur, and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>14</sub> .]	302-688-0	94114-52-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-149-00-6	Distillates (coal), solvent extn., hydrocracked; [Distillate obtained by hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction process and boiling in the range of approximately 30 °C to 300 °C (86°F to 572°F). Composed primarily of aromatic, hydrogenated aromatic and naphthenic compounds, their alkyl derivatives and alkanes with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>14</sub> . Nitrogen, sulfur and oxygen-containing aromatic and hydrogenated aromatic compounds are also present.]	302-689-6	94114-53-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-150-00-1	Naphtha (coal), solvent extn., hydrocracked; [Fraction of the distillate obtained by hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 30 °C to 180 °C (86°F to 356°F). Composed primarily of aromatic, hydrogenated aromatic and naphthenic compounds, their alkyl derivatives and alkanes with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> to C <sub>9</sub> . Nitrogen, sulfur and oxygen-containing aromatic and hydrogenated aromatic compounds are also present.]	302-690-1	94114-54-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-151-00-7	Gasoline, coal solvent extn., hydrocracked naphtha; [Motor fuel produced by the reforming of the refined naphtha fraction of the products of hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 30 °C to 180 °C (86°F to 356°F). Composed primarily of aromatic and naphthenic hydrocarbons, their alkyl derivatives and alkyl hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>9</sub> .]	302-691-7	94114-55-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
648-152-00-2	Distillates (coal), solvent extn., hydrocracked middle; [Distillate obtained from the hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 180 °C to 300 °C (356°F to 572°F). Composed primarily of two-ring aromatic, hydrogenated aromatic and naphthenic compounds, their alkyl derivatives and alkanes having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>14</sub> . Nitrogen, sulfur and oxygen-containing compounds are also present.]	302-692-2	94114-56-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
648-153-00-8	Distillates (coal), solvent extn., hydrocracked hydrogenated middle; [Distillate from the hydrogenation of hydrocracked middle distillate from coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 180 °C to 280 °C (356°F to 536°F). Composed primarily of hydrogenated two-ring carbon compounds and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>14</sub> .]	302-693-8	94114-57-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
648-154-00-3	Fuels, jet aircraft, coal solvent extn., hydrocracked hydrogenated; [Jet engine fuel produced by hydrogenation of the middle distillate fraction of the products of hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 180 °C to 225 °C (356°F to 473°F). Composed primarily of hydrogenated two-ring hydrocarbons and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>12</sub> .]	302-694-3	94114-58-6	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H
648-155-00-9	Fuels, diesel, coal solvent extn., hydrocracked hydrogenated; [Diesel engine fuel produced by the hydrogenation of the middle distillate fraction of the products of hydrocracking of coal extract or solution produced by the liquid solvent extraction or supercritical gas extraction processes and boiling in the range of approximately 200 °C to 280 °C (392°F to 536°F). Composed primarily of hydrogenated two-ring hydrocarbons and their alkyl derivatives having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>14</sub> .]	302-695-9	94114-59-7	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H
648-156-00-4	Light oil (coal), semi-coking process; Fresh oil; [The volatile organic liquid condensed from the gas evolved in the low temperature (less than 700 °C (1292°F) destructive distillation of coal. Composed primarily of C <sub>6-10</sub> hydrocarbons.]	292-635-7	90641-11-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H J
649-001-00-3	Extracts (petroleum), light naphthenic distillate solvent	265-102-1	64742-03-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-002-00-9	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillate solvent	265-103-7	64742-04-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-003-00-4	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent	265-104-2	64742-05-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-004-00-X	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent	265-111-0	64742-11-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-005-00-5	Extracts (petroleum), light vacuum gas oil solvent	295-341-7	91995-78-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-006-00-0	hydrocarbons C <sub>26-55</sub> , arom-rich	307-753-7	97722-04-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-007-00-6	fatty acids, tall-oil, reaction products with iminodiethanol and boric acid	400-160-5	—	Xi; R38 N; R51-53	Xi; N R: 38-51/53 S: (2-)28-37-61		
649-008-00-1	Residues (petroleum), atm. tower; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350 °C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-045-2	64741-45-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-009-00-7	Gas oils (petroleum), heavy vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 350 °C to 600 °C (662°F to 1112°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4-to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-058-3	64741-57-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-010-00-2	Distillates (petroleum), heavy catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 260 °C to 500 °C (500°F to 932°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-063-0	64741-61-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-011-00-8	Clarified oils (petroleum), catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350 °C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-064-6	64741-62-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-012-00-3	Residues (petroleum), hydrocracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the products of a hydrocracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350 °C (662°F).]	265-076-1	64741-75-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-013-00-9	Residues (petroleum), thermal cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the product from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350 °C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-081-9	64741-80-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-014-00-4	Distillates (petroleum), heavy thermal cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>36</sub> and boiling in the range of approximately 260 °C to 480 °C (500°F to 896°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-082-4	64741-81-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-015-00-X	Gas oils (petroleum), hydrotreated vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 600 °C (446°F to 1112°F). This stream is likely to contain 5 wt.% or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-162-9	64742-59-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-016-00-5	Residues (petroleum), hydrodesulfurized atmospheric tower; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating an atmospheric tower residuum with hydrogen in the presence of a catalyst under conditions primarily to remove organic sulfur compounds. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350 °C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-181-2	64742-78-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-017-00-0	Gas oils (petroleum), hydrodesulfurized heavy vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 350 °C to 600 °C (662°F to 1112 °C). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-189-6	64742-86-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-018-00-6	Residues (petroleum), steam-cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the residual fraction from the distillation of the products of a steam cracking process (including steam cracking to produce ethylene). It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>14</sub> and boiling above approximately 260 °C (500°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-193-8	64742-90-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-019-00-1	Residues (petroleum), atmospheric; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>11</sub> and boiling above approximately 200 °C (392°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4-to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-777-3	68333-22-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-020-00-7	Clarified oils (petroleum), hydrodesulfurized catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating catalytic cracked clarified oil with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350 °C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4-to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-782-0	68333-26-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-021-00-2	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized intermediate catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating intermediate catalytic cracked distillates with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>30</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 450 °C (401°F to 842°F). It contains a relatively large proportion of tricyclic aromatic hydrocarbons.]	269-783-6	68333-27-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-022-00-8	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized heavy catalytic cracked; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of heavy catalytic cracked distillates with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 260 °C to 500 °C (500°F to 932°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	269-784-1	68333-28-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-023-00-3	Fuel oil, residues-straight-run gas oils, high-sulfur; Heavy Fuel oil	270-674-0	68476-32-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-024-00-9	Fuel oil, residual; Heavy Fuel oil; [The liquid product from various refinery streams, usually residues. The composition is complex and varies with the source of the crude oil.]	270-675-6	68476-33-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-025-00-4	Residues (petroleum), catalytic reformer fractionator residue distn.; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils approximately above 399 °C (750°F).]	270-792-2	68478-13-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-026-00-X	Residues (petroleum), heavy coker gas oil and vacuum gas oil; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of heavy coker gas oil and vacuum gas oil. It predominantly consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>13</sub> and boiling above approximately 230 °C (446°F).]	270-796-4	68478-17-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-027-00-5	Residues (petroleum), heavy coker and light vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of heavy coker gas oil and light vacuum gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>13</sub> and boiling above approximately 230 °C (446°F).]	270-983-0	68512-61-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-028-00-0	Residues (petroleum), light vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the vacuum distillation of the residuum from the atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>13</sub> and boiling above approximately 230 °C (446°F).]	270-984-6	68512-62-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-029-00-6	Residues (petroleum), steam-cracked light; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the distillation of the products from a steam-cracking process. It consists predominantly of aromatic and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers greater than C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately 101 °C to 555 °C (214°F to 1030°F).]	271-013-9	68513-69-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-030-00-1	Fuel oil, No 6; Heavy Fuel oil; [A distillate oil having a minimum viscosity of 900 SUS at 37.7 °C (100°F) to a maximum of 9000 SUS at 37.7 °C (100°F).]	271-384-7	68553-00-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-031-00-7	Residues (petroleum), topping plant, low-sulfur; Heavy Fuel oil; [A low-sulfur complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the topping plant distillation of crude oil. It is the residuum after the straight-run gasoline cut, kerosene cut and gas oil cut have been removed.]	271-763-7	68607-30-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-032-00-2	Gas oils (petroleum), heavy atmospheric; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 121 °C to 510 °C (250°F to 950°F).]	272-184-2	68783-08-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-033-00-8	Residues (petroleum), coker scrubber, Condensed-ring-arom.-contg.; Heavy Fuel oil; [A very complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of vacuum residuum and the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> and boiling above approximately 350 °C (662°F). This stream is likely to contain 5 wt.% or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	272-187-9	68783-13-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-034-00-3	Distillates (petroleum), petroleum residues vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from the atmospheric distillation of crude oil.]	273-263-4	68955-27-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-035-00-9	Residues (petroleum), steam-cracked, resinous; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the distillation of steam-cracked petroleum residues.]	273-272-3	68955-36-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-036-00-4	Distillates (petroleum), intermediate vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum, distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>14</sub> through C <sub>42</sub> and boiling in the range of approximately 250 °C to 545 °C (482°F to 1013°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	274-683-0	70592-76-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-037-00-X	Distillates (petroleum), light vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>35</sub> and boiling in the range of approximately 250 °C to 545 °C (482°F to 1013°F).]	274-684-6	70592-77-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-038-00-5	Distillates (petroleum), vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> and boiling in the range of approximately 270 °C to 600 °C (518°F to 1112°F). This stream is likely to contain 5 wt.% or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	274-685-1	70592-78-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-039-00-0	Gas oils (petroleum), hydrodesulfurized coker heavy vacuum; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by hydrodesulfurization of heavy coker distillate stocks, It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range C <sub>18</sub> to C <sub>44</sub> and boiling in the range of approximately 304 °C to 548 °C (579°F to 1018°F). Likely to contain 5 % or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	285-555-9	85117-03-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-040-00-6	Residues (petroleum), steam-cracked, distillates; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained during the production of refined petroleum tar by the distillation of steam cracked tar. It consists predominantly of aromatic and other hydrocarbons and organic sulfur compounds.]	292-657-7	90669-75-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-041-00-1	Residues (petroleum), vacuum, light; Heavy Fuel oil; [A complex residuum from the vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>24</sub> and boiling above approximately 390 °C (734°F).]	292-658-2	90669-76-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-042-00-7	Fuel oil, heavy, high-sulfur; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of crude petroleum. It consists predominantly of aliphatic, aromatic and cycloaliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	295-396-7	92045-14-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-043-00-2	Residues (petroleum), catalytic cracking; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from the distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>11</sub> and boiling above approximately 200 °C (392°F).]	295-511-0	92061-97-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-044-00-8	Distillates (petroleum), intermediate catalytic cracked, thermally degraded; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process which has been used as a heat transfer fluid. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in the range of approximately 220 °C to 450 °C (428°F to 842°F). This stream is likely to contain organic sulfur compounds.]	295-990-6	92201-59-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-045-00-3	Residual oils (petroleum); Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons, sulfur compounds and metal-containing organic compounds obtained as the residue from refinery fractionation cracking processes. It produces a finished oil with a viscosity above 2cSt. at 100 °C.]	298-754-0	93821-66-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-046-00-9	Residues, steam cracked, thermally treated; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment and distillation of raw steam-cracked naphtha. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons boiling in the range above approximately 180 °C (356°F).]	308-733-0	98219-64-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-047-00-4	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized full-range middle; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum stock with hydrogen. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 400 °C (302°F to 752°F).]	309-863-0	101316-57-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-048-00-X	Residues (petroleum), catalytic reformer fractionator; Heavy Fuel oil; [A complex combination of hydrocarbons produced as the residual fraction from distillation of the product from a catalytic reforming process. It consists of predominantly aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 160 °C to 400 °C (320°F to 725°F). This stream is likely to contain 5 wt. % or more of 4- or 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	265-069-3	64741-67-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-049-00-5	Petroleum; Crude oil; [A complex combination of hydrocarbons. It consists predominantly of aliphatic, alicyclic and aromatic hydrocarbons. It may also contain small amounts of nitrogen, oxygen and sulfur compounds. This category encompasses light, medium, and heavy petroleums, as well as the oils extended from tar sands. Hydrocarbonaceous materials requiring major chemical changes for their recovery or conversion to petroleum refinery feedstocks such as crude shale oils; upgraded shale oils and liquid coal fuels are not included in this definition.]	232-298-5	8002-05-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-050-00-0	Distillates (petroleum), light paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated aliphatic hydrocarbons normally present in this distillation range of crude oil.]	265-051-5	64741-50-0	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-051-00-6	Distillates (petroleum), heavy paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated aliphatic hydrocarbons.]	265-052-0	64741-51-1	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-052-00-1	Distillates (petroleum), light naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-053-6	64741-52-2	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-053-00-7	Distillates (petroleum), heavy naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by vacuum distillation of the residuum from atmospheric distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-054-1	64741-53-3	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-054-00-2	Distillates (petroleum), acid-treated heavy naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-117-3	64742-18-3	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-055-00-8	Distillates (petroleum), acid-treated light naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-118-9	64742-19-4	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-056-00-3	Distillates (petroleum), acid-treated heavy paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil having a viscosity of a least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-119-4	64742-20-7	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-057-00-9	Distillates (petroleum), acid-treated light paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil having a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-121-5	64742-21-8	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-058-00-4	Distillates (petroleum), chemically neutralized heavy paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a treating process to remove acidic materials. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of aliphatic hydrocarbons.]	265-127-8	64742-27-4	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-059-00-X	Distillates (petroleum), chemically neutralized light paraffinic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-128-3	64742-28-5	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-060-00-5	Distillates (petroleum), chemically neutralized heavy naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-135-1	64742-34-3	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-061-00-0	Distillates (petroleum), chemically neutralized light naphthenic; Unrefined or mildly refined baseoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS a 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-136-7	64742-35-4	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-062-00-6	Gases (petroleum), catalytic cracked naphtha depropanizer overhead, C <sub>3</sub> -rich acid-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked hydrocarbons and treated to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly C <sub>3</sub> .]	270-755-0	68477-73-6	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-063-00-1	Gases (petroleum), catalytic cracker; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-756-6	68477-74-7	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-064-00-7	Gases (petroleum), catalytic cracker, C <sub>1-5</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-757-1	68477-75-8	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-065-00-2	Gases (petroleum), catalytic polymd. naphtha stabilizer overhead, C <sub>2,4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of catalytic polymerized naphtha. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-758-7	68477-76-9	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-066-00-8	Gases (petroleum), catalytic reformer, C <sub>1,4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-760-8	68477-79-2	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-067-00-3	Gases (petroleum), C <sub>3,5</sub> olefinic-paraffinic alkylation feed; Petroleum gas; [A complex combination of olefinic and paraffinic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> which are used as alkylation feed. Ambient temperatures normally exceed the critical temperature of these combinations.]	270-765-5	68477-83-8	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-068-00-9	Gases (petroleum), C <sub>4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a catalytic fractionation process. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>4</sub> .]	270-767-6	68477-85-0	⊗ ⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-069-00-4	Gases (petroleum), deethanizer overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced from distillation of the gas and gasoline fractions from the catalytic cracking process. It contains predominantly ethane and ethylene.]	270-768-1	68477-86-1	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-070-00-X	Gases (petroleum), deisobutanizer tower overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the atmospheric distillation of a butane-butylene stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-769-7	68477-87-2	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-071-00-5	Gases (petroleum), depropanizer dry, propene-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from the gas and gasoline fractions of a catalytic cracking process. It consists predominantly of propylene with some ethane and propane.]	270-772-3	68477-90-7	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-072-00-0	Gases (petroleum), depropanizer overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from the gas and gasoline fractions of a catalytic cracking process. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-773-9	68477-91-8	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-073-00-6	Gases (petroleum), gas recovery plant depropanizer overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation of miscellaneous hydrocarbon streams. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly propane.]	270-777-0	68477-94-1	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-074-00-1	Gases (petroleum), Girbatol unit feed; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons that is used as the feed into the Girbatol unit to remove hydrogen sulfide. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-778-6	68477-95-2	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-075-00-7	Gases (petroleum), isomerized naphtha fractionator, C <sub>4</sub> -rich, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas	270-782-8	68477-99-6	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-076-00-2	Tail gas (petroleum), catalytic cracked clarified oil and thermal cracked vacuum residue fractionation reflux drum; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked clarified oil and thermal cracked vacuum residue. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-802-5	68478-21-7	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-077-00-8	Tail gas (petroleum), catalytic cracked naphtha stabilization absorber; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the stabilization of catalytic cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-803-0	68478-22-8	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-078-00-3	Tail gas (petroleum), catalytic cracker, catalytic reformer and hydrodesulfurizer combined fractionater; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of products from catalytic cracking, catalytic reforming and hydrodesulfurizing processes treated to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-804-6	68478-24-0	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-079-00-9	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha fractionation stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of catalytic reformed naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-806-7	68478-26-2	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-080-00-4	Tail gas (petroleum), saturate gas plant mixed stream, C <sub>4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of straight-run naphtha, distillation tail gas and catalytic reformed naphtha stabilizer tail gas. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly butane and isobutane.]	270-813-5	68478-32-0	⊗ Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-081-00-X	Tail gas (petroleum), saturate gas recovery plant, C <sub>1,2</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of distillate tail gas, straight-run naphtha, catalytic reformed naphtha stabilizer tail gas. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly methane and ethane.]	270-814-0	68478-33-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-082-00-5	Tail gas (petroleum), vacuum residues thermal cracker; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the thermal cracking of vacuum residues. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-815-6	68478-34-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-083-00-0	Hydrocarbons, C <sub>3,4</sub> -rich, petroleum distillate; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation and condensation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-990-9	68512-91-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-084-00-6	Gases (petroleum), full-range straight-run naphtha dehexanizer off; petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of the full-range straight-run naphtha. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	271-000-8	68513-15-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-085-00-1	Gases (petroleum), hydrocracking depropanizer off, hydrocarbon-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbon produced by the distillation of products from a hydrocracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> . It may also contain small amounts of hydrogen and hydrogen sulfide.]	271-001-3	68513-16-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-086-00-7	Gases (petroleum), light straight-run naphtha stabilizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the stabilization of light straight-run naphtha. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	271-002-9	68513-17-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-087-00-2	Residues (petroleum), alkylation splitter, C <sub>4</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex residuum from the distillation of streams various refinery operations. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly butane and boiling in the range of approximately - 11.7 °C to 27.8 °C (11°F to 82°F).]	271-010-2	68513-66-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-088-00-8	Hydrocarbons, C <sub>1-4</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons provided by thermal cracking and absorber operations and by distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately minus 164 °C to minus 0.5 °C (-263°F to 31°F).]	271-032-2	68514-31-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-089-00-3	Hydrocarbons, C <sub>1-4</sub> , sweetened; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting hydrocarbon gases to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately - 164 °C to - 0.5 °C (-263°F to 31°F).]	271-038-5	68514-36-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-090-00-9	Hydrocarbons, C <sub>1-3</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> and boiling in the range of approximately minus 164 °C to minus 42 °C (-263°F to - 44°F).]	271-259-7	68527-16-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-091-00-4	Hydrocarbons, C <sub>1-4</sub> , debutanizer fraction; Petroleum gas	271-261-8	68527-19-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-092-00-X	Gases (petroleum), C <sub>1-5</sub> , wet; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil and/or the cracking of tower gas oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	271-624-0	68602-83-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-093-00-5	Hydrocarbons, C <sub>2-4</sub> ; Petroleum gas	271-734-9	68606-25-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-094-00-0	Hydrocarbons, C <sub>3</sub> ; Petroleum gas	271-735-4	68606-26-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-095-00-6	Gases (petroleum), alkylation feed; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the catalytic cracking of gas oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	271-737-5	68606-27-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-096-00-1	Gases (petroleum), depropanizer bottoms fractionation off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of depropanizer bottoms. It consists predominantly of butane, isobutane and butadiene.]	271-742-2	68606-34-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-097-00-7	Gases (petroleum), refinery blend; Petroleum gas; [A complex combination obtained from various processes. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-183-7	68783-07-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-098-00-2	Gases (petroleum), catalytic cracking; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a catalytic cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-203-4	68783-64-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-099-00-8	Gases (petroleum), C <sub>2,4</sub> , sweetened; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately - 51 °C to - 34 °C (-60°F to - 30°F).]	272-205-5	68783-65-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-100-00-1	Gases (petroleum), crude oil fractionation off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the fractionation of crude oil. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-871-7	68918-99-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-101-00-7	Gases (petroleum), dehexanizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of combined naphtha streams. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-872-2	68919-00-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-102-00-2	Gases (petroleum), light straight run gasoline fractionation stabilizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of light straight-run gasoline. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-878-5	68919-05-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-103-00-8	Gases (petroleum), naphtha unifiner desulfurization stripper off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by a naphtha unifiner desulfurization process and stripped from the naphtha product. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-879-0	68919-06-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-104-00-3	Gases (petroleum), straight-run naphtha catalytic reforming off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic reforming of straight-run naphtha and fractionation of the total effluent. It consists of methane, ethane, and propane.]	272-882-7	68919-09-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-105-00-9	Gases (petroleum), fluidized catalytic cracker splitter over-heads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the fractionation of the charge to the C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> splitter. It consists predominantly of C <sub>3</sub> hydrocarbons.]	272-893-7	68919-20-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-106-00-4	Gases (petroleum), straight-run stabilizer off; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of the liquid from the first tower used in the distillation of crude oil. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-883-2	68919-10-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-107-00-X	Gases (petroleum), catalytic cracked naphtha debutanizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked naphtha. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-169-3	68952-76-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-108-00-5	Tail gas (petroleum), catalytic cracked distillate and naphtha stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of catalytic cracked naphtha and distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-170-9	68952-77-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-109-00-0	Tail gas (petroleum), thermal-cracked distillate, gas oil and naphtha absorber; petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the separation of thermal-cracked distillates, naphtha and gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	273-175-6	68952-81-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-110-00-6	Tail gas (petroleum), thermal cracked hydrocarbon fractionation stabilizer, petroleum coking; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization of thermal cracked hydrocarbons from petroleum coking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	273-176-1	68952-82-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-111-00-1	Gases (petroleum, light steam-cracked, butadiene conc.); Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a thermal cracking process. It consists of hydrocarbons having a carbon number predominantly of C <sub>4</sub> .]	273-265-5	68955-28-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-112-00-7	Gases (petroleum), straight-run naphtha catalytic reformer stabilizer overhead; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic reforming of straight-run naphtha and the fractionation of the total effluent. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-270-2	68955-34-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-113-00-2	Hydrocarbons, C <sub>4</sub> ; Petroleum gas	289-339-5	87741-01-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-114-00-8	Alkanes, C <sub>1-4</sub> , C <sub>3</sub> -rich; Petroleum gas	292-456-4	90622-55-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-115-00-3	Gases (petroleum), steam-cracker C <sub>3</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a steam cracking process. It consists predominantly of propylene with some propane and boils in the range of approximately - 70 °C to 0 °C (-94°F to 32°F).]	295-404-9	92045-22-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-116-00-9	Hydrocarbons, C <sub>4</sub> , steam-cracker distillate; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products of a steam cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon number of C <sub>4</sub> , predominantly 1-butene and 2-butene, containing also butane and isobutene and boiling in the range of approximately minus 12 °C to 5 °C (10.4°F to 41°F).]	295-405-4	92045-23-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-117-00-4	Petroleum gases, liquefied, sweetened, C <sub>4</sub> fraction; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a liquified petroleum gas mix to a sweetening process to oxidize mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of C <sub>4</sub> saturated and unsaturated hydrocarbons.]	295-463-0	92045-80-2	F+; R12 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	F+; T R: 12-45-46 S: 53-45		HKS
649-118-00-X	Hydrocarbons, C <sub>4</sub> , 1,3-butadiene- and isobutene-free; Petroleum gas	306-004-1	95465-89-7	⊗Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H K
649-119-00-5	Raffinates (petroleum), steam-cracked C <sub>4</sub> fraction cuprous ammonium acetate extrn., C <sub>3,5</sub> and C <sub>3,5</sub> unsatd., butadiene-free; Petroleum gas	307-769-4	97722-19-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-120-00-0	Gases (petroleum), amine system feed; Refinery gas; [The feed gas to the amine system for removal of hydrogen sulfide. It consists of hydrogen. Carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen sulfide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> may also be present.]	270-746-1	68477-65-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-121-00-6	Gases (petroleum), benzene unit hydrodesulfurizer off; Refinery gas; [Off gases produced by the benzene unit. It consists primarily of hydrogen. Carbon monoxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> , including benzene, may also be present.]	270-747-7	68477-66-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-122-00-1	Gases (petroleum), benzene unit recycle, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by recycling the gases of the benzene unit. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide and hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-748-2	68477-67-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-123-00-7	Gases (petroleum), blend oil, hydrogen-nitrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of a blend oil. It consists primarily of hydrogen and nitrogen with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-749-8	68477-68-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-124-00-2	Gases (petroleum), catalytic reformed naphtha stripper overheads; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from stabilization of catalytic reformed naphtha. Its consists of hydrogen and saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-759-2	68477-77-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-125-00-8	Gases (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer recycle; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from catalytic reforming of C <sub>6</sub> -C <sub>8</sub> feed and recycled to conserve hydrogen. It consists primarily of hydrogen. It may also contain various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-761-3	68477-80-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-126-00-3	Gases (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from catalytic reforming of C <sub>6</sub> -C <sub>8</sub> feed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> and hydrogen.]	270-762-9	68477-81-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-127-00-9	Gases (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer recycle, hydrogen-rich; Refinery gas	270-763-4	68477-82-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-128-00-4	Gases (petroleum), C <sub>2</sub> -return stream; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the extraction of hydrogen from a gas stream which consists primarily of hydrogen with small amounts of nitrogen, carbon monoxide, methane, ethane, and ethylene. It contains predominantly hydrocarbons such as methane, ethane, and ethylene with small amounts of hydrogen, nitrogen and carbon monoxide.]	270-766-0	68477-84-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-129-00-X	Gases (petroleum), dry sour, gas-concn.-unit-off; Refinery gas; [The complex combination of dry gases from a gas concentration unit. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	270-774-4	68477-92-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-130-00-5	Gases (petroleum), gas concn. reabsorber distn.; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from combined gas streams in a gas concentration reabsorber. It consists predominantly of hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen, hydrogen sulfide and hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	270-776-5	68477-93-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-131-00-0	Gases (petroleum), hydrogen absorber off; Refinery gas; [A complex combination obtained by absorbing hydrogen from a hydrogen rich stream. It consists of hydrogen, carbon monoxide, nitrogen, and methane with small amounts of C <sub>2</sub> hydrocarbons.]	270-779-1	68477-96-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-132-00-6	Gases (petroleum), hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination separated as a gas from hydrocarbon gases by chilling. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide, nitrogen, methane, and C <sub>2</sub> hydrocarbons.]	270-780-7	68477-97-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-133-00-1	Gases (petroleum), hydrotreater blend oil recycle, hydrogen-nitrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from recycled hydrotreated blend oil. It consists primarily of hydrogen and nitrogen with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-781-2	68477-98-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-134-00-7	Gases (petroleum), recycle, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from recycled reactor gases. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen, hydrogen sulfide, and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-783-3	68478-00-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-135-00-2	Gases (petroleum), reformer make-up, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reformers. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-784-9	68478-01-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-136-00-8	Gases (petroleum), reforming hydrotreater; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reforming hydrotreating process. It consists primarily of hydrogen, methane, and ethane with various small amounts of hydrogen sulfide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-785-4	68478-02-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-137-00-3	Gases (petroleum), reforming hydrotreater, hydrogen-methane-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reforming hydrotreating process. It consists primarily of hydrogen and methane with various small amounts of carbon monoxide, carbon dioxide, nitrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-787-5	68478-03-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-138-00-9	Gases (petroleum), reforming hydrotreater make-up, hydrogen-rich; Refinery gas; [A complex combination obtained from the reforming hydrotreating process. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of carbon monoxide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-788-0	68478-04-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-139-00-4	Gases (petroleum), thermal cracking distn.; Refinery gas; [A complex combination produced by distillation of products from a thermal cracking process. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-789-6	68478-05-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-140-00-X	Tail gas (petroleum), catalytic cracker refractionation absorber; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from refractionation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	270-805-1	68478-25-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-141-00-5	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the catalytic reforming of straight run naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-807-2	68478-27-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-142-00-0	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha stabilizer; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the stabilization of catalytic reformed naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-808-8	68478-28-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-143-00-6	Tail gas (petroleum), cracked distillate hydrotreater separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating cracked distillates with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-809-3	68478-29-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-144-00-1	Tail gas (petroleum), hydrodesulfurized straight-run naphtha separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from hydrodesulfurization of straight-run naphtha. It consists of hydrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-810-9	68478-30-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-145-00-7	Gases (petroleum), catalytic reformed straight-run naphtha stabilizer overheads; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the catalytic reforming of straight-run naphtha followed by fractionation of the total effluent. It consists of hydrogen, methane, ethane and propane.]	270-999-8	68513-14-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-146-00-2	Gases (petroleum), reformer effluent high-pressure flash drum off; Refinery gas; [A complex combination produced by the high-pressure flashing of the effluent from the reforming reactor. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of methane, ethane, and propane.]	271-003-4	68513-18-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-147-00-8	Gases (petroleum), reformer effluent low-pressure flash drum off; Refinery gas; [A complex combination produced by low-pressure flashing of the effluent from the reforming reactor. It consists primarily of hydrogen with various small amounts of methane, ethane, and propane.]	271-005-5	68513-19-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-148-00-3	Gases (petroleum), oil refinery gas distn. off; Refinery gas; [A complex combination separated by distillation of a gas stream containing hydrogen, carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> or obtained by cracking ethane and propane. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>2</sub> , hydrogen, nitrogen, and carbon monoxide.]	271-258-1	68527-15-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-149-00-9	Gases (petroleum), benzene unit hydrotreater depentanizer overheads; Refinery gas; [A complex combination produced by treating the feed from the benzene unit with hydrogen in the presence of a catalyst followed by depentanizing. It consists primarily of hydrogen, ethane and propane with various small amounts of nitrogen, carbon monoxide, carbon dioxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> . It may contain trace amounts of benzene.]	271-623-5	68602-82-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-150-00-4	Gases (petroleum), secondary absorber off, fluidized catalytic cracker overheads fractionator; Refinery gas; [A complex combination produced by the fractionation of the overhead products from the catalytic cracking process in the fluidized catalytic cracker. It consists of hydrogen, nitrogen, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	271-625-6	68602-84-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-151-00-X	Petroleum products, refinery gases; Refinery gas; [A complex combination which consists primarily of hydrogen with various small amounts of methane, ethane, and propane.]	271-750-6	68607-11-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-152-00-5	Gases (petroleum), hydrocracking low-pressure separator; Refinery gas; [A complex combination obtained by the liquid-vapor separation of the hydrocracking process reactor effluent. It consists predominantly of hydrogen and saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	272-182-1	68783-06-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-153-00-0	Gases (petroleum), refinery; Refinery gas; [A complex combination obtained from various petroleum refining operations. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	272-338-9	68814-67-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-154-00-6	Gases (petroleum), platformer products separator off; Refinery gas; [A complex combination obtained from the chemical reforming of naphthenes to aromatics. It consists of hydrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-343-6	68814-90-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-155-00-1	Gases (petroleum), hydrotreated sour kerosine deparaffinizer stabilizer off; Refinery gas; [The complex combination obtained from the deparaffinizer stabilization of hydrotreated kerosine. It consists primarily of hydrogen, methane, ethane, and propane with various small amounts of nitrogen, hydrogen sulfide, carbon monoxide and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-775-5	68911-58-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-156-00-7	Gases (petroleum), hydrotreated sour kerosine flash drum; Refinery gas; [A complex combination obtained from the flash drum of the unit treating sour kerosine with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists primarily of hydrogen and methane with various small amounts of nitrogen, carbon monoxide, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-776-0	68911-59-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-157-00-2	Gases (petroleum), distillate unrefiner desulfurization stripper off; Refinery gas; [A complex combination stripped from the liquid product of the unrefiner desulfurization process. It consists of hydrogen sulfide, methane, ethane, and propane.]	272-873-8	68919-01-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-158-00-8	Gases (petroleum), fluidized catalytic cracker fractionation off; Refinery gas; [A complex combination produced by the fractionation of the overhead product of the fluidized catalytic cracking process. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, nitrogen, and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-874-3	68919-02-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-159-00-3	Gases (petroleum), fluidized catalytic cracker scrubbing secondary absorber off; Refinery gas; [A complex combination produced by scrubbing the overhead gas from the fluidized catalytic cracker. It consists of hydrogen, nitrogen, methane, ethane and propane.]	272-875-9	68919-03-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-160-00-9	Gases (petroleum), heavy distillate hydrotreater desulfurization stripper off; Refinery gas; [A complex combination stripped from the liquid product of the heavy distillate hydrotreater desulfurization process. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-876-4	68919-04-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-161-00-4	Gases (petroleum), platformer stabilizer off, light ends fractionation; Refinery gas; [A complex combination obtained by the fractionation of the light ends of the platinum reactors of the platformer unit. It consists of hydrogen, methane, ethane and propane.]	272-880-6	68919-07-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-162-00-X	Gases (petroleum), preflash tower off, crude distn.; Refinery gas; [A complex combination produced from the first tower used in the distillation of crude oil. It consists of nitrogen and saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-881-1	68919-08-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-163-00-5	Gases (petroleum), tar stripper off; Refinery gas; [A complex combination obtained by the fractionation of reduced crude oil. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	272-884-8	68919-11-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-164-00-0	Gases (petroleum), unifier stripper off; Refinery gas; [A combination of hydrogen and methane obtained by fractionation of the products from the unifier unit.]	272-885-3	68919-12-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-165-00-6	Tail gas (petroleum), catalytic hydrodesulfurized naphtha separator; Refinery gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the hydrodesulfurization of naphtha. It consists of hydrogen, methane, ethane, and propane.]	273-173-5	68952-79-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-166-00-1	Tail gas (petroleum), straight-run naphtha hydrodesulfurizer; Refinery gas; [A complex combination obtained from the hydrodesulfurization of straight-run naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	273-174-0	68952-80-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-167-00-7	Gases (petroleum), sponge absorber off, fluidized catalytic cracker and gas oil desulfurizer overhead fractionation; Refinery gas; [A complex combination obtained by the fractionation of products from the fluidized catalytic cracker and gas oil desulfurizer. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	273-269-7	68955-33-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-168-00-2	Gases (petroleum), crude distn. and catalytic cracking; Refinery gas; [A complex combination produced by crude distillation and catalytic cracking processes. It consists of hydrogen, hydrogen sulfide, nitrogen, carbon monoxide and paraffinic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	273-563-5	68989-88-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-169-00-8	Gases (petroleum), gas oil diethanolamine scrubber off; Refinery gas; [A complex combination produced by desulfurization of gas oils with diethanolamine. It consists predominantly of hydrogen sulfide, hydrogen and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	295-397-2	92045-15-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-170-00-3	Gases (petroleum), gas oil hydrodesulfurization effluent; Refinery gas; [A complex combination obtained by separation of the liquid phase from the effluent from the hydrogenation reaction. It consists predominantly of hydrogen, hydrogen sulfide and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>3</sub> .]	295-398-8	92045-16-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-171-00-9	Gases (petroleum), gas oil hydrodesulfurization purge; Refinery gas; [A complex combination of gases obtained from the reformer and from the purges from the hydrogenation reactor. It consists predominantly of hydrogen and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	295-399-3	92045-17-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-172-00-4	Gases (petroleum), hydrogenator effluent flash drum off; Refinery gas; [A complex combination of gases obtained from flash of the effluents after the hydrogenation reaction. It consists predominantly of hydrogen and aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	295-400-7	92045-18-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-173-00-X	Gases (petroleum), naphtha steam cracking high-pressure residual; Refinery gas; [A complex combination obtained as a mixture of the non-condensable portions from the product of a naphtha steam cracking process as well as residual gases obtained during the preparation of subsequent products. It consists predominantly of hydrogen and paraffinic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> with which natural gas may also be mixed.]	295-401-2	92045-19-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-174-00-5	Gases (petroleum), residue visbaking off; Refinery gas; A complex combination obtained from viscosity reduction of residues in a furnace. It consists predominantly of hydrogen sulfide and paraffinic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	295-402-8	92045-20-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-175-00-0	Foot's oil (petroleum), acid-treated; Foot's oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of Foot's oil with sulfuric acid. It consists predominantly of branched-chain hydrocarbons with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	300-225-7	93924-31-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-176-00-6	Foot's oil (petroleum), clay-treated; Foot's oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of Foot's oil with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists predominantly of branched chain hydrocarbons with carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	300-226-2	93924-32-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-177-00-1	Gases (petroleum), C <sub>3-4</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from the cracking of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly of propane and propylene, and boiling in the range of approximately - 51 °C to - 1 °C (- 60°F to 30°F.)]	268-629-5	68131-75-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-178-00-7	Tail gas (petroleum), catalytic cracked distillate and catalytic cracked naphtha fractionation absorber; Petroleum gas; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from catalytic cracked distillates and catalytic cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-617-2	68307-98-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-179-00-2	Tail gas (petroleum), catalytic polymn. naphtha fractionation stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the fractionation stabilization products from polymerization of naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-618-8	68307-99-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-180-00-8	Tail gas (petroleum), catalytic reformed naphtha fractionation stabilizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation stabilization of catalytic reformed naphtha and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-619-3	68308-00-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-181-00-3	Tail gas (petroleum), cracked distillate hydrotreater stripper; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating thermal cracked distillates with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	269-620-9	68308-01-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-182-00-9	Tail gas (petroleum), straight-run distillate hydrodesulfurizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from catalytic hydrodesulfurization of straight run distillates and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-630-3	68308-10-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-183-00-4	Tail gas (petroleum), gas oil catalytic cracking absorber; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of products from the catalytic cracking of gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-623-5	68308-03-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-184-00-X	Tail gas (petroleum), gas recovery plant; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from miscellaneous hydrocarbon streams. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-624-0	68308-04-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-185-00-5	Tail gas (petroleum), gas recovery plant deethanizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from miscellaneous hydrocarbon streams. It consists of hydrocarbon having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-625-6	68308-05-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-186-00-0	Tail gas (petroleum), hydrodesulfurized distillate and hydrodesulfurized naphtha fractionator, acid-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of hydrodesulfurized naphtha and distillate hydrocarbon streams and treated to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-626-1	68308-06-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-187-00-6	Tail gas (petroleum), hydrodesulfurized vacuum gas oil stripper, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from stripping stabilization of catalytic hydrodesulfurized vacuum gas oil and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	269-627-7	68308-07-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-188-00-1	Tail gas (petroleum), light straight-run naphtha stabilizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation stabilization of light straight run naphtha and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	269-629-8	68308-09-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-189-00-7	Tail gas (petroleum), propane-propylene alkylation feed prep deethanizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of the reaction products of propane with propylene. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-631-9	68308-11-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-190-00-2	Tail gas (petroleum), vacuum gas oil hydrodesulfurizer, hydrogen sulfide-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from catalytic hydrodesulfurization of vacuum gas oil and from which hydrogen sulfide has been removed by amine treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>6</sub> .]	269-632-4	68308-12-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-191-00-8	Gases (petroleum), catalytic cracked overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from the catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> and boiling in the range of approximately - 48 °C to 32 °C (-54°F to 90°F).]	270-071-2	68409-99-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-193-00-9	Alkanes, C <sub>1-2</sub> ; Petroleum gas	270-651-5	68475-57-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-194-00-4	Alkanes, C <sub>2-3</sub> ; Petroleum gas	270-652-0	68475-58-1	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-195-00-X	Alkanes, C <sub>3-4</sub> ; Petroleum gas	270-653-6	68475-59-2	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-196-00-5	Alkanes, C <sub>4-5</sub> ; Petroleum gas	270-654-1	68475-60-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-197-00-0	Fuel gases; Petroleum gas; [A combination of light gases. It consists predominantly of hydrogen and/or low molecular weight hydrocarbons.]	270-667-2	68476-26-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-198-00-6	Fuel gases, crude oil of distillates; Petroleum gas; [A complex combination of light gases produced by distillation of crude oil and by catalytic reforming of naphtha. It consists of hydrogen and hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> and boiling in the range of approximately - 217 °C to - 12 °C (- 423°F to 10°F).]	270-670-9	68476-29-9	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-199-00-1	Hydrocarbons, C <sub>3-4</sub> ; Petroleum gas	270-681-9	68476-40-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-200-00-5	Hydrocarbons, C <sub>4-5</sub> ; Petroleum gas	270-682-4	68476-42-6	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-201-00-0	Hydrocarbons, C <sub>2,4</sub> , C <sub>3</sub> -rich; Petroleum gas	270-689-2	68476-49-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-202-00-6	Petroleum gases, liquefied; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately - 40 °C to 80 °C (- 40 °F to 176 °F).]	270-704-2	68476-85-7	F+; R12 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	F+; T R: 12-45-46 S: 53-45		HKS
649-203-00-1	Petroleum gases, liquefied, sweetened; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting liquefied petroleum gas mix to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately - 40 °C to 80 °C (-40 °F to 176 °F).]	270-705-8	68476-86-8	F+; R12 Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	F+; T R: 12-45-46 S: 45-53		HKS
649-204-00-7	Gases (petroleum), C <sub>3-4</sub> , isobutane-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of saturated and unsaturated hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly butane and isobutane. It consists of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> , predominantly isobutane.]	270-724-1	68477-33-8	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-205-00-2	Distillates (petroleum), C <sub>3-6</sub> , piperylene-rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of saturated and unsaturated aliphatic hydrocarbons usually ranging in the carbon numbers C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> . It consists of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly piperylenes.]	270-726-2	68477-35-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-206-00-8	Gases (petroleum), butane splitter overheads; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of the butane stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>4</sub> .]	270-750-3	68477-69-0	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-207-00-3	Gases (petroleum), C <sub>2</sub> ; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic fractionation process. It contains predominantly ethane, ethylene, propane, and propylene.]	270-751-9	68477-70-3	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-208-00-9	Gases (petroleum), catalytic-cracked gas oil depropanizer bottoms, C <sub>4</sub> -rich acid-free; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from fractionation of catalytic cracked gas oil hydrocarbon stream and treated to remove hydrogen sulfide and other acidic components. It consists of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>4</sub> .]	270-752-4	68477-71-4	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-209-00-4	Gases (petroleum), catalytic-cracked naphtha debutanizer bottoms, C <sub>3,5</sub> -rich; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the stabilization of catalytic cracked naphtha. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> .]	270-754-5	68477-72-5	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K
649-210-00-X	Tail gas (petroleum), isomerized naphtha fractionation stabilizer; Petroleum gas; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation stabilization products from isomerized naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>4</sub> .]	269-628-2	68308-08-7	⊗Carc. Cat. 1; R45 Muta. Cat. 2; R46	T R: 45-46 S: 53-45		H K



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-211-00-5	Foots oil (petroleum), carbon-treated; Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of Foots oil with activated carbon for the removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-126-0	97862-76-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-212-00-0	Distillates (petroleum), sweetened middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 345 °C (302°F to 653°F).]	265-088-7	64741-86-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-213-00-6	Gas oils (petroleum), solvent-refined; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	265-092-9	64741-90-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-214-00-1	Distillates (petroleum), solvent-refined middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 345 °C (302°F to 653°F).]	265-093-4	64741-91-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-215-00-7	Gas oils (petroleum), acid-treated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 400 °C (446°F to 752°F).]	265-112-6	64742-12-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-216-00-2	Distillates (petroleum), acid-treated middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 345 °C (401°F to 653°F).]	265-113-1	64742-13-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-217-00-8	Distillates (petroleum), acid-treated light; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-114-7	64742-14-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-218-00-3	Gas oils (petroleum), chemically neutralized; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 400 °C (446°F to 752°F).]	265-129-9	64742-29-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-219-00-9	Distillates (petroleum), chemically neutralized middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 345 °C (401°F to 653°F).]	265-130-4	64742-30-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-220-00-4	Distillates (petroleum), clay-treated middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay, usually in a percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 345 °C (302°F to 653°F).]	265-139-3	64742-38-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-221-00-X	Distillates (petroleum), hydrotreated middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	265-148-2	64742-46-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-222-00-5	Gas oils (petroleum), hydrodesulfurized; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 400 °C (446°F to 752°F).]	265-182-8	64742-79-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-223-00-0	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	265-183-3	64742-80-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-224-00-6	Fuels, diesel; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 163 °C to 357 °C (325°F to 675°F).]	269-822-7	68334-30-5	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H N
649-225-00-1	Fuel oil, No 2; Gasoil — unspecified; [A distillate oil having a minimum viscosity of 32,6 SUS at 37,7 °C (100°F) to a maximum of 37,9 SUS at 37,7 °C (100°F).]	270-671-4	68476-30-2	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H
649-226-00-7	Fuel oil, No 4; Gasoil — unspecified; [A distillate oil having a minimum viscosity of 45 SUS at 37,7 °C (100°F) to a maximum of 125 SUS at 37,7 °C (100°F).]	270-673-5	68476-31-3	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-227-00-2	Fuels, diesel, No 2; Gasoil — unspecified; [A distillate oil having a minimum viscosity of 32,6 SUS at 37,7 °C (100°F).]	270-676-1	68476-34-6	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H
649-228-00-8	Distillates (petroleum), catalytic reformer fractionator residue, high-boiling; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils in the range of approximately 343 °C to 399 °C (650°F to 750°F).]	270-719-4	68477-29-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-229-00-3	Distillates (petroleum), catalytic reformer fractionator residue, intermediate-boiling; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils in the range of approximately 288 °C to 371 °C (550°F to 700°F).]	270-721-5	68477-30-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-230-00-9	Distillates (petroleum), catalytic reformer fractionator residue, low-boiling; Gasoil — unspecified; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of catalytic reformer fractionator residue. It boils approximately below 288 °C (550°F).]	270-722-0	68477-31-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-231-00-4	Distillates (petroleum), highly refined middle; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the subjection of a petroleum fraction to several of the following steps: filtration, centrifugation, atmospheric distillation, vacuum distillation, acidification, neutralization and clay treatment. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>20</sub> .]	292-615-8	90640-93-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-232-00-X	Distillates (petroleum) catalytic reformer, heavy arom. conc.; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of a catalytically reformed petroleum cut. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 200 °C to 300 °C (392°F to 572°F).]	295-294-2	91995-34-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-233-00-5	Gas oils, paraffinic; Gasoil — unspecified; [A distillate obtained from the redistillation of a complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the effluents from a severe catalytic hydrotreatment of paraffins. It boils in the range of approximately 190 °C to 330 °C (374°F to 594°F).]	300-227-8	93924-33-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-234-00-0	Naphtha (petroleum), solvent-refined hydrodesulfurized heavy; Gasoil — unspecified	307-035-3	97488-96-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-235-00-6	Hydrocarbons, C <sub>16-20</sub> , hydrotreated middle distillate, distn. lights; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the treatment of a middle distillate with hydrogen. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 290 °C to 350 °C (554°F to 662°F). It produces a finished oil having a viscosity of 2cSt at 100 °C (212°F).]	307-659-6	97675-85-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-236-00-1	Hydrocarbons, C <sub>12-20</sub> , hydrotreated paraffinic, distn. lights; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the treatment of heavy paraffins with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 350 °C (446°F to 662°F). It produces a finished oil having a viscosity of 2cSt at 100 °C (212°F).]	307-660-1	97675-86-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-237-00-7	Hydrocarbons, C <sub>11-17</sub> , solvent-extd. light naphthenic; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by extraction of the aromatics from a light naphthenic distillate having a viscosity of 2.2 cSt at 40 °C (104°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>17</sub> and boiling in the range of approximately 200 °C to 300 °C (392°F to 572°F).]	307-757-9	97722-08-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-238-00-2	Gas oils, hydrotreated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the redistillation of the effluents from the treatment of paraffins with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 330 °C to 340 °C (626°F to 644°F).]	308-128-1	97862-78-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-239-00-8	Distillates (petroleum), carbon-treated light paraffinic; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of a petroleum oil fraction with activated charcoal for the removal of traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>28</sub> .]	309-667-5	100683-97-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-240-00-3	Distillates (petroleum), intermediate paraffinic, carbon-treated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>36</sub> .]	309-668-0	100683-98-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-241-00-9	Distillates (petroleum), intermediate paraffinic, clay-treated; Gasoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum with bleaching earth for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>36</sub> .]	309-669-6	100683-99-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-242-00-4	Alkanes, C <sub>12-26</sub> -branched and linear	292-454-3	90622-53-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-243-00-X	Lubricating greases; Grease; [A complex combination of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>50</sub> . May contain organic salts of alkali metals, alkaline earth metals, and/or aluminium compounds.]	278-011-7	74869-21-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-244-00-5	Slack wax (petroleum); Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum fraction by solvent crystallization (solvent dewaxing) or as a distillation fraction from a very waxy crude. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	265-165-5	64742-61-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-245-00-0	Slack wax (petroleum), acid-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate by treatment of a petroleum slack wax fraction with sulfuric acid treating process. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	292-659-8	90669-77-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-246-00-6	Slack wax (petroleum), clay-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of a petroleum slack wax fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process. It consists predominantly of saturated straight and branched hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	292-660-3	90669-78-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-247-00-1	Slack wax (petroleum), hydrotreated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating slack wax with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	295-523-6	92062-09-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-248-00-7	Slack wax (petroleum), low-melting; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum fraction by solvent deparaffination. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-524-1	92062-10-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-249-00-2	Slack wax (petroleum), low-melting, hydrotreated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of low-melting petroleum slack wax with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	295-525-7	92062-11-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-250-00-8	Slack wax (petroleum), low-melting, carbon-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of low-melting slack wax with activated carbon for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-155-9	97863-04-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-251-00-3	Slack wax (petroleum), low-melting, clay-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of low-melting petroleum slack wax with bentonite for removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-156-4	97863-05-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-252-00-9	Slack wax (petroleum), low-melting, silicic acid-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of low-melting petroleum slack wax with silicic acid for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated straight and branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-158-5	97863-06-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-253-00-4	Slack wax (petroleum), carbon-treated; Slack wax; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of petroleum slack wax with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities.]	309-723-9	100684-49-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-254-00-X	Petrolatum; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a semi-solid from dewaxing paraffinic residual oil. It consists predominantly of saturated crystalline and liquid hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> .]	232-373-2	8009-03-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-255-00-5	Petrolatum (petroleum), oxidized; Petrolatum; [A complex combination of organic compounds, predominantly high molecular weight carboxylic acids, obtained by the air oxidation of petrolatum.]	265-206-7	64743-01-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-256-00-0	Petrolatum (petroleum), alumina-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained when petrolatum is treated with Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> to remove polar components and impurities. It consists predominantly of saturated, crystalline, and liquid hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> .]	285-098-5	85029-74-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-257-00-6	Petrolatum (petroleum), hydrotreated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a semi-solid from dewaxed paraffinic residual oil treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated microcrystalline and liquid hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	295-459-9	92045-77-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-258-00-1	Petrolatum (petroleum), carbon-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum petrolatum with activated carbon for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	308-149-6	97862-97-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-259-00-7	Petrolatum (petroleum), silicic acid-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of petroleum petrolatum with silicic acid for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>20</sub> .]	308-150-1	97862-98-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-260-00-2	Petrolatum (petroleum), clay-treated; Petrolatum; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of petrolatum with bleaching earth for the removal of traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of greater than C <sub>25</sub> .]	309-706-6	100684-33-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H N
649-261-00-8	Gasoline, natural; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons separated from natural gas by processes such as refrigeration or absorption. It consists predominantly of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 120 °C (-4°F to 248°F).]	232-349-1	8006-61-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-262-00-3	Naphtha; Low boiling point naphtha; [Refined, partly refined, or unrefined petroleum products by the distillation of natural gas. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately 100 °C to 200 °C (212°F to 392°F).]	232-443-2	8030-30-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-263-00-9	Ligroine; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractional distillation of petroleum. This fraction boils in a range of approximately 20 °C to 135 °C (58°F to 275°F).]	232-453-7	8032-32-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-264-00-4	Naphtha (petroleum), heavy straight-run; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (149°F to 446°F).]	265-041-0	64741-41-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-265-00-X	Naphtha (petroleum), full-range straight-run; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 220 °C (-4°F to 428°F).]	265-042-6	64741-42-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-266-00-5	Naphtha (petroleum), light straight-run; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of crude oil. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 180 °C (-4°F to 356°F).]	265-046-8	64741-46-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-267-00-0	Solvent naphtha (petroleum), light aliph.; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude oil or natural gasoline. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 160 °C (95°F to 320°F).]	265-192-2	64742-89-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-268-00-6	Distillates (petroleum), straight-run light; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately - 88 °C to 99 °C (- 127°F to 210°F).]	270-077-5	68410-05-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-269-00-1	Gasoline, vapor-recovery; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons separated from the gases from vapor recovery systems by cooling. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately - 20 °C to 196 °C (-4°F to 384°F).]	271-025-4	68514-15-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-270-00-7	Gasoline, straight-run, topping-plant; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the topping plant by the distillation of crude oil. It boils in the range of approximately 36,1 °C to 193,3 °C (97°F to 380°F).]	271-727-0	68606-11-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-271-00-2	Naphtha (petroleum), unsweetened; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the distillation of naphtha streams from various refinery processes. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 0 °C to 230 °C (25°F to 446°F).]	272-186-3	68783-12-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-272-00-8	Distillates (petroleum), light straight-run gasoline fractionation stabilizer overheads; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> .]	272-931-2	68921-08-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-273-00-3	Naphtha (petroleum), heavy straight run, arom.-contg.; Low boiling point naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a distillation process of crude petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 210 °C (266°F to 410°F).]	309-945-6	101631-20-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-274-00-9	Naphtha (petroleum), full-range alkylate; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consist of predominantly branched chain saturated hydro-carbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 220 °C (194°F to 428°F).]	265-066-7	64741-64-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-275-00-4	Naphtha (petroleum), heavy alkylate; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> to C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 220 °C (302°F to 428°F).]	265-067-2	64741-65-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-276-00-X	Naphtha (petroleum), light alkylate; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydro-carbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of aproximately 90 °C to 160 °C (194°F to 320°F).]	265-068-8	64741-66-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-277-00-5	Naphtha (petroleum), isomerization; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from catalytic isomerization of straight chain paraffinic C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> hydrocarbons. It consists predominantly of saturated hydrocarbons such as isobutane, isopentane, 2,2-dimethylbutane, 2-methylpentane, and 3-methylpentane.]	265-073-5	64741-70-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-278-00-0	Naphtha (petroleum), solvent-refined light; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 190 °C (95°F to 374°F).]	265-086-6	64741-84-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-279-00-6	Naphtha (petroleum), solvent-refined heavy; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-095-5	64741-92-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-280-00-1	Raffinates (petroleum), catalytic reformer ethylene glycol-water countercurrent exts.; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from the UDEX extraction process on the catalytic reformer stream. It consists of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>9</sub> .]	270-088-5	68410-71-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-281-00-7	Raffinates (petroleum), reformer, Lurgi unit-sepd.; Low boiling point modified naphtha; [The complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a Lurgi separation unit. It consists predominantly of non-aromatic hydrocarbons with various small amounts of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>8</sub> .]	270-349-3	68425-35-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-282-00-2	Naphtha (petroleum), full-range alkylate, butane-contg.; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> with some butanes and boiling in the range of approximately 35 °C to 200 °C (95°F to 428°F).]	271-267-0	68527-27-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-283-00-8	Distillates (petroleum), naphtha steam cracking-derived, solvent-refined light hydrotreated; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinates from a solvent extraction process of hydrotreated light distillate from steam-cracked naphtha.]	295-315-5	91995-53-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-284-00-3	Naphtha (petroleum), C <sub>4-12</sub> butane-alkylate, isooctane-rich; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by alkylation of butanes. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> , rich in isooctane, and boiling in the range of approximately 35 °C to 210 °C (95°F to 410°F).]	295-430-0	92045-49-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-285-00-9	Hydrocarbons, hydrotreated light naphtha distillates, solvent-refined; Low boiling point modified naphtha; [A combination of hydrocarbons obtained from the distillation of hydrotreated naphtha followed by a solvent extraction and distillation process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons boiling in the range of approximately 94 °C to 99 °C (201°F to 210°F).]	295-436-3	92045-55-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-286-00-4	Naphtha (petroleum), isomerization, C <sub>6</sub> -fraction; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of a gasoline which has been catalytically isomerized. It consists predominantly of hexane isomers boiling in the range of approximately 60 °C to 66 °C (140°F to 151°F).]	295-440-5	92045-58-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-287-00-X	Hydrocarbons, C <sub>6-7</sub> , naphtha-cracking, solvent-refined; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the sorption of benzene from a catalytically fully hydrogenated benzene-rich hydrocarbon cut that was distillatively obtained from prehydrogenated cracked naphtha. It consists predominantly of paraffinic and naphthenic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately 70 °C to 100 °C (158°F to 212°F).]	295-446-8	92045-64-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-288-00-5	Hydrocarbons, C <sub>6</sub> -rich, hydrotreated light naphtha distillates, solvent-refined; Low boiling point modified naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of hydrotreated naphtha followed by solvent extraction. It consists predominantly of saturated hydrocarbons and boiling in the range of approximately 65 °C to 70 °C (149°F to 158°F).]	309-871-4	101316-67-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-289-00-0	Naphtha (petroleum), heavy catalytic cracked; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by a distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (148°F to 446°F). It contains a relatively large proportion of unsaturated hydrocarbons.]	265-055-7	64741-54-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-290-00-6	Naphtha (petroleum), light catalytic cracked; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F). It contains a relatively large proportion of unsaturated hydrocarbons.]	265-056-2	64741-55-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-291-00-1	Hydrocarbons, C <sub>3-11</sub> , catalytic cracker distillates; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillations of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in a range approximately up to 204 °C (400°F).]	270-686-6	68476-46-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-292-00-7	Naphtha (petroleum), catalytic cracked light distd.; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>1</sub> through C <sub>5</sub> .]	272-185-8	68783-09-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-293-00-2	Distillates (petroleum), naphtha steam cracking-derived, hydrotreated light arom.; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a light distillate from steam-cracked naphtha. It consists predom-inantly of aromatic hydrocarbons.]	295-311-3	91995-50-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-294-00-8	Naphtha (petroleum), heavy catalytic cracked, sweetened; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a catalytic cracked petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 60 °C to 200 °C (140°F to 392°F).]	295-431-6	92045-50-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-295-00-3	Naphtha (petroleum), light catalytic cracked sweetened; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting naphtha from a catalytic cracking process to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in a range of approximately 35 °C to 210 °C (95°F to 410°F).]	295-441-0	92045-59-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-296-00-9	Hydrocarbons, C <sub>8-12</sub> , catalytic-cracking, chem. neutralized; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of a cut from the catalytic cracking process, having undergone an alkaline washing. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 210 °C (266°F to 410°F).]	295-794-0	92128-94-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-297-00-4	Hydrocarbons, C <sub>8-12</sub> , catalytic cracker distillates; Low boiling point cat-cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of products from a catalytic cracking process. It consists pre-dominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 140 °C to 210 °C (284°F to 410°F).]	309-974-4	101794-97-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-298-00-X	Hydrocarbons, C <sub>8-12</sub> , catalytic cracking, chem. neutralized, sweetened; Low boiling point cat-cracked naphtha	309-987-5	101896-28-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-299-00-5	Naphtha (petroleum), light catalytic reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 190 °C (95°F to 374°F). It contains a relatively large proportion of aromatic and branched chain hydrocarbons. This stream may contain 10 vol. % or more benzene.]	265-065-1	64741-63-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-300-00-9	Naphtha (petroleum), heavy catalytic reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of predominantly aromatic hydrocarbons having numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-070-9	64741-68-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-301-00-4	Distillates (petroleum), catalytic reformed depentanizer; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists predominantly of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately - 49 °C to 63 °C - 57°F to 145°F.)]	270-660-4	68475-79-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-302-00-X	Hydrocarbons, C <sub>2-6</sub> , C <sub>6-8</sub> catalytic reformer; Low boiling point cat-reformed naphtha	270-687-1	68476-47-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-303-00-5	Residues (petroleum), C <sub>6-8</sub> catalytic reformer; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex residuum from the catalytic reforming of C <sub>6-8</sub> feed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-794-3	68478-15-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-304-00-0	Naphtha (petroleum), light catalytic reformed, arom.-free; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from distillation of products from a catalytic reforming process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 120 °C (95°F to 248°F). It contains a relatively large proportion of branched chain hydrocarbons with the aromatic components removed.]	270-993-5	68513-03-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-305-00-6	Distillates (petroleum), catalytic reformed straight-run naphtha overheads; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic reforming of straight-run naphtha followed by the fractionation of the total effluent. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	271-008-1	68513-63-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-306-00-1	Petroleum products, hydrofiner-powerformer reformates; Low boiling point cat-reformed naphtha; [The complex combination of hydrocarbons obtained in a hydrofiner-powerformer process and boiling in a range of approximately 27 °C to 210 °C (80°F to 410°F).]	271-058-4	68514-79-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-307-00-7	Naphtha (petroleum, full-range reformed); Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 230 °C (95°F to 446°F).]	272-895-8	68919-37-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-308-00-2	Naphtha (petroleum), catalytic reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic reforming process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 220 °C (90°F to 430°F). It contains a relatively large proportion of aromatic and branched chain hydrocarbons. This stream may contain 10 vol.% or more benzene.]	273-271-8	68955-35-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-309-00-8	Distillates (petroleum), catalytic reformed hydrotreated light, C <sub>8-12</sub> arom. fraction; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of alkylbenzenes obtained by the catalytic reforming of petroleum naphtha. It consists predominantly of alkylbenzenes having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 160 °C to 180 °C (320°F to 356°F).]	285-509-8	85116-58-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-310-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8</sub> , catalytic reforming-derived; Low boiling point cat-reformed naphtha	295-279-0	91995-18-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-311-00-9	Aromatic hydrocarbons, C <sub>7-12</sub> , C <sub>8</sub> -rich; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by separation from the platformate-containing fraction. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> (primarily C <sub>8</sub> ) and can contain nonaromatic hydrocarbons, both boiling in the range of approximately 130 °C to 200 °C (266°F to 392°F).]	297-401-8	93571-75-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-312-00-4	Gasoline, C <sub>5-11</sub> , high-octane stabilized reformed; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex high octane combination of hydrocarbons obtained by the catalytic dehydrogenation of a predominantly naphthenic naphtha. It consists predominantly of aromatics and non-aromatics having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 45 °C to 185 °C (113°F to 365°F).]	297-458-9	93572-29-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-313-00-X	Hydrocarbons, C <sub>7-12</sub> , C <sub>&gt;9</sub> -arom.-rich, reforming heavy fraction; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by separation from the platformate-containing fraction. It consists predominantly of nonaromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 120 °C to 210 °C (248°F to 380°F) and C <sub>9</sub> and higher aromatic hydrocarbons.]	297-465-7	93572-35-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-314-00-5	Hydrocarbons, C <sub>5-11</sub> , nonaroms.-rich, reforming light fraction; Low boiling point cat-reformed naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by separation from the platformate-containing fraction. It consists predominantly of nonaromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 125 °C (94°F to 257°F), benzene and toluene.]	297-466-2	93572-36-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-315-00-0	Foots oil (petroleum), silicic acid-treated; Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of Foots oil with silicic acid for removal of trace constituents and impurities. It consists predominantly of straight chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>12</sub> .]	308-127-6	97862-77-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-316-00-6	Naphtha (petroleum), light thermal cracked; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately minus 10 °C to 130 °C (14°F to 266°F).]	265-075-6	64741-74-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-317-00-1	Naphtha (petroleum), heavy thermal cracked; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 220 °C (148°F to 428°F).]	265-085-0	64741-83-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-318-00-7	Distillates (petroleum), heavy arom.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from the thermal cracking of ethane and propane. This higher boiling fraction consists predominantly of C <sub>5</sub> -C <sub>7</sub> aromatic hydrocarbons with some unsaturated aliphatic hydrocarbons having carbon number predominantly of C <sub>5</sub> . This stream may contain benzene.]	267-563-4	67891-79-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-319-00-2	Distillates (petroleum), light arom.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [The complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from the thermal cracking of ethane and propane. This lower boiling fraction consists predominantly of C <sub>5</sub> -C <sub>7</sub> aromatic hydrocarbons with some unsaturated aliphatic hydrocarbons having a carbon number predominantly of C <sub>5</sub> . This stream may contain benzene.]	267-565-5	67891-80-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-320-00-8	Distillates (petroleum), naphtha-raffinate pyrolyzate-derived, gasoline-blending; Low boiling point thermally cracked naphtha; [The complex combination of hydrocarbons obtained by the pyrolysis fractionation at 816 °C (1500°F) of naphtha and raffinate. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon number of C <sub>9</sub> and boiling at approximately 204 °C (400°F).]	270-344-6	68425-29-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-321-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>6-8</sub> , naphtha-raffinate pyrolyzate-derived; Low boiling point thermally cracked naphtha; A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation pyrolysis at 816 °C (1500°F) of naphtha and raffinate. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>8</sub> , including benzene.]	270-658-3	68475-70-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-322-00-9	Distillates (petroleum), thermal cracked naphtha and gas oil; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of thermally cracked naphtha and/or gas oil. It consists predominantly of olefinic hydrocarbons having a carbon number of C <sub>5</sub> and boiling in the range of approximately 33 °C to 60 °C (91°F to 140°F).]	271-631-9	68603-00-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-323-00-4	Distillates (petroleum), thermal cracked naphtha and gas oil, C <sub>5</sub> -dimer-contg.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the extractive distillation of thermal cracked naphtha and/or gas oil. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon number of C <sub>5</sub> with some dimerized C <sub>5</sub> olefins and boiling in the range of approximately 33 °C to 184 °C (91°F to 363°F).]	271-632-4	68603-01-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-324-00-X	Distillates (petroleum), thermal cracked naphtha and gas oil, extractive; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the extractive distillation of thermal cracked naphtha and/or gas oil. It consists of paraffinic and olefinic hydrocarbons, predominantly isoamylenes such as 2-methyl-1-butene and 2-methyl-2-butene and boiling in the range of approximately 31 °C to 40 °C (88°F to 104°F).]	271-634-5	68603-03-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-325-00-5	Distillates (petroleum), light thermal cracked, debutanized arom.; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a thermal cracking process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons, primarily benzene.]	273-266-0	68955-29-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-326-00-0	Naphtha (petroleum), light thermal cracked, sweetened; Low boiling point thermally cracked naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate from the high temperature thermal cracking of heavy oil fractions to a sweetening process to convert mercaptans. It consists predominantly of aromatics, olefins and saturated hydrocarbons boiling in the range of approximately 20 °C to 100 °C (68°F to 212°F).]	295-447-3	92045-65-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-327-00-6	Naphtha (petroleum), hydrotreated heavy; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (149°F to 446°F).]	265-150-3	64742-48-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-328-00-1	Naphtha (petroleum), hydrotreated light; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	265-151-9	64742-49-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-329-00-7	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized light; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	265-178-6	64742-73-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-330-00-2	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized heavy; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-185-4	64742-82-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-331-00-8	Distillates (petroleum), hydrotreated middle, intermediate boiling; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of products from a middle distillate hydrotreating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 127 °C to 188 °C (262°F to 370°F).]	270-092-7	68410-96-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-332-00-3	Distillates (petroleum), light distillate hydrotreating process, low-boiling; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of products from the light distillate hydrotreating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>9</sub> and boiling in the range of approximately 3 °C to 194 °C (37°F to 382°F).]	270-093-2	68410-97-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-333-00-9	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy naphtha, deisohexanizer overheads; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of the products from a heavy naphtha hydrotreating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately - 49 °C to 68 °C (-57°F to 155°F).]	270-094-8	68410-98-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-334-00-4	Solvent naphtha (petroleum), light arom., hydrotreated; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 135 °C to 210 °C (275°F to 410°F).]	270-988-8	68512-78-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-335-00-X	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized thermal cracked light; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation of hydrodesulfurized thermal cracker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 23 °C to 195 °C (73°F to 383°F).]	285-511-9	85116-60-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-336-00-5	Naphtha (petroleum), hydrotreated light, cycloalkane-contg.; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of a petroleum fraction. It consists predominantly of alkanes and cycloalkanes boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	285-512-4	85116-61-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-337-00-0	Naphtha (petroleum), heavy steam-cracked, hydrogenated; Low boiling point hydrogen treated naphtha	295-432-1	92045-51-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-338-00-6	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized full-range; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic hydrodesulfurization process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 250 °C (86°F to 482°F).]	295-433-7	92045-52-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-339-00-1	Naphtha (petroleum), hydrotreated light steam-cracked; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction, derived from a pyrolysis process, with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 190 °C (95°F to 374°F).]	295-438-4	92045-57-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-340-00-7	Hydrocarbons, C <sub>4-12</sub> , naphtha-cracking, hydrotreated; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation from the product of a naphtha steam cracking process and subsequent catalytic selective hydrogenation of gum formers. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 230 °C (86°F to 446°F).]	295-443-1	92045-61-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-341-00-2	Solvent naphtha (petroleum), hydrotreated light naphthenic; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of cycloparaffinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>7</sub> and boiling in the range of approximately 73 °C to 85 °C (163°F to 185°F).]	295-529-9	92062-15-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-342-00-8	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, hydrogenated; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons produced from the separation and subsequent hydrogenation of the products of a steam-cracking process to produce ethylene. It consists predominantly of saturated and unsaturated paraffins, cyclic paraffins and cyclic aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 50 °C to 200 °C (122°F to 392°F). The proportion of benzene hydrocarbons may vary up to 30 wt. % and the stream may also contain small amounts of sulphur and oxygenated compounds.]	296-942-7	93165-55-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-343-00-3	Hydrocarbons, C <sub>6-11</sub> , hydrotreated, dearomatized; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as solvents which have been subjected to hydrotreatment in order to convert aromatics to naphthenes by catalytic hydrogenation.]	297-852-0	93763-33-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-344-00-9	Hydrocarbons, C <sub>9-12</sub> , hydrotreated, dearomatized; Low boiling point hydrogen treated naphtha; [A complex combination of hydrocarbons obtained as solvents which have been subjected to hydrotreatment in order to convert aromatics to naphthenes by catalytic hydrogenation.]	297-853-6	93763-34-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-345-00-4	Stoddard solvent; Low boiling point naphtha — unspecified; [A colourless, refined petroleum distillate that is free from rancid or objectionable odors and that boils in a range of approximately 300°F to 400°F.]	232-489-3	8052-41-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-346-00-X	Natural gas condensates (petroleum); Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons separated as a liquid from natural gas in a surface separator by retrograde condensation. It consists mainly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> to C <sub>20</sub> . It is a liquid at atmospheric temperature and pressure.]	265-047-3	64741-47-5	Carc. Cat. 2; R4 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-347-00-5	Natural gas (petroleum), raw liq. mix; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons separated as a liquid from natural gas in a gas recycling plant by processes such as refrigeration or absorption. It consists mainly of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>8</sub> .]	265-048-9	64741-48-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-348-00-0	Naphtha (petroleum), light hydrocracked; Low boiling naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>10</sub> , and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 180 °C (-4°F to 356°F).]	265-071-4	64741-69-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-349-00-6	Naphtha (petroleum), heavy hydrocracked; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> , and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (148°F to 446°F).]	265-079-8	64741-78-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-350-00-1	Naphtha (petroleum), sweetened; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum naphtha to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately minus 10 °C to 230 °C (14°F to 446°F).]	265-089-2	64741-87-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-351-00-7	Naphtha (petroleum), acid-treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a raffinate from a sulfuric acid treating process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 230 °C (194°F to 446°F).]	265-115-2	64742-15-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-352-00-2	Naphtha (petroleum), chemically neutralized heavy; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 65 °C to 230 °C (149°F to 446°F).]	265-122-0	64742-22-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-353-00-8	Naphtha (petroleum), chemically neutralized light; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F).]	265-123-6	64742-23-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-354-00-3	Naphtha (petroleum), catalytic dewaxed; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the catalytic dewaxing of a petroleum fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 230 °C (95°F to 446°F).]	265-170-2	64742-66-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-355-00-9	Naphtha (petroleum), light steam-cracked; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the products from a steam cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately minus 20 °C to 190 °C (-4°F to 374°F). This stream is likely to contain 10 vol. % or more benzene.]	265-187-5	64742-83-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-356-00-4	Solvent naphtha (petroleum), light arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from distillation of aromatic streams. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 135 °C to 210 °C (275°F to 410°F).]	265-199-0	64742-95-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-357-00-X	Aromatic hydrocarbons, C <sub>6-10</sub> , acid-treated, neutralized; Low boiling point naphtha — unspecified	268-618-5	68131-49-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-358-00-5	Distillates (petroleum), C <sub>3-5</sub> , 2-methyl-2-butene-rich; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly isopentane and 3-methyl-1-butene. It consists of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly 2-methyl-2-butene.]	270-725-7	68477-34-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-359-00-0	Distillates (petroleum), polyimd. steam-cracked petroleum distillates, C <sub>5-12</sub> fraction; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of polymerized steam-cracked petroleum distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-735-1	68477-50-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-360-00-6	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>5-12</sub> fraction; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of organic compounds obtained by the distillation of products from a steam cracking process. It consists of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-736-7	68477-53-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-361-00-1	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>5-10</sub> fraction, mixed with light steam-cracked petroleum naphtha C <sub>5</sub> fraction; Low boiling point naphtha — unspecified	270-738-8	68477-55-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-362-00-7	Extracts (petroleum), cold-acid, C <sub>4-6</sub> ; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of organic compounds produced by cold acid unit extraction of saturated and unsaturated aliphatic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly pentanes and amylenes. It consists predominantly of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>5</sub> .]	270-741-4	68477-61-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-363-00-2	Distillates (petroleum), depentanizer overheads; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic cracked gas stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-771-8	68477-89-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-364-00-8	Residues (petroleum), butane splitter bottoms; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex residuum from the distillation of butane stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-791-7	68478-12-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-365-00-3	Residual oils (petroleum), deisobutanizer tower; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex residuum from the atmospheric distillation of the butane-butylene stream. It consists of aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> .]	270-795-9	68478-16-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-366-00-9	Naphtha (petroleum), full-range coker; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a fluid coker. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>15</sub> and boiling in the range of approximately 43 °C to 250 °C (110°F to 500°F).]	270-991-4	68513-02-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-367-00-4	Naphtha (petroleum), steam-cracked middle arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a steam-cracking process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 220 °C (266°F to 428°F).]	271-138-9	68516-20-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-368-00-X	Naphtha (petroleum), clay-treated full-range straight-run; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of full-range straight-run naphtha with natural or modified clay, usually in a percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately - 20 °C to 220 °C (-4°F to 429°F).]	271-262-3	68527-21-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-369-00-5	Naphtha (petroleum), clay-treated light straight-run; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of light straight-run naphtha with a natural or modified clay, usually in a percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities, present. It consists of hydro-carbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 93 °C to 180 °C (200°F to 356°F).]	271-263-9	68527-22-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-370-00-0	Naphtha (petroleum), light steam-cracked arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a steam-cracking process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>9</sub> and boiling in the range of approximately 110 °C to 165 °C (230°F to 329°F).]	271-264-4	68527-23-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-371-00-6	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, debenzenized; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of products from a steam-cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 80 °C to 218 °C (176°F to 424°F).]	271-266-5	68527-26-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-372-00-1	Naphtha (petroleum), arom.-contg.; Low boiling point naphtha — unspecified	271-635-0	68603-08-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-373-00-7	Gasoline, pyrolysis, debutanizer bottoms; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the fractionation of depropanizer bottoms. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>5</sub> .]	271-726-5	68606-10-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-374-00-2	Naphtha (petroleum), light, sweetened; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of saturated and unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately - 20 °C to 100 °C (-4°F to 212°F).]	272-206-0	68783-66-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-375-00-8	Natural gas condensates; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons separated and/or condensed from natural gas during transportation and collected at the wellhead and/or from the production, gathering, transmission, and distribution pipelines in deeps, scrubbers, etc. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>8</sub> .]	272-896-3	68919-39-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H J
649-376-00-3	Distillates (petroleum), naphtha unifier stripper; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by stripping the products from the naphtha unifier. It consists of saturated aliphatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>2</sub> through C <sub>6</sub> .]	272-932-8	68921-09-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-377-00-9	Naphtha (petroleum), catalytic reformed light, arom.-free fraction; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons remaining after removal of aromatic compounds from catalytic reformed light naphtha in a selective absorption process. It consists predominantly of paraffinic and cyclic compounds having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 66 °C to 121 °C (151°F to 250°F).]	285-510-3	85116-59-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-378-00-4	Gasoline; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons consisting primarily of paraffins, cycloparaffins, aromatic and olefinic hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>3</sub> and boiling in the range of 30 °C to 260 °C (86°F to 500°F).]	289-220-8	86290-81-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-379-00-X	Aromatic hydrocarbons, C <sub>7-8</sub> , dealkylation products, distn. residues; Low boiling point naphtha — unspecified	292-698-0	90989-42-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-380-00-5	Hydrocarbons, C <sub>4-6</sub> , depentanizer lights, arom. hydrotreater; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the depentanizer column before hydrotreatment of the aromatic charges. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly pentanes and pentenes, and boiling in the range of approximately 25 °C to 40 °C (77°F to 104°F).]	295-298-4	91995-38-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-381-00-0	Distillates (petroleum), heat-soaked steam-cracked naphtha, C <sub>5</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of heat-soaked steam-cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>5</sub> .]	295-302-4	91995-41-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-382-00-6	Extracts (petroleum), catalytic reformed light naphtha solvent; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from the solvent extraction of a catalytically reformed petroleum cut. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 100 °C to 200 °C (212°F to 392°F).]	295-331-2	91995-68-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-383-00-1	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized light, dearomatized; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of hydrodesulfurized and dearomatized light petroleum fractions. It consists predominantly of C <sub>7</sub> paraffins and cycloparaffins boiling in a range of approximately 90 °C to 100 °C (194°F to 212°F).]	295-434-2	92045-53-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-384-00-7	Naphtha (petroleum), light, C <sub>5</sub> -rich, sweetened; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum naphtha to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>5</sub> , predominantly C <sub>5</sub> , and boiling in the range of approximately minus 10 °C to 35 °C (14°F to 95°F).]	295-442-6	92045-60-8	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-385-00-2	Hydrocarbons, C <sub>8-11</sub> , naphtha-cracking, toluene cut; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation from prehydrogenated cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 130 °C to 205 °C (266°F to 401°F).]	295-444-7	92045-62-0	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-386-00-8	Hydrocarbons, C <sub>4-11</sub> , naphtha-cracking, arom.-free; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from prehydrogenated cracked naphtha after distillative separation of benzene- and toluene-containing hydrocarbon cuts and a higher boiling fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range C <sub>4</sub> through C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 30 °C to 205 °C (86°F to 401°F).]	295-445-2	92045-63-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-387-00-3	Naphtha (petroleum), light heat-soaked, steam-cracked; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the fractionation of steam cracked naphtha after recovery from a heat soaking process. It consists predominantly of hydrocarbons having a carbon numbers predominantly in the range of C <sub>4</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately 0 °C to 80 °C (32°F to 176°F).]	296-028-8	92201-97-3	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-388-00-9	Distillates (petroleum), C <sub>6</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of a petroleum feedstock. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers of C <sub>5</sub> through C <sub>7</sub> , rich in C <sub>6</sub> , and boiling in the range of approximately 60 °C to 70 °C (140°F to 158°F).]	296-903-4	93165-19-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-389-00-4	Gasoline, pyrolysis, hydrogenated; Low boiling point naphtha-unspecified; [A distillation fraction from the hydrogenation of pyrolysis gasoline boiling in the range of approximately 20 °C to 200 °C (68°F to 392°F).]	302-639-3	94114-03-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-390-00-X	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>8-12</sub> fraction, polymd., distn. lights; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of the polymerized C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> fraction from steam-cracked petroleum distillates. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> .]	305-750-5	95009-23-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-391-00-5	Extracts (petroleum) heavy naphtha solvent, clay-treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of heavy naphthic solvent petroleum extract with bleaching earth. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>18</sub> and boiling in the range of approximately 80 °C to 180 °C (175°F to 356°F).]	308-261-5	97926-43-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-392-00-0	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, debenzenized, thermally treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment and distillation of debenzenized light steam-cracked petroleum naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 95 °C to 200 °C (203°F to 392°F).]	308-713-1	98219-46-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-393-00-6	Naphtha (petroleum), light steam-cracked, thermally treated; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment and distillation of light steam-cracked petroleum naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>6</sub> and boiling in the range of approximately 35 °C to 80 °C (95°F to 176°F).]	308-714-7	98219-47-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-394-00-1	Distillates (petroleum), C <sub>7-9</sub> , C <sub>8</sub> -rich, hydrodesulfurized de-aromatized; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of petroleum light fraction, hydrodesulfurized and de-aromatized. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>9</sub> , predominantly C <sub>8</sub> paraffins and cycloparaffins, boiling in the range of approximately 120 °C to 130 °C (248°F to 266°F).]	309-862-5	101316-56-7	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-395-00-7	Hydrocarbons, C <sub>6-8</sub> , hydrogenated sorption-dearomatized, toluene raffination; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained during the sorptions of toluene from a hydrocarbon fraction from cracked gasoline treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 80 °C to 135 °C (176°F to 275°F).]	309-870-9	101316-66-9	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-396-00-2	Naphtha (petroleum), hydrodesulfurized full-range coker; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrodesulfurized coker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> to C <sub>11</sub> and boiling in the range of approximately 23 °C to 196 °C (73°F to 385°F).]	309-879-8	101316-76-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-397-00-8	Naphtha (petroleum), sweetened light; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum naphtha to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>5</sub> through C <sub>8</sub> and boiling in the range of approximately 20 °C to 130 °C (68°F to 266°F).]	309-976-5	101795-01-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-398-00-3	Hydrocarbons, C <sub>3-6</sub> , C <sub>5</sub> -rich, steam-cracked naphtha; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of steam-cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>3</sub> through C <sub>6</sub> , predominantly C <sub>5</sub> .]	310-012-0	102110-14-5	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-399-00-9	Hydrocarbons, C <sub>5</sub> -rich, dicyclopentadiene-contg.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of the products from a stream-cracking process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers of C <sub>5</sub> and dicyclopentadiene and boiling in the range of approximately 30 °C to 170 °C (86°F to 338°F).]	310-013-6	102110-15-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-400-00-2	Residues (petroleum), steam-cracked light, arom.; Low boiling point naphtha — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the products of steam cracking or similar processes after taking off the very light products resulting in a residue starting with hydrocarbons having carbon numbers greater than C <sub>5</sub> . It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers greater than C <sub>5</sub> and boiling above approximately 40 °C (104°F).]	310-057-6	102110-55-4	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-401-00-8	Hydrocarbons, C ≥ 5, C <sub>5-6</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified	270-690-8	68476-50-6	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-402-00-3	Hydrocarbons, C <sub>5</sub> -rich; Low boiling point naphtha — unspecified	270-695-5	68476-55-1	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-403-00-9	Aromatic hydrocarbons, C <sub>8-10</sub> ; Low boiling point naphtha — unspecified	292-695-4	90989-39-2	Carc. Cat. 2; R45 Xn; R65	T R: 45-65 S: 53-45		H P
649-404-00-4	Kerosine (petroleum); Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of crude oil. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (320°F to 554°F).]	232-366-4	8008-20-6	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-405-00-X	Solvent naphtha (petroleum), medium aliph.; Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude oil or natural gasoline. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 140 °C to 220 °C (284°F to 428°F).]	265-191-7	64742-88-7	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-406-00-5	Solvent naphtha (petroleum) heavy aliph.; Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of crude oil or natural gasoline. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 190 °C to 290 °C (374°F to 554°F).]	265-200-4	64742-96-7	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-407-00-0	Kerosine (petroleum), straight-run wide-cut; Straight run kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a wide cut hydrocarbon fuel cut from atmospheric distillation and boiling in the range of approximately 70 °C to 220 °C (158°F to 428°F).]	295-418-5	92045-37-9	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-408-00-6	Distillates (petroleum), steam-cracked; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of the products from a steam cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 290 °C (190°F to 554°F).]	265-194-3	64742-91-2	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-409-00-1	Distillates (petroleum), cracked stripped steam-cracked petroleum distillates, C <sub>8-10</sub> fraction; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distilling cracked stripped steam-cracked distillates. It consists of hydro-carbons having carbon numbers in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 129 °C to 194 °C (264°F to 382°F).]	270-728-3	68477-39-4	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-410-00-7	Distillates (petroleum), cracked stripped steam-cracked petroleum distillates, C <sub>10-12</sub> fraction; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distilling cracked stripped steam-cracked distillates. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-729-9	68477-40-7	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-411-00-2	Distillates (petroleum), steam-cracked, C <sub>8-12</sub> fraction; Cracked kerosine; [A complex combination of organic compounds obtained by the distillation of products from a steam cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>12</sub> .]	270-737-2	68477-54-3	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-412-00-8	Kerosine (petroleum), hydrodesulfurized thermal cracked; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrodesulfurized thermal cracker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons predominantly in the range of C <sub>8</sub> to C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 120 °C to 283 °C (284°F to 541°F).]	285-507-7	85116-55-8	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-413-00-3	Aromatic hydrocarbons, C <sub>≥10</sub> , steam-cracking, hydrotreated; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a steam cracking process treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 320 °C (302°F to 608°F).]	292-621-0	90640-98-5	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-414-00-9	Naphtha (petroleum), steam-cracked, hydrotreated, C <sub>9-10</sub> -arom.-rich; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of the products from a steam cracking process thereafter treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>10</sub> and boiling in the range of approximately 140 °C to 200 °C (284°F to 392°F).]	292-637-8	90641-13-7	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-415-00-4	Distillates (petroleum), thermal-cracked, alkylarom. hydrocarbon-rich; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of thermal-cracking heavy tars. It consists predominantly of highly alkylated aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 100 °C to 250 °C (212°F to 482°F).]	309-866-7	101316-61-4	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-416-00-X	Distillates (petroleum), catalytic cracked heavy tar light; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of catalytic cracking heavy tars. It consists predominantly of highly alkylated aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 100 °C to 250 °C (212°F to 482°F).]	309-938-8	101631-13-4	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-417-00-5	Solvent naphtha (petroleum), hydrocracked heavy arom.; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the distillation of hydrocracked petroleum distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 235 °C to 290 °C (455°F to 554°F).]	309-881-9	101316-80-7	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-418-00-0	Distillates (petroleum), steam-cracked heavy tar light; Cracked kerosine; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of steam cracking heavy tars. It consists predominantly of highly alkylated aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 100 °C to 250 °C (212°F to 482°F).]	309-940-9	101631-15-6	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-419-00-6	Distillates (petroleum), alkylate; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the reaction products of isobutane with monoolefinic hydrocarbons usually ranging in carbon numbers from C <sub>3</sub> through C <sub>5</sub> . It consists of predominantly branched chain saturated hydro-carbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>17</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 320 °C (401°F to 608°F).]	265-074-0	64741-73-7	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-420-00-1	Extracts (petroleum), heavy naphtha solvent; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from a solvent extraction process. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> through C <sub>12</sub> and boiling in the range of approximately 90 °C to 220 °C (194°F to 428°F).]	265-099-7	64741-98-6	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-421-00-7	Distillates (petroleum), chemically neutralized light; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by a treating process to remove acidic materials. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-132-5	64742-31-0	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-422-00-2	Distillates (petroleum), hydrotreated light; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-149-8	64742-47-8	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-423-00-8	Kerosine (petroleum), hydrodesulfurized; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 290 °C (302°F to 554°F).]	265-184-9	64742-81-0	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-424-00-3	Solvent naphtha (petroleum), heavy arom.; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from distillation of aromatic streams. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 165 °C to 290 °C (330°F to 554°F).]	265-198-5	64742-94-5	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-425-00-9	Naphtha (petroleum), heavy coker; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of products from a fluid coker. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>6</sub> through C <sub>15</sub> and boiling in the range of approximately 157 °C to 288 °C (315°F to 550°F).]	269-778-9	68333-23-3	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-426-00-4	Naphtha (petroleum), catalytic reformed hydrodesulfurized heavy, arom. fraction; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by fractionation from catalytically reformed hydrodesulfurized naphtha. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>7</sub> to C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 98 °C to 218 °C (208°F to 424°F).]	285-508-2	85116-57-0	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-427-00-X	Kerosine (petroleum), sweetened; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by subjecting a petroleum distillate to a sweetening process to convert mercaptans or to remove acidic impurities. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of 130 °C to 290 °C (266°F to 554°F).]	294-799-5	91770-15-9	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-428-00-5	Kerosine (petroleum), solvent-refined sweetened; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by solvent refining and sweetening and boiling in the range of approximately 150 °C to 260 °C (302°F to 500°F).]	295-416-4	92045-36-8	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-429-00-0	Hydrocarbons, C <sub>9-16</sub> , hydrotreated, dearomatized; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as solvents which have been subjected to hydrotreatment in order to convert aromatics to naphthenes by catalytic hydrogenation.]	297-854-1	93763-35-0	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-430-00-6	Kerosine (petroleum), solvent-refined hydrodesulfurized; Kerosine — unspecified	307-033-2	97488-94-3	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-431-00-1	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized full-range middle coker; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrodesulfurized coker distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>8</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 120 °C to 283 °C (248°F to 541°F).]	309-864-6	101316-58-9	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-432-00-7	Solvent naphtha (petroleum), hydrodesulfurized heavy arom.; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic hydrodesulfurization of a petroleum fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 180 °C to 240 °C (356°F to 464°F).]	309-882-4	101316-81-8	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-433-00-2	Solvent naphtha (petroleum), hydrodesulfurized medium; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the catalytic hydrodesulfurization of a petroleum fraction. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>13</sub> and boiling in the range of approximately 175 °C to 220 °C (347°F to 428°F).]	309-884-5	101316-82-9	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-434-00-8	Kerosine (petroleum), hydrotreated; Kerosine — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from the distillation of petroleum and subsequent hydrotreatment. It consists predominantly of alkanes, cycloalkanes and alkyl-benzenes having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>16</sub> and boiling in the range of approximately 230 °C to 270 °C (446°F to 518°F).]	309-944-0	101631-19-0	Xn; R65	Xn R: 65 S: (2-)23-24-62		H
649-435-00-3	Distillates (petroleum), light catalytic cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 400 °C (302°F to 752°F). It contains a relatively large proportion of bicyclic aromatic hydrocarbons.]	265-060-4	64741-59-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-436-00-9	Distillates (petroleum), intermediate catalytic cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> through C <sub>30</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 450 °C (401°F to 842°F). It contains a relatively large proportion of tricyclic aromatic hydrocarbons.]	265-062-5	64741-60-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-437-00-4	Distillates (petroleum), light hydrocracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons from distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>18</sub> and boiling in the range of approximately 160 °C to 320 °C (320°F to 608°F).]	265-078-2	64741-77-1	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H
649-438-00-X	Distillates (petroleum), light thermal cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from a thermal cracking process. It consists predominantly of unsaturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>22</sub> and boiling in the range of approximately 160 °C to 370 °C (320°F to 698°F).]	265-084-5	64741-82-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-439-00-5	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized light catalytic cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light catalytic cracked distillates with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>9</sub> through C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 150 °C to 400 °C (302°F to 752°F). It contains a relatively large proportion of bicyclic aromatic hydrocarbons.]	269-781-5	68333-25-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-440-00-0	Distillates (petroleum), light steam-cracked naphtha; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons from the multiple distillation of products from a steam cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> through C <sub>18</sub> .]	270-662-5	68475-80-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-441-00-6	Distillates (petroleum), cracked steam-cracked petroleum distillates; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by distilling cracked steam cracked distillate and/or its fractionation products. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>10</sub> to low molecular weight polymers.]	270-727-8	68477-38-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-442-00-1	Gas oils (petroleum), steam-cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by distillation of the products from a steam cracking process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>9</sub> and boiling in the range of from approximately 205 °C to 400 °C (400°F to 752°F).]	271-260-2	68527-18-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-443-00-7	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized thermal cracked middle; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by fractionation from hydrodesulfurized thermal cracker distillate stocks. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>11</sub> to C <sub>25</sub> and boiling in the range of approximately 205 °C to 400 °C (401°F to 752°F).]	285-505-6	85116-53-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-444-00-2	Gas oils (petroleum), thermal-cracked, hydrodesulfurized; Cracked gasoil	295-411-7	92045-29-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-445-00-8	Residues (petroleum), hydrogenated steam-cracked naphtha; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a residual fraction from the distillation of hydrotreated steam-cracked naphtha. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in the range of approximately 200 °C to 350 °C (32°F to 662°F).]	295-514-7	92062-00-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-446-00-3	Residues (petroleum), steam-cracked naphtha distn.; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as a column bottom from the separation of effluents from steam cracking naphtha at a high temperature. It boils in the range of approximately 147 °C to 300 °C (297°F to 572°F) and produces a finished oil having a viscosity of 18cSt at 50 °C.]	295-517-3	92062-04-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-447-00-9	Distillates (petroleum), light catalytic cracked, thermally degraded; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons produced by the distillation of products from a catalytic cracking process which has been used as a heat transfer fluid. It consists predominantly of hydrocarbons boiling in the range of approximately 190 °C to 340 °C (374°F to 644°F). This stream is likely to contain organic sulfur compounds.]	295-991-1	92201-60-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-448-00-4	Residues (petroleum), steam-cracked heat-soaked naphtha; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as residue from the distillation of steam cracked heat soaked naphtha and boiling in the range of approximately 150 °C to 350 °C (302°F to 662°F).]	297-905-8	93763-85-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-449-00-X	Hydrocarbons, C <sub>16-20</sub> , solvent-dewaxed hydrocracked paraffinic distn. residue; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent dewaxing of a distillation residue from a hydrocracked paraffinic distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 360 °C to 500 °C (680 °F to 932 °F). It produces a finished oil having a viscosity of 4,5 cSt at approximately 100 °C (212 °F).]	307-662-2	97675-88-2	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		H
649-450-00-5	Gas oils (petroleum), light vacuum, thermal-cracked hydrodesulfurized; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by catalytic dehydrosulfurization of thermal-cracked light vacuum petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>14</sub> through C <sub>20</sub> and boiling in the range of approximately 270 °C to 370 °C (518°F to 698°F).]	308-278-8	97926-59-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-451-00-0	Distillates (petroleum), hydrodesulfurized middle coker; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons by fractionation from hydrodesulfurised coker distillate stocks. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>21</sub> and boiling in the range of approximately 200 °C to 360 °C (392°F to 680°F).]	309-865-1	101316-59-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H
649-452-00-6	Distillates (petroleum), heavy steam-cracked; Cracked gasoil; [A complex combination of hydrocarbons obtained by distillation of steam cracking heavy residues. It consists predominantly of highly alkylated heavy aromatic hydrocarbons boiling in the range of approximately 250 °C to 400 °C (482°F to 752°F).]	309-939-3	101631-14-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-453-00-1	Distillates (petroleum), heavy hydrocracked; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons from the distillation of the products from a hydrocracking process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers in the range of C <sub>15</sub> -C <sub>39</sub> and boiling in the range of approximately 260 °C to 600 °C (500°F to 1112°F).]	265-077-7	64741-76-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-454-00-7	Distillates (petroleum), solvent-refined heavy paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-090-8	64741-88-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-455-00-2	Distillates (petroleum), solvent-refined light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-091-3	64741-89-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-456-00-8	Residual oils (petroleum), solvent deasphalted; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the solvent soluble fraction from C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> solvent deasphalting of a residuum. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-096-0	64741-95-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-457-00-3	Distillates (petroleum), solvent-refined heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt a 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-097-6	64741-96-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-458-00-9	Distillates (petroleum), solvent-refined light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the raffinate from a solvent extraction process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-098-1	64741-97-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-459-00-4	Residual oils (petroleum,) solvent-refined; Baseoil — unspecified; [A complex combination by hydrocarbons obtained as the solvent insoluble fraction from solvent refining of a residuum using a polar organic solvent such as phenol or furfural. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-101-6	64742-01-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-460-00-X	Distillates (petroleum), clay-treated paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-137-2	64742-36-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-461-00-5	Distillates (petroleum), clay-treated light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-138-8	64742-37-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-462-00-0	Residual oils (petroleum), clay-treated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of a residual oil with a natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydro-carbons having carbon numbers predominantly higher than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-143-5	64742-41-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-463-00-6	Distillates (petroleum), clay-treated heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-146-1	64742-44-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-464-00-1	Distillates (petroleum), clay-treated light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contacting or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-147-7	64742-45-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-465-00-7	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-155-0	64742-52-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-466-00-2	Distillates (petroleum), hydrotreated light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-156-6	64742-53-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-467-00-8	Distillates (petroleum), hydrotreated heavy paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-157-1	64742-54-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-468-00-3	Distillates (petroleum), hydrotreated light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	265-158-7	64742-55-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-469-00-9	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-159-2	64742-56-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-470-00-4	Residual oils (petroleum), hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-160-8	64742-57-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-471-00-X	Residual oils (petroleum), solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of long, branched chain hydrocarbons from a residual oil by solvent crystallization. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> and boiling above approximately 400 °C (752°F).]	265-166-0	64742-62-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-472-00-5	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed heavy naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of not less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-167-6	64742-63-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-473-00-0	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-168-1	64742-64-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-474-00-6	Distillates (petroleum), solvent-dewaxed heavy paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removal of normal paraffins from a petroleum fraction by solvent crystallization. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity not less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-169-7	64742-65-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-475-00-1	Naphthenic oils (petroleum), catalytic dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-172-3	64742-68-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-476-00-7	Naphthenic oils (petroleum), catalytic dewaxed light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-173-9	64742-69-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-477-00-2	Paraffin oils (petroleum), catalytic dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-174-4	64742-70-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-478-00-8	Paraffin oils (petroleum), catalytic dewaxed light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C).]	265-176-5	64742-71-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-479-00-3	Naphthenic oils (petroleum), complex dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by removing straight chain paraffin hydrocarbons as a solid by treatment with an agent such as urea. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil having a viscosity of at least 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-179-1	64742-75-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-480-00-9	Naphthenic oils (petroleum), complex dewaxed light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from a catalytic dewaxing process. It consists of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil having a viscosity less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	265-180-7	64742-76-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-481-00-4	Lubricating oils (petroleum), C <sub>20-50</sub> , hydrotreated neutral oil-based, high-viscosity; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light vacuum gas oil, heavy vacuum gas oil, and solvent deasphalted residual oil with hydrogen in the presence of a catalyst in a two stage process with dewaxing being carried out between the two stages. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil having a viscosity of approximately 112cSt at 40 °C. It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	276-736-3	72623-85-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-482-00-X	Lubricating oils (petroleum), C <sub>15-30</sub> , hydrotreated neutral oil-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light vacuum gas oil and heavy vacuum gas oil with hydrogen in the presence of a catalyst in a two stage process with dewaxing being carried out between the two stages. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil having a viscosity of approximately 15cSt at 40 °C. It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	276-737-9	72623-86-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-483-00-5	Lubricating oils (petroleum), C <sub>20-50</sub> , hydrotreated neutral oil-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating light vacuum gas oil, heavy vacuum gas oil and solvent deasphalted residual oil with hydrogen in the presence of a catalyst in a two stage process with dewaxing being carried out between the two stages. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of approximately 32cSt at 40 °C. It contains a relatively large proportion of saturated hydrocarbons.]	276-738-4	72623-87-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-484-00-0	Lubricating oils; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from solvent extraction and dewaxing processes. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers in the range C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> .]	278-012-2	74869-22-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-485-00-6	Distillates (petroleum), complex dewaxed heavy paraffinci; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by dewaxing heavy paraffinic distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of equal to or greater than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	292-613-7	90640-91-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 4 S: 53-45		H L
649-486-00-1	Distillates (petroleum), complex dewaxed light paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by dewaxing light paraffinic distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>12</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of less than 100 SUS at 100°F (19cSt at 40 °C). It contains relatively few normal paraffins.]	292-614-2	90640-92-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-487-00-7	Distillates (petroleum), solvent dewaxed heavy paraffinic, clay-treated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating dewaxed heavy paraffinic distillate with neutral or modified clay in either a contacting or percolation process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	292-616-3	90640-94-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-488-00-2	Hydrocarbons, C <sub>20-50</sub> , solvent dewaxed heavy paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by treating dewaxed heavy paraffinic distillate with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	292-617-9	90640-95-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-489-00-8	Distillates (petroleum), solvent dewaxed light paraffinic, clay-treated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of dewaxed light paraffinic distillate with natural or modified clay in either a contacting or percolation process. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> .]	292-618-4	90640-96-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-490-00-3	Distillates (petroleum), solvent dewaxed light paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by treating a dewaxed light paraffinic distillate with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> .]	292-620-5	90640-97-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-491-00-9	Residual oils (petroleum), hydrotreated solvent dewaxed; Baseoil — unspecified	292-656-1	90669-74-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-492-00-4	Residual oils (petroleum), catalytic dewaxed; Baseoil — unspecified	294-843-3	91770-57-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-493-00-X	Distillates (petroleum), dewaxed heavy paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from an intensive treatment of dewaxed distillate by hydrogenation in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>25</sub> through C <sub>39</sub> and produces a finished oil with a viscosity of approximately 44 cSt at 50 °C.]	295-300-3	91995-39-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-494-00-5	Distillates (petroleum), dewaxed light paraffinic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from an intensive treatment of dewaxed distillate by hydrogenation in the presence of a catalyst. It consists predominantly of saturated hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>21</sub> through C <sub>29</sub> and produces a finished oil with a viscosity of approximately 13 cSt at 50 °C.]	295-301-9	91995-40-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-495-00-0	Distillates (petroleum), hydrocracked solvent-refined, dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of liquid hydrocarbons obtained by recrystallization of dewaxed hydrocracked solvent-refined petroleum distillates.]	295-306-6	91995-45-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-496-00-6	Distillates (petroleum), solvent-refined light naphthenic, hydrotreated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a petroleum fraction with hydrogen in the presence of a catalyst and removing the aromatic hydrocarbons by solvent extraction. It consists predominantly of naphthenic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> and produces a finished oil with a viscosity of between 13-15cSt at 40 °C.]	295-316-0	91995-54-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-497-00-1	Lubricating oils (petroleum), C <sub>17-35</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrotreated; Baseoil — unspecified	295-423-2	92045-42-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-498-00-7	Lubricating oils (petroleum), hydrocracked nonarom. solvent-deparaffined; Baseoil — unspecified	295-424-8	92045-43-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-499-00-2	Residual oils (petroleum), hydrocracked acid-treated solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons produced by solvent removal of paraffins from the residue of the distillation of acid-treated, hydrocracked heavy paraffins and boiling approximately above 380 °C (716°F).]	295-499-7	92061-86-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-500-00-6	Paraffin oils (petroleum), solvent-refined dewaxed heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained from sulfur-containing paraffinic crude oil. It consists predominantly of a solvent refined deparaffinated lubricating oil with a viscosity of 65cSt at 50 °C.]	295-810-6	92129-09-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-501-00-1	Lubricating oils (petroleum), base oils, paraffinic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by refining of crude oil. It consists predominantly of aromatics, naphthenics and paraffinics and produces a finished oil with a viscosity of 120 SUS at 100°F (23cSt at 40 °C).]	297-474-6	93572-43-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-502-00-7	Hydrocarbons, hydrocracked paraffinic distn. residues, solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified	297-857-8	93763-38-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-503-00-2	Hydrocarbons, C <sub>20-50</sub> , residual oil hydrogenation vacuum distillate; Baseoil — unspecified	300-257-1	93924-61-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-504-00-8	Distillates (petroleum), solvent-refined hydrotreated heavy, hydrogenated; Baseoil — unspecified	305-588-5	94733-08-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-505-00-3	Distillates (petroleum), solvent-refined hydrocracked light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent dearomatization of the residue of hydrocracked petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 450 °C (698°F to 842°F).]	305-589-0	94733-09-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-506-00-9	Lubricating oils (petroleum), C <sub>18-40</sub> , solvent-dewaxed hydrocracked distillate-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent deparaffination of the distillation residue from hydrocracked petroleum. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 550 °C (698°F to 1022°F).]	305-594-8	94733-15-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-507-00-4	Lubricating oils (petroleum), C <sub>18-40</sub> , solvent-dewaxed hydrogenated raffinate-based; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent deparaffination of the hydrogenated raffinate obtained by solvent extraction of a hydrotreated petroleum distillate. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 550 °C (698°F to 1022°F).]	305-595-3	94733-16-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-508-00-X	Hydrocarbons, C <sub>13-30</sub> , arom.-rich, solvent-extd. naphthenic distillate; Baseoil — unspecified	305-971-7	95371-04-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-509-00-5	Hydrocarbons, C <sub>16-32</sub> , arom. rich, solvent-extd. naphthenic distillate; Baseoil — unspecified	305-972-2	95371-05-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-510-00-0	Hydrocarbons, C <sub>37-68</sub> , dewaxed deasphalted hydrotreated vacuum distn. residues; Baseoil — unspecified	305-974-3	95371-07-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-511-00-6	Hydrocarbons, C <sub>37-65</sub> , hydrotreated deasphalted vacuum distn. residues; Baseoil — unspecified	305-975-9	95371-08-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-512-00-1	Distillates (petroleum), hydrocracked solvent-refined light; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the solvent treatment of a distillate from hydrocracked petroleum distillates. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>18</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 370 °C to 450 °C (698°F to 842°F).]	307-010-7	97488-73-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-513-00-7	Distillates (petroleum), solvent-refined hydrogenated heavy; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons, obtained by the treatment of a hydrogenated petroleum distillate with a solvent. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>19</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 390 °C to 550 °C (734°F to 1022°F).]	307-011-2	97488-74-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-514-00-2	Lubricating oils (petroleum), C <sub>18-27</sub> , hydrocracked solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified	307-034-8	97488-95-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-515-00-8	Hydrocarbons, C <sub>17-30</sub> , hydrotreated solvent-deasphalted atm. distn. residue, distn. lights; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the treatment of a solvent deasphalted short residue with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>30</sub> and boiling in the range of approximately 300 °C to 400 °C (572°F to 752°F). It produces a finished oil having a viscosity of 4cSt at approximately 100 °C (212°F).]	307-661-7	97675-87-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-516-00-3	Hydrocarbons, C <sub>17-40</sub> , hydrotreated solvent-deasphalted distn. residue, vacuum distn. lights; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained as first runnings from the vacuum distillation of effluents from the catalytic hydrotreatment of a solvent deasphalted short residue having a viscosity of 8cSt at approximately 100 °C (212°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>40</sub> and boiling in the range of approximately 300 °C to 500 °C (592°F to 932°F).]	307-755-8	97722-06-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-517-00-9	Hydrocarbons, C <sub>13-27</sub> , solvent-extd. light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by extraction of the aromatics from a light naphthenic distillate having a viscosity of 9.5cSt at 40 °C (104°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>27</sub> and boiling in the range of approximately 240 °C to 400 °C (464°F to 752°F).]	307-758-4	97722-09-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-518-00-4	Hydrocarbons, C <sub>14-29</sub> , solvent-extd. light naphthenic; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by extraction of the aromatics from a light naphthenic distillate having a viscosity of 16cSt at 40 °C (104°F). It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>14</sub> through C <sub>29</sub> and boiling in the range of approximately 250 °C to 425 °C (482°F to 797°F).]	307-760-5	97722-10-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-519-00-X	Hydrocarbons, C <sub>27-42</sub> , dearomatized; Baseoil — unspecified	308-131-8	97862-81-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-520-00-5	Hydrocarbons, C <sub>17-30</sub> , hydrotreated distillates, distn. lights; Baseoil — unspecified	308-132-3	97862-82-3	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-521-00-0	Hydrocarbons, C <sub>27-45</sub> , naphthenic vacuum distn.; Baseoil — unspecified	308-133-9	97862-83-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-522-00-6	Hydrocarbons, C <sub>27-45</sub> , dearomatized; Baseoil — unspecified	308-287-7	97926-68-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-523-00-1	Hydrocarbons, C <sub>20-58</sub> , hydrotreated; Baseoil — unspecified	308-289-8	97926-70-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-524-00-7	Hydrocarbons, C <sub>27-42</sub> , naphthenic; Baseoil — unspecified	308-290-3	97926-71-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-525-00-2	Residual oils (petroleum), carbon-treated solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by the treatment of solvent-dewaxed petroleum residual oils with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities.]	309-710-8	100684-37-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-526-00-8	Residual oils (petroleum), clay-treated solvent-dewaxed; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by treatment of solvent-dewaxed petroleum residual oils with bleaching earth for the removal of trace polar constituents and impurities.]	309-711-3	100684-38-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-527-00-3	Lubricating oils (petroleum), C <sub>&gt;25</sub> , solvent-extd., deasphalted, dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of vacuum distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly greater than C <sub>25</sub> and produces a finished oil with a viscosity in the order of 32cSt to 37cSt at 100 °C (212°F).]	309-874-0	101316-69-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-528-00-9	Lubricating oils (petroleum), C <sub>17-32</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of atmospheric distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>32</sub> and produces a finished oil with a viscosity in the order of 17cSt to 23cSt at 40 °C (104°F).]	309-875-6	101316-70-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-529-00-4	Lubricating oils (petroleum), C <sub>20-35</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of atmospheric distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>35</sub> and produces a finished oil with a viscosity in the order of 37cSt to 44cSt at 40 °C (104°F).]	309-876-1	101316-71-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-530-00-X	Lubricating oils (petroleum), C <sub>24-50</sub> , solvent-extd., dewaxed, hydrogenated; Baseoil — unspecified; [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction and hydrogenation of atmospheric distillation residues. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>24</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity in the order of 16cSt to 75cSt at 40 °C (104°F).]	309-877-7	101316-72-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-531-00-5	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent, arom. conc.; Distillate aromatic extract (treated); [An aromatic concentrate produced by adding water to heavy naphthenic distillate solvent extract and extraction solvent.]	272-175-3	68783-00-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-532-00-0	Extracts (petroleum), solvent-refined heavy paraffinic distillate solvent; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from the re-extraction of solvent-refined heavy paraffinic distillate. It consists of saturated and aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	272-180-0	68783-04-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-533-00-6	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillates, solvent-deasphalted; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from a solvent extraction of heavy paraffinic distillate.]	272-342-0	68814-89-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-534-00-1	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent, hydrotreated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating a heavy naphthenic distillate solvent extract with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil of at least 19cSt at 40 °C (100 SUS at 100°F).]	292-631-5	90641-07-9	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-535-00-7	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillate solvent, hydrotreated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons produced by treating a heavy paraffinic distillate solvent extract with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>21</sub> through C <sub>33</sub> and boiling in the range of approximately 350 °C to 480 °C (662°F to 896°F).]	292-632-0	90641-08-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-536-00-2	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, hydro-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons produced by treating a light paraffinic distillate solvent extract with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>17</sub> through C <sub>26</sub> and boiling in the range of approximately 280 °C to 400 °C (536°F to 752°F).]	292-633-6	90641-09-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-537-00-8	Extracts (petroleum), hydrotreated light paraffinic distillate solvent; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as the extract from solvent extraction of intermediate paraffinic top solvent distillate that is treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>36</sub> .]	295-335-4	91995-73-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-538-00-3	Extracts (petroleum), light naphthenic distillate solvent, hydrosulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by treating the extract, obtained from a solvent extraction process, with hydrogen in the presence of a catalyst under conditions primarily to remove sulfur compounds. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>30</sub> . This stream is likely to contain 5 wt.% or more of 4- to 6-membered condensed ring aromatic hydrocarbons.]	295-338-0	91995-75-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-539-00-9	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, acid-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as a fraction of the distillation of an extract from the solvent extraction of light paraffinic top petroleum distillates that is subjected to a sulfuric acid refining. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>32</sub> .]	295-339-6	91995-76-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-540-00-4	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, hydrodesulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction of a light paraffin distillate and treated with hydrogen to convert the organic sulfur to hydrogen sulfide which is eliminated. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>40</sub> and produces a finished oil with a viscosity of greater than 10cSt at 40 °C.]	295-340-1	91995-77-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-541-00-X	Extracts (petroleum), light vacuum gas oil solvent, hydro-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons, obtained by solvent extraction from light vacuum petroleum gas oils and treated with hydrogen in the presence of a catalyst. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>30</sub> .]	295-342-2	91995-79-8	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-542-00-5	Extracts (petroleum), heavy paraffinic distillate solvent, clay-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons resulting from treatment of a petroleum fraction with natural or modified clay in either a contact or percolation process to remove the trace amounts of polar compounds and impurities present. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> . This stream is likely to contain 5 wt.% or more 4-6 membered ring aromatic hydrocarbons.]	296-437-1	92704-08-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-543-00-0	Extracts (petroleum), heavy naphthenic distillate solvent, hydrodesulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained from a petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of greater than 19cSt at 40 °C.]	297-827-4	93763-10-1	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-544-00-6	Extracts (petroleum), solvent-dewaxed heavy paraffinic distillate solvent, hydrodesulfurized; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained from a solvent dewaxed petroleum stock by treating with hydrogen to convert organic sulfur to hydrogen sulfide which is removed. It consists predominantly of hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>15</sub> through C <sub>50</sub> and produces a finished oil with a viscosity of greater than 19cSt at 40 °C.]	297-829-5	93763-11-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-545-00-1	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, carbon-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as a fraction from distillation of an extract recovered by solvent extraction of light paraffinic top petroleum distillate treated with activated charcoal to remove traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>32</sub> .]	309-672-2	100684-02-4	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-546-00-7	Extracts (petroleum), light paraffinic distillate solvent, clay-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained as a fraction from distillation of an extract recovered by solvent extraction of light paraffinic top petroleum distillates treated with bleaching earth to remove traces of polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>16</sub> through C <sub>32</sub> .]	309-673-8	100684-03-5	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-547-00-2	Extracts (petroleum), light vacuum, gas oil solvent, carbon-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction of light vacuum petroleum gas oil treated with activated charcoal for the removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>30</sub> .]	309-674-3	100684-04-6	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-548-00-8	Extracts (petroleum), light vacuum gas oil solvent, clay-treated; Distillate aromatic extract (treated); [A complex combination of hydrocarbons obtained by solvent extraction of light vacuum petroleum gas oils treated with bleaching earth for removal of trace polar constituents and impurities. It consists predominantly of aromatic hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>13</sub> through C <sub>30</sub> .]	309-675-9	100684-05-7	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
649-549-00-3	Foots oil (petroleum); Foots oil; [A complex combination of hydrocarbons obtained as the oil fraction from a solvent deoiling or a wax sweating process. It consists predominantly of branched chain hydrocarbons having carbon numbers predominantly in the range of C <sub>20</sub> through C <sub>50</sub> .]	265-171-8	64742-67-2	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
649-550-00-9	Foots oil (petroleum), hydrotreated; Foots oil	295-394-6	92045-12-0	Carc. Cat. 2; R45	T R: 45 S: 53-45		H L
650-002-00-6	turpentine, oil	232-350-7	8006-64-2	R10 Xn; R20/21/ 22-65 Xi; R36/38 R43 N; R51-53	Xn; N R: 10-20/21/22-36/ 38-43-51/53-65 S: (2-)36/37-46-61-62		
650-003-00-1	fenson (ISO); 4-chlorophenyl benzenesulphonate;	201-274-6	80-38-6	Xn; R22 Xi; R36 N; R51-53	Xn; N R: 22-36-51/53 S: (2-)24-26-61		
650-004-00-7	norbormide (ISO); 5-( $\alpha$ -hydroxy- $\alpha$ -2-pyridylbenzyl)-7-( $\alpha$ -2-pyridylbenzylidene) bicyclo [2.2.1] hept-5-ene-2,3-dicarboximide	213-589-6	991-42-4	Xn; R22	Xn R: 22 S: (2-)		
650-005-00-2	(2R,6aS,12aS)-1,2,6,6a,12,12a-hexahydro-2-isopropenyl-8,9-dimethoxychromeno[3,4-b]furo[2,3-h]chromen-6-one, rotonone	201-501-9	83-79-4	T; R25 Xi; R36/37/ 38 N; R50-53	T; N R: 25-36/37/38-50/ 53 S: (1/2-)22-24/25-36- 45-60-61		
650-006-00-8	benquinox (ISO); p-benzoquinone 1-benzoylhydrazone 4-oxime	207-807-9	495-73-8	T; R25 Xn; R21	T R: 21-25 S: (1/2-)36/37-45		
650-007-00-3	chlordimeform (ISO); N <sub>2</sub> -(4-chloro-o-tolyl)-N <sub>1</sub> ,N <sub>1</sub> -dimethylformamidine	228-200-5	6164-98-3	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R21/22 N; R50-53	Xn; N R: 21/22-40-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61		
650-008-00-9	drazoxolon (ISO); 4-(2-chlorophenylhydrazono)-3-methyl-5-isoxazolone	227-197-8	5707-69-7	T; R25 N; R50-53	T; N R: 25-50/53 S: (1/2-)22-24-36/37- 45-60-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
650-009-00-4	chlordimeform hydrochloride; N'-(4-chloro- <i>o</i> -tolyl)-N,N-dimethylformamide monohydrochloride; N <sup>⊗</sup> -(4-chloro- <i>o</i> -tolyl)-N <sup>⊗</sup> ,N <sup>⊗</sup> -dimethylformamide hydrochloride	243-269-1	19750-95-9	Carc. Cat. 3; R40 Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-40-50/53 S: (2-)22-36/37-60-61		
650-010-00-X	benzyl violet 4B; α-[4-(4-dimethylamino-α-[4-[ethyl(3-sodiumsulphonatobenzyl)amino] phenyl]benzylidene)cyclohexa-2,5-dienylidene(ethyl)ammonio]toluene-3-sulphonate	216-901-9	1694-09-3	Carc. Cat. 3; R40	Xn R: 40 S: (2-)36/37		
650-012-00-0	erionite	—	12510-42-8	Carc. Cat. 1; R45	T R: 45 S: 53-45		
650-013-00-6	asbestos	— — — — — —	12001-28-4 132207-32-0 12172-73-5 77536-66-4 77536-68-6 77536-67-5 12001-29-5	Carc. Cat. 1; R45 T; R48/23	T R: 45-48/23 S: 53-45		E
650-014-00-1	diethyl 2,4-dihydroxycyclodisiloxane-2,4-diylbis(trimethylene)diphosphonate, tetrasodium salt, reaction products with disodium metasilicate	401-770-4	—	C; R34 Xn; R22	C R: 22-34 S: (1/2-)26-36/37/39-45		
650-015-00-7	rosin; colophony	232-475-7 232-484-6 277-299-1	8050-09-7 8052-10-6 73138-82-6	R43	Xi R: 43 S: (2-)24-37		
650-016-00-2	Mineral wool, with the exception of those specified elsewhere in this Annex; [Man-made vitreous (silicate) fibres with random orientation with alkaline oxide and alkali earth oxide (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO+MgO+BaO) content greater than 18 % by weight]	—	—	Carc. Cat. 3; R40 Xi; R38	Xn R: 38-40 S: (2-)36/37		AQR
650-017-00-8	Refractory Ceramic Fibres; Special Purpose Fibres, with the exception of those specified elsewhere in this Annex; [Man-made vitreous (silicate) fibres with random orientation with alkaline oxide and alkali earth oxide (Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O+CaO+MgO+BaO) content less or equal to 18 % by weight]	—	—	Carc. Cat. 2; R49 Xi; R38	T R: 49-38 S: 53-45		A R



Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
650-018-00-3	reaction product of: acetophenone, formaldehyde, cyclohexylamine, methanol and acetic acid	406-230-1	—	R10 Carc. Cat. 3; R40 C; R34 Xn; R20 R43 N; R50-53	C; N R: 10-20-34-40-43-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61		
650-031-00-4	bis(4-hydroxy-N-methylanilinium) sulphate	200-237-1	55-55-0	Xn; R22-48/22 R43 N; R50-53	Xn; N R: 22-43-48/22-50/53 S: (2-)36/37-46-60-61		
650-032-00-X	cyproconazole (ISO); (2RS,3RS;2RS,3SR)-2-(4-chlorophenyl)-3-cyclopropyl-1-(1H—1,2,4-triazol-1-yl)butan-2-ol	—	94361-06-5	Repr. Cat. 3; R63 Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53-63 S: (2-)36/37-60-61		
650-033-00-5	(S)- $\alpha$ -cyano-3-phenoxybenzyl-(S)-2-(4-chlorophenyl)-3-methylbutyrate; esfenvalerate	—	66230-04-4	T; R23/25 R43 N; R50-53	T; N R: 23/25-43-50/53 S: (1/2-)24-36/37/39-45-60-61		
650-041-00-9	triasulfuron (ISO); 1-[2-(2-chloroethoxy)phenylsulfonyl]-3-(4-methoxy-6-methyl-1,3,5-triazin-2-yl)urea	—	82097-50-5	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		
650-042-00-4	reaction product of: polyethylene-polyamine-(C <sub>16</sub> -C <sub>18</sub> )-alkylamides with monothio-(C <sub>2</sub> )-alkyl phosphonates	417-450-2	—	Xi; R36/38 R43 R52-53	Xi R: 36/38-43-52/53 S: (2-)24-26-37-61		
650-043-00-X	reaction product of: 3,5-bis- <i>tert</i> -butylsalicylic acid and aluminiumsulfate	420-310-3	—	Xn; R22 N; R50-53	Xn; N R: 22-50/53 S: (2-)22-56-60-61		
650-044-00-5	mixed linear and branched C <sub>14-15</sub> alcohols ethoxylated, reaction product with epichlorohydrin	420-480-9	158570-99-1	Xi; R38 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-43-50/53 S: (2-)24-37-60-61		
650-045-00-0	reaction product of: 1,2,3-propanetricarboxylic acid, 2-hydroxy, diethyl ester, 1-propanol and zirconium tetra-n-propanolate	417-110-3	—	F; R11 Xi; R38-41 N; R51-53	F; Xi; N R: 11-38-41-51/53 S: (2-)9-16-26-37/39-61		

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione	Etichettatura	Limiti di concentrazione	Note
650-046-00-6	di(tetramethylammonium)(29H,31H-phthalocyanin-N29, N30,N31,N32)disulfonamide disulfonate, cuprate(2-)complex, derivatives	416-180-2	12222-04-7	Xn; R22-48/22 N; R51-53	Xn; N R: 22-48/22-51/53 S: (2-)22-36-61		
650-047-00-1	dibenzylphenylsulfonium hexafluoroantimonate	417-760-8	134164-24-2	T; R48/25 Xn; R22 Xi; R41 R43 N; R51-53	T; N R: 22-41-43-48/25-51/53 S: (1/2-)22-26-36/37/39-45-61		
650-048-00-7	reaction product of: borax, hydrogen peroxide, acetic acid anhydride and acetic acid	420-070-1	—	O; R7 Xn; R20/21/22 C; R35 N; R50	O; C; N R: 7-20/21/22-35-50 S: (1/2-)3/7-14-26-36/37/39-45-61		
650-049-00-2	2-alkoxyloxyethyl hydrogen maleate, where alkoyl represents (by weight) 70 to 85 % unsaturated octadecoyl, 0.5 to 10 % saturated octadecoyl, and 2 to 18 % saturated hexadecoyl	417-960-5	—	Xi; R38-41 R43 N; R50-53	Xi; N R: 38-41-43-50/53 S: (2-)24-26-37/39-60-61		
650-050-00-8	reaction mass of: 1-methyl-3-hydroxypropyl 3,5-[1,1-dimethylethyl]-4-hydroxydihydro-cinnamate and/or 3-hydroxybutyl 3,5-[1,1-dimethylethyl]-4-hydroxydihydrocinnamate; 1,3-butanediol bis[3-(3'-(1,1-dimethylethyl)-4'-hydroxyphenyl)propionate] isomers; 1,3-butanediol bis[3-(3',5'-(1,1-dimethylethyl)-4'-hydroxyphenyl)propionate] isomers	423-600-8	—	N; R51-53	N R: 51/53 S: 61		
650-055-00-5	silver sodium zirconium hydrogenphosphate	422-570-3	155925-27-2	N; R50-53	N R: 50/53 S: 60-61		

## **D.Lgs. 3-12-2010 n. 205**

Disposizioni di attuazione della direttiva 2008/98/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 novembre 2008 relativa ai rifiuti e che abroga alcune direttive.

Pubblicato nella Gazz. Uff. 10 dicembre 2010, n. 288, S.O.

### **Articolo 5** Modifiche all' articolo 180 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

#### **In vigore dal 25 dicembre 2010**

1. All' articolo 180 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sono apportate le seguenti modifiche:

a) al comma 1, lettera a), dopo le parole: «certificazione ambientale,» sono inserite le seguenti: «utilizzo delle migliori tecniche disponibili,»;

b) al comma 1, lettera b), le parole: «gare d'appalto» sono sostituite dalle seguenti: «bandi di gara o lettere d'invito»;

c) al comma 1, lettera c), le parole: «, con effetti migliorativi, » sono soppresse;

d) al comma 1, la lettera d) è soppressa;

e) dopo il comma 1, sono aggiunti i seguenti commi:

«1-bis. Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare adotta entro il 12 dicembre 2013, a norma degli articoli 177, 178, 178-bis e 179, un programma nazionale di prevenzione dei rifiuti ed elabora indicazioni affinché tale programma sia integrato nei piani di gestione dei rifiuti di cui all'articolo 199. In caso di integrazione nel piano di gestione, sono chiaramente identificate le misure di prevenzione dei rifiuti.

1-ter. I programmi di cui al comma 1-bis fissano gli obiettivi di prevenzione. Il Ministero descrive le misure di prevenzione esistenti e valuta l'utilità degli esempi di misure di cui all'allegato L o di altre misure adeguate.

1-quater. Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare individua gli appropriati specifici parametri qualitativi o quantitativi per le misure di prevenzione dei rifiuti, adottate per monitorare e valutare i progressi realizzati nell'attuazione delle misure di prevenzione e può stabilire specifici traguardi e indicatori qualitativi o quantitativi.

1-quinquies. Il Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare assicura la disponibilità di informazioni sulle migliori pratiche in materia di prevenzione dei rifiuti e, se del caso, elabora linee guida per assistere le regioni nella preparazione dei programmi di cui all'articolo 199, comma 3, lett. r).

1-sexies. Le amministrazioni interessate provvedono agli adempimenti di cui al presente articolo con le risorse umane, strumentali e finanziarie disponibili a legislazione vigente, senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica.».

### **Articolo 7** Modifiche all' articolo 181 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

#### **In vigore dal 25 dicembre 2010**

1. L' articolo 181 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, è sostituito dal seguente: «Articolo 181 (Riciclaggio e recupero dei rifiuti)

1. Al fine di promuovere il riciclaggio di alta qualità e di soddisfare i necessari criteri qualitativi per i diversi settori del riciclaggio, sulla base delle indicazioni fornite dal Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, le regioni stabiliscono i criteri con i quali i comuni provvedono a realizzare la raccolta differenziata in conformità a quanto previsto dall'articolo 205. Le autorità competenti realizzano, altresì, entro il 2015 la raccolta differenziata almeno per la carta, metalli, plastica e vetro, e ove possibile, per il legno, nonché adottano le misure necessarie per conseguire i seguenti obiettivi:

a) entro il 2020, la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio di rifiuti quali, come minimo, carta, metalli, plastica e vetro provenienti dai nuclei domestici, e possibilmente di altra origine, nella misura in cui tali flussi di rifiuti sono simili a quelli domestici, sarà aumentata complessivamente almeno al 50% in termini di peso;

b) entro il 2020 la preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse operazioni di colmatazione che utilizzano i rifiuti in sostituzione di altri materiali, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi, escluso il materiale allo stato naturale definito alla voce 17 05 04 dell'elenco dei rifiuti, sarà aumentata almeno al 70 per cento in termini di peso.

2. Fino alla definizione, da parte della Commissione europea, delle modalità di attuazione e calcolo degli obiettivi di cui al comma 1, il Ministero dell'ambiente, della tutela del territorio e del mare può adottare decreti che determinino tali modalità.

3. Con uno o più decreti del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, di concerto con il Ministero dello sviluppo economico, sentita la Conferenza unificata di cui all' articolo 8 del decreto legislativo 28 agosto 1997, n. 281, sono adottate misure per promuovere il recupero dei rifiuti in conformità ai criteri di priorità di cui all'articolo 179 e alle modalità di cui all'articolo 177, comma 4, nonché misure intese a promuovere il riciclaggio di alta qualità, privilegiando la raccolta differenziata, eventualmente anche monomateriale, dei rifiuti.

4. Per facilitare o migliorare il recupero, i rifiuti sono raccolti separatamente, laddove ciò sia realizzabile dal punto di vista tecnico, economico e ambientale, e non sono miscelati con altri rifiuti o altri materiali aventi proprietà diverse.

5. Per le frazioni di rifiuti urbani oggetto di raccolta differenziata destinati al riciclaggio ed al recupero è sempre ammessa la libera circolazione sul territorio nazionale tramite enti o imprese iscritti nelle apposite categorie dell'Albo nazionale gestori ambientali ai sensi dell'articolo 212, comma 5, al fine di favorire il più possibile il loro recupero privilegiando il principio di prossimità agli impianti di recupero.

6. Al fine di favorire l'educazione ambientale e contribuire alla raccolta differenziata dei rifiuti, i sistemi di raccolta differenziata di carta e plastica negli istituti scolastici sono esentati dall'obbligo di autorizzazione in quanto presentano rischi non elevati e non sono gestiti su base professionale.

7. Le amministrazioni interessate provvedono agli adempimenti di cui al presente articolo con le risorse umane, strumentali e finanziarie disponibili a legislazione vigente, senza nuovi o maggiori oneri a carico della finanza pubblica.».

## **Articolo 8** Modifiche all' articolo 182 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152

### **In vigore dal 25 dicembre 2010**

1. All' articolo 182 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sono apportate le seguenti modificazioni:

a) al comma 2, dopo le parole: «e di recupero» sono inserite le seguenti: «e prevedendo, ove possibile, la priorità per quei rifiuti non recuperabili generati nell'ambito di attività di riciclaggio o di recupero»;

b) il comma 3 è sostituito dal seguente: «3. E' vietato smaltire i rifiuti urbani non pericolosi in regioni diverse da quelle dove gli stessi sono prodotti, fatti salvi eventuali accordi regionali o internazionali, qualora gli aspetti territoriali e l'opportunità tecnico economica di raggiungere livelli ottimali di utenza servita lo richiedano.»;

c) i commi 4 e 5 sono sostituiti dai seguenti:

«4. Nel rispetto delle prescrizioni contenute nel decreto legislativo 11 maggio 2005, n. 133, la realizzazione e la gestione di nuovi impianti possono essere autorizzate solo se il relativo processo di combustione garantisca un elevato livello di recupero energetico.

5. Le attività di smaltimento in discarica dei rifiuti sono disciplinate secondo le disposizioni del decreto legislativo 13 gennaio 2003, n. 36, di attuazione della direttiva 1999/31/CE.»;

d) il comma 7 è abrogato.

## **Articolo 36** Sanzioni

### **In vigore dal 17 settembre 2011**

Dopo l' articolo 260 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sono inseriti i seguenti articoli:  
«Articolo 260-bis (Sistema informatico di controllo della tracciabilità dei rifiuti)

1. I soggetti obbligati che omettono l'iscrizione al sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI) di cui all'articolo 188-bis, comma 2, lett. a), nei termini previsti, sono puniti con una sanzione amministrativa pecuniaria da duemilaseicento euro a quindicimilacinquecento euro. In caso di rifiuti pericolosi, si applica una sanzione amministrativa pecuniaria da quindicimilacinquecento euro a novantatremila euro.

2. I soggetti obbligati che omettono, nei termini previsti, il pagamento del contributo per l'iscrizione al sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI) di cui all'articolo 188-bis, comma 2, lett. a), sono puniti con una sanzione amministrativa pecuniaria da duemilaseicento euro a quindicimilacinquecento euro. In caso di rifiuti pericolosi, si applica una sanzione amministrativa pecuniaria da quindicimilacinquecento euro a novantatremila euro. All'accertamento dell'omissione del pagamento consegue obbligatoriamente, la sospensione immediata dal servizio fornito dal predetto sistema di controllo della tracciabilità nei confronti del trasgressore. In sede di rideterminazione del contributo annuale di iscrizione al predetto sistema di tracciabilità occorre tenere conto dei casi di mancato pagamento disciplinati dal presente comma.

3. Chiunque omette di compilare il registro cronologico o la scheda SISTRI - AREA MOVIMENTAZIONE, secondo i tempi, le procedure e le modalità stabilite dal sistema informatico di controllo di cui al comma 1, ovvero fornisce al suddetto sistema informazioni incomplete, o inesatte, altera fraudolentemente uno qualunque dei dispositivi tecnologici accessori al predetto sistema informatico di controllo, o comunque ne impedisce in qualsiasi modo il corretto funzionamento, è punito con la sanzione amministrativa pecuniaria da duemilaseicento euro a quindicimilacinquecento euro. Nel caso di imprese che occupino un numero di unità lavorative inferiore a quindici dipendenti, si applica la sanzione amministrativa pecuniaria da millequaranta euro a seimiladuecento. Il numero di unità lavorative è calcolato con riferimento al numero di dipendenti occupati mediamente a tempo pieno durante un anno, mentre i lavoratori a tempo parziale e quelli stagionali rappresentano frazioni di unità lavorative annue; ai predetti fini l'anno da prendere in considerazione è quello dell'ultimo esercizio contabile approvato, precedente il momento di accertamento dell'infrazione. Se le indicazioni riportate pur incomplete o inesatte non pregiudicano la tracciabilità dei rifiuti, si applica la sanzione amministrativa pecuniaria da euro duecentosessanta ad euro millecinquecentocinquanta.

4. Qualora le condotte di cui al comma 3 siano riferibili a rifiuti pericolosi si applica la sanzione amministrativa pecuniaria da euro quindicimilacinquecento ad euro novantatremila, nonché la sanzione amministrativa accessoria della sospensione da un mese a un anno dalla carica rivestita dal soggetto cui l'infrazione è imputabile ivi compresa la sospensione dalla carica di amministratore. Nel caso di imprese che occupino un numero di unità lavorative inferiore a quindici dipendenti, le misure minime e massime di cui al periodo precedente sono ridotte rispettivamente da duemilasettanta euro a dodicimilaquattrocento euro per i rifiuti pericolosi. Le modalità di calcolo dei numeri di dipendenti avviene nelle modalità di cui al comma 3. Se le indicazioni riportate pur incomplete o inesatte non pregiudicano la tracciabilità dei rifiuti, si applica la sanzione amministrativa pecuniaria da euro cinquecentoventi ad euro tremilacento.

5. Al di fuori di quanto previsto nei commi da 1 a 4, i soggetti che si rendono inadempienti agli ulteriori obblighi su di loro incumbenti ai sensi del predetto sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI) sono puniti, per ciascuna delle suddette violazioni, con la sanzione amministrativa pecuniaria da euro duemilaseicento ad euro quindicimilacinquecento. In caso di rifiuti pericolosi si applica la sanzione amministrativa pecuniaria da euro quindicimilacinquecento ad euro novantatremila.

6. Si applica la pena di cui all'articolo 483 c.p. a colui che, nella predisposizione di un certificato di analisi di rifiuti, utilizzato nell'ambito del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti fornisce false indicazioni sulla natura, sulla composizione e sulle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti e a chi inserisce un certificato falso nei dati da fornire ai fini della tracciabilità dei rifiuti.

7. Il trasportatore che omette di accompagnare il trasporto dei rifiuti con la copia cartacea della scheda SISTRI - AREA MOVIMENTAZIONE e, ove necessario sulla base della normativa vigente, con la copia del certificato analitico che identifica le caratteristiche dei rifiuti è punito con la sanzione amministrativa pecuniaria da 1.600 euro a 9.300 euro. Si applica la pena di cui all'art. 483 del codice penale in caso di trasporto di rifiuti pericolosi. Tale ultima pena si applica anche a colui che, durante il trasporto fa uso di un certificato di analisi di rifiuti contenente false indicazioni sulla natura, sulla composizione e sulle caratteristiche chimico-fisiche dei rifiuti trasportati.

8. Il trasportatore che accompagna il trasporto di rifiuti con una copia cartacea della scheda SISTRI - AREA Movimentazione fraudolentemente alterata è punito con la pena prevista dal combinato disposto degli articoli 477 e 482 del codice penale. La pena è aumentata fino ad un terzo nel caso di rifiuti pericolosi.

9. Se le condotte di cui al comma 7 non pregiudicano la tracciabilità dei rifiuti, si applica la sanzione amministrativa pecuniaria da euro duecentosessanta ad euro millecinquecentocinquanta. Articolo 260-ter (Sanzioni amministrative accessorie. Confisca)

1. All'accertamento delle violazioni di cui ai commi 8 e 9 dell'articolo 260-bis, consegue obbligatoriamente la sanzione accessoria del fermo amministrativo del veicolo utilizzato per l'attività di trasporto dei rifiuti di mesi 12, nel caso in cui il responsabile si trovi nelle situazioni di cui all'art. 99 c.p. o all' articolo 8-bis

della legge 24 novembre 1981, n. 689, o abbia commesso in precedenza illeciti amministrativi con violazioni della stessa indole o comunque abbia violato norme in materia di rifiuti.

2. Si applicano, in quanto compatibili, le disposizioni di cui agli articoli 213, 214, 214 bis e 224-ter del decreto legislativo 30 aprile 1992, n. 285, e relative norme di attuazione.

3. All'accertamento delle violazioni di cui al comma 1 dell'articolo 260-bis, consegue la sanzione accessoria del fermo amministrativo di mesi 12 del veicolo utilizzato dal trasportatore. In ogni caso restituzione del veicolo sottoposto al fermo amministrativo non può essere disposta in mancanza dell'iscrizione e del correlativo versamento del contributo.

4. In caso di trasporto non autorizzato di rifiuti pericolosi, è sempre disposta la confisca del veicolo e di qualunque altro mezzo utilizzato per il trasporto del rifiuto, ai sensi dell'articolo 240, secondo comma, del codice penale, salvo che gli stessi che appartengono, non fittiziamente a persona estranea al reato.

5. Il fermo di cui al comma 1 e la confisca di cui al comma 4 conseguono obbligatoriamente anche all'accertamento delle violazioni di cui al comma 1 dell'articolo 256.».

## **Articolo 39** Disposizioni transitorie e finali

### **In vigore dal 25 marzo 2012**

1. Le sanzioni del presente decreto relative al sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI) di cui all'art. 188-bis, comma 2, lett. a), si applicano a partire dal giorno successivo alla scadenza del termine di cui all' articolo 12, comma 2, del decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare in data 17 dicembre 2009 e successive modificazioni.

2. Al fine di graduare la responsabilità nel primo periodo di applicazione del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI) di cui all'articolo 188-bis, comma 2, lettera a), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, i soggetti obbligati all'iscrizione al predetto sistema che omettono l'iscrizione o il relativo versamento nei termini previsti, fermo restando l'obbligo di adempiere all'iscrizione al predetto sistema con pagamento del relativo contributo, sono puniti, per ciascun mese o frazione di mese di ritardo:

a) con una sanzione pari al cinque per cento dell'importo annuale dovuto per l'iscrizione se l'inadempimento si verifica nei primi otto mesi successivi alla decorrenza degli obblighi di operatività per ciascuna categoria di operatori, enti o imprese, come individuata dall'articolo 12, comma 2, del decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare in data 17 dicembre 2009, e successive modificazioni, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 9 del 13 gennaio 2010;

b) con una sanzione pari al cinquanta per cento dell'importo annuale dovuto per l'iscrizione se l'inadempimento si verifica o comunque si protrae per i quattro mesi successivi al periodo individuato alla lettera a) del presente comma.

2-bis. Anche in attuazione di quanto disposto al comma 1, i soggetti di cui all'articolo 188-ter, commi 1, 2, 4 e 5, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, che fino alla decorrenza degli obblighi di operatività del sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI) di cui all'articolo 188-bis, comma 2, lettera a), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, non adempiono alle prescrizioni di cui all'articolo 28, comma 2, del decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare 18 febbraio 2011, n. 52, sono soggetti alle relative sanzioni previste dall'articolo 258 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nella formulazione precedente all'entrata in vigore del presente decreto.

2-ter. Anche in attuazione di quanto disposto al comma 1, le sanzioni previste dall'articolo 258 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nella formulazione previgente a quella di cui al decreto legislativo 3 dicembre 2010, n. 205, per la presentazione del modello unico di dichiarazione ambientale si applicano ai soggetti tenuti alla comunicazione di cui all'articolo 28, comma 1, del citato decreto ministeriale 18 febbraio 2011, n. 52, e successive modificazioni, secondo i termini e le modalità ivi indicati.

2-quater. Le sanzioni amministrative di cui all'articolo 260-bis, commi 3, 4, 5, 7 e 9, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e successive modificazioni, sono ridotte, ad eccezione dei casi di comportamenti fraudolenti di cui al predetto comma 3, a un decimo per le violazioni compiute negli otto mesi successivi alla decorrenza degli obblighi di operatività per ciascuna categoria di operatori, enti o

imprese, come individuata dall'articolo 1 del decreto ministeriale 26 maggio 2011, e successive modificazioni, e a un quinto per le violazioni compiute dalla scadenza dell'ottavo mese e per i successivi quattro mesi.

3. Dalla data di entrata in vigore del presente decreto sono abrogati gli articoli 181-bis, 210 e 229 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, nonché l' articolo 3 del decreto legislativo 30 aprile 1998, n. 173.

4. Dalla data di entrata in vigore del decreto ministeriale di cui all'articolo 49 del decreto-legge 24 gennaio 2012, n. 1, è abrogato l'articolo 186.

5. Gli allegati B, C, D ed I alla Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 sono sostituiti dai corrispondenti allegati al presente decreto.

6. Gli allegati A, G ed H alla Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 sono abrogati.

7. Dopo l'allegato I alla parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, è aggiunto l'allegato L riportato in allegato al presente decreto.

8. Rimangono in vigore fino alla loro scadenza naturale, tutte le autorizzazioni in essere all'esercizio degli impianti di trattamento rifiuti che prevedono la produzione o l'utilizzo di CDR e CDR-Q, così come già definiti dall' articolo 183, comma 1, lett. r) e s), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, precedentemente alle modifiche apportate dal presente decreto legislativo, ivi incluse le comunicazioni per il recupero semplificato del CDR di cui alle procedure del DM 5 febbraio 1998 art. 3, Allegato 1, Suballegato 1, voce 14 e art. 4, Allegato 2, Suballegato 1, voce 1, salvo modifiche sostanziali che richiedano una revisione delle stesse.

9. Fino al 2 luglio 2012 sono esclusi dall'obbligo di iscrizione al sistema di controllo della tracciabilità dei rifiuti (SISTRI), di cui all'articolo 188-bis, comma 2, lett. a), gli imprenditori agricoli che producono e trasportano ad una piattaforma di conferimento, oppure conferiscono ad un circuito organizzato di raccolta, i propri rifiuti pericolosi in modo occasionale e saltuario. Sono considerati occasionali e saltuari:

a) i trasporti di rifiuti pericolosi ad una piattaforma di conferimento, effettuati complessivamente per non più di quattro volte l'anno per quantitativi non eccedenti i trenta chilogrammi o trenta litri al giorno e, comunque, i cento chilogrammi o cento litri l'anno;

b) i conferimenti, anche in un'unica soluzione, di rifiuti ad un circuito organizzato di raccolta per quantitativi non eccedenti i cento chilogrammi o cento litri all'anno.

10. Gli imprenditori agricoli di cui al comma 9 conservano in azienda per cinque anni la copia della convenzione o del contratto di servizio stipulati con il gestore della piattaforma di conferimento o del circuito organizzato di raccolta come anche le schede SISTRI - Area Movimentazione, sottoscritte e trasmesse dal gestore della piattaforma di conferimento o dal circuito organizzato di raccolta.

11. Fatta salva la disciplina in materia di protezione dell'ambiente marino e le disposizioni in tema di sottoprodotto, laddove sussistano univoci elementi che facciano ritenere la loro presenza sulla battigia direttamente dipendente da mareggiate o altre cause comunque naturali, è consentito l'interramento in sito della posidonia e delle meduse spiaggiate, purché ciò avvenga senza trasporto né trattamento.

12. La raccolta degli elenchi telefonici e dei beni e prodotti che, dati in comodato d'uso e presentando rischi inferiori per l'ambiente, siano restituiti dal consumatore o utente, dopo l'utilizzo, al comodante, non rientra tra le operazioni di raccolta di rifiuti come definita dall'art. 183, comma 1, lett. o).

13. Le norme di cui all'articolo 184-bis si applicano anche al materiale che viene rimosso, per esclusive ragioni di sicurezza idraulica, dagli alvei di fiumi, laghi e torrenti.

14. Entro 90 giorni dall'entrata in vigore del presente decreto, con decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, adottato ai sensi dell' articolo 184-bis, comma 2, del decreto legislativo n. 152 del 2006 come introdotto dal presente decreto, sono definite le condizioni alle quali sia da qualificarsi come sottoprodotto il materiale derivante dalle attività di estrazione e lavorazione di marmi e lapidei.

15. Con decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare possono essere individuate, in base al criterio della rappresentatività sul piano nazionale, organizzazioni alle quali è possibile delegare i compiti previsti dalla disciplina del Sistri ai sensi dell' articolo 7, comma 1, del decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare in data 17 dicembre 2009, come modificato dall' articolo 9, comma 1, del decreto del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare in data 9 luglio 2010, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 161 del 13 luglio 2010.

16. I decreti ministeriali di attuazione delle disposizioni del presente decreto sono adottati, salvo che non sia diversamente ed espressamente previsto, entro due anni dalla data di entrata in vigore delle relative disposizioni.

Il presente decreto, munito del sigillo dello Stato, sarà inserito nella Raccolta ufficiale degli atti normativi della Repubblica italiana. E' fatto obbligo a chiunque spetti di osservarlo e di farlo osservare.



Presidente del consiglio dei Ministri  
**Dir. Stato 9-2-2011**

Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008. Pubblicata nella Gazz. Uff. 26 febbraio 2011, n. 47, S.O.

## IL PRESIDENTE

### DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

Visto l'art. 5, comma 3, della legge 24 febbraio 1992, n. 225;

Visto il decreto-legge 7 settembre 2001, n. 343, convertito, con modificazioni, dalla legge 9 novembre 2001, n. 401, ed in particolare l'art. 5, comma 2, ove è previsto che il Presidente del Consiglio dei Ministri predisponga gli indirizzi operativi dei programmi di previsione e prevenzione dei rischi, nonché i programmi nazionali di soccorso e i piani per l'attuazione delle conseguenti misure di emergenza, d'intesa con le regioni e gli enti locali;

Visto l'art. 5, comma 4-ter, del medesimo decreto-legge n. 343 del 2001, in cui è previsto che il Dipartimento della protezione civile svolga compiti relativi alla formulazione degli indirizzi e dei criteri generali, di cui all'art. 107, comma 1, lettere a) e f), n. 1, e all'art. 93, comma 1, lettera g), del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, da sottoporre al Presidente del Consiglio dei Ministri per la conseguente approvazione del Consiglio dei Ministri;

Visto il decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112;

Vista l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, n. 3274 e s.m.i., recante «Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici», le cui disposizioni contengono, tra l'altro, l'obbligo di procedere alla verifica degli edifici e delle opere infrastrutturali, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, e di quelli che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso;

Visto l'allegato A del decreto del Capo dipartimento della protezione civile del 21 ottobre 2003, n. 3685, che include nella categoria di edifici di competenza statale anche quelli il cui collasso può determinare danni significativi al patrimonio storico, artistico e culturale;

Visto il decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, recante «Codice dei beni culturali e del paesaggio», ed in particolare l'art. 4 che stabilisce che le funzioni di tutela del patrimonio culturale sono attribuite allo Stato ed esercitate dal Ministero per i beni e le attività culturali;

Visto altresì l'art. 29, comma 5, del medesimo decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, che dispone che il Ministero definisce, anche con il concorso con le regioni e con la collaborazione delle università e degli istituti di ricerca competenti, linee di indirizzo, norme tecniche, criteri e modelli di intervento in materia di conservazione dei beni culturali;

Visto l'art. 3 dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 maggio 2005, n. 3431, che stabilisce che il Dipartimento della protezione civile definisce, di concerto con il Ministero per i beni e le attività culturali, le linee guida per l'applicazione delle norme tecniche allegare all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003, e s.m.i., in relazione alle peculiari esigenze della salvaguardia del patrimonio culturale;

Vista la direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni, con la quale il 12 ottobre 2007 sono state adottate ed emanate le «linee guida» (Gazzetta Ufficiale n. 24 del 29 gennaio 2008 - Supplemento Ordinario n. 25);

Visto il decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008, emanato di concerto con il Ministro dell'interno ed il Capo del dipartimento della protezione civile, con il quale sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le costruzioni;

Considerato che, a seguito dell'emanazione delle citate Norme Tecniche per le costruzioni si è resa necessaria una puntuale verifica dei contenuti delle Linee Guida del 12 ottobre 2007 ed una loro parziale revisione ed integrazione, il 5 febbraio 2008 è stato costituito un apposito Gruppo di lavoro tecnico congiunto tra il Ministero per i beni e le attività culturali ed il Consiglio Superiore finalizzato ad «individuare ed approfondire, in armonia con le nuove norme tecniche per le costruzioni, le problematiche connesse alla concreta applicazione della Direttiva del 12 ottobre 2007.»;

Visto il decreto del Capo Dipartimento della protezione civile dell'8 luglio 2008, n. 3430, con il quale è stata istituita una cabina di regia Stato-Regioni presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, con rappresentanti del Ministero per i beni e le attività culturali, del Dipartimento della protezione civile, del Consiglio Superiore e delle Regioni «ai fini del monitoraggio sull'attuazione della presente direttiva nel corso dell'anno successivo alla sua entrata in vigore, anche al fine di renderla coerente con le norme tecniche per le costruzioni di successiva emanazione»;

Visto il documento «Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008» che rappresenta la sintesi dei lavori effettuati nell'ambito del predetto Gruppo di lavoro tecnico e della predetta cabina di Regia;

Visto il parere favorevole n. 92 espresso dall'Assemblea generale del Consiglio superiore dei lavori pubblici in data 23 luglio 2010, con il quale sono state anche apportate modifiche ed integrazioni al documento di cui sopra, licenziato con il titolo «Allineamento delle Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle nuove Norme tecniche per le costruzioni»;

Ravvisata l'ineludibile necessità di proporre strumenti strategici ed innovativi idonei alla prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico;

Acquisito il concerto del Ministero per i beni e le attività culturali;

Acquisita l'intesa della Conferenza unificata nella seduta del 20 gennaio 2011;

### **[Testo della direttiva]**

Adotta la presente direttiva contenente gli indirizzi operativi relativi alle seguenti «Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008» ed relativi allegati A, B, C.

Le Regioni, d'intesa con il Ministero per i beni e le attività culturali e il Dipartimento della protezione civile, disciplinano le modalità applicative e le attività di monitoraggio sullo stato di conservazione del patrimonio culturale, in coerenza con le finalità della presente direttiva.

La presente direttiva entra in vigore decorsi novanta giorni dalla sua pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.

**«Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008»**

**PREMESSA**

«La presente Direttiva fornisce indicazioni per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni, di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare contenente Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Le NTC e la relativa Circolare costituiscono il riferimento generale per tutto quanto indicato nel presente documento.

Il «Codice dei beni culturali e del paesaggio», Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, stabilisce all'articolo 4 che le funzioni di tutela del patrimonio culturale sono attribuite allo Stato ed esercitate dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali; ciò era già riconosciuto dall'articolo 16 della Legge n. 64, del 2 febbraio 1974 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche). Per quanto attiene agli interventi sui beni tutelati, l'articolo 29 del Codice, al comma 4 precisa che, per i beni immobili situati nelle zone dichiarate soggette a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale, e al comma 5 dispone che il Ministero definisca, anche con il concorso delle regioni e con la collaborazione delle università e degli istituti di ricerca competenti, linee di indirizzo, norme tecniche, criteri e modelli di intervento in materia di conservazione dei beni culturali.

La presente Direttiva è stata redatta con l'intento di specificare un percorso di conoscenza, valutazione del livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e progetto degli eventuali interventi, concettualmente analogo a quello previsto per le costruzioni non tutelate, ma opportunamente adattato alle esigenze e peculiarità del patrimonio culturale; la finalità è quella di formulare, nel modo più oggettivo possibile, il giudizio finale sulla sicurezza e sulla conservazione garantite dall'intervento di miglioramento sismico. In particolare, il documento è riferito alle sole costruzioni in muratura (...).»

## **1 OGGETTO DELLA DIRETTIVA**

### **1.1 Finalità e criteri**

La presente Direttiva fornisce indicazioni per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale tutelato, con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni (nel seguito denominate NTC), di cui al D.M. 14 gennaio 2008 e relativa Circolare contenente Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 (nel seguito denominata Circolare). Le NTC e la relativa Circolare costituiscono il riferimento generale per tutto quanto indicato nel presente documento.

Il «Codice dei beni culturali e del paesaggio» (nel seguito Codice), Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, stabilisce all'articolo 4 che le funzioni di tutela del patrimonio culturale sono attribuite allo Stato ed esercitate dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali; ciò era già riconosciuto dall'articolo 16 della Legge n. 64, del 2 febbraio 1974 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche). Per quanto attiene agli interventi sui beni tutelati, l'articolo 29 del Codice, al comma 4 precisa che, per i beni immobili situati nelle zone dichiarate soggette a rischio sismico in base alla normativa vigente, il restauro comprende l'intervento di miglioramento strutturale, e al comma 5 dispone che il Ministero definisca, anche con il concorso delle regioni e con la collaborazione delle università e degli istituti di ricerca competenti, linee di indirizzo, norme tecniche, criteri e modelli di intervento in materia di conservazione dei beni culturali.

La presente Direttiva è stata redatta con l'intento di specificare un percorso di conoscenza, valutazione del livello di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche e progetto degli eventuali interventi, concettualmente analogo a quello previsto per le costruzioni non tutelate, ma opportunamente adattato alle esigenze e peculiarità del patrimonio culturale; la finalità è quella di formulare, nel modo più oggettivo possibile, il giudizio finale sulla sicurezza e sulla conservazione garantite dall'intervento di miglioramento sismico. In particolare, il documento è riferito alle sole costruzioni in muratura.

Per la conservazione in condizioni di sicurezza del patrimonio culturale nei riguardi dell'azione sismica è necessario disporre di strumenti di analisi in grado di permettere le analisi di vulnerabilità e la valutazione del rischio del patrimonio culturale, nonché la progettazione degli interventi di miglioramento sismico.

Per l'applicazione di questi principi il documento fa riferimento a metodi che devono essere intesi a carattere non vincolante; inoltre, essendo questi soggetti ad una continua evoluzione, la Direttiva sarà tenuta costantemente aggiornata.

### **1.2 Contenuti della Direttiva**

I diversi capitoli di questo documento forniscono indicazioni per definire l'azione sismica, in relazione alla pericolosità del sito ed alla destinazione d'uso del manufatto, e la capacità della struttura, attraverso una corretta conoscenza e modellazione del manufatto.

Nel capitolo 2 sono indicati i requisiti di sicurezza da considerare per i beni architettonici di valore storico artistico. Sono opportunamente ridefiniti gli stati limite di riferimento, che non si riferiscono solo ad esigenze di salvaguardia del manufatto e dell'incolumità delle persone (Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV) e di funzionalità (Stato Limite di Danno, SLD), ma anche ai danni nei beni di valore artistico in esso contenuti (Stato limite di Danno ai beni Artistici, SLA, come successivamente definito). Sono inoltre suggeriti i livelli di protezione sismica, in relazione alle esigenze di conservazione ed alle condizioni d'uso.

Nel capitolo 3 vengono fornite indicazioni per un'accurata definizione dell'azione sismica, che risultano particolarmente utili in quanto, pur essendo possibile limitarsi ad interventi di miglioramento, è richiesto il confronto tra l'azione sismica che porta il manufatto allo SLV e quella attesa nel sito con una prefissata probabilità di occorrenza (in un periodo di riferimento definito sulla base delle caratteristiche del manufatto e del suo uso).

La conoscenza del manufatto (Capitolo 4) dovrà essere acquisita, tenendo presente quanto indicato al punto C8A della Circolare, conformemente a quanto previsto dal programma per il monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici tutelati (Allegato A), elaborato dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali - Direzione Generale per i Beni Architettonici e Paesaggistici e finalizzato all'acquisizione della conoscenza del patrimonio culturale italiano.

Nel capitolo 5 sono illustrate le diverse possibilità di modellazione del comportamento strutturale di una costruzione storica in muratura. In particolare, per la valutazione della sicurezza sismica vengono individuati tre diversi livelli di crescente completezza, applicabili rispettivamente: LV1) per le valutazioni della sicurezza sismica da effettuarsi a scala territoriale su tutti i beni culturali tutelati; LV2) per le valutazioni da adottare in presenza di interventi locali su zone limitate del manufatto (definiti nelle NTC riparazione o intervento locale); LV3) per il progetto di interventi che incidano sul funzionamento strutturale complessivo (definiti nelle NTC interventi di miglioramento) o quando venga comunque richiesta un'accurata valutazione della sicurezza sismica del manufatto.

Infine, nel capitolo 6 sono descritti i criteri da seguire per il miglioramento sismico, ovvero per la riduzione delle vulnerabilità accertate a seguito della conoscenza, della modellazione e dell'osservazione degli eventuali danni; per ciascuna problematica sono anche indicate le possibili tecniche di intervento, che vengono esaminate criticamente in relazione alla loro efficacia e al loro impatto sulla conservazione (non invasività, reversibilità e durabilità) ed ai costi.

## **2 REQUISITI DI SICUREZZA E CONSERVAZIONE**

### **2.1 Strumenti per la valutazione della sicurezza sismica a scala territoriale**

L'attuazione di politiche di prevenzione sismica richiede la conoscenza, a scala territoriale, del rischio cui sono soggetti i manufatti esistenti ed in particolare il patrimonio tutelato.

Per andare incontro a questa esigenza, nell'intento di acquisire in tempi brevi una conoscenza omogenea ed accurata del rischio del patrimonio culturale, la Direzione Generale per i Beni Architettonici e Paesaggistici del Ministero per i Beni e le Attività Culturali ha elaborato un programma per il monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici tutelati. Esso consiste nella costruzione di una banca dati dei beni architettonici tutelati, contenente per ciascun manufatto una serie di dati, strutturati attraverso schede, relativi alla conoscenza della costruzione e dello stato di conservazione, alla valutazione della vulnerabilità e del rischio ed all'eventuale progetto di interventi per la prevenzione. Nell'Allegato A sono descritte la metodologia e la struttura di tale banca dati.

La finalità è di acquisire, in tempi ragionevolmente brevi, una conoscenza del livello di sicurezza di questi edifici nelle aree maggiormente sismiche. Considerato il numero rilevante di beni tutelati, nel caso di verifiche estese a scala territoriale, queste devono essere intese come valutazione della sicurezza sismica, da eseguirsi con metodi semplificati, diversi da quelli utilizzati per il progetto di un intervento. E' in ogni caso necessario valutare quantitativamente l'azione sismica allo SLV e quella attesa nel sito con una prefissata probabilità di superamento su un periodo di riferimento definito sulla base delle caratteristiche del manufatto e del suo uso (nel seguito azione sismica di riferimento): attraverso il rapporto tra i corrispondenti periodi di ritorno sarà definito nel seguito l'indice di sicurezza sismica, utile

per evidenziare le situazioni critiche e stabilire priorità per i futuri interventi. Se l'azione sismica allo SLV risulta significativamente inferiore a quella attesa nel sito, assunto un periodo di riferimento compatibile con le caratteristiche e le condizioni d'uso del manufatto, ciò determina la necessità di eseguire una valutazione più accurata ed eventualmente intervenire entro un intervallo di tempo più breve del periodo di riferimento. Infatti, coerentemente con il concetto probabilistico di sicurezza, la struttura può considerarsi sicura nei riguardi di un terremoto con periodo di ritorno più breve rispetto a quello dell'azione sismica di riferimento; la vita nominale, introdotta nelle NTC, rappresenta quindi il parametro attraverso il quale programmare gli interventi di mitigazione del rischio.

In questo documento sono individuati alcuni semplici modelli meccanici, utilizzabili per le più diffuse tipologie di manufatto storico; l'adozione di questi modelli, pur affetti da incertezze, ha il pregio di fornire una valutazione omogenea e comparabile a scala territoriale e quindi significativa proprio ai fini di una pianificazione degli interventi.

Il livello LV1 consente la valutazione dell'azione sismica allo SLV attraverso metodi semplificati, basati su un numero limitato di parametri geometrici e meccanici o che utilizzano dati qualitativi (interrogazione visiva, lettura dei caratteri costruttivi, rilievo critico e stratigrafico).

Per le valutazioni più accurate, su singoli manufatti, gli strumenti da adottare sono quelli definiti per la progettazione degli interventi di miglioramento, secondo il livello denominato LV3.

## **2.2 Criteri per la valutazione della sicurezza sismica e dell'efficacia dell'intervento**

Per i beni culturali tutelati è necessario attenersi ad interventi di miglioramento, a riparazioni o ad interventi locali (punto 8.4 delle NTC). Con il termine di miglioramento si deve intendere l'esecuzione di opere in grado di far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni. Riparazioni o interventi locali interessano invece porzioni limitate della costruzione, e devono essere soggetti a verifiche locali; nel caso dei beni tutelati è comunque richiesta anche una valutazione della sicurezza complessiva, in forma semplificata, in modo da certificare che non siano peggiorate le condizioni di sicurezza preesistenti.

Per la progettazione degli interventi vengono quindi introdotti due diversi livelli di valutazione:

- LV2 (riparazione o intervento locale) - valutazioni da adottare in presenza di interventi locali su zone limitate del manufatto, che non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, per le quali sono suggeriti metodi di analisi locale; in questo caso la valutazione dell'azione sismica allo SLV per l'intero manufatto, comunque richiesta, viene effettuata con gli strumenti del livello LV1;
- LV3 (intervento di miglioramento) - progetto di interventi diffusi nella costruzione, che per quanto possibile non dovrebbero modificare il funzionamento strutturale accertato attraverso il percorso della conoscenza (§ 4); le valutazioni devono riguardare l'intero manufatto, e possono utilizzare un modello strutturale globale, nei casi in cui questo possa essere ritenuto attendibile, o i metodi di analisi locale previsti per il livello LV2, purché applicati in modo generalizzato su tutti gli elementi della costruzione (l'esperienza acquisita a seguito dei passati eventi sismici ha infatti mostrato come, per gli edifici storici in muratura, il collasso sia raggiunto, nella maggior parte dei casi, per perdita di equilibrio di porzioni limitate della costruzione, definite nel seguito macroelementi). Il livello di valutazione LV3 può essere utilizzato anche quando, in assenza di un progetto di intervento, venga comunque richiesta un'accurata valutazione della sicurezza sismica del manufatto.

Nel caso dei manufatti architettonici appartenenti al patrimonio culturale esistono oggettive difficoltà a definire procedure di verifica dei requisiti di sicurezza analoghe a quelle applicate per gli edifici ordinari, in quanto la loro varietà tipologica e singolarità costruttiva (anche dovuta alle trasformazioni subite nel corso della storia dell'edificio e allo stato di conservazione) non consentono di indicare una strategia univoca ed affidabile di modellazione ed analisi. In queste valutazioni spesso si riscontrano incertezze in merito sia al modello di comportamento, sia ai parametri che lo definiscono.

Pur nella consapevolezza che non sempre si possono applicare ai beni culturali tutelati le prescrizioni di modellazione e verifica indicate per gli edifici ordinari, è comunque necessario calcolare i livelli delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio, nella situazione precedente e nella situazione successiva all'eventuale intervento. A tale fine dovranno essere impiegati i modelli ritenuti più affidabili.

Nel caso in cui il progettista dovesse ritenere che non è possibile mettere in conto nella valutazione della risposta strutturale il contributo di alcuni aspetti costruttivi, la cui importanza è emersa a seguito della conoscenza storica e tecnologica del manufatto, è possibile quantificare tale effetto su base soggettiva, giustificando ciò adeguatamente (vedi § 2.5). Questo avviene ad esempio quando non si riesce a tener conto di elementi cosiddetti non strutturali o di connessioni, per cui il modello di calcolo risulta decisamente a favore di sicurezza; in altri casi può accadere che le ipotesi alla base del modello non siano a favore di sicurezza (ad esempio, la schematizzazione del solido murario come corpo rigido).

Nel caso quindi in cui, anche a seguito dell'intervento, venga conservato il comportamento originario, si ammette che il modello di calcolo possa non riprodurre completamente la realtà e che i risultati da questo forniti possano essere integrati da valutazioni qualitative. Invece, nel caso in cui l'intervento modifichi sostanzialmente il comportamento accertato, eventualità assolutamente straordinaria in quanto in genere incompatibile con i principi della conservazione e che potrà essere accettata solo in presenza di situazioni particolari, è necessario disporre di un modello meccanico capace di rappresentare il comportamento del nuovo organismo resistente, non essendo più possibile fare affidamento, per l'interpretazione del comportamento complessivo, su quanto individuato attraverso la conoscenza storica del manufatto, ferma restando l'importanza di questa per la scelta di interventi corretti sui singoli elementi costruttivi.

In questa Direttiva viene proposto un percorso di conoscenza, analisi sismica e progetto degli interventi che considera: le esigenze di conservazione, la volontà di preservare il manufatto dai danni sismici, i requisiti di sicurezza in relazione alla fruizione ed alla funzione svolta.

Ribadito quindi che per i beni culturali tutelati è possibile derogare rispetto all'adeguamento, dal punto di vista operativo, una possibile procedura in applicazione ai concetti espressi è la seguente:

- valutazione dell'indice di sicurezza sismica (definito al § 2.4) nella situazione attuale (funzionamento accertato): in questa fase si dovrà tenere debitamente conto anche di valutazioni qualitative su situazioni di vulnerabilità riconosciute ma difficilmente quantificabili;

- valutazione dell'indice di sicurezza sismica al quale il manufatto può essere portato con interventi compatibili con le esigenze di tutela:

a) se l'indice di sicurezza sismica raggiungibile, che tiene conto della pericolosità del sito, delle caratteristiche del manufatto e della sua destinazione d'uso, è maggiore o uguale ad uno, l'intervento di miglioramento è pienamente soddisfacente anche dal punto di vista della sicurezza, valutata attraverso un procedimento quantitativo;

b) se l'indice di sicurezza sismica raggiungibile è inferiore a quello auspicabile, ovvero sarebbero necessari interventi troppo invasivi, il progettista può giustificare l'intervento ricorrendo anche a valutazioni qualitative, che dovranno essere tradotte in termini quantitativi, adeguatamente giustificati in una relazione esplicativa ad integrazione della relazione di calcolo.

L'obiettivo è evitare opere superflue, favorendo quindi il criterio del minimo intervento, ma anche evidenziare i casi in cui sia opportuno agire in modo più incisivo. La valutazione delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di determinati stati limite consente infatti, da un lato di giudicare se l'intervento progettato è realmente efficace (dal confronto tra lo stato attuale e quello di progetto), dall'altro fornisce una misura del livello di sicurezza sismica del manufatto a valle dell'intervento (in termini di vita nominale). Da questa impostazione risulta che spesso è opportuno accettare consapevolmente un livello di rischio sismico più elevato rispetto a quello delle strutture ordinarie, piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale.

Il problema di conciliare sicurezza e conservazione assume importanti implicazioni anche in termini di responsabilità dei diversi soggetti coinvolti nella progettazione ed esecuzione dell'opera, ai sensi delle norme vigenti. E' necessario valutare, coerentemente con quanto definito nel § 2.4, la vita nominale rispetto alla quale il manufatto può essere considerato sicuro nei riguardi dei diversi stati limite, a seguito dell'intervento di miglioramento sismico, della riparazione o dell'intervento locale.

La vita nominale è il periodo nel quale la struttura può essere considerata sicura, nel senso che è in grado di sopportare l'azione sismica che ha una fissata probabilità di occorrenza nel periodo di riferimento ad essa collegato (tenendo conto, attraverso il coefficiente d'uso, della funzione svolta dal manufatto). Il committente deve essere consapevole del significato di questa vita nominale (anche in relazione a quella normalmente assunta per gli edifici ordinari), delle sue implicazioni in termini di protocolli di

manutenzione e, in particolare, delle future verifiche che dovranno essere nuovamente eseguite entro la scadenza della vita nominale.

Esistono manufatti d'interesse storico-artistico nei quali vengono svolte funzioni strategiche o rilevanti (ospedali, scuole, caserme, ecc). L'adozione del miglioramento, in deroga all'adeguamento, in linea di principio consiste semplicemente nell'accettare per l'edificio una vita nominale più breve, ma è evidente che se questa scende al di sotto di certi limiti la probabilità annuale di occorrenza del terremoto che porta allo SLV potrebbe risultare troppo elevata, oltre al problema di dover procedere in tempi ravvicinati ad una nuova verifica; considerate le conseguenze di un eventuale collasso, si ritiene pertanto che, al di sopra di un certo livello di rischio (vita nominale troppo breve), debba essere presa seriamente in considerazione la possibilità di delocalizzare le funzioni rilevanti e/o strategiche.

### **2.3 Definizione di stati limite di riferimento per il patrimonio culturale**

Per i manufatti architettonici di interesse storico artistico l'acquisizione di un sufficiente livello di sicurezza e protezione nei riguardi del rischio sismico è garantita attraverso il rispetto di tre stati limite: due fanno riferimento agli stati limite definiti dalle NTC, mentre uno è specifico per i beni culturali.

Gli Stati Limite Ultimi, SLU, sono motivati dalla volontà di salvaguardare la costruzione e l'incolumità degli occupanti nel caso di terremoti rari e di forte intensità; essi sono differenziati in Stato Limite di salvaguardia della Vita, SLV, e Stato Limite di prevenzione del Collasso, SLC. Gli Stati Limite di Esercizio, SLE, hanno l'obiettivo di limitare i danni per terremoti meno intensi ma più frequenti, per ragioni economiche e funzionali, e sono differenziati in Stato Limite di Operatività, SLO, e Stato Limite di Danno, SLD). Gli stati limite da considerare per i beni culturali sono, di norma, SLV e SLD, per la cui definizione si rimanda al punto 3.2.1 delle NTC.

Inoltre possono sussistere ragioni di tutela di specifiche opere d'arte (affreschi, stucchi, ecc.), per la protezione delle quali è opportuno introdurre uno specifico Stato Limite di danno ai beni Artistici, SLA, così definito: a seguito di un terremoto di livello opportuno (in genere quello preso in considerazione per lo stato limite di danno), i beni artistici contenuti nel manufatto, intesi come apparati decorativi, superfici pittoriche, elementi architettonici di pregio (altari, organi, balaustre, pavimentazioni, ecc.) nonché beni mobili pertinenziali (pale d'altare, fonti battesimali, statue, ecc.) subiscono danni di modesta entità, tali da poter essere restaurati senza una significativa perdita del valore culturale.

Con una verifica nei confronti dello SLV si garantisce non solo l'incolumità delle persone ma la stessa conservazione del manufatto, che potrà essere restaurato a seguito dell'evento.

La verifica nei confronti dello SLD è considerata solo in relazione alla perdita di funzionalità (agibilità) del manufatto, in quanto si ritiene che la danneggiabilità di una costruzione storica in muratura, specie nei riguardi di un'azione sismica frequente, sia imprescindibile per tali manufatti e, come tale, conseguenza del tutto accettabile.

Nel caso in cui siano presenti elementi di valore artistico in alcune parti della costruzione, la valutazione dello SLA andrà eseguita esclusivamente in quelle zone, attraverso modelli locali su parti strutturalmente autonome (una tale sottostruttura verrà definita macroelemento; essa può corrispondere ad elementi architettonici, ma più in generale andrà riconosciuta sulla base di una lettura costruttiva e storica della costruzione).

In genere i danni agli apparati decorativi diventano significativi e non accettabili in presenza di danni gravi agli elementi strutturali, quelli che vengono presi come riferimento per decidere in merito all'agibilità della costruzione. In questi casi, per le verifiche dello SLA possono essere adottati i modelli di verifica dello SLD, precisando specifici valori limite per fessurazioni e deformazioni. Esistono tuttavia situazioni nelle quali il danno agli apparati decorativi può verificarsi anche in assenza di un danno strutturale (ad esempio, stucchi di notevole spessore e insufficientemente collegati alla struttura) o viceversa non è sensibile a questo (apparati non completamente vincolati e quindi in grado di assecondare lesioni e deformazioni strutturali) o ancora, beni artistici dotati di un comportamento strutturale autonomo (pinnacoli o altri elementi che possano essere considerati come appendici strutturali). In questi casi dovranno essere sviluppati criteri e strumenti di valutazione specifici per lo SLA.

In conclusione:

- la valutazione nei riguardi dello SLV è richiesta per ciascun manufatto tutelato, anche se non soggetto ad uso, in quanto garantisce non solo la salvaguardia degli occupanti ma anche la conservazione stessa del manufatto;
- la valutazione nei riguardi dello SLD è richiesta, a livello complessivo, per i manufatti tutelati di cui si vuole sostanzialmente garantire la funzionalità dopo il terremoto, in relazione al loro uso;
- la valutazione nei riguardi dello SLA è richiesta, esclusivamente a livello locale, nelle parti della costruzione in cui sono presenti elementi di particolare valore storico artistico; gli organi di tutela possono richiedere un livello di protezione sismica differenziato, in relazione alla rilevanza storico-artistica di tali elementi, prendendo in considerazione nei casi più significativi anche l'azione sismica per lo SLV.

## 2.4 Livelli di sicurezza sismica

Per i beni di interesse culturale esposti ad azioni sismiche, fermo restando che è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza (comma 4 dell' art. 29 del D.lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 «Codice dei beni culturali e del paesaggio»; punto 8.4 delle NTC), appare comunque opportuno definire un livello di sicurezza sismica di riferimento, differenziato in funzione delle caratteristiche proprie dei manufatti e del loro uso, e quindi delle conseguenze più o meno gravi di un loro danneggiamento per effetto di un evento sismico. A tale scopo è necessario definire:

- la vita nominale  $V_N$  a cui viene riferita la valutazione della sicurezza e per la quale viene eventualmente progettato un intervento di miglioramento sismico; in particolare essa può essere messa in relazione alle caratteristiche del bene culturale, anche sulla base della conoscenza del manufatto ottenuta con la metodologia sviluppata dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali (Allegato A, punto A.15), attraverso un procedimento interdisciplinare;
- la classe d'uso  $C_U$ , coerentemente alle diverse classi definite al punto 2.4.2 delle NTC (esplicitate in Allegato A, punto B.6, con riferimento ai beni culturali nel seguente modo: Classe I - uso saltuario o non utilizzato; Classe II - uso frequente con normali affollamenti; Classe III - uso molto frequente e/o con affollamenti significativi; Classe IV - edificio strategico e uso molto frequente e/o con affollamenti significativi).

Le azioni sismiche sulla costruzione vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  così definito:

$$V_R = V_N C_U \quad (2.1)$$

Per quanto riguarda la definizione di vita nominale (punto 2.4.1 delle NTC), questo concetto si applica bene al miglioramento sismico dei beni culturali, la cui conservazione è stata garantita in passato attraverso il ricorso ad una periodica revisione (monitoraggio) e manutenzione. Infatti, in questo modo la durabilità dei materiali storici può essere protratta nel tempo senza che si debba necessariamente procedere alla sostituzione di componenti, realizzando sob le necessarie integrazioni e riparazioni (prima che si verifichino compromissioni significative dovute all'insorgere di un irreversibile degrado per abbandono).

In presenza di manufatti emergenti per la storia del territorio la necessità di realizzare interventi di conservazione efficaci e durevoli è in genere maggiore, sia per scongiurare il rischio di reiterare operazioni non sempre totalmente reversibili sia per limitare la perdita di materiale originale o l'immissione di tecnologie e prodotti nuovi, la cui compatibilità e durabilità vanno sempre accertati.

La vita nominale di un bene culturale dovrebbe essere molto lunga, volendone garantire la conservazione nel tempo anche nei riguardi di azioni sismiche caratterizzate da un elevato periodo di ritorno; tuttavia, ciò porterebbe ad una verifica sismica gravosa e nel caso in cui gli interventi richiesti dovessero risultare troppo invasivi nei riguardi dell'opera, coerentemente con la possibilità di limitarsi ad interventi di miglioramento, il progetto potrà fare riferimento ad una vita nominale più breve. Questa vita nominale ridotta (anche inferiore a 50 anni) consentirà comunque di certificare la sicurezza di un intervento meno invasivo, in quanto questo tutelerà la costruzione in termini probabilistici per un numero minore di anni.

Ulteriori e più pesanti interventi potranno in tal modo essere posticipati nel tempo; al termine della vita nominale una nuova verifica dovrà essere eseguita, e conseguentemente nuovi interventi potranno



risultare necessari, ma sarà a quel punto possibile avvalersi dei progressi conoscitivi e tecnologici, in termini di conoscenza della pericolosità sismica, capacità di valutare la vulnerabilità della costruzione e disponibilità di tecniche di intervento meno invasive. La pericolosità sismica da usarsi per la prossima verifica dovrà ovviamente tenere conto del tempo che è passato; nel caso in cui la mappa di pericolosità disponibile dovesse essere ancora non dipendente dal tempo trascorso dall'ultimo terremoto significativo (modello poissoniano), nella definizione del periodo di riferimento si dovrà considerare anche il tempo trascorso dalla prima verifica.

In occasione di questa seconda verifica potrebbe però non risultare possibile raggiungere i livelli richiesti dalla nuova vita nominale con interventi compatibili con la conservazione. In questo caso, come previsto dalle NTC per i beni tutelati, sarà ancora possibile limitarsi ad interventi di miglioramento, ma analogamente a quanto richiesto per i beni non tutelati quando non si raggiunge l'adeguamento, «il Progettista dovrà esplicitare, in un'apposita relazione, i livelli di sicurezza attuali o raggiunti con l'intervento e le eventuali conseguenti limitazioni da imporre nell'uso della costruzione» (punto 8.3 delle NTC).

Per ciascun bene culturale tutelato, in relazione al periodo di riferimento  $V_R$  ed allo stato limite considerato, cui è associata una probabilità di superamento  $P_{V_k}$  nel periodo di riferimento, può essere valutato il periodo di ritorno di riferimento dell'azione sismica  $T_R$ :

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_k})} \quad (2.2)$$

La pericolosità sismica sull'intero territorio nazionale, approvata con D.M. 14 gennaio 2008 (NTC), fornisce i parametri dell'azione sismica in funzione delle coordinate geografiche a partire da un reticolo di lato pari a circa 5 km e per diversi periodi di ritorno, compresi tra 30 e 2475 anni.

Nell' Allegato A alle NTC sono fornite le indicazioni per ottenere i parametri dell'azione sismica per una generica coordinata geografica ed un generico periodo di ritorno.

Per la verifica nei confronti dello SLV si potrà fare riferimento ad azioni sismiche caratterizzate da probabilità di eccedenza del 10% su un periodo di riferimento  $V_R = V_N C_U$ , ovvero con un periodo di ritorno di riferimento  $T_{R,SLV}$  calcolato con la (2.2).

Per la verifica nei confronti dello SLD si potrà fare riferimento ad azioni sismiche caratterizzate da una probabilità di eccedenza del 63% su un periodo di riferimento  $V_R = V_N C_U$ ; in ogni caso i parametri dell'azione sismica non sono disponibili per periodi di ritorno inferiori a 30 anni ( $T_{R,SLD} = 30$  anni).

Per la verifica nei confronti dello SLA si potrà fare riferimento ad azioni sismiche caratterizzate dalla probabilità di eccedenza relativa allo stato limite di danno ( $P_{V_k} = 63\%$ ), ma valutate su un periodo di riferimento per i beni artistici  $V_{RA} = nV_R$ , ovvero modificando il periodo di riferimento  $V_R$  tramite il coefficiente  $n$ . Questo coefficiente rappresenta il numero  $n$  di cicli di controllo effettuati su quel particolare bene artistico nell'intervallo di tempo normalmente adottato per il monitoraggio dello stato di conservazione degli apparati decorativi, dei relativi supporti e di elementi architettonici in muratura o materiale lapideo di particolare fattura.

I valori di  $n$  devono essere assunti dall'Amministrazione deputata alla tutela, considerando che per controllo si intende la valutazione della natura del bene e dello stato di conservazione attraverso opportune ispezioni dirette e/o strumentali, che possono anche essere assimilate a programmi di verifica ed eventuale manutenzione.

Modificare il periodo di riferimento corrisponde ad assumere per la verifica dello SLA, che a tutti gli effetti deve essere considerato indipendente dallo SLD, una probabilità di eccedenza sul periodo di riferimento  $V_R = V_N C_U$  differenziata in funzione di  $n$ :  $P_{VR} = 1 - 0.37^{1/n}$ . L'obiettivo è assumere un periodo di ritorno  $T_R$  maggiore (azione sismica più gravosa) in presenza degli apparati decorativi più significativi, quelli caratterizzati da cicli di controllo più frequenti ( $n$  più elevato); in altre parole, la maggiore attenzione per un bene artistico costituisce una misura della sua rilevanza. In ogni caso non dovranno mai essere assunti valori di  $T_R$  maggiori di quelli corrispondenti allo SLV (ovvero valori di  $P_{VR} < 10\%$ ).

Per ciascuno stato limite, i valori di riferimento dell'azione sismica sopra definiti possono essere confrontati con quelli per i quali viene effettivamente raggiunto quello stato limite, al fine di quantificare il livello di sicurezza attuale o quello raggiungibile con un determinato intervento di miglioramento sismico.

In particolare è possibile definire un indice di sicurezza sismica, dato dal rapporto tra il periodo di ritorno  $T_{SL}$  dell'azione sismica che porta al generico stato limite (SL = SLV, SLD, SLA) ed il corrispondente periodo di ritorno di riferimento  $T_{R,SLV}$ , calcolato con la (2.2). Particolarmente significativo è l'indice di sicurezza sismica riferito allo SLV:

$$I_{S,SLV} = \frac{T_{SLV}}{T_{R,SLV}} \quad (2.3)$$

Un valore di  $I_{S,SLV}$  maggiore o uguale ad uno significa che il manufatto è in condizioni di sicurezza rispetto ai valori assunti come riferimento per la vita nominale e per quel particolare uso; valori inferiori ad uno mettono in evidenza situazioni che meritano attenzione.

L'uso dell'indice di sicurezza è diverso nel caso in cui si stia effettuando una valutazione della sicurezza sismica sul complesso dei beni tutelati presenti in un dato territorio (LV1) o quando si stia progettando un intervento di miglioramento sismico su un particolare manufatto (LV2, LV3).

Nel primo caso (LV1) l'indice di sicurezza consente di definire una graduatoria di rischio, utile per evidenziare la necessità di ulteriori indagini di approfondimento e per la programmazione di interventi per la mitigazione del rischio. Tale graduatoria può essere stilata assumendo per tutti i beni un unico valore della vita nominale (ad esempio  $V_N=50$  anni), considerando quindi nell'analisi di rischio solo la vulnerabilità e l'esposizione, oppure associando ai manufatti diversi valori della vita nominale, in modo da mettere in evidenza, a parità degli altri fattori, un maggiore rischio di perdita per i manufatti più significativi. La graduatoria di rischio territoriale dovrà riportare tutti gli elementi assunti nell'analisi, in modo che risulti evidente il peso quantitativo attribuito ai diversi fattori. In particolare la vita nominale definisce il tempo limite all'interno del quale tale graduatoria ha significato per ciascuno dei beni culturali analizzati.

Nel caso di progettazione di un intervento di miglioramento sismico (LV2, LV3), piuttosto che all'indice di sicurezza sismica valutato con la (2.3) può essere opportuno riferirsi direttamente alla vita nominale, ovvero valutare la vita nominale corrispondente allo stato attuale e quella ottenibile a seguito dell'intervento:

$$V_N = -\frac{T_{SL}}{C_U} \ln(1 - P_{V_k}) \quad (2.4)$$

dove  $T_{SL}$  è il periodo di ritorno dell'azione sismica che porta al raggiungimento del generico stato limite valutato prima e dopo l'intervento e  $P_{V_k}$  è la probabilità di superamento relativa allo stato limite considerato (ad esempio 10% per lo SLV).

Coerentemente con il fatto che per un bene culturale non è prescritto il raggiungimento di un prefissato livello di sicurezza (le NTC assumono che per le opere ordinarie l'adeguamento sismico sia conseguito assumendo  $V_N=50$  anni), garantire l'intervento per una vita nominale minore significa accettare di dover provvedere ad una nuova verifica entro tale termine, oltre a prevedere un idoneo programma di monitoraggio e, nei casi di edifici con funzione strategica o sociale, eventuali provvedimenti per garantire la sicurezza (limitazioni dell'accessibilità, sistemi di protezione per gli occupanti, ecc.). Secondo tale principio, valori della vita nominale maggiori di 20 anni possono comunque considerarsi ammissibili per un manufatto tutelato.

Per la progettazione di opere provvisorie si può invece assumere un valore di vita nominale pari a 10 anni (punto 2.4.1 delle NTC).

Analogamente all'indice di sicurezza, è possibile definire un fattore di accelerazione, definito dal rapporto tra l'accelerazione al suolo che porta al raggiungimento dello SLV e quella corrispondente al periodo di ritorno di riferimento, entrambe riferite alla categoria di sottosuolo A:

$$f_{a,SLV} = \frac{a_{SLV}}{a_{p,SLV}}$$

(2.5)

Tale fattore considera solo uno dei parametri che definiscono l'azione sismica spettrale, ma ha il pregio di fornire un'indicazione quantitativa del deficit in termini di «resistenza» (tenendo eventualmente conto anche della duttilità).

## 2.5 Modellazione strutturale, analisi sismica e progetto degli interventi per il miglioramento

Per la valutazione della sicurezza sismica ed il progetto degli interventi di miglioramento dei beni culturali tutelati, è necessario:

- Conseguire una adeguata conoscenza della struttura, che consenta di individuare le caratteristiche degli elementi che determinano il comportamento strutturale. Essa può essere ottenuta con diversi livelli di approfondimento, in funzione di criteri basati sull'accuratezza dei rilievi e delle indagini storiche (cfr. punto C8A della Circolare), sul riconoscimento dell'utilizzo di regole dell'arte, sull'individuazione del livello e della tipologia di danneggiamento, sulla capacità di ricostruzione della storia del manufatto in relazione agli eventi sismici, ed eventualmente sui risultati di indagini sperimentali. Nel caso si prevedano prove anche solo debolmente distruttive, si dovrà valutare l'impatto delle stesse sulla conservazione del manufatto, limitandosi a quelle effettivamente necessarie per lo svolgimento delle analisi; sulla base del livello di conoscenza raggiunto sarà definito un opportuno fattore di confidenza, per graduare il livello di incertezza del modello.
- Adottare uno o più modelli meccanici della struttura o delle sue parti (macroelementi), in grado di descriverne la risposta sotto azione dinamica, e coerentemente scegliere uno o più metodi di analisi, in modo tale da poter eseguire valutazioni con un livello di accuratezza adeguato alle finalità dello studio; il modello dovrà essere, per quanto possibile, identificato e validato sulla base del comportamento già manifestato attraverso gli stati di danneggiamento presenti, soprattutto se dovuti a fenomeni sismici. A questo proposito va sottolineato il fatto che il livello di conoscenza acquisito (ad esempio in termini di rilievo del quadro fessurativo, dell'identificazione delle fasi di trasformazione, etc.) diventa elemento fondamentale sia per la scelta del modello meccanico che per la valutazione della sua affidabilità. Nel caso in cui il progettista dovesse valutare che non è possibile mettere in conto nella valutazione della risposta strutturale il contributo di alcuni aspetti costruttivi, la cui importanza è emersa a seguito della conoscenza storica e tecnologica del manufatto, è possibile quantificare tale effetto su base soggettiva, giustificando ciò adeguatamente.
- Definire un livello di sicurezza sismica di riferimento, sulla base della classe d'uso del manufatto.
- Valutare la vita nominale nello stato di fatto, considerando l'azione sismica per il sito sulla base delle più avanzate conoscenze sulla pericolosità sismica; nella definizione di tale azione, tenendo anche conto di studi disponibili di microzonazione sismica, devono essere considerati i possibili effetti di risposta sismica locale, da valutare con specifiche indagini e con i criteri indicati dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.
- Progettare l'intervento di miglioramento sismico, tenendo presente la vulnerabilità nello stato di fatto, emersa dalla conoscenza diretta della fabbrica (meccanismi di danno potenziali o già manifesti) e dall'analisi sismica (valore della vita nominale), e la possibilità di consolidare il manufatto con interventi compatibili con la conservazione.
- Valutare la vita nominale nello stato di progetto, attraverso un modello opportunamente modificato rispetto a quello usato per la verifica nello stato di fatto, eventualmente calibrato attraverso valutazioni qualitative. Nel caso in cui l'intervento modifichi sostanzialmente il comportamento originario, è ancor più necessario disporre di un modello meccanico attendibile, capace di rappresentare il comportamento del nuovo organismo strutturale, in quanto non è più possibile fare affidamento su quanto accertato attraverso la conoscenza sul manufatto. Valori della vita nominale inferiori a quelli previsti dalle NTC per le nuove costruzioni possono essere accettati, coerentemente con i principi del miglioramento, sia nei casi in cui il modello meccanico risulti ampiamente a favore di sicurezza, sia quando per aumentare la sicurezza del manufatto sarebbero necessari interventi non compatibili con le esigenze di conservazione.

- Adottare opportune regole di dettaglio nella realizzazione degli interventi, volte ad assicurare la compatibilità dei nuovi elementi con quelli originari, la durabilità dei materiali, la massima duttilità agli elementi strutturali ed alla costruzione nel suo insieme.

### **3 AZIONE SISMICA**

#### **3.1 Effetti di sito**

Il moto sismico al suolo è fortemente influenzato dalle caratteristiche geologico-stratigrafiche e topografiche locali.

In presenza di terreni eterogenei deformabili e in funzione della diversa rigidità e continuità degli strati più superficiali, nonché delle possibili irregolarità topografiche, possono manifestarsi effetti di amplificazione del moto sismico, sia in termini di accelerazione massima sia di contenuto in frequenza. In questi casi è necessario effettuare specifiche analisi della risposta sismica locale, tenendo anche conto, come già indicato, di studi di risposta sismica locale e di microzonazione sismica eventualmente disponibili.

Nei casi in cui, invece, le condizioni stratigrafiche e/o topografiche siano inquadrabili all'interno delle categorie innanzi indicate, anche per il patrimonio culturale è possibile valutare la risposta sismica locale con l'adozione delle stesse categorie di sottosuolo e categorie topografiche definite al punto 3.2.2 delle NTC.

#### **3.2 Spettri di risposta**

Il moto sismico è descritto dallo spettro di risposta elastico di riferimento che, a meno della necessità di più specifiche analisi, come appena evidenziato, è definito sulla base di quanto riportato nell' Allegato 1 alle NTC, utilizzando il valore corrispondente alla coordinata geografica del manufatto o al comune nel quale esso è situato. Le note 6 e 7 nel § 2.4 forniscono indicazioni operative per una semplice e corretta valutazione dei parametri di pericolosità sismica per l'intero territorio nazionale.

### **4 CONOSCENZA DEL MANUFATTO**

#### **4.1 Il percorso della conoscenza**

##### **4.1.1 Generalità**

La conoscenza della costruzione storica in muratura è un presupposto fondamentale sia ai fini di una attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale sia per la scelta di un efficace intervento di miglioramento. Le problematiche sono quelle comuni a tutti gli edifici esistenti, anche se nel caso del patrimonio culturale tutelato, ancora più importante risulta conoscere le caratteristiche originarie della fabbrica, le modifiche intercorse nel tempo dovute ai fenomeni di danneggiamento derivanti dalle trasformazioni antropiche, all'invecchiamento dei materiali e agli eventi calamitosi; inoltre tuttavia, in relazione alla necessità di impedire perdite irrimediabili, l'esecuzione di una completa campagna di indagini può risultare troppo invasiva sulla fabbrica stessa.

Si ha pertanto la necessità di affinare tecniche di analisi ed interpretazione dei manufatti storici mediante fasi conoscitive dal diverso grado di attendibilità, anche in relazione al loro impatto. La conoscenza può infatti essere conseguita con diversi livelli di approfondimento, in funzione dell'accuratezza delle operazioni di rilievo, delle ricerche storiche, e delle indagini sperimentali.

Tali operazioni saranno funzione degli obiettivi preposti ed andranno ad interessare tutto o in parte l'edificio, a seconda della tipologia dell'intervento previsto. Lo studio delle caratteristiche della fabbrica è teso alla definizione di un modello interpretativo che consenta, nelle diverse fasi della sua calibrazione, sia un'interpretazione qualitativa del funzionamento strutturale, sia l'analisi strutturale per una valutazione quantitativa. Il grado di attendibilità del modello sarà strettamente legato al livello di approfondimento ed ai dati disponibili. Da questo punto di vista vengono introdotti diversi livelli di conoscenza, ad approfondimento crescente, al quale saranno legati fattori di confidenza da utilizzare nell'analisi finalizzata sia alla valutazione dello stato attuale sia a seguito degli eventuali interventi.

Il percorso della conoscenza può essere ricondotto alle seguenti attività:

- l'identificazione della costruzione, la sua localizzazione in relazione a particolari aree a rischio, ed il rapporto della stessa con il contesto urbano circostante; l'analisi consiste in un primo rilievo schematico del manufatto e nell'identificazione di eventuali elementi di pregio (apparati decorativi fissi, beni artistici mobili) che possono condizionare il livello di rischio;
- il rilievo geometrico della costruzione nello stato attuale, inteso come completa descrizione stereometrica della fabbrica, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi;
- l'individuazione della evoluzione della fabbrica, intesa come sequenza delle fasi di trasformazione edilizia, dall'ipotetica configurazione originaria all'attuale;
- l'individuazione degli elementi costituenti l'organismo resistente, nell'accezione materica e costruttiva, con una particolare attenzione rivolta alle tecniche di realizzazione, ai dettagli costruttivi ed alla connessioni tra gli elementi;
- l'identificazione dei materiali, del loro stato di degrado, delle loro proprietà meccaniche;
- la conoscenza del sottosuolo e delle strutture di fondazione, con riferimento anche alle variazioni avvenute nel tempo ed ai relativi dissesti.

In considerazione delle specifiche modalità di analisi strutturale dei meccanismi di collasso dei manufatti storici in muratura, descritte nel capitolo 5, le indagini conoscitive dovranno concentrarsi prevalentemente sull'individuazione della storia del manufatto (specie in relazione agli eventi sismici pregressi), sulla geometria degli elementi strutturali, sulle tecniche costruttive (con riferimento a quelle abitualmente adottate in ciascun contesto territoriale) e sui fenomeni di dissesto e di degrado.

D'altra parte, le difficoltà connesse con la conoscenza, anche in relazione alle risorse disponibili e all'invasività delle indagini da eseguire, rendono spesso necessario un confronto con modelli interpretativi a posteriori, basati sull'osservazione e sull'accertamento del funzionamento manifestato dalla costruzione.

Le informazioni acquisite dovranno essere organizzate e restituite secondo quanto previsto dal programma di monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici tutelati (Allegato A), elaborato attraverso schede dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali e finalizzato all'acquisizione di una conoscenza sistematica del patrimonio culturale italiano.

I paragrafi seguenti descrivono in maggiore dettaglio le diverse fasi della conoscenza; occorre precisare che queste non devono essere intese in modo sequenziale ma integrato.

#### 4.1.2 Identificazione della costruzione

Il primo passo della conoscenza consiste nella corretta e completa identificazione dell'organismo e nella sua localizzazione sul territorio, al fine di individuare la sensibilità della fabbrica nei riguardi dei diversi rischi ed in particolare di quello sismico. Questa fase dell'analisi comprende anche un primo rilievo schematico del manufatto, od un semplice eidotipo, in grado di descriverne la consistenza di massima e la localizzazione di eventuali elementi particolarmente sensibili al danneggiamento che, nel caso di perdita, porterebbero ad un danno irrimediabile al patrimonio culturale, condizionandone il livello di rischio. L'identificazione degli elementi di pregio dovrà essere utilizzata anche per l'individuazione di possibili zone di sacrificio ove realizzare eventuali indagini distruttive e localizzare eventuali interventi di rinforzo.

In questa fase deve essere analizzato il rapporto del manufatto con l'intorno, attraverso la descrizione del Complesso Architettonico (CA), isolato o non isolato, e la caratterizzazione dei rapporti spaziali e funzionali tra l'edificio ed eventuali manufatti contermini. Lo studio del tessuto dovrà consentire di ipotizzare la gerarchia costruttiva e le relazioni tra l'edificio ed il contesto. In particolare partendo dal concetto di Complesso Architettonico (CA), costituito dall'aggregazione di più corpi di fabbrica e definito spazialmente dalle strade che lo circoscrivono, si dovrà risalire ai Corpi di Fabbrica costituenti (CF), individuabili attraverso l'analisi dei prospetti visibili e l'articolazione plano-altimetrica. L'indagine potrà essere efficacemente condotta mediante il ricorso a tecniche macrostratigrafiche.

I risultati di questa fase di conoscenza potranno essere restituiti secondo i moduli A e B descritti in Allegato A.

#### 4.1.3 Caratterizzazione funzionale dell'edificio e dei suoi spazi

La conoscenza dell'opera non può prescindere dall'analisi, anche storica, dell'evoluzione funzionale dell'edificio e delle sue articolazioni, finalizzata a riconoscere quali utilizzazioni si siano succedute nel tempo ed in quali ambienti. Il risultato di questa analisi porta infatti alla disponibilità di notizie utili per capire anche le ragioni delle modifiche strutturali e geometriche intervenute nel tempo, per motivare eventuali segni o notizie di dissesti, per progettare possibili utilizzazioni future compatibili con le caratteristiche dell'edificio e con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico.

#### 4.1.4 Rilievo geometrico

La conoscenza della geometria strutturale di organismi esistenti in muratura deriva di regola da operazioni di rilievo. Il rilievo dovrà essere riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con gli eventuali edifici in aderenza.

La descrizione stereometrica della fabbrica comporta l'individuazione delle caratteristiche planoaltimetriche degli elementi costitutivi. Pertanto, ad ogni livello, andranno rilevate la geometria di tutti gli elementi in muratura, delle volte (spessore e profilo), dei solai e della copertura (tipologia e orditura), delle scale (tipologia strutturale), la localizzazione delle eventuali nicchie, cavità, aperture richiuse (con quali modalità), canne fumarie, elementi estranei inclusi e la tipologia delle fondazioni.

La rappresentazione dei risultati del rilievo verrà effettuata attraverso piante, alzati e sezioni oltre che con particolari costruttivi di dettaglio. Completata questa operazione, si procederà, all'interno del rilievo geometrico complessivo, alla identificazione dello schema strutturale resistente.

Poiché il rilievo geometrico serve a definire la geometria del modello da utilizzare nell'analisi sismica, i suoi vincoli ed i carichi agenti, è opportuno verificare che tutte le informazioni necessarie siano state rilevate. In particolare dovranno essere individuati i punti significativi per un modello di calcolo, quali imposte degli orizzontamenti e dei sistemi archi voltati, entità dell'appoggio degli stessi sulle murature d'ambito. Inoltre dovranno essere compiutamente determinabili le masse degli elementi e i carichi gravanti su ogni elemento di parete.

La descrizione dei rapporti tra elementi potrà avvalersi di tecniche di lettura e restituzione proprie dell'analisi stratigrafica. La procedura potrà articolarsi in virtù delle caratteristiche tipologiche della fabbrica e del contesto territoriale e urbano di appartenenza.

Le difficoltà del rilievo geometrico sono legate all'accessibilità di alcuni spazi, quali sottotetti, volumi tra false volte o controsoffitti e coperture, oppure all'eccessiva altezza degli elementi, come nel caso di campanili, torri, volte in una navata; tuttavia, sono disponibili strumenti che consentono un rapido rilievo e una restituzione accurata anche nel caso di elementi complessi, e tecniche di indagine diretta (endoscopia) o indiretta (termografia, georadar, ecc.) per gli spazi non accessibili.

La restituzione tridimensionale dell'organismo può essere complessa, ma è certamente utile ai fini della modellazione. Il rilievo di stucchi, decorazioni ed elementi non strutturali, utile ai fini dell'individuazione delle caratteristiche dei beni artistici, non deve ostacolare la precisa conoscenza della geometria degli elementi architettonico-strutturali.

Dovrà essere rilevato e rappresentato l'eventuale quadro fessurativo, in modo tale da consentire l'individuazione delle cause e delle possibili evoluzioni delle problematiche strutturali dell'organismo. Le lesioni saranno classificate secondo la loro geometria (estensione, ampiezza) ed il loro cinematisma (distacco, rotazione, scorrimento, spostamento fuori dal piano).

Successivamente, considerato che le fasi della conoscenza non sono sequenziali, potrà essere associato ad ogni lesione, o ad un insieme di lesioni, uno o più meccanismi di danno che siano compatibili con la geometria dell'organismo e della sua fondazione, con le trasformazioni subite, con i materiali presenti, con gli eventi subiti. In maniera similare le deformazioni andranno classificate secondo la loro natura (evidenti fuori piombo, abbassamenti, rigonfiamenti, spanciamenti, depressioni nelle volte, ecc.) ed associate, se possibile, ai rispettivi meccanismi di danno.

Il rilievo geometrico dovrà essere integrato dalla compilazione di moduli schedografici denominati morfologici (modulo C in Allegato A), che consentano di individuare univocamente gli elementi resistenti e i relativi rapporti costruttivi.

#### 4.1.5 Analisi storica degli eventi e degli interventi subiti

Ai fini di una corretta individuazione del sistema resistente e del suo stato di sollecitazione è importante la ricostruzione dell'intera storia costruttiva del bene culturale tutelato, ossia del processo di costruzione e delle successive modificazioni nel tempo del manufatto. In particolare andrà evidenziata la successione realizzativa delle diverse porzioni di fabbrica, al fine di individuare le zone di possibile discontinuità e disomogeneità materiale, sia in pianta che in alzato (corpi aggiunti, sopraelevazioni, sostituzioni di orizzontamenti, ecc).

La storia dell'edificio può anche essere utilizzata come uno degli strumenti di controllo e verifica della risposta dell'edificio a particolari eventi naturali o antropici e delle eventuali conseguenti trasformazioni. Devono pertanto essere identificati gli eventi subiti, soprattutto quelli più significativi e traumatici, ed i corrispondenti effetti, accertabili per via documentale (fonti scritte o iconografiche) o tramite un rilievo analitico diretto del manufatto. Anche la storia della destinazione d'uso del bene può fornire indicazioni sulle azioni applicate in passato.

La conoscenza della risposta della costruzione ad un particolare evento traumatico può consentire di identificare un modello qualitativo di comportamento, anche se devono essere tenute presenti le modifiche intercorse nella costruzione, in particolare proprio a seguito di quell'evento. Questa analisi sarà la guida per la definizione dei meccanismi di danno maggiormente critici e per la conseguente definizione di modelli di calcolo attendibili.

Ai fini della comprensione del comportamento attuale e per la definizione degli eventuali interventi di miglioramento sismico è importante individuare la natura degli interventi di consolidamento già realizzati nel passato, la loro localizzazione e gli elementi strutturali coinvolti, il periodo di realizzazione e la verifica della loro efficacia nel tempo.

La consultazione dei numerosi cataloghi sismici esistenti ed il reperimento diretto dei documenti d'archivio relativi alla sismicità dei luoghi e ai danni subiti dagli edifici costituisce una base di riferimento fondamentale. L'analisi dei cataloghi di sito permette, nei casi in cui si possa assumere una completezza statistica del dato, di confrontare le azioni assunte a riferimento per i diversi stati limite, desunte dalle mappe di pericolosità sismica, con la sismicità storica.

In alcuni casi può essere opportuno tenere presente la storia sismica nel giudizio finale di valutazione della sicurezza sismica, considerando che l'intensità risentita contiene già al suo interno gli effetti locali. L'acquisizione di dati relativi a danneggiamenti subiti dal manufatto in occasione di eventi sismici pregressi, da mettere in relazione con l'azione sismica stessa, si configura come un metodo indispensabile per l'identificazione di porzioni od elementi particolarmente vulnerabili.

Infine, la risposta del manufatto agli eventi sismici più recenti può essere utile per verificare l'efficacia degli interventi eseguiti nel passato.

#### 4.1.6 Il rilievo materico costruttivo e lo stato di conservazione

Il rilievo materico costruttivo deve permettere di individuare completamente l'organismo resistente della fabbrica, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Tale riconoscimento richiede l'acquisizione di informazioni spesso nascoste (sotto intonaco, dietro a controsoffitti, ecc.), che può essere eseguita grazie a tecniche di indagine non distruttive di tipo indiretto (termografia, georadar, tomografia sonora, ecc.) o ispezioni dirette debolmente distruttive (endoscopie, scrostamento di intonaci, saggi, piccoli scassi, ecc.). Un aspetto rilevante è la scelta del numero, della tipologia e della localizzazione delle prove da effettuare. Per una corretta conoscenza esse dovrebbero essere adottate in modo diffuso, ma per il loro eventuale impatto e per motivazioni economiche, esse andranno impiegate solo se ben motivate, ovvero se utili nella valutazione e nel progetto dell'intervento. Al fine di limitare al massimo l'impatto di queste indagini, oltre alla conoscenza delle vicende costruttive del manufatto in esame, è fondamentale avere un'approfondita consapevolezza delle caratteristiche costruttive dei manufatti nell'area e nei diversi periodi storici.

Speciale attenzione dovrà essere riservata alla valutazione della qualità muraria, tenendo conto dei modi di costruire tipici di quel territorio ed individuando le caratteristiche geometriche e materiche dei singoli componenti, oltre che le modalità di assemblaggio. Di particolare importanza risulta essere:

- la presenza di elementi trasversali (denominati diatoni), di collegamento tra i paramenti murari; la forma, tipologia e dimensione degli elementi;
- il riconoscimento di una disposizione regolare e pressoché orizzontale dei corsi (o, in alternativa, la presenza di listature a passo regolare);
- la buona tessitura, ottenuta tramite l'ingranamento degli elementi (numero ed estensione dei contatti, presenza di scaglie) ed il regolare sfalsamento dei giunti;
- la natura delle malte ed il loro stato di conservazione.

La lettura di uno schema strutturale di funzionamento della fabbrica necessita di una conoscenza dei dettagli costruttivi e delle caratteristiche di collegamento tra i diversi elementi:

- tipologia della muratura (in mattoni, in pietra - squadrata, sbazzata, a spacco, ciottoli - o mista; a paramento unico, a due o più paramenti) e caratteristiche costruttive (tessitura regolare o irregolare; con o senza collegamenti trasversali, ecc.);
- qualità del collegamento tra pareti verticali (ammorsamento nei cantonali e nei martelli, catene, ecc.);
- qualità del collegamento tra orizzontamenti (solai, volte e coperture) e pareti, con rilievo dell'eventuale presenza di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento (catene, ecc.);
- elementi di discontinuità determinati da cavedi, canne fumarie etc.
- tipologia degli orizzontamenti (solai, volte, coperture), con particolare riferimento alla loro rigidità nel piano;
- tipologia ed efficienza degli architravi al di sopra delle aperture;
- presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad equilibrare le spinte eventualmente presenti;
- presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità.

I risultati del rilievo materico costruttivo potranno essere articolati mediante la realizzazione di moduli schedografici (modulo D in Allegato A), atti a descrivere i singoli elementi ed il relativo stato di conservazione. Il modulo schedografico si arricchirà delle informazioni sui rapporti tra elementi e, nel caso di aggregato urbano, delle relazioni con gli edifici contermini.

#### 4.1.7 La caratterizzazione meccanica dei materiali

Il rilievo visivo ed alcune indagini possono consentire di giungere ad una buona conoscenza e ad un giudizio sulla qualità dei materiali e del loro degrado (punto 4.1.5). Tuttavia, in alcuni casi la modellazione del comportamento strutturale, specie nei riguardi dell'azione sismica, richiede la conoscenza di parametri meccanici di deformabilità e resistenza dei materiali, ed in particolare della muratura.

Tecniche diagnostiche non distruttive di tipo indiretto, quali prove soniche ed ultrasoniche, consentono di valutare l'omogeneità dei parametri meccanici nelle diverse parti della costruzione, ma non forniscono stime quantitative attendibili dei loro valori, in quanto essi vengono desunti dalla misura di altre grandezze (ad esempio, la velocità di propagazione di onde di volume).

La misura diretta dei parametri meccanici della muratura, in particolare di quelli di resistenza, non può essere eseguita, quindi, se non attraverso prove debolmente distruttive o distruttive, anche se su porzioni limitate. Le calibrazioni di prove non distruttive con prove distruttive possono essere utilizzate per ridurre l'invasività delle indagini di qualificazione.



La caratterizzazione degli elementi costituenti (malta; mattoni o elementi lapidei) può essere eseguita in sito o su campioni di piccole dimensioni, prelevati e successivamente analizzati in un laboratorio, di cui all' art. 59 del DPR 380/2001. Per quanto riguarda le malte possono essere eseguite, tra le altre: a) prove sclerometriche e penetrometriche; b) analisi chimiche, su campioni prelevati in profondità in modo da non essere soggetti al degrado superficiale, per la caratterizzazione della malta. Sui mattoni, oltre a determinarne le caratteristiche fisiche, è possibile valutare il modulo elastico e le resistenze a trazione e compressione attraverso prove meccaniche in laboratorio, di compressione e flessione. Per quanto riguarda gli elementi lapidei, possono essere eseguite una caratterizzazione litologica.

Le caratteristiche meccaniche della muratura possono essere desunte dalle proprietà degli elementi costituenti solo nel caso della muratura di mattoni o di elementi naturali squadri ed a tessitura regolare; in questo caso è possibile fare riferimento alle indicazioni contenute nel punto 11.10 delle NTC o in altri documenti di riconosciuto valore scientifico e tecnico.

Negli altri casi, è possibile far ricorso alle seguenti metodologie di prova in sito:

- per la determinazione del modulo di elasticità normale e della resistenza a compressione: a) doppio martinetto piatto (tecnica debolmente distruttiva, in quanto eseguita su una porzione limitata di un paramento murario sottoposto ad una sollecitazione massima corrispondente all'innescò della fessurazione, da realizzare mediante l'esecuzione di tagli di piccole dimensioni, preferibilmente eseguiti nei giunti di malta e quindi facilmente ripristinabili); b) prova a compressione su un pannello murario (molto invasiva, in quanto coinvolge una porzione rilevante di muratura, dell'ordine del metro, e richiede l'esecuzione di tagli di notevoli dimensioni per l'alloggiamento dei martinetti e spesso di onerose strutture di contrasto). La prova di tipo b) va limitata ai soli casi in cui le altre metodologie di indagine non forniscano valutazioni sufficientemente attendibili o quando siano disponibili murature di sacrificio;

- per la determinazione della resistenza e del modulo a taglio sono generalmente utilizzabili prove su pannelli per le quali valgono le considerazioni riportate nel paragrafo precedente, secondo due modalità: a) prova di compressione diagonale, su un pannello quadrato; b) prova di compressione e taglio, su un pannello rettangolare di altezza doppia rispetto alla larghezza. Entrambe queste prove hanno carattere fortemente invasivo.

E' evidente che, dato il carattere distruttivo delle succitate prove, esse andranno impiegate solo se ben motivate e giustificate non solo dall'uso dei relativi risultati nella modellazione della struttura, ma anche dal fatto di essere discriminanti nei confronti della valutazione o della scelta dell'intervento. Nell'individuazione di possibili zone di sacrificio ove realizzare eventuali analisi distruttive si potrà tener conto degli esiti della ricerca storica, dello stato di conservazione dei materiali e del rilievo delle superfici di pregio. Il numero di prove che si potrà eseguire su materiale omogeneo sarà generalmente molto limitato, e non consentirà una trattazione statistica dei risultati significativa in relazione a procedure formali di verifica della sicurezza basate su metodi probabilistici o semi-probabilistici. La programmazione delle indagini e la interpretazione dei risultati va pertanto inquadrata in procedure di carattere più complessivo, nelle quali possa assumere significato anche l'impiego di un solo dato sperimentale.

L'identificazione delle caratteristiche meccaniche potrà anche essere ottenuta per analogia con murature simili, tenendo conto, per quanto possibile, anche dei fenomeni di degrado. A tale scopo è auspicabile che gli enti territoriali di tutela e controllo istituiscano degli archivi permanenti contenenti: a) almanacchi delle diverse tipologie murarie presenti, nel corso del tempo, nell'area in esame; b) tabelle con valori di riferimento delle proprietà meccaniche, desunti da sperimentazioni organizzate dagli stessi enti e/o utilizzando campagne eseguite per singoli interventi e studi.

I dati acquisiti nella campagna di indagine andranno restituiti in modo tale da consentire, in tempi relativamente brevi, la creazione di una banca dati accessibile attraverso il programma di monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici tutelati (Allegato A).

In assenza degli archivi di cui sopra si potrà far riferimento, per ogni tipologia muraria, ai valori medi dei parametri meccanici definiti nelle Tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2 dell'Appendice C8A alla Circolare.

#### 4.1.8 Aspetti geotecnici

L'accertamento del tipo e della consistenza del sistema di fondazione, unitamente alla caratterizzazione geotecnica del terreno compreso nel volume significativo di sottosuolo, costituiscono elementi necessari alla valutazione dell'azione sismica e dei suoi effetti sulla costruzione.

Tutte le indagini e gli accertamenti dovrebbero essere preceduti da un accurato studio della documentazione disponibile per la costruzione in esame, riguardante la sua storia passata e recente.

Alla luce di questi studi preventivi, è possibile predisporre un piano d'indagine per accertare forma, dimensioni e materiali costituenti le strutture di fondazione. Tra le possibili indagini, saranno preferiti i controlli non distruttivi, quali le prove geofisiche e tomografiche, da effettuare anche dopo l'esecuzione di pozzetti e trincee esplorative per mettere a luce le fondazioni ed evidenziarne i piani d'imposta. Se necessario, potranno essere eseguite perforazioni a carotaggio continuo, variamente orientate, tali da raggiungere i piani di fondazione e intestarsi adeguatamente nel sottosuolo. I fori di sondaggio potranno essere efficacemente impiegati per video ispezioni e per prove geofisiche.

Particolare attenzione andrà posta alla presenza o meno di un substrato archeologico, per il ruolo fondamentale che tale substrato può avere nell'alterare la risposta sismica della struttura e nel limitare le possibili tipologie di intervento su fondazioni e terreni.

Le indagini geotecniche devono permettere la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni di fondazione, tramite prove in sito e di laboratorio, finalizzata all'individuazione di modelli geotecnici adatti alle analisi di risposta sismica locale e d'interazione dinamica terreno-struttura. Le indagini geotecniche devono anche essere finalizzate allo studio della stabilità del sito in cui ricade la costruzione in esame, con particolare riguardo ai fenomeni d'instabilità dei versanti e di liquefazione dei terreni. Le metodologie d'indagine e la caratterizzazione geotecnica devono essere coerenti con i principi generali della progettazione geotecnica indicati nel Cap. 6 e nel punto 7.11 delle Norme Tecniche per le Costruzioni.

#### 4.1.9 Monitoraggio

Il controllo periodico della costruzione rappresenta il principale strumento per una consapevole conservazione, in quanto consente di programmare la manutenzione ed attuare in tempo, quando realmente necessari, gli interventi di riparazione, in caso di danno strutturale, e di consolidamento, finalizzato alla prevenzione.

Si sottolinea che, coerentemente con l'impostazione adottata al punto 2.4 per la valutazione dei livelli di sicurezza sismica, la definizione di un definito programma di monitoraggio è fondamentale per garantire alla costruzione la vita nominale prevista.

Per impostare un programma di monitoraggio è necessario eseguire preventivamente una accurata analisi del funzionamento strutturale, e quindi una interpretazione dei dissesti in atto, in modo da definire i parametri più significativi che, misurati in continuo o con scadenze temporali adeguate, consentono di certificarne il buon comportamento ovvero di valutare eventuali evoluzioni pericolose per la stabilità di insieme o di singole parti dell'edificio.

Il monitoraggio visivo, inteso come controllo periodico dell'insorgenza di stati fessurativi, fenomeni di degrado, trasformazioni nella struttura e nell'ambiente circostante, rappresenta il punto di partenza di tale attività.

Informazioni aggiuntive possono essere acquisite attraverso il monitoraggio strumentale di alcuni parametri ritenuti significativi (movimento delle lesioni, spostamenti assoluti o relativi di punti della costruzione, rotazione di pareti o altri elementi). Il movimento delle lesioni può essere controllato pressoché in continuo e a distanza; occorre tuttavia considerare che, in relazione alla tipologia di dissesto, le soglie di pericolosità di tali spostamenti relativi possono essere anche molto diverse. Il controllo geometrico della costruzione può essere eseguito mediante procedure di rilievo topografico, fotogrammetrico, o utilizzando tecniche innovative, come la nuvola di punti generata dal laser scanner (ovviamente tale metodologia non risulta esclusiva e deve essere attentamente valutata la precisione fornita in relazione alle soglie di movimento ritenute significative). Il progetto di monitoraggio richiede una preliminare interpretazione del meccanismo di dissesto, che può spesso essere eseguita grazie alla meccanica dell'equilibrio delle murature considerate come corpo rigido; ciò permette di individuare una serie di punti notevoli da controllare. In alcuni casi, quando l'eventuale dissesto è ben compreso e possono essere definite soglie di sicurezza, il monitoraggio può rappresentare un'alternativa all'intervento, a vantaggio della conservazione.

Le proprietà dinamiche della struttura (frequenze e forme proprie di vibrazione) sono anch'esse parametri significativi del comportamento di una costruzione. In presenza di dissesti o trasformazioni della costruzione e del suo uso, queste grandezze subiscono delle alterazioni. Allo stato attuale delle

conoscenze, l'identificazione del danno sulla base di una variazione delle proprietà dinamiche è molto difficile; inoltre, è noto che le costruzioni in muratura sono caratterizzate da un comportamento fortemente non lineare e ciò rende problematico il ricorso a parametri rappresentativi di un comportamento lineare equivalente. Tuttavia, il controllo di alcuni parametri della risposta dinamica, o eccitata artificialmente o mediante vibrazioni ambientali, può, in alcuni casi, rappresentare uno dei possibili elementi per l'identificazione di un cambiamento manifestatosi nella costruzione. La scelta dei parametri e l'interpretazione delle misure dinamiche vanno giustificate in relazione alla tipologia di dissesto ed agli scopi delle indagini.

Se si considera più in particolare la sicurezza sismica, essendo il terremoto un evento raro ed imprevedibile, è evidente che il monitoraggio non rappresenta uno strumento di allarme o di individuazione del comportamento sismico. Un suo uso può risultare significativo nell'emergenza post-terremoto, su strutture fortemente danneggiate di cui si volesse verificare l'evoluzione del meccanismo attivato dal sisma e la risposta ad eventuali scosse di replica.

#### 4.2 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

Identificata la costruzione, in relazione all'approfondimento del rilievo geometrico e delle indagini materico-costruttiva, meccanica e sul terreno e le fondazioni, viene assunto dal progettista un fattore di confidenza  $F_C$ , compreso tra 1 e 1.35, che consente di graduare l'attendibilità del modello di analisi strutturale e tenerne conto nella valutazione dell'indice di sicurezza sismica (o della vita nominale).

Il fattore di confidenza si applica in modo diverso in funzione dei modelli per la valutazione della sicurezza sismica, illustrati nel capitolo 5, che possono essere così classificati:

- modelli che considerano la deformabilità e la resistenza dei materiali e degli elementi strutturali;
- modelli che considerano l'equilibrio limite dei diversi elementi della costruzione, pensando il materiale muratura come rigido e non resistente a trazione (creazione di un cinematismo di blocchi rigidi, attraverso l'introduzione di opportune sconessioni).

Nel primo caso il fattore di confidenza si applica in genere alle proprietà dei materiali, in particolare riducendo le resistenze. I valori di partenza delle caratteristiche meccaniche, a cui eventualmente applicare il fattore di confidenza, saranno definiti in funzione del livello di conoscenza relativo alle proprietà meccaniche dei materiali, utilizzando gli intervalli riportati nelle Tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2 della Appendice al capitolo C8 della Circolare ed operando con analogia metodologia.

Nel secondo caso, ossia di modelli di corpo rigido, nei quali la resistenza del materiale non viene tenuta in conto, il fattore di confidenza si applica direttamente alla capacità della struttura, ovvero riducendo l'accelerazione corrispondente ai diversi stati limite. Qualora siano effettuate indagini sulle proprietà meccaniche della muratura, per il fattore parziale di confidenza  $F_{C3}$  (vedi successiva equazione 4.1 e tabella 4.1) potrà essere assunto un valore più basso di 0.12 solo se la resistenza a compressione della muratura è considerata nel modello di valutazione.

In entrambi i casi, la definizione del fattore di confidenza andrà riferita al materiale/tipologia che maggiormente penalizza lo specifico meccanismo di danno/collasso in esame.

A titolo esemplificativo, il fattore di confidenza può essere determinato definendo diversi fattori parziali di confidenza  $F_{Ck}$  ( $k=1,4$ ), sulla base dei coefficienti numerici riportati in tabella 4.1, i cui valori sono associati alle quattro categorie di indagine ed al livello di conoscenza in esse raggiunto:

$$F_C = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{Ck} \quad (4.1)$$

Il rilievo geometrico dovrà, in ogni caso, essere sviluppato ad un livello di dettaglio coerente con le esigenze del modello geometrico adottato nelle valutazioni analitiche e/o delle necessarie considerazioni di tipo qualitativo.

Il rilievo materico (tipologia e tessitura delle murature, tipologia ed orditura dei solai, struttura e riempimento delle volte, etc.) e dei dettagli costruttivi (ammorsamenti murari, eventuali indebolimenti,

entità e tipologia di appoggio degli orizzontamenti, dispositivi di contenimento delle spinte, degrado dei materiali etc.) dovrà tendere, compatibilmente con le esigenze di tutela del bene, ad accertare le diverse tipologie costruttive presenti, la loro localizzazione e ripetitività, con particolare attenzione a tutti gli aspetti che possono influenzare l'innescio di meccanismi di collasso locale.

**Tabella 4.1 - Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza.**

Rilievo geometrico	rilievo geometrico completo	$F_{C1} =$ 0.05
	rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi	$F_{C1} =$ 0
Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica	restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} =$ 0.12
	restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} =$ 0.06
	restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche)	$F_{C2} =$ 0
	parametri meccanici desunti da dati già disponibili	$F_{C3} =$ 0.12
Proprietà meccaniche dei materiali	limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} =$ 0.06
	estese indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} =$ 0
Terreno e fondazioni	limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni	$F_{C4} =$ 0.06
	disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali;	$F_{C4} =$ 0.03
	limitate indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} =$ 0
	estese o esaustive indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} =$ 0

La restituzione delle fasi costruttive dovrà essere espressa attraverso specifici elaborati grafici che consentano di relazionare le diverse componenti dell'edificio con le relative epoche costruttive; tali successioni edilizie, ipotizzate, parziali o esaustive, dovranno comunque essere accompagnate da sintetiche argomentazioni che giustifichino la ricostruzione storiografica proposta (ad esempio desunte dalla documentazione storica disponibile, dal risultato di mirate indagini diagnostiche, da letture tematiche rivolte alla geometria e/o alla metrologia della fabbrica, da analisi delle murature, da indagini stratigrafiche, da considerazioni comparative ecc.).

Nel caso di presenza di diversi materiali strutturali il livello di approfondimento ed il conseguente fattore di confidenza  $F_{C3}$  potranno essere riferiti al materiale o ai materiali maggiormente influenti sulla determinazione dell'indice di sicurezza. Nel caso in cui l'analisi sismica sia basata sulla valutazione distinta di diversi meccanismi locali (v. 5.2.1, 5.2.2, 5.2.4) potranno essere utilizzati livelli di conoscenza e fattori parziali di confidenza relativi a ciascuna porzione modellata.

Nel caso di valutazioni a carattere locale quando le informazioni sul terreno e le fondazioni non hanno alcuna relazione sullo specifico meccanismo di collasso, il fattore di confidenza parziale  $F_{C4}$  può essere assunto pari a 0. Negli altri casi, per quanto concerne la conoscenza del terreno e delle fondazioni, si distinguono gli aspetti legati alla definizione della categoria di suolo, coinvolta nella definizione dell'input sismico, da quelli concernenti la trasmissione delle azioni dalla struttura al suolo (geometria delle fondazioni e parametri geotecnici del terreno fondazionale).

## **5 MODELLI PER LA VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA**

### **5.1 Il comportamento sismico delle costruzioni storiche in muratura**

Le strutture storiche in muratura costituiscono un insieme estremamente vario e complesso per tipologie e tecniche costruttive, per cui l'analisi del loro comportamento strutturale e la valutazione della loro sicurezza sono condizionate da notevoli incertezze nella definizione delle proprietà meccaniche dei materiali e delle condizioni di vincolo tra gli elementi.

Queste costruzioni non sono state progettate utilizzando i principi della meccanica dei materiali e delle strutture bensì con un approccio basato sull'intuizione e l'osservazione, utilizzando i principi dell'equilibrio dei corpi rigidi e sperimentando il comportamento delle costruzioni già realizzate; tutto ciò ha progressivamente portato ad affinare criteri esecutivi e di proporzionamento geometrico, configurabili come regole dell'arte. Sebbene tale approccio non sia scientificamente rigoroso e risulti affidabile solo se utilizzato all'interno dei limiti di validità della regola (come è dimostrato dai crolli sperimentati nel passato quando si superavano tali limiti), riconoscere in una costruzione la conformità alle regole dell'arte può costituire un primo elemento di valutazione della sicurezza. Queste ultime mostrano una specificità locale frutto di un progressivo affinamento nell'uso dei materiali disponibili in zona (la varietà delle tipologie murarie, in relazione alle caratteristiche degli elementi costituenti, è emblematica al riguardo).

Oltre alla conformità alle regole dell'arte, un ulteriore elemento di valutazione può essere il «collaudo» della storia, di cui l'esistenza stessa della costruzione ci fornisce testimonianza. Tale collaudo, tuttavia, risulta spesso insufficiente nei riguardi della prevenzione dal rischio sismico, in quanto una costruzione (pur se antica) potrebbe non essere ancora stata colpita da un terremoto di intensità pari a quella adottata dalle norme per valutare la sicurezza nei riguardi dello SLV. Inoltre, occorre considerare che la capacità della struttura può essersi modificata per un effetto di accumulo del danno, dovuto a passati terremoti di minore intensità, a causa di dissesti di altra natura e per le trasformazioni che spesso interessano le costruzioni storiche.

E' opportuno evidenziare come, oltre a fattori di natura economica, la cultura costruttiva antisismica in un'area geografica sia influenzata dal livello di pericolosità sismica e dalla ricorrenza dei terremoti. In aree ad alta sismicità (caratterizzate dalla possibilità di terremoti violenti e dalla presenza di terremoti significativi con una certa frequenza), l'esperienza ha portato a mettere a punto soluzioni costruttive efficaci per la riduzione della vulnerabilità (contrafforti, catene, ammorsamenti, ecc.), che diventano parte integrante delle regole costruttive, specie nelle regioni con terremoti frequenti. Nelle aree a bassa sismicità (terremoti rari e non distruttivi), invece, tali elementi di presidio antisismico sono stati messi in atto solo nelle riparazioni o nelle ricostruzioni a seguito dei pochi terremoti significativi; il loro uso da parte dei costruttori veniva dimenticato dopo qualche generazione.

Risulta pertanto evidente che, per valutare oggi la sicurezza di una costruzione esistente, è necessaria un'adeguata conoscenza del manufatto, ma che non si possa in ogni caso prescindere da una analisi strutturale, finalizzata a tradurre in termini meccanici e quantitativi il comportamento accertato nella costruzione. Per eseguire tale analisi è possibile definire diversi modelli interpretativi, di diverso grado di accuratezza, che possono interessare l'intera costruzione o sue singole parti. In particolare, a partire da un modello ottenibile con un livello minimo di conoscenza, ovvero basato su un numero limitato di informazioni, si possono definire modelli interpretativi via via più raffinati che vengono calibrati e validati attraverso l'approfondimento della conoscenza. Si tratta di una sorta di meccanismo di definizione «iterativa» del modello interpretativo più affidabile per la costruzione.

In Allegato B sono illustrati il funzionamento meccanico della muratura, l'interazione tra i diversi elementi che compongono una costruzione storica e le possibili strategie di modellazione strutturale.

### **5.2 Metodi di analisi sismica**

#### **5.2.1 Premessa**

Nel caso degli edifici esistenti in muratura, per l'analisi dei meccanismi sia locali che globali (NTC punto 8.7.1) è possibile ricorrere a diversi metodi, in funzione del modello con il quale vengono descritte la struttura ed il suo comportamento sismico.

In particolare è possibile fare riferimento ai seguenti:

- analisi statica lineare
- analisi dinamica modale
- analisi statica non lineare
- analisi dinamica non lineare

Nel seguito vengono illustrate le condizioni ed i limiti di utilizzo dei metodi di analisi sopra indicati in relazione alle specificità del patrimonio culturale.

### 5.2.2 Analisi statica lineare

L'azione sismica di riferimento al suolo, per lo stato limite ultimo, viene in questo caso ridotta attraverso il fattore di struttura, per consentire una verifica in campo elastico; in questo modo si tiene implicitamente conto delle ulteriori capacità di spostamento, una volta raggiunta la resistenza limite, prima che la struttura arrivi allo stato limite ultimo. Si sottolinea che l'applicazione di questo metodo nel caso di edifici storici può risultare problematica per la difficoltà di definire appropriati fattori di struttura, con possibili conseguenze sulla definizione degli interventi.

Qualora questo tipo di analisi possa essere considerato significativo, esso può essere condotto con riferimento ad un sistema di forze orizzontali la cui entità e distribuzione è definita al punto 7.3.3.2 delle NTC, in ragione delle masse e delle loro quote. Il periodo del modo principale di vibrazione potrà essere stimato con la formula indicata nelle NTC solo nei casi lì definiti; per le altre strutture dovrà essere stimato con formule opportune o ricavato a partire dalla forma modale principale, adottando, per i materiali, i valori dei moduli elastici corrispondenti a materiali fessurati.

Il valore da assumersi per il fattore di struttura dovrà essere giustificato dalle capacità di spostamento della struttura in campo fessurato, valutato sulla base sia della tipologia di manufatto, sia della qualità costruttiva (materiali, dettagli costruttivi, collegamenti). Gli effetti torsionali accidentali possono essere trascurati, a meno che non si ritengano particolarmente significativi nel caso specifico.

E' tuttavia opportuno segnalare che con un'analisi elastica lineare si riscontrano, generalmente, tensioni di trazione, non compatibili con le caratteristiche meccaniche della muratura, o elevate tensioni di compressione negli spigoli degli elementi, peraltro molto influenzate dalla discretizzazione adottata nel modello. Le verifiche puntuali potrebbero quindi non essere soddisfatte anche in condizioni che nella realtà sono sicure, a seguito di una locale redistribuzione tensionale nelle aree interessate, quale effetto del comportamento fortemente non lineare dei materiali sottoposti a sollecitazioni elevate.

Nel caso di palazzi e ville, ovvero di edifici caratterizzati da pareti di spina ed orizzontamenti intermedi, è possibile fare ricorso ad un modello a telaio equivalente, che consente verifiche di tipo non puntuale ma a livello dell'elemento strutturale (elementi portanti verticali e orizzontali) e riferite a condizioni locali fessurate; in tale modo non si verificano le incongruenze meccaniche prima descritte.

Nel caso in cui l'analisi sismica sia basata sulla valutazione distinta di diversi meccanismi locali, sia per una valutazione complessiva del manufatto, sia per una verifica nelle sole zone oggetto di intervento, è possibile utilizzare gli strumenti dell'analisi limite, in particolare nella forma del teorema cinematico. L'analisi cinematica lineare, come definita nella Circolare (punto C8A.4.2.3), consiste nel calcolo del moltiplicatore orizzontale dei carichi che attiva il meccanismo di collasso e nella valutazione della corrispondente azione sismica. Per la verifica allo SLV, tale azione viene confrontata con quella di riferimento, ridotta attraverso un opportuno fattore di struttura.

### 5.2.3 Analisi dinamica modale

L'analisi dinamica modale viene condotta attraverso un modello elastico lineare e quindi la sua attendibilità nella valutazione del comportamento, in condizioni limite di resistenza, di antichi manufatti architettonici in muratura, è spesso limitata. Infatti, nel caso di strutture complesse, le analisi lineari possono essere utilmente applicate solo quando, dal confronto tra domanda e capacità, emerge che l'escursione in campo non lineare è modesta.

Può essere utilizzata per valutare il modo principale di vibrazione in ciascuna direzione (quello cui corrisponde il massimo valore del coefficiente di partecipazione) e determinare quindi un'attendibile distribuzione di forze da adottare nell'analisi statica lineare. Più discutibile è, invece, considerare il contributo dei modi superiori, che hanno poco significato per una struttura caratterizzata da un comportamento non lineare dei materiali già per valori modesti dell'azione orizzontale.

L'analisi modale con spettro di risposta, che presuppone il principio di sovrapposizione degli effetti e regole di combinazione modale calibrate su strutture a telaio, non dovrebbe quindi ritenersi attendibile, specie nel caso di strutture complesse, caratterizzate da trasformazioni e fasi costruttive differenti.

L'analisi dinamica modale può essere utilizzata con maggiore confidenza in presenza di strutture flessibili e strutturalmente ben modellabili, come ad esempio le torri, i campanili o altre strutture a prevalente sviluppo verticale. In questi casi possono risultare importanti i contributi dei modi superiori. Restano tuttavia inalterate le difficoltà di determinare opportuni fattori di struttura e fare riferimento a verifiche puntuali dello stato di sollecitazione.

#### 5.2.4 Analisi statica non lineare

L'analisi statica o cinematica non lineare consiste nella valutazione del comportamento sismico della struttura (legame forza-spostamento generalizzato) ed in particolare della capacità di spostamento allo stato limite ultimo, da confrontarsi con lo spostamento richiesto dal terremoto, valutato in termini spettrali. Tale analisi può essere eseguita con un modello che rappresenti il comportamento globale della costruzione o attraverso modelli di sottostrutture (macroelementi: porzioni architettoniche riconoscibili nei riguardi di particolari meccanismi di collasso), operando verifiche locali.

Nel caso dell'analisi statica non lineare, la curva di capacità della struttura può essere derivata dal legame forza-spostamento generalizzato, ottenuto attraverso un'analisi incrementale, utilizzando legami costitutivi non lineari e, se necessario, considerando la non linearità geometrica. L'analisi consiste nell'applicare i carichi gravitazionali ed un sistema di forze orizzontali, che vengono scalate, mantenendo invariati i rapporti relativi tra le stesse, in modo da far crescere monotonamente lo spostamento orizzontale di un punto di controllo, fino al raggiungimento delle condizioni ultime.

In presenza di costruzioni fortemente irregolari, la distribuzione di forze inizialmente adottata potrebbe non essere più significativa per la struttura danneggiata; in questi casi è possibile fare ricorso ad analisi di tipo adattivo, aggiornando progressivamente la distribuzione di forze.

Nel caso dei beni architettonici, la varietà delle geometrie e dei sistemi costruttivi rende impossibile definire a priori le caratteristiche di una distribuzione di forze statiche equivalenti al sisma.

L'analisi può, ad esempio, essere eseguita considerando due distinte distribuzioni di forze: a) una distribuzione di forze proporzionale alle masse; b) una distribuzione di forze analoga a quella utilizzata per l'analisi statica lineare, ovvero proporzionale al principale modo di vibrazione nella direzione di analisi (nel caso di edifici, è possibile assumere un modo lineare con l'altezza).

Per quanto riguarda l'individuazione della capacità di spostamento ultimo, nel caso in cui il modello sia in grado di descrivere una risposta strutturale con degrado della resistenza, grazie a legami costitutivi dei materiali particolarmente sofisticati e/o condizioni limite sugli spostamenti dei singoli elementi strutturali, esso sarà definito in corrispondenza di una riduzione della reazione massima orizzontale pari al 20%; nel caso invece siano utilizzati un legame elastico non lineare, quale è il modello di solido non resistente a trazione, o legami di tipo elastico perfettamente plastico, l'analisi sarà portata avanti fino a spostamenti significativi, senza la necessità di definire uno spostamento limite ultimo. In entrambe le situazioni, al crescere dello spostamento del nodo di controllo dovrà essere valutata la compatibilità a livello locale in termini di fenomeni di crisi locale (sfilamento delle travi, perdita di ingranamento tra i conci murari, ecc.).

La conversione del legame forza-spostamento generalizzato in sistema bi-lineare equivalente e la corrispondente valutazione della risposta massima in spostamento potranno essere effettuate con procedimento analogo a quanto indicato nella Norma (Punto 7.3.4) e nella Circolare (punti C7.3.4.1 e C8.7.1.4). Considerata la difficoltà di definire lo spostamento allo stato limite ultimo, il rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza massima del sistema bi-lineare equivalente non potrà superare un valore massimo ammissibile, definito in base alle caratteristiche di duttilità e dinamiche proprie di ciascuna tipologia e comunque compreso tra 3 e 6.

Nel caso di palazzi e ville, ovvero di edifici caratterizzati da pareti di spina ed orizzontamenti intermedi, è possibile fare riferimento al metodo proposto dalla Circolare per gli edifici esistenti in muratura, con le precisazioni indicate al successivo punto 5.4.1 di questa Direttiva.

In alternativa al metodo degli elementi finiti, anche nel caso di un'analisi non lineare è possibile fare ricorso all'analisi limite, attraverso un'analisi per cinematismi di collasso, assegnando incrementalmente al cinematismo configurazioni variare in spostamenti finiti di entità crescente.

Questa prende il nome di analisi cinematica non lineare e consente di valutare le capacità di spostamento del sistema dopo che il meccanismo si è attivato. La procedura per la determinazione del sistema bilineare equivalente e per la valutazione della risposta massima in spostamento (diverse rispetto al caso dell'analisi statica non lineare) è descritta nella Circolare al punto C8.7.1.6 e nell'Appendice alla Circolare, punto C8A.4..

#### 5.2.5 Analisi dinamica non lineare

L'analisi dinamica non lineare può essere utilizzata con modelli non lineari ad elementi finiti (o a telaio equivalente), purché i legami costitutivi siano in grado di simulare non solo il degrado di rigidità e resistenza a livello puntuale (o di singolo elemento strutturale), ma anche le caratteristiche dissipative associate al comportamento ciclico isteretico. Questo metodo di analisi non può prescindere dall'esecuzione, con lo stesso modello strutturale, di un'analisi statica non lineare, al fine di determinare la capacità di spostamento ultimo della struttura, eventualmente attraverso una limitazione della duttilità.

Dal punto di vista operativo, l'analisi dinamica non lineare presuppone l'utilizzo di diversi gruppi di accelerogrammi (almeno tre) selezionati in modo da risultare compatibili con lo spettro di risposta corrispondente al tipo di sottosuolo o diversamente determinati secondo quanto indicato al punto 3,2.3.6 delle NTC. E' inoltre opportuno segnalare che, in funzione delle caratteristiche dinamiche della struttura, dovrà essere adeguatamente selezionato il passo temporale di integrazione delle equazioni del moto, eventualmente attraverso un'analisi di convergenza.

E' quindi opportuno utilizzare questo metodo di analisi solo in casi molto particolari, quando la complessità della struttura e l'importante contributo di diversi modi di vibrazione non consentono di ricondurre, con sufficiente attendibilità, la risposta sismica a quella di un sistema non lineare equivalente ad un solo grado di libertà. In tali casi, l'analisi dinamica non lineare spesso porta alla valutazione di una richiesta di spostamento inferiore a quella stimata con l'analisi statica non lineare.

### 5.3 Livelli di valutazione della sicurezza sismica

#### 5.3.1 LV1: analisi qualitativa e valutazione con modelli meccanici semplificati

La conoscenza del livello di rischio cui è soggetto il patrimonio architettonico tutelato è prerogativa imprescindibile per la sua conservazione nel tempo e per una fruizione in sicurezza.

La valutazione della sicurezza sismica può essere condotta con riferimento a metodi semplificati che siano tuttavia in grado di stimare l'indice di sicurezza sismica, definito al § 2.4. Un valore dell'indice di sicurezza sismica maggiore di 1 indica che il manufatto è idoneo a sopportare l'azione sismica di riferimento nel sito, definita con criteri coerenti a quelli adottati dalle NTC per l'adeguamento delle costruzioni non tutelate, in funzione della vita nominale e della classe d'uso; al contrario se  $\xi < 1$ , la sicurezza del manufatto è inferiore a quella sopra descritta. Siccome l'indice di sicurezza sismica è basato sui periodi di ritorno della capacità e della domanda, esso fornisce una percezione temporale delle eventuali vulnerabilità sismiche del manufatto.

Nel § 2.4 è anche definito un fattore di accelerazione, basato sul rapporto tra le accelerazioni di picco al suolo, corrispondenti alla capacità ed alla domanda attese nel sito; questo è un parametro strettamente meccanico, che può essere utile per una percezione fisica della carenza in termini di resistenza e, più in generale, di capacità strutturale.

I metodi semplificati LV1 possono in alternativa fornire come risultato la vita nominale per la quale il manufatto presenta un indice di sicurezza uguale a 1 (tenendo conto anche delle condizioni d'uso). In questo caso, la vita nominale rappresenta il periodo di tempo nel quale la costruzione può essere usata con lo stesso livello di sicurezza prescritto per le nuove costruzioni.



L'indice di sicurezza sismica o, in alternativa, la vita nominale sono parametri utili a stabilire delle priorità di intervento. Interventi di miglioramento sismico per la mitigazione del rischio saranno eventualmente progettati, se risulteranno necessari, a valle di una valutazione più approfondita (LV2 o LV3).

Nel § 5.4 sono proposti, come esempio, alcuni modelli meccanici semplificati per la valutazione del periodo di ritorno corrispondente al raggiungimento dello SLV (e della relativa accelerazione al suolo) nel caso delle tipologie e delle configurazioni più diffuse.

Tali modelli tengono conto, coerentemente con quanto indicato nel § 4.2, anche del fattore di confidenza  $F_C$ ; va tuttavia osservato che il livello di conoscenza che è possibile acquisire nelle valutazioni LV1 è sempre piuttosto basso e l'adozione di valori differenti di  $F_C$  nei diversi manufatti potrebbe alterare la graduatoria di rischio; per tale ragione, nelle valutazioni a scala territoriale appare più ragionevole adottare un valore unico per il fattore di confidenza.

Il Ministero per i Beni e le Attività Culturali ha elaborato una metodologia per la conoscenza ed il monitoraggio dello stato di consistenza dei beni architettonici tutelati (Allegato A), da realizzarsi nei prossimi anni attraverso un diffuso e capillare programma di schedatura ed analisi. Considerato l'elevato numero di manufatti che costituiscono tale patrimonio, gli strumenti di valutazione devono essere rigorosi ma sufficientemente agili da essere applicati a scala territoriale; essi sono basati su una scrupolosa raccolta di informazioni attraverso moduli schedografici, sull'accertamento del comportamento strutturale a seguito della conoscenza e sulla formulazione di un preliminare giudizio qualitativo sul livello di rischio (in particolare quello sismico).

L'interpretazione qualitativa del funzionamento sismico viene in genere basata su una lettura per macroelementi, ovvero individuando parti architettoniche caratterizzate da un comportamento in una certa misura autonomo rispetto al resto della costruzione. Su ciascun macroelemento possono essere individuati uno o più possibili meccanismi di collasso, valutando la maggiore o minore vulnerabilità in relazione alla presenza di presidi antisismici di tipo tradizionale (catene metalliche, contrafforti, ammorsamenti, ecc.) o moderno; deve anche essere considerata la maggiore vulnerabilità eventualmente indotta da trasformazioni, dissesti ed interventi di consolidamento non corretti. Il risultato di questa valutazione viene espresso in forma linguistica, attraverso un livello di vulnerabilità basso, medio o alto.

#### 5.3.2 LV2: valutazione su singoli macroelementi (meccanismi locali di collasso)

Questo livello di valutazione si applica nei casi in cui sono previsti interventi di restauro che interessano singole parti della costruzione.

La valutazione della sicurezza sismica nell'ambito di progetti di intervento su singoli elementi può essere eseguita facendo riferimento a modelli locali, riferiti a porzioni strutturalmente autonome della costruzione (macroelementi); tali modelli possono essere sviluppati seguendo le indicazioni in Allegato B (modelli non lineari ad elementi finiti, analisi limite) ed analizzati con riferimento ai metodi indicati al punto 5.2.

Nel caso di interventi locali, che non modificano in modo sostanziale il funzionamento originale accertato, sarebbe particolarmente gravoso imporre un'accurata valutazione complessiva, estesa all'intera costruzione, specie quando questa risulta molto articolata e l'intervento ha un impatto modesto sul comportamento complessivo. In tali casi per la valutazione della sicurezza sismica complessiva del manufatto possono essere utilizzati gli strumenti del livello di valutazione LV1.

Nella definizione dei macroelementi e dei meccanismi di collasso che possono interessare la zona oggetto di intervento è necessario considerare l'eventuale presenza di stati di danneggiamento pregressi (specie se di origine sismica) e le conoscenze sul comportamento di strutture simili (desunte dal rilievo sistematico dei danni post-terremoto).

L'analisi cinematica, lineare o non lineare, rappresenta lo strumento in genere più efficace ed agevole per tale valutazione; i risultati ottenibili possono però essere eccessivamente cautelativi se non vengono considerati i diversi dettagli costruttivi che determinano il comportamento reale:

presenza di catene, ammorsamento tra murature ortogonali, tessitura muraria, condizioni di vincolo degli orizzontamenti.

Per ciascun macroelemento analizzato, il confronto tra le accelerazioni allo stato limite ultimo prima e dopo l'intervento consente di esprimere un giudizio sul grado di miglioramento conseguito, evidenziando l'inutilità di alcuni interventi, nel caso in cui il margine di miglioramento fosse modesto rispetto al negativo impatto dell'intervento in termini di conservazione. Inoltre, considerando l'accelerazione massima al suolo di riferimento nel sito, è possibile valutare l'effettiva necessità degli interventi; infatti, negli elementi in cui l'accelerazione allo stato limite ultimo fosse già superiore a quest'ultima, non sarebbe necessario procedere al miglioramento sismico di quella parte.

### 5.3.3 LV3: valutazione complessiva della risposta sismica del manufatto

Questo livello di valutazione considera la sicurezza sismica della costruzione nel suo complesso, ovvero l'accelerazione del suolo che porta allo stato limite ultimo la costruzione nel suo complesso o singole sue parti significative (macroelementi). Il livello LV3 deve essere adottato nella progettazione di interventi che modifichino il funzionamento accertato della costruzione e, comunque, quando il restauro riguarda un edificio di tipo strategico, per l'importanza sociale di conoscere in modo attendibile la sicurezza di tali strutture.

La verifica complessiva della risposta sismica del manufatto non richiede necessariamente il ricorso ad un modello globale della costruzione, ma è possibile procedere alla scomposizione della struttura in parti (macroelementi), a condizione che venga valutata la ripartizione delle azioni sismiche tra i diversi sistemi strutturali, in ragione delle diverse rigidità e dei collegamenti tra le stesse; tale ripartizione può essere operata anche in modo approssimato, purché venga garantito l'equilibrio nei riguardi della totalità delle azioni orizzontali. La valutazione può quindi essere eseguita con gli stessi metodi utilizzati al livello LV2, ma sistematicamente su ciascun elemento della costruzione.

Confrontando i valori ottenuti nei diversi macroelementi si può evidenziare l'inutilità di alcuni interventi: a) se il margine di miglioramento è modesto rispetto all'impatto dell'intervento sulla conservazione; b) per l'eccessiva sicurezza fornita ad alcuni macroelementi rispetto agli altri.

## 5.4 Modelli di valutazione per tipologie

### 5.4.1 Premessa

Il concetto di tipologia male si adatta a manufatti storici, che dovrebbero essere considerati elementi unici della storia del costruire, per il modo con il quale sono stati concepiti, realizzati e si sono trasformati nel tempo. Tuttavia, nella maggior parte delle costruzioni storiche è possibile riconoscere caratteri ricorrenti e quindi può risultare utile esemplificare quanto indicato nei precedenti paragrafi, chiarendo il significato di concetti teorici e metodologici nella loro applicazione a situazioni reali.

In questo paragrafo sono quindi fornite indicazioni esemplificative specifiche per l'analisi e la valutazione della risposta sismica nel caso delle più diffuse tipologie di manufatti tutelati. Vengono anche proposti modelli meccanici semplificati (LV1) per le verifiche da eseguire sull'intero patrimonio culturale tutelato a scala territoriale, ai fini di una valutazione preventiva del rischio. Si sottolinea come, nella prudenza generale cui ci si deve riferire nell'adozione di tali modelli, particolare attenzione vada posta nei confronti delle tipologie di cui al punto 5.4.3 (Chiese, luoghi di culto ed altre strutture con grandi aule, senza orizzontamenti intermedi), che essendo trattate su base statistica, non possono esaurire la grande diversificazione tipologica nella quale esse sono articolate.

### 5.4.2 Palazzi, ville ed altre strutture con pareti di spina ed orizzontamenti intermedi

Questa tipologia strutturale si riferisce a costruzioni con sviluppo planimetrico anche complesso, costituite da un sistema di pareti portanti perimetrali ed interne, disposte secondo diverse direzioni, e da un sistema di orizzontamenti intermedi, che spesso svolgono anche una funzione di collegamento. Esiste una evidente analogia con quello che viene genericamente identificato con il termine edificio, nel caso dell'edilizia ordinaria non tutelata. La modellazione complessiva dei palazzi e delle ville, quindi, può essere in genere eseguita con gli stessi modelli globali previsti dalle NTC per gli edifici esistenti in muratura; in molti casi, proprio la cura costruttiva, la qualità dei materiali e la regolarità dell'impianto strutturale, aspetti che solitamente caratterizzano queste costruzioni, rendono maggiormente realistica l'adozione di un modello a telaio equivalente.

Per la descrizione della parete in muratura come telaio equivalente si può fare riferimento alle indicazioni delle NTC. E' peraltro evidente che la validità di ogni specifica indicazione dovrà essere verificata con

riferimento alla singolarità del bene culturale in esame. Per esempio, in presenza di un piano nobile di interpiano elevato e molto differente rispetto agli altri, la formula approssimata per il calcolo del periodo proprio di vibrazione non garantisce risultati attendibili: si consiglia in tal caso di procedere ad una valutazione più accurata, con metodi approssimati o con una vera e propria analisi modale. La stessa cosa può verificarsi in presenza di logge o porticati, che interessino una parte significativa a livello planimetrico; in tali situazioni la stessa modellazione a telaio equivalente potrebbe risultare piuttosto approssimativa. In questi casi, l'analisi globale può essere utile per una valutazione complessiva della sicurezza della costruzione, ma ciò non esime da una verifica di dettaglio delle logge e dei porticati attraverso modelli locali (macroelementi).

Relativamente ai metodi di verifica suggeriti per i singoli elementi, è opportuno considerare che le indicazioni per gli edifici non tutelati di tipologia residenziale sono in alcuni casi largamente cautelative, perché dettate da una limitata conoscenza sperimentale. Ad esempio, il modello di resistenza delle travi murarie orizzontali di accoppiamento (zone poste tra le aperture di due piani successivi) non considera la resistenza a trazione che si realizza nella muratura su un piano verticale, in virtù dell'ingranamento tra i blocchi. Modelli alternativi di comportamento delle travi di accoppiamento possono essere adottati, purché adeguatamente giustificati.

Un altro aspetto determinante è la definizione dello spostamento ultimo per ciascun elemento, che secondo le NTC è una frazione della sua altezza; i valori suggeriti sono stati verificati sperimentalmente in un certo campo di possibile variazione, ma non è detto che sia corretto estrapolare questa regola ad ogni possibile situazione (ad esempio per maschi murari molto bassi o nelle travi di accoppiamento, in presenza di piccole aperture, i valori suggeriti sono certamente troppo bassi). Anche in questo caso, è possibile adottare valori alternativi, purché giustificati.

Nel caso di strutture portanti orizzontali formate da elementi voltati, in funzione della tipologia delle volte, delle caratteristiche del materiale, del loro spessore e del tipo di connessione alle imposte, potrà essere valutato un valore opportuno per la rigidità da attribuire al solaio equivalente. Per quest'ultimo è consentito ipotizzare un comportamento elastico lineare, purché sia definita una deformazione angolare ultima nel piano, funzione della tipologia di volta.

Nel caso in cui la struttura presenti tipologia particolare, non riconducibile alla schematizzazione a telaio equivalente, dovrà essere adottato un opportuno modello. Una possibilità è quella di creare un modello strutturale globale agli elementi finiti, con un legame costitutivo non lineare che rappresenti il comportamento della muratura (per esempio, esso dovrà essere in grado di cogliere la limitata resistenza a compressione e a trazione, il degrado delle caratteristiche meccaniche in fase non lineare, eventualmente anche la dissipazione energetica che si realizza a seguito di azioni cicliche).

In particolare, in presenza di alcuni elementi architettonici (grandi atri, logge, chiostrini, ecc.), la modellazione complessiva del manufatto può essere eseguita schematizzando queste parti in modo approssimato, ed operando verifiche su modelli locali di dettaglio per sottostrutture.

Se l'edificio non è isolato, ma risulta parzialmente inglobato o appartiene ad una schiera, le interazioni con le altre costruzioni potranno essere tenute in considerazione, a seconda che la posizione risulti sfavorevole (edificio di testa o d'angolo) o favorevole (edificio intercluso), tramite l'applicazione di forze sismiche aggiuntive, che potrebbero essere trasmesse dalle costruzioni adiacenti, o tramite l'inserimento di vincoli orizzontali di opportuna rigidità (utili suggerimenti sono contenuti al punto C8CA.3 dell'Appendice alla Circolare).

Nel comportamento sismico dei palazzi e delle ville, l'analisi dei meccanismi locali risulta di fondamentale importanza ed in nessun caso l'analisi globale può sostituirsi a questi. Gli edifici storici, anche quando realizzati con materiali e tecniche di buona qualità, spesso non presentano sistematici collegamenti a livello di piano (catene, cordoli); inoltre, i criteri di proporzionamento geometrico che venivano adottati (distanza tra i muri di spina, distanza delle aperture dai cantonali, ecc.) non sempre sono sufficienti a prevenire ogni possibile meccanismo locale. Sulla base dell'osservazione diretta sul manufatto o considerando situazioni analoghe (rilevate a seguito di eventi sismici su manufatti simili), si devono individuare i meccanismi potenzialmente attivabili nella costruzione e valutarne la vulnerabilità sismica. Un possibile strumento è l'analisi limite dell'equilibrio, ed in particolare le procedure formulate al punto C8A.4 della Circolare, secondo le metodologie di analisi cinematica lineare o cinematica non lineare.

L'analisi dei meccanismi locali può tuttavia essere condotta anche con modelli non lineari ad elementi finiti, attraverso un'analisi incrementale fino a collasso.

Un possibile modello meccanico semplificato per i palazzi è suggerito nel prossimo paragrafo.

### Modelli meccanici semplificati (LV1)

Nel caso di palazzi e ville che non presentino una tipologia costruttiva particolare, viene di seguito fornito un modello meccanico semplificato, che consente una valutazione quantitativa del periodo di ritorno cui corrisponde il raggiungimento dello SLV (e della relativa accelerazione di picco al suolo), nell'ipotesi che questo si verifichi per rottura delle pareti nel proprio piano, nell'ambito di un comportamento complessivo del manufatto. Nel caso in cui l'edificio risultasse particolarmente vulnerabile nei riguardi di qualche meccanismo locale significativo (per carenza di collegamenti), si dovrà valutare l'accelerazione orizzontale che porta allo SLV quel macroelemento e confrontarla con quella ottenuta dal modello nel seguito illustrato.

Con riferimento alla condizione che porta al raggiungimento dello SLV è possibile ricavare il valore dell'ordinata dello spettro di risposta elastico:

$$S_{e,SLV} = \frac{qF_{SLV}}{e^*M} \quad (5.1)$$

dove:

- $F_{SLV}$  è la resistenza a taglio dell'edificio;
- $q$  è il coefficiente di struttura, per il quale sulla base delle NTC e della relativa Circolare può essere assunto un valore compreso tra 3 e 3.6, per edifici con numero di piani maggiore o uguale a due e regolari in elevazione, mentre negli altri casi  $q$  deve essere compreso tra 2.25 e 2.8; si osserva che i palazzi tutelati sono spesso caratterizzati da una buona qualità costruttiva, che giustifica l'assunzione dei valori proposti dalle NTC, ma nel caso di edifici caratterizzati da un meccanismo di collasso nei maschi murari, con fasce di piano rigide e resistenti, è opportuno attribuire al coefficiente di struttura i valori più bassi tra quelli appena indicati;
- $M$  è la massa sismica totale;
- $e^*$  è la frazione di massa partecipante sul primo modo di vibrazione.

In base al valore dell'ordinata dello spettro di risposta si determina il tempo di ritorno  $T_{SLV}$  dell'azione sismica corrispondente, mediante un procedimento iterativo che utilizza i dati disponibili in appendice delle NTC relativi ai 9 tempi di ritorno ivi riportati. Al tempo di ritorno  $T_{SLV}$  così valutato sono associati i corrispondenti valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$ , attraverso i quali sono definiti tutti i parametri dello spettro. Il valore dell'accelerazione, riferita a suolo rigido (categoria di sottosuolo A), che porta al raggiungimento dello stato limite ultimo in quel sito può essere calcolato come:

$$a_{SLV} = \begin{cases} \frac{S_{e,SLV}(T_1)}{SF_0} & T_B \leq T_1 < T_C \\ \frac{S_{e,SLV}(T_1) T_1}{SF_0 T_C} & T_C \leq T_1 < T_D \end{cases} \quad (5.2)$$

dove:

- $T_1$  è il periodo fondamentale di vibrazione della struttura;
- $T_B, T_C$  e  $T_D$  sono i periodi caratteristici dello spettro di risposta, definito al punto 3.2.3.2 delle NTC;
- $S = S_S S_T$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Si ritiene che i manufatti di questa tipologia strutturale abbiano sempre periodo fondamentale inferiore a  $T_D$  (in ogni caso la seconda relazione fornisce un valore cautelativo). Se la struttura ha periodo inferiore a  $T_B$  si suggerisce comunque di utilizzare la prima relazione.

La resistenza a taglio dell'edificio viene ottenuta come la minore tra quelle valutate secondo due direzioni perpendicolari, scelte in genere secondo gli assi prevalenti dei muri portanti, prendendo in esame l'eventualità del collasso ai diversi piani della costruzione. Il modello consiste nel considerare, per ciascuna direzione, i pannelli murari portanti verticali e nell'ipotizzare che il collasso avvenga quando la tensione tangenziale media raggiunge un'opportuna quota parte della resistenza a taglio del materiale muratura.

Considerando, a titolo di esempio, la direzione  $x$  ed un generico piano  $i$  dell'edificio:

$$F_{SLV,xi} = \frac{\mu_{xi} \xi_{xi} \zeta_x A_{xi} \tau_{di}}{\beta_{xi} \kappa_i} \quad (5.3)$$

in cui:

- $A_{xi}$  è l'area resistente a taglio dei muri dell' $i$ -esimo piano, posti secondo la direzione  $x$  (è opportuno considerare anche i pannelli aventi inclinazione compresa tra  $\pm 45^\circ$ , considerando un'area efficace ridotta dal coefficiente  $\cos \alpha$ );

$\tau_{di}$  è il valore di calcolo della resistenza a taglio della muratura nei maschi murari del piano  $i$ :

$$\tau_{di} = \tau_{0d} \sqrt{1 + \frac{\sigma_{0i}}{1.5 \tau_{0d}}} \quad (5.4)$$

dove:  $\tau_{0d}$  è valore di calcolo della resistenza a taglio della muratura (valutato tenendo conto del fattore di confidenza  $F_C$ );  $\sigma_{0i}$  è la tensione verticale media sulla superficie resistente dei muri all' $i$ -esimo piano;

- $\gamma_i$  è il rapporto tra la risultante delle forze sismiche al piano  $i$ -esimo e la forza sismica totale;
- $\beta_{xi}$  è un coefficiente di irregolarità in pianta al piano  $i$ -esimo, associato alla eccentricità  $e_{yi}$ , del centro delle rigidezze rispetto al baricentro delle masse (la cui entità può essere stimata), ed alla distanza  $d_{yi}$ , tra il baricentro delle rigidezze e la parete in direzione  $x$  più esterna:

$$\beta_{xi} = 1 + 2 \frac{e_{yi}}{d_{yi}} \leq 1.25 \quad (5.5)$$

Nel caso in cui siano state rilevate tutte le pareti portanti, il coefficiente di irregolarità in pianta può essere valutato in modo più accurato; note per la generica parete  $k$ , in direzione  $x$ , l'area resistente in pianta  $A_{xi,k}$ , il modulo di taglio della muratura  $G_{M,k}$  e la posizione  $y_k$  rispetto al sistema di riferimento, è possibile valutare il baricentro delle rigidezze:

$$y_{Ci} = \frac{\sum_k y_k G_{M,k} A_{xi,k}}{\sum_k G_{M,k} A_{xi,k}} \quad (5.6)$$

Il coefficiente di irregolarità in pianta vale quindi:

$$\beta_{xi} = 1 + \frac{e_{yi} d_{yi} A_{xi}}{\sum_k (y_k - y_{Ci})^2 A_{xi,k}} \leq 1.25 \quad (5.7)$$

•  $\mu_{xi}$  è un coefficiente che considera l'omogeneità di rigidezza e resistenza dei maschi murari, che può essere così valutato:

$$\mu_{xi} = 1 - 0.2 \sqrt{\frac{N_{mxi} \sum_j A_{xi,j}^2}{A_{xi}^2}} - 1 \geq 0.8 \quad (5.8)$$

dove:

$N_{mxi}$  è il numero di maschi murari in direzione  $x$ , al piano  $i$ ;  $A_{xi,j}$  è l'area del generico maschio in direzione  $x$  al piano  $i$  (la sommatoria è estesa a tutti i maschi del piano -  $\sum_j A_{xi,j} = A_{xi}$ ).

•  $\gamma_{xi}$  è un coefficiente legato al tipo di rottura prevista in prevalenza nei maschi murari dell' $i$ -esimo piano; esso vale 1 nel caso di collasso per taglio, mentre può essere assunto pari a 0.8 nel caso di collasso per presso-flessione (maschi snelli, poco caricati verticalmente o in presenza di fasce deboli);

•  $\gamma_x$  è un coefficiente legato alla resistenza delle fasce murarie di piano nelle pareti disposte in direzione  $x$ ; esso vale 1 nel caso di fasce resistenti (rottura dei maschi murari verticali), mentre può assumere un valore minore (fino a 0.8) nel caso di fasce deboli, non in grado di bloccare la rotazione alle estremità dei maschi murari.

La massa  $M$  da considerare per la valutazione dell'azione sismica allo stato limite ultimo è quella associata ai carichi gravitazionali

$$M = \frac{(G_k + \sum_i^N \psi_{2i} Q_{ki})}{g} \quad (5.9)$$

dove:  $G_k$  sono i carichi permanenti (al loro valore caratteristico), computati sull'intero edificio;  $Q_{kj}$  sono i carichi variabili accidentali (al loro valore caratteristico) al piano  $j$ -esimo;  $g$  è l'accelerazione di gravità;  $\psi_{2j}$  è un coefficiente di combinazione che tiene conto della probabilità che i carichi variabili al piano  $j$ -esimo siano presenti in occasione del sisma;  $N$  è il numero di piani.

Infine, per valutare la frazione di massa partecipante al moto dinamico  $e^*$  e il coefficiente  $\gamma_i$  è necessario ipotizzare una forma modale. Indicato con  $\phi$  il vettore che rappresenta lo spostamento dei diversi piani secondo la forma assunta come modo di collasso (adimensionalizzato al valore unitario in sommità dell'edificio), i due coefficienti sono dati da:

$$e^* = \frac{(\sum_i^N m_j \phi_j)^2}{M \sum_i^N m_j \phi_j^2} \quad (5.10)$$

$$\gamma_i = \frac{\sum_i^N m_j \phi_j}{\sum_i^N m_j \phi_j} \quad (5.11)$$

in cui:  $m_j$  è la massa del piano  $j$ -esimo;  $\phi_j$  è lo spostamento orizzontale al piano  $j$ -esimo.

Nel caso in cui si possano assumere sostanzialmente costanti sia l'altezza di interpiano, sia la massa di piano, la formulazione può essere semplificata come segue:

$$e^* = \frac{(\sum_i^N \phi_j)^2}{N \sum_i^N \phi_j^2} \quad (5.12)$$

$$\gamma_i = \frac{\sum_i^N \phi_j}{\sum_i^N \phi_j} \quad (5.13)$$

Nel caso in cui non venga definito con precisione il modo di collasso  $\gamma$ , è possibile assumere una forma modale triangolare, cui corrispondono i seguenti valori per la frazione di massa partecipante sul primo modo e per il coefficiente che definisce la forza al piano  $i$ -esimo:

$$e^* = 0.75 + 0.25N^{-0.75} \quad (5.14)$$

$$\kappa_i = \frac{\sum_{j=1}^N j}{\sum_{j=1}^N j} \quad (5.15)$$

La valutazione dell'accelerazione allo stato limite ultimo va eseguita secondo i seguenti passi:

- calcolo della resistenza secondo le due direzioni in pianta ed ai diversi piani; la (5.3) fornisce la resistenza al piano  $i$ -esimo, rapportata come forza equivalente a piano terra, in modo da rendere tutti i valori tra loro comparabili;
- identificazione del piano e della direzione più vulnerabile all'azione sismica, come minimo tra i valori sopra indicati;
- valutazione dell'accelerazione  $a_{SLV}$  dell'edificio, attraverso la (5.2), per il piano e la direzione di maggiore debolezza.

#### 5.4.3 Chiese, luoghi di culto ed altre strutture con grandi aule, senza orizzontamenti intermedi

L'analisi sistematica dei danni subiti dalle chiese in occasione dei principali eventi sismici italiani degli ultimi decenni ha evidenziato come il comportamento sismico di questa tipologia di manufatti possa essere interpretato attraverso la loro scomposizione in porzioni architettoniche (denominate macroelementi), caratterizzate da una risposta strutturale sostanzialmente autonoma rispetto alla chiesa nel suo complesso (facciata, aula, abside, campanile, cupola, arco trionfale, ecc.).

Solo nel caso delle chiese a pianta centrale, dotate in genere di uno o più assi di simmetria in pianta e di una omogeneità costruttiva e buona connessione tra gli elementi, è significativo procedere attraverso un modello complessivo della costruzione (lineare o non lineare), valutando ad esempio la curva di capacità attraverso un'analisi incrementale a collasso. In ogni caso si dovranno verificare tutti gli effetti dovuti alle azioni spingenti di archi, volte e coperture.

Nella maggior parte dei casi è preferibile procedere con verifiche locali, le quali in genere possono essere riferite ai diversi macroelementi, che diventano l'unità di riferimento per la verifica strutturale. Sul singolo macroelemento è possibile quindi condurre un'analisi statica, lineare o non lineare, ad esempio con un modello ad elementi finiti. Appaiono tuttavia più efficaci i metodi di analisi cinematica (lineare o non lineare), già introdotti al punto 5.2, descritti in Allegato B e previsti per la verifica dei meccanismi locali nell'edilizia esistente in muratura (Punto C8D della Circolare). Le incertezze nella scelta a priori del meccanismo (o dei meccanismi) di collasso, punto critico dell'approccio cinematico nell'ambito dell'analisi limite delle strutture, sono in questo caso molto limitate, proprio grazie all'approfondita conoscenza sulle modalità di danneggiamento delle chiese, derivante dal rilievo sistematico dei danni.

La valutazione della sicurezza sismica, finalizzata al progetto di un intervento di miglioramento, deve utilizzare una lettura attenta sia dei danni che la chiesa ha manifestato storicamente, sia dei dettagli costruttivi significativi nei riguardi della risposta ad azioni orizzontali.

Nel caso di interventi di riparazione e miglioramento a seguito di un evento sismico, l'individuazione dei macroelementi e dei corrispondenti meccanismi di collasso, dovrà necessariamente essere correlata al funzionamento accertato attraverso la lettura del danno sismico.

Nell'eventualità di operare preventivamente, l'analisi sistematica dei dettagli costruttivi (qualità della muratura, ammorsamenti, presenza di presidi antisismici, ecc.) può consentire l'individuazione dei macroelementi e dei meccanismi di danno che possano essere più facilmente attivabili; in questi casi, la lettura degli eventuali danni storici può essere solo un ausilio, in quanto la costruzione potrebbe essersi modificata rispetto al momento in cui si verificò il terremoto.

In tale ottica, la necessità di operare un'analisi complessiva LV3 (valutazione complessiva della risposta sismica del manufatto) o locale LV2 (valutazione su singoli macroelementi dei meccanismi locali di collasso), non determina una sostanziale differenza nell'approccio al problema della modellazione.

Nel caso si debbano progettare interventi che possono modificare la risposta globale, si dovrà effettuare una valutazione della accelerazione al suolo corrispondente allo SLV prima e dopo l'intervento per tutti i macroelementi della chiesa, in relazione ai diversi stati limite. Nello stato attuale dovrà essere valutata preliminarmente la ripartizione delle azioni sismiche orizzontali tra i macroelementi; nello stato di progetto, le modifiche strutturali introdotte con l'intervento (masse, rigidità, collegamenti) potrebbero incidere sull'originale ripartizione delle azioni sismiche, con effetti anche negativi su alcuni macroelementi (una corretta strategia di intervento che tuttavia non conserva il funzionamento accertato, consiste proprio nello sfruttare, in modo limitato e controllato, le maggiori risorse di alcuni elementi).

Nel caso in cui l'intervento riguardi un'area limitata (ad esempio in concomitanza con interventi di restauro su apparati decorativi), la valutazione può limitarsi al livello LV2, risultando superflua e problematica una valutazione complessiva della chiesa (questo avviene in particolare per chiese di grandi dimensioni e complessità, in concomitanza con interventi locali per i quali la disponibilità finanziaria è limitata). L'analisi, pertanto, sarà effettuata a livello del singolo macroelemento sul quale si interviene, con lo scopo di controllare l'efficacia dell'intervento (confronto tra sicurezza prima e dopo) e la congruità rispetto alla pericolosità del sito. In questi casi, essendo la valutazione della capacità dell'intero organismo comunque richiesta, è possibile adottare un metodo semplificato (LV1), quale ad esempio quello proposto nel seguito.

### **Modello semplificato per la stima dell'indice di sicurezza sismica (LV1)**

Per quanto appena detto, nella maggior parte delle chiese risulta scarsamente significativo assumere un comportamento unitario e complessivo; pertanto, anche per la notevole varietà tipologica e costruttiva delle chiese, si preferisce non definire un modello meccanico semplificato di valutazione della sicurezza sismica, basato su un numero limitato di parametri, così come è stato fatto per la tipologia dei palazzi.

Ferma restando la possibilità di definire modelli semplificati specifici, validi per il caso in esame o per gruppi di manufatti, un'alternativa per la valutazione LV1 è fare ricorso ai parametri della scheda di rilievo del danno e della vulnerabilità, che costituisce un'esperienza precedente alla stesura di questa Direttiva e già consolidata; l'accelerazione massima al suolo corrispondente ai diversi stati limite può essere correlata ad un indicatore numerico, l'indice di vulnerabilità  $i_v$ , ottenuto attraverso una opportuna combinazione di punteggi assegnati ai diversi elementi di vulnerabilità e di presidio antisismico.

La scheda per il rilievo del danno e della vulnerabilità delle chiese è stata utilizzata nelle emergenze sismiche a partire dal 1995; la notevole mole di dati raccolti (oltre 4000 chiese) ha consentito, attraverso elaborazioni statistiche, di stabilire una relazione tra l'azione sismica ed il danno, in funzione di un parametro di vulnerabilità della chiesa. E' evidente che una stima così eseguita assume una valenza puramente statistica, ma questo approccio può essere considerato corretto se rivolto ad un'analisi territoriale, al fine di stabilire liste di priorità e programmare al meglio valutazioni più approfondite ed indirizzare verso interventi di prevenzione. Peraltro, l'uso di un modello unitario, per valutazioni di questa natura, consente un più oggettivo confronto relativo in termini di rischio sismico.

La metodologia considera 28 meccanismi di danno, associati ai diversi macroelementi che possono essere presenti in una chiesa. Con riferimento alla valutazione della vulnerabilità, è necessario rilevare quei particolari tipologici e costruttivi che giocano un ruolo fondamentale nella risposta sismica del manufatto; in particolare vengono considerati indicatori di vulnerabilità e di presidio antisismico. In Allegato C sono elencati i 28 meccanismi, unitamente ad una lista di presidi e di indicatori di vulnerabilità, cui è possibile aggiungerne altri, in relazione agli aspetti caratteristici della singola chiesa o del costruito nell'area geografica in esame.

Il comportamento sismico dell'intero edificio è rappresentato, su base statistica, da un indice di vulnerabilità, variabile tra 0 e 1, che è definito come media pesata del comportamento delle diverse parti della chiesa:



$$i_v = \frac{1}{6} \frac{\sum_{k=1}^{28} \rho_k (v_{ki} - v_{kp})}{\sum_{k=1}^{28} \rho_k} + \frac{1}{2} \quad (5.16)$$

dove, per il k-esimo meccanismo:  $v_{ki}$  e  $v_{kp}$  sono, rispettivamente, il punteggio ottenuto dal rilievo degli indicatori di vulnerabilità e dei presidi antisismici (Tabella 5.1);  $\rho_k$  è il peso attribuito al meccanismo (esso vale 0 per i meccanismi che non si sarebbero potuti attivare nella chiesa, per la mancanza del macroelemento, mentre è compreso tra 0.5 e 1 negli altri casi).

Nel corso dei numerosi rilievi effettuati su chiese danneggiate dal terremoto, è stato inoltre valutato il livello di danno subito da ogni macroelemento, in relazione ai diversi possibili meccanismi di danno. Ciò porta a definire un indice di danno, variabile tra 0 e 1, come media normalizzata dei danni locali:

$$i_d = \frac{1}{5} \frac{\sum_{k=1}^{28} \rho_k d_k}{\sum_{k=1}^{28} \rho_k} \quad (5.17)$$

dove  $d_k$  è il livello di danno subito nei riguardi del k-esimo meccanismo (da 0 a 5).

**Tabella 5.1. Valutazione del punteggio di vulnerabilità per ogni meccanismo di danno.**

Numero degli indicatori di vulnerabilità o dei presidi antisismici	Giudizio dell'efficacia	$V_k$
almeno 1	3	
almeno 2	2	3
1	2	
almeno 2	1	2
1	1	1
Nessuno	0	0

Dall'analisi statistica dei danni subiti, sono state valutate le distribuzioni probabilistiche associate a diverse intensità sismiche (matrici di probabilità di danno), al variare dell'indice di vulnerabilità.

Attraverso una opportuna correlazione tra l'intensità e l'accelerazione di picco al suolo, è stato possibile definire una correlazione diretta tra l'input sismico associato ai diversi stati limite e la vulnerabilità rilevata. Ciò consente di calcolare, per ogni chiesa, i valori dell'accelerazione al suolo, corrispondenti allo stato limite di danno (SLD) ed allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV):

$$a_{SLD} S = 0.025 \cdot 1.8^{2.75 - 3.44 i_v} \quad (5.18)$$

$$a_{SLV} S = 0.025 \cdot 1.8^{5.1 - 3.44 i_v} \quad (5.19)$$

In particolare, per il calcolo dell'indice di sicurezza attraverso la (2.4) è necessario valutare il periodo di ritorno corrispondente al raggiungimento dello SLV interpolando tra i valori noti relativi ai periodi di ritorno predefiniti:

$$T_{SLV} = T_{R1} \cdot 10^{\log(T_{R2}/T_{R1}) \log(a_{SLV} S / F_c a_1 S_1) / \log(a_2 S_2 / a_1 S_1)} \quad (5.20)$$

dove:  $T_{R1}$  e  $T_{R2}$  sono i periodi di ritorno per i quali è fornita la pericolosità sismica, all'interno dei quali è compreso  $T_{SLV}$ ,  $a_1 S_1$  e  $a_2 S_2$  sono i corrispondenti valori dell'accelerazione di picco su suolo rigido e del coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche. La (5.20) tiene conto anche del fattore di confidenza  $F_c$ , definito in funzione del livello di approfondimento della

conoscenza; tale fattore di confidenza potrà essere eventualmente valutato considerando l'attendibilità delle singole informazioni fornite relativamente agli indicatori di vulnerabilità e presidio (Allegato C).

Accanto alla valutazione dell'indice di sicurezza complessivo della costruzione, ottenuto come sopra illustrato, è opportuno segnalare la presenza di elementi o meccanismi ai quali è associata una vulnerabilità particolarmente alta. Questi possono essere identificati ancora a partire dalla metodologia sopra illustrata, nel caso in cui su un singolo meccanismo di danno (Allegato C) la differenza tra il punteggio degli indicatori di vulnerabilità e di presidio ( $V_{ki}-V_{kp}$ ) risulti maggiore o uguale a 2.

#### 5.4.4 Torri, campanili ed altre strutture a prevalente sviluppo verticale

Questa tipologia costruttiva è generalmente distinguibile in base al suo prevalente sviluppo verticale e costituisce un insieme rilevante del patrimonio costruito in Italia.

Il comportamento sismico di questa tipologia è dipendente da alcuni fattori specifici: la snellezza della struttura; il grado di ammorsamento delle pareti; l'eventuale presenza di strutture adiacenti più basse, in grado di fornire un vincolo orizzontale; la presenza nella parte sommitale di elementi architettonici snelli (guglie, vele campanarie, merlature, ecc.) o comunque vulnerabili (celle campanarie). La vulnerabilità è inoltre influenzata dalla presenza di stati di danneggiamento di altra natura, dovuti ad esempio alle vibrazioni indotte dalle campane o a problematiche in fondazione.

La snellezza è un parametro molto variabile; esistono infatti torri molto tozze (ad esempio, alcuni bastioni di difesa rinascimentali) e campanili di grande snellezza. Se le prime possono essere considerate come costruzioni massive, per i grandi spessori murari formati da murature a sacco, i secondi possono essere considerati come delle strutture monodimensionali, con un comportamento a mensola.

L'ammorsamento delle pareti di una struttura muraria a prevalente sviluppo verticale è funzionale a garantire che questa si comporti come una mensola incastrata alla base, con una rigidità associata all'intera sezione muraria (conservazione della sezione piana) e non come un insieme di pareti distinte. Le tecniche tradizionali per garantire un buon ammorsamento tra le pareti sono: la tessitura dei cantonali; la presenza di cerchiature e catene metalliche; la presenza di orizzontamenti ben collegati. Inoltre, deve essere valutato attentamente l'effetto dovuto alla presenza di spinte, nel caso di volte in muratura.

Molto frequente è il caso di torri o campanili posti a contatto con altre strutture di minore altezza.

Alcuni casi tipici sono: campanili inglobati o accostati alla chiesa; torri inglobate in vario modo nel tessuto urbano; torri inglobate nella cinta muraria. La presenza di vincoli orizzontali a diverse quote può mutare profondamente il comportamento della struttura, da una parte limitandone l'effettiva snellezza, dall'altra costituendo irrigidimenti localizzati e punti di possibile concentrazione degli sforzi (l'osservazione dei danni ha in genere dimostrato che queste situazioni sono causa di danni anche significativi). Va ricordato che tali vincoli sono spesso diversi secondo le due direzioni principali nel piano orizzontale. In questi casi la verifica andrà eseguita a partire dalla quota di stacco, avendo cura di considerare l'effetto di questo vincolo sulla forma del meccanismo di collasso e l'amplificazione dell'azione sismica a quella quota della struttura. Queste situazioni sono spesso caratterizzate da notevole vulnerabilità.

Nei campanili, la cella campanaria può risultare un elemento particolarmente vulnerabile, in quanto sono presenti ampie bucaure che producono pilastri spesso snelli e poco carichi, con rotture a taglio per scorrimento. Analoghe considerazioni valgono per gli elementi snelli e svettanti, spesso presenti sulla sommità delle torri; la loro vulnerabilità è in primo luogo dovuta al modesto carico verticale (associato al solo peso proprio), che garantisce un limitato effetto stabilizzante nei riguardi del ribaltamento. Ancora più critico è l'effetto di amplificazione del moto sismico che si verifica nelle parti più alte della costruzione; l'osservazione dei danni ha infatti mostrato come celle campanarie simili si siano comportate in modo molto diverso, a parità di azione sismica alla base del campanile, e ciò a causa della diversa interazione tra sisma, terreno di fondazione, struttura e sovrastruttura.

Considerata la minor complessità geometrica e costruttiva di queste costruzioni, rispetto a quelle delle tipologie analizzate nei due precedenti paragrafi, tutti questi aspetti possono essere in genere studiati con un'adeguata precisione, attraverso modelli strutturali affidabili e di dettaglio. In questo caso si ritiene che, pur con le dovute cautele, anche i modelli lineari possano fornire indicazioni utili ed attendibili, in quanto la ridistribuzione delle sollecitazioni in una struttura sostanzialmente isostatica è sempre modesta. Ciò consente l'utilizzo dell'analisi dinamica, in particolare di quella modale, particolarmente importante per comprendere gli aspetti di amplificazione del moto prima descritti.

La relativa chiarezza dello schema strutturale e del comportamento di questa tipologia strutturale consente, in molte situazioni reali, di ricondurre la struttura a modelli semplici e limitare ad alcuni casi tipici i meccanismi di danno e collasso.

### Modelli meccanici semplificati (LV1)

I meccanismi di danneggiamento e collasso di questa tipologia di strutture sono molteplici e dipendono sia dalla geometria (snellezza) sia dalle caratteristiche costruttive (qualità muraria e ammorsamenti). Nel caso di torri piuttosto tozze si riscontrano rotture a taglio, mentre in presenza di una qualità muraria scadente si verificano lesioni verticali, che partono dalla cella campanaria e tendono a dividere la struttura in parti.

Lo sviluppo di modelli meccanici semplificati capaci di analizzare questi meccanismi per una generalità di situazioni reali non è percorribile, per cui si suggerisce di procedere a verifiche specifiche, ancorché approssimate. Per una valutazione quantitativa con modelli meccanici semplificati è invece possibile fare riferimento al collasso per pressoflessione, ovvero considerare la torre come una mensola, sollecitata da un sistema di forze orizzontali oltre che dal proprio peso, che può andare in crisi in una generica sezione per schiacciamento nella zona compressa, a seguito della parzializzazione dovuta alla non resistenza a trazione.

La verifica a pressoflessione di una struttura snella in muratura si effettuerà confrontando il momento agente di calcolo con il momento ultimo resistente calcolato assumendo la muratura non resistente a trazione ed una opportuna distribuzione non lineare delle compressioni.

La verifica andrà eseguita, secondo le due direzioni principali di inerzia della sezione, a diverse altezze, in quanto non è possibile identificare a priori la sezione più critica, essendo presenti rastremazioni nello spessore della muratura ed indebolimenti per la presenza di aperture. A tale scopo si suddividerà la struttura in  $n$  settori di caratteristiche geometriche uniformi effettuando la verifica in corrispondenza di ogni cambio di sezione. La verifica in ogni sezione andrà condotta secondo le due direzioni principali in quanto nella direzione di maggior rigidità il periodo di vibrazione principale essendo inferiore potrebbe generare una domanda sismica più elevata.

Il momento agente di calcolo può essere valutato considerando un sistema di forze distribuite lungo l'altezza della struttura, assumendo una forma lineare degli spostamenti. La forza da applicare in corrispondenza del baricentro di ciascun concio è data dalla formula seguente:

$$F_i = \frac{W_i z_i}{\sum_{k=1}^n W_k z_k} F_h \quad (5.21)$$

dove:

- $F_h = 0.85 S_e(T_1) W / qg$  (si assume che per una torre il periodo fondamentale sia sempre maggiore di  $T_B$ , periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante);
- $W_i$  e  $W_k$  sono i pesi dei settori  $i$  e  $k$  rispettivamente;
- $z_i$  e  $z_k$  sono le altezze dei baricentri dei settori  $i$  e  $k$  rispetto alle fondazioni;
- $S_e(T_1)$  è l'ordinata dello spettro di risposta elastico, funzione del primo periodo  $T_1$  della struttura secondo la direzione considerata;
- $W = \sum W_i$  è il peso complessivo della struttura;
- $q$  è il fattore di struttura che, a meno di più accurate valutazioni, può essere assunto, in analogia a quanto fatto per gli edifici, pari a 3.6, nel caso di strutture regolari in elevazione, o ridotto fino a 2.8, in presenza di bruschi cambiamenti di rigidità lungo l'altezza o di strutture adiacenti a contatto;
- $g$  è l'accelerazione di gravità.

La risultante delle forze sismiche agenti nella sezione i-esima è data da:

$$F_{hi} = \frac{\sum_{k=1}^n z_k W_k}{\sum_{k=1}^n z_k W_k} F_h \quad (5.22)$$

L'altezza  $z_{Fi}$  cui applicare la forza  $F_{hi}$  viene valutata, attraverso la relazione:

$$z_{Fi} = \frac{\sum_{k=1}^n z_k^2 W_k}{\sum_{k=1}^n z_k W_k} - z_{i^*} \quad (5.23)$$

dove:

- $z_k$  è la quota del baricentro della massa del k-esimo settore rispetto alla base, avente peso  $W_k$ ;
- $z_{i^*}$  è la quota della i-esima sezione di verifica rispetto alla base;

Imponendo l'uguaglianza tra il momento ultimo e il momento di progetto:

$$M_{u,i} = F_{hi} z_{Fi} \quad (5.24)$$

è possibile ricavare il valore dell'ordinata dello spettro di risposta elastico corrispondente al raggiungimento dello stato limite SLV nella sezione i-esima (tenendo conto del fattore di confidenza  $F_C$ ):

$$S_{e,SLV,i}(T_1) = \frac{q g M_{u,i} \sum_{k=1}^n z_k W_k}{0.85 W \left( \sum_{k=1}^n z_k^2 W_k - z_{i^*} \sum_{k=1}^n z_k W_k \right) F_C} \quad (5.25)$$

In base a tale valore si determina il tempo di ritorno  $T_{SLV}$  dell'azione sismica corrispondente, mediante un procedimento iterativo che utilizza i dati disponibili in appendice delle NTC relativi ai 9 tempi di ritorno ivi riportati. Al tempo di ritorno  $T_{SLV}$  così valutato sono associati i corrispondenti valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T^*_C$ , attraverso i quali sono definiti tutti i parametri dello spettro.

Individuata la sezione nella quale si raggiunge lo stato limite per l'accelerazione spettrale minima  $S_{e,SLV}$ , il valore dell'accelerazione massima del suolo corrispondente al raggiungimento dello stato limite ultimo SLV può essere calcolato come:

$$a_{SLV} = \begin{cases} \frac{S_{e,SLV}}{SF_0} & T_b \leq T_1 < T_C \\ \frac{S_{e,SLV}}{SF_0} \frac{T_1}{T_C} & T_C \leq T_1 < T_D \end{cases} \quad (5.26)$$

dove:

- $T_1$  è il primo periodo di vibrazione della struttura, che potrà essere valutato attraverso: a) l'analisi modale di un modello a mensola equivalente; b) algoritmi iterativi che considerano la variazione delle masse e delle rigidità lungo l'altezza (adottando, per i materiali, i valori dei moduli elastici fessurati), a partire da una forma modale opportunamente assunta; c) formule semplificate, se sufficientemente attendibili. Nel caso di strutture a prevalente sviluppo verticale, il primo periodo di vibrazione in fase elastica può essere ricavato da misure dinamiche con rumore ambientale (o forzate, ad esempio indotte

dalle campane); per la valutazione del comportamento a stato limite ultimo deve essere utilizzato il periodo in fase fessurata, che può essere ottenuto moltiplicando il valore del periodo identificato dalle misure dinamiche per un coefficiente compreso tra 1.4 e 1.75;

- $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  sono i periodi caratteristici dello spettro di risposta, definito al punto 3.2.3.2 delle NTC;
- $S=S_S S_T$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche.

Si ritiene che i manufatti di questa tipologia strutturale abbiano sempre periodo fondamentale superiore a  $T_B$ . Se la struttura ha periodo superiore a  $T_D$  si suggerisce comunque di utilizzare la seconda relazione.

Nel caso di una torre a sezione rettangolare cava, nell'ipotesi che lo sforzo normale agente non sia superiore a  $0.85f_{cd}A_{si}$ , il momento ultimo resistente alla base dell' $i$ -esimo settore può essere calcolato come:

$$M_{u,i} = \frac{\sigma_{0i} A_i}{2} \left( b_i - \frac{\sigma_{0i} A_i}{0.85 a_i f_d} \right) \quad (5.27)$$

dove:

- $a_i$  è il lato perpendicolare alla direzione dell'azione sismica considerata della sezione  $i$ -esima di analisi, depurato dalle eventuali aperture;
- $b_i$  è il lato parallelo alla direzione dell'azione sismica considerata della sezione di analisi;
- $A_i$  è l'area totale della sezione di analisi depurata dalle aperture presenti;
- $\sigma_{0i}$  è la tensione normale media nella sezione di analisi ( $W/A_i$ , con  $W$  pari al peso della struttura presente al di sopra della sezione di analisi);
- $f_d$  è la resistenza a compressione di calcolo della muratura.

Nel caso di torri o campanili posti a contatto con altre strutture di minore altezza sarebbe necessario valutare tale accelerazione anche nella sezione posta alla quota di stacco assumendo una forma modale opportuna, diversa da quella pressoché lineare, sia per la stima del periodo di vibrazione, sia per il calcolo dell'altezza  $z_{F1}$  cui applicare la forza  $F_{hi}$ .

Per quanto riguarda la verifica in corrispondenza della sezione di base della cella campanaria è possibile procedere in modo analogo a quanto precedentemente descritto, prestando però cura nella definizione dello schema strutturale adottato nell'analisi. La cella campanaria generalmente presenta aperture ampie tali da non consentire, in caso di sollecitazioni orizzontali, ai piedritti di lavorare come una sezione accoppiata. In questo caso, secondo entrambe le direzioni principali di analisi, il comportamento della cella può essere ricondotto ad un telaio composto da piedritti e dalla muratura posta al di sopra di essi. La verifica potrà essere condotta andando a valutare l'intensità dell'azione sismica che trasforma il telaio in un cinematiso tramite l'analisi limite dell'equilibrio secondo l'approccio statico (analisi incrementale) considerando il collasso dei piedritti sia per pressoflessione sia per taglio. Al fine di tenere in conto la differente duttilità dei due meccanismi di collasso si applicheranno fattori di struttura  $q$  differenti nei due casi: pari a 3 nel caso di collasso per pressoflessione dei piedritti e pari a 1.5 nel caso di collasso per taglio.

Note le forze sismiche di collasso per pressoflessione e per taglio sarà possibile definire i valori dello spettro elastico corrispondenti al raggiungimento dello stato limite SLV e, attraverso un procedimento iterativo, i relativi tempi di ritorno per la definizione del valore dell'indice di sicurezza.

La definizione dello schema statico del telaio potrà essere assunto in relazione alla rigidezza del traverso rispetto ai ritti ed alla tipologia di collegamento tra traverso e ritti. Nel caso, ad esempio, di coperture rigide (solette in cemento armato o coperture con controventi di falda e connesse alle murature tramite cordoli) o di presenza di fasce di dimensioni considerevoli al di sopra delle aperture della cella con presenza di cerchiature o catene, per i telai può essere assunto lo schema di shear type. Negli altri casi lo

schema potrà essere ricondotto, in funzione del grado di collegamento presente tra traverso e ritte, ad un portale incastrato alla base od a ritte collegati da una biella.

#### 5.4.5 Ponti in muratura, archi trionfali ed altre strutture ad arco

Gli elementi ad arco (o a volta) sono diffusi nel patrimonio monumentale sia come strutture singole (archi trionfali), sia come parti caratterizzanti di opere più complesse (ponti in muratura).

L'intuizione del comportamento sismico degli archi nei riguardi di azioni orizzontali è complessa, in quanto manca una sistematica osservazione dei danni post-terremoto ed i metodi di analisi non sono diffusi nella pratica professionale: alcune considerazioni sulla risposta di un singolo arco possono quindi essere utili per comprendere anche le strutture più complesse. Nei riguardi dei carichi verticali in genere il sistema arco-piedritto (o la volta a botte su pareti) va in crisi per perdita di equilibrio; se i carichi sono prevalentemente in chiave, si formano cinque cerniere, una delle quali in chiave, con apertura della lesione all'intradosso; le cinque cerniere suddividono la struttura in quattro conci, che possono essere assunti rigidi. Con un'azione sismica orizzontale, il sistema si lesiona in modo non simmetrico, con formazione di quattro cerniere, due nei piedritti e due nell'arco, con una lesione all'intradosso leggermente spostata rispetto alla chiave ed una all'estradosso alle reni. In entrambe le condizioni di carico sono rari i meccanismi di scorrimento, in quanto l'attrito tra i conci costituisce un efficace contrasto, essendo le forze sempre pressoché ortogonali ai piani di contatto tra i conci stessi.

Lo studio a collasso per il singolo arco richiede di valutare (oltre alla presenza di carichi statici) la reale geometria strutturale: infatti, al di sopra delle imposte è spesso presente un rinfiacco strutturale, costituito da muratura o conglomerato. Il rinfiacco non è un mero riempimento ma, se adeguatamente costruito, un elemento che riduce la vulnerabilità della struttura: infatti, in genere, le lesioni si formano sopra la zona di rinfiacco (questo, di fatto, riduce la luce dell'arco). I modelli che non considerano questa situazione costruttiva risulteranno troppo cautelativi nei confronti del collasso.

Inoltre, le strutture ad arco risultano molto sensibili al danneggiamento nel caso di movimenti differenziali delle imposte. L'azione sismica, nel caso di arcate di grande luce (ponti) può indurre un moto non sincrono alla base dei piedritti, sia a causa della propagazione delle onde nel terreno, sia per l'effetto di una diversa amplificazione locale del moto, nel caso di condizioni del terreno differenti alla base delle pile; in tutti questi casi il sistema imprime, istante per istante, spostamenti orizzontali differenti alle imposte dell'arco, con conseguente possibile fessurazione.

I ponti ad arco, elementi di grande interesse sotto il profilo storico e culturale per l'architettura delle infrastrutture, sono particolarmente importanti anche dal punto di vista strategico, essendo spesso ancora utilizzati per il traffico carrabile e ferroviario. Il comportamento sismico di queste strutture è differente a seconda della tipologia.

I ponti che si sviluppano in territori non molto impervi (alvei fluviali), in genere hanno le pile di altezza ridotta e le arcate ribassate. La risposta longitudinale della struttura, prevalentemente legata ad una forma modale in cui le pile si comportano come mensole (sul 1° modo), non presenta particolari problemi, data la forma tozza delle pile ed i limitati spostamenti in sommità alle stesse.

Nei riguardi di un sistema trasversale, le pile, che sono poco snelle, possono lesionarsi a taglio e, nel caso di eccitazione sui modi superiori (vibrazione in senso alternato delle pile), si possono verificare lesioni diagonali nelle volte.

La risposta dei ponti ad una sola arcata di grande luce, a meno che non ci siano problemi di fondazione sulle spalle, è maggiormente influenzata dalla componente verticale dell'azione sismica.

La tipologia del viadotto risulta, data la notevole snellezza delle pile, sensibile sia all'eccitazione longitudinale (se le pile hanno altezze differenti, esse vibrano con periodi diversi, con la possibilità di creare allontanamenti nelle imposte delle arcate e conseguente fessurazione), sia a quella trasversale (gli spostamenti in sommità delle pile possono risultare in controfase e l'impalcato risulta distorto; la risposta dipende dalla rigidità dello stesso nei confronti degli elementi verticali di sostegno).

Nei viadotti a molte arcate, le pile possono essere fondate su terreni di caratteristiche geotecniche differenti, in particolare sui due versanti; le diverse proprietà del terreno, la potenza degli strati e gli effetti topografici producono fenomeni di amplificazione (o deamplificazione) del moto sismico; l'azione

alla base delle diverse pile assume quindi una variabilità spaziale, che si traduce in un'eccitazione differenziata (moto non sincrono).

Infine, nei ponti ad arco in muratura sono possibili meccanismi di collasso locale nei timpani, sopra alle arcate, che si comportano come veri e propri muri di contenimento del riempimento (ballast), il quale esercita un'azione statica spingente, cui va aggiunto l'incremento in presenza di sisma.

Analogamente a quanto avviene negli edifici in muratura, questo meccanismo è spesso quello che si verifica per primo, talvolta anche per livelli piuttosto bassi dell'azione sismica; l'osservazione dei danni prodotti in occasione dei recenti terremoti in Italia ha mostrato, sostanzialmente, solo l'attivazione di questi meccanismi. La verifica dei meccanismi locali di singole porzioni murarie per azione fuori dal piano è quindi essenziale anche nella valutazione della sicurezza sismica dei ponti ad arco in muratura. Essa può essere eseguita con procedure analoghe a quelle proposte per gli edifici, considerando l'incremento dell'azione dovuto alla posizione del timpano nell'ambito del manufatto.

Il metodo degli elementi finiti può consentire una modellazione di dettaglio del ponte ad arco in muratura, che tuttavia presenta notevoli difficoltà nella valutazione dei moduli elastici da attribuire ad alcune parti; ad esempio, il riempimento corrisponde ad una porzione significativa della struttura, dal punto di vista del volume, e quindi la risposta risulta molto sensibile alle caratteristiche ad esso attribuite.

Per una valutazione più attendibile della capacità sismica fino allo stato limite ultimo sarebbe necessario utilizzare legami costitutivi non lineari. Essendo i meccanismi di collasso delle arcate e delle pile prevalentemente governati dalla formazione di cerniere, con apertura di lesioni in corrispondenza dei giunti di malta, il legame elastico non lineare di solido non resistente a trazione risulta adeguato, anche se non va dimenticato che, essendo isotropo, esso non considera l'orientazione dei giunti di malta tra gli elementi. Tale modello tuttavia non consente di descrivere in modo corretto la risposta dei timpani, caratterizzati da danneggiamenti per scorrimento con attrito.

Il collasso dei ponti ad arco sotto azione sismica può essere valutato attraverso l'analisi limite dell'equilibrio. L'approccio statico risulta piuttosto complesso sul piano operativo, in quanto ad ogni incremento della componente sismica orizzontale è necessario eseguire nuovamente la ricerca di una curva delle pressioni equilibrata in ogni punto della struttura. L'approccio cinematico, certamente più semplice nell'applicazione, presenta notevoli insidie, soprattutto nei ponti a molte arcate, in quanto l'individuazione del cinematismo di collasso risulta dipendere da molte cerniere, e la risposta può risultare molto sensibile al posizionamento delle stesse, specie nelle arcate.

## **6 CRITERI PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO E TECNICHE DI INTERVENTO**

### **6.1 Strategie per la scelta dell'intervento di miglioramento**

Gli interventi sulle strutture, volti a ridurre la vulnerabilità sismica, sono da valutarsi nel quadro generale della conservazione della costruzione. La scelta della strategia e della tecnica d'intervento, nonché l'urgenza di attuarlo, dipendono dai risultati della precedente fase di valutazione.

L'obiettivo principale resta sempre la conservazione non solo della materia ma anche del funzionamento strutturale accertato, qualora questo non presenti carenze tali da poter comportare la perdita del bene. In questo senso dovranno essere valutati anche gli aspetti legati agli interventi per l'esecuzione di opere impiantistiche, per ciò che attiene l'impostazione progettuale, privilegiando l'adozione di soluzioni che limitino o escludano l'inserimento di impianti negli elementi strutturali.

Gli interventi devono essere in genere rivolti a singole parti del manufatto, contenendone il più possibile l'estensione ed il numero, e comunque evitando di alterare in modo significativo l'originale distribuzione delle rigidità negli elementi. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va comunque valutata e giustificata nel quadro di una indispensabile visione d'insieme, portando in conto gli effetti della variazione di rigidità e resistenza degli elementi.

Il progetto degli interventi dovrà garantire la conservazione dell'architettura in tutte le sue declinazioni, in particolare valutando l'eventuale interferenza con gli apparati decorativi.

L'intervento deve essere realizzato solo dopo aver accertato i benefici che possono conseguirsi e l'impatto sulla costruzione storica. In particolare devono, in via generale, essere evitate tutte le opere di

demolizione-sostituzione e di demolizione-ricostruzione, operando con interventi che si integrino con la struttura esistente senza trasformarla radicalmente. In situazioni di emergenza si può derogare da questa condizione, adottando tuttavia soluzioni provvisorie tali da produrre minime alterazioni permanenti.

La valutazione della sicurezza e una chiara comprensione della struttura devono essere alla base delle decisioni e delle scelte degli interventi. In particolare, l'intervento dovrà essere proporzionato agli obiettivi di sicurezza e durabilità, contenendo gli interventi in modo tale da produrre il minimo impatto sul manufatto storico. E' opportuno ricordare che, anche nei riguardi della prevenzione dai danni sismici, la semplice manutenzione può spesso evitare interventi fortemente trasformativi.

La scelta delle tecniche d'intervento sarà valutata caso per caso, dando la preferenza a quelle meno invasive e maggiormente compatibili con i criteri della conservazione, tenendo conto dei requisiti di sicurezza e durabilità. Dovranno essere privilegiati gli interventi in grado di trasformare in modo non permanente l'edificio ed i nuovi materiali, risultanti dall'innovazione tecnologica, dovranno essere valutati alla luce dei criteri di compatibilità e durabilità nel tempo, in relazione alla materia storica.

Gli interventi dovranno, per quanto possibile, rispettare la concezione e le tecniche originarie della struttura, nonché le trasformazioni significative avvenute nel corso della storia del manufatto. Da questo punto di vista gli elementi strutturali danneggiati, quando possibile, devono essere riparati piuttosto che sostituiti e le deformazioni ed alterazioni, costituendo una testimonianza del passato, dovrebbero essere mantenute, eventualmente adottando misure atte a limitarne gli effetti negativi sulle condizioni di sicurezza.

Particolare attenzione deve essere posta anche alla fase esecutiva degli interventi per assicurare la reale efficacia degli stessi ed evitare dissesti che comportino il peggioramento delle caratteristiche della muratura o del funzionamento degli elementi costruttivi. Per quanto possibile, è opportuno che gli interventi proposti siano controllabili in corso d'opera. Il progetto di ogni intervento deve comprendere un'accurata descrizione delle fasi esecutive; nel corso dei lavori dovrà essere prodotta una documentazione delle opere effettivamente eseguite, che diventerà parte integrante della relazione finale. Tutte le attività di controllo e monitoraggio dovranno essere documentate e conservate come parte della storia della costruzione.

La strategia di intervento può appartenere a una delle seguenti categorie generali o a particolari combinazioni di esse:

- rinforzo di parte o di tutti gli elementi resistenti, al fine di aumentarne selettivamente la resistenza, la rigidità, la duttilità o una combinazione di esse (ponendo sempre estrema attenzione alle modifiche indotte allo schema strutturale);
- inserimento di nuovi elementi, compatibili con quelli esistenti, al fine di eliminare la vulnerabilità locale di alcune parti della costruzione e migliorare il funzionamento complessivo in termini di resistenza o duttilità;
- introduzione di una protezione passiva mediante strutture di controvento dissipative e/o isolamento alla base (considerando accuratamente tutte le possibili ricadute sulla conservazione, ed in particolare la presenza di substrati archeologici);
- riduzione delle masse (con le dovute precauzioni);
- limitazione o cambiamento della destinazione d'uso dell'edificio (in questo caso sarà obbligatoria una verifica di compatibilità alle trasformazioni urbanistiche previste nei piani attuativi e nei cambi di destinazione d'uso degli edifici).

In generale gli interventi differiscono per:

- Estensione: Interventi limitati ad alcuni elementi; interventi estesi a tutta la struttura
- Comportamento statico (e dinamico) accertato e conseguito: Interventi che non modificano l'attuale comportamento statico; Interventi che pur modificando l'attuale comportamento statico, sono coerenti con il funzionamento della tipologia strutturale; Interventi che modificano l'originale comportamento statico



- **Invasività e reversibilità:** invasivo è l'intervento teso alla modifica permanente degli elementi resistenti, che si contrappone all'intervento reversibile, il quale integra gli elementi resistenti e/o condiziona le sollecitazioni senza trasformare in modo permanente la struttura originale.
- **Stato di coazione fornito:** Interventi passivi, che non forniscono uno stato di coazione agli elementi originali; Interventi attivi, che introducono stati di sollecitazione attraverso azioni autoequilibrate.
- **Integrità architettonica:** intervento in grado di conservare non solo la qualità materico costruttiva del manufatto, ma anche la tipologia ed il suo aspetto
- **Durabilità e compatibilità materiale:** Intervento durabile nel tempo, anche in rapporto alle caratteristiche chimico fisiche della materia storica.

L'intervento dovrà essere valutato anche in ragione del suo costo, rapportandolo all'entità del beneficio da esso prodotto ed all'effettiva necessità.

## **6.2 Influenza degli interventi di adeguamento impiantistico**

Sono frequenti i casi in cui gli interventi sugli edifici esistenti nascono da esigenze non specificatamente strutturali; ne sono un esempio gli adeguamenti impiantistici, legati o meno ad esigenze di adeguamento normativo. Quasi sempre questi interventi interagiscono con parti strutturali e capita assai frequentemente che, se non adeguatamente calibrati, essi comportino una sensibile riduzione di resistenza degli elementi interessati e, talvolta, una trasformazione del funzionamento della costruzione.

E' essenziale, quindi, che ogni qualvolta si interagisca con elementi a valenza strutturale (sia nei confronti dei carichi verticali che di quelli orizzontali), si valuti l'impatto dell'intervento sulla capacità resistente dell'elemento interessato e le eventuali ripercussioni sugli elementi con esso interagenti o sulla struttura nel suo complesso. La valutazione dell'indice di sicurezza sismica deve pertanto essere riferita alla struttura eventualmente modificata da questi interventi non dichiaratamente strutturali.

E' quindi opportuno evitare interventi che comportino una riduzione della capacità resistente degli elementi o riducano l'efficacia dei collegamenti. Qualora ciò non sia possibile, è necessario valutare l'impatto di tali interventi sul comportamento complessivo della costruzione, adottando adeguate contromisure, mediante specifici interventi di consolidamento atti a bilanciare gli effetti negativi indotti, ferma restando la compatibilità con le esigenze di tutela e di conservazione del bene.

A titolo esemplificativo ma non esaustivo, si possono considerare tra gli interventi che riducono la capacità resistente della struttura, e che quindi sarebbe opportuno per quanto possibile evitare:

- i tagli negli orizzontamenti, sia su tutto lo spessore (formazione di cavedii), sia in traccia (passaggio di impianti a pavimento);
- i tagli orizzontali nelle murature, per i quali è indispensabile limitarne l'estensione e la profondità, e deve essere tenuto conto della diminuita capacità resistente degli elementi interessati;
- i tagli verticali nelle murature, che in alcuni casi, per la loro posizione, sono tali da ridurre non solo la resistenza degli elementi ma anche i collegamenti tra le pareti murarie;
- tutte quelle operazioni che peggiorano la configurazione strutturale nei riguardi dell'azione sismica, sia in termini di dettagli costruttivi che di configurazione globale (ad es.: demolizioni in prossimità di incroci murari).

Quanto sopra riportato è da intendersi riferito sia alla vulnerabilità nei riguardi di meccanismi locali, sia al comportamento dell'intera costruzione. In quest'ultimo caso, dovrà essere valutato l'impatto del complesso degli interventi connessi ad adeguamenti impiantistici, realizzati in diverse porzioni dell'immobile, anche se differiti nel tempo.

Qualora si rendessero necessarie opere impiantistiche che incidono sul comportamento strutturale, di tali interventi deve essere redatto un documento che riporti con precisione la tipologia, l'ubicazione e la consistenza di quanto realizzato.

## 6.3 Operazioni tecniche di intervento

### 6.3.1 Premesse

Nel seguito sono fornite indicazioni generali per la scelta degli interventi di miglioramento sismico degli edifici in muratura, con riferimento ad alcune tecniche di utilizzo corrente. Gli interventi possibili per ciascuna patologia o forma di vulnerabilità sono generalmente più d'uno, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, compatibilità, durabilità e costi.

La scelta della soluzione è compito primario del progetto e deve essere predisposta dopo attento esame della specifica situazione e verifica dell'efficacia della soluzione proposta. A tal fine è opportuno predisporre prove preliminari di fattibilità dell'intervento e programmare indagini a posteriori per certificare la buona riuscita dell'intervento.

Non deve essere trascurata la possibilità di ricorrere ad opere provvisoriale, che per la loro intrinseca spiccata reversibilità appaiono interessanti nei riguardi della conservazione e possono risultare, dopo attenta valutazione, anche una soluzione definitiva nel caso di un bene tutelato.

Le indicazioni che seguono non devono essere intese come un elenco di interventi da eseguire comunque e dovunque, ma solo come possibili soluzioni da adottare nei casi in cui ne sia emersa la necessità a seguito di una valutazione della sicurezza sismica. Ovviamente non sono da considerarsi escluse tecniche di intervento non citate, metodologie innovative o soluzioni particolari che il professionista individui come adeguate per il caso specifico. Sono inoltre evidenziate riserve sull'efficacia e la compatibilità di alcune tecniche di intervento, frequentemente adottate nella pratica moderna.

In ogni caso nessun intervento può essere considerato a priori non strutturale o privo di effetti sul comportamento strutturale.

### 6.3.2 Interventi volti a ridurre le carenze dei collegamenti

Tali interventi sono mirati ad assicurare alla costruzione un soddisfacente comportamento d'assieme, mediante la realizzazione di un buon ammorsamento tra le pareti e di efficaci collegamenti dei solai alle pareti; inoltre, deve essere verificato che le eventuali spinte prodotte da strutture voltate siano efficacemente contrastate e deve essere corretto il malfunzionamento di tetti spingenti. La realizzazione di questi interventi è un prerequisito essenziale per l'applicazione dei metodi di analisi sismica globale dell'edificio, che si basano sul comportamento delle pareti murarie nel proprio piano, presupponendone la stabilità nei riguardi di azioni sismiche fuori dal piano.

L'inserimento di tiranti, metallici o di altri materiali, disposti nelle due direzioni principali del fabbricato, a livello dei solai ed in corrispondenza delle pareti portanti, ancorati alle murature mediante capochiave (a paletto o a piastra), può favorire il comportamento d'assieme del fabbricato, in quanto conferisce un elevato grado di connessione tra le murature ortogonali e fornisce un efficace vincolo contro il ribaltamento fuori piano dei pannelli murari, quando ciò non appaia garantito dai solai o da altre strutture. Inoltre, l'inserimento di tiranti migliora il comportamento nel piano di pareti forate, in quanto consente la formazione del meccanismo tirante-puntone nelle fasce murarie sopra porta e sotto finestra. Per il capochiave possono essere utilizzati paletti semplici (bolzoni) o piastre; ad eccezione dei casi di murature particolarmente scadenti, realizzate con elementi di piccole dimensioni, è preferibile l'uso di bolzoni, in quanto essi vanno ad interessare una porzione di muratura maggiore rispetto alle piastre. In ogni caso il dimensionamento del capochiave deve tener conto delle caratteristiche dell'elemento murario (colonna, pilastro) collegato. Spesso risulta necessario un consolidamento locale della muratura, nella zona di ancoraggio. E' sconsigliabile incassare il capochiave nello spessore della parete, specie nel caso di muratura a più paramenti scollegati. E' da valutare con attenzione il ricorso agli ancoraggi per aderenza (mediante iniezioni di resine o malte a base cementizia nella muratura), sia per le possibili incompatibilità tra i materiali che per la difficoltà di controllare l'efficacia dell'ancoraggio. I tiranti dovranno in via generale essere disposti in posizione affiancata alle murature principali, a livello degli orizzontamenti. Nei casi in cui sia indispensabile forare la parete in direzione longitudinale (casi che si cercherà il più possibile di evitare), si dovrà di regola dare la preferenza a catene inserite in guaina e non iniettate, per rendere reversibile l'intervento, consentire l'eventuale ripresa di tesatura, evitare l'insorgenza di sollecitazioni indesiderate. Per quanto riguarda la tesatura dei tiranti, si dovranno adottare tensioni limitate, tali da produrre nelle murature tensioni di compressione nettamente inferiori ai valori ritenuti ammissibili.

Cerchiature esterne con elementi metallici o materiali compositi, possono garantire un efficace collegamento tra murature ortogonali nel caso di edifici di dimensioni ridotte, dove i tratti rettilinei della cerchiatura non sono troppo estesi, o quando vengono realizzati ancoraggi in corrispondenza dei martelli murari. E' necessario evitare l'insorgere di concentrazioni di tensioni in corrispondenza degli spigoli delle murature, ad esempio con opportuni elementi di ripartizione; nel caso si usino fasce in materiale composito, si dovrà procedere allo smusso degli spigoli.

Ammorsamenti, tra parti adiacenti o tra murature che si intersecano, si possono realizzare con la tecnica scuci e cucì (con elementi lapidei o in laterizio), qualora i collegamenti tra gli elementi murari siano deteriorati (per la presenza di lesioni) o particolarmente scadenti. Si tratta comunque di un intervento per sua natura demolitivo e sostitutivo della materia antica, da valutare quindi con cautela, caso per caso.

L'uso di perforazioni armate deve essere limitato ai casi in cui non siano percorribili altre soluzioni, per la notevole invasività di tali elementi e la dubbia efficacia, specie in presenza di muratura a più paramenti scollegati; in ogni caso dovrà essere garantita la durabilità degli elementi inseriti (acciaio inox, materiali compositi o altro) e la compatibilità delle malte iniettate.

Si precisa che questi interventi di collegamento locale sono efficaci per il comportamento d'assieme della costruzione solo in presenza di murature di buone caratteristiche, mentre per le murature scadenti è preferibile l'inserimento di tiranti, che garantiscono un collegamento complessivo.

Cordoli in sommità alla muratura possono costituire una soluzione efficace per collegare le pareti, in una zona dove la muratura è meno coesa a causa del limitato livello di compressione, e per migliorare l'interazione con la copertura. Questi possono essere realizzati nei seguenti modi:

- in muratura armata, consentendo di realizzare il collegamento attraverso una tecnica volta alla massima conservazione delle caratteristiche murarie esistenti. Essi, infatti, devono essere realizzati con una muratura a tutto spessore e di buone caratteristiche; in genere la soluzione più naturale è l'uso di una muratura in mattoni pieni. All'interno deve essere alloggiata un'armatura metallica o in materiale composito, resa aderente alla muratura del cordolo tramite conglomerato. Il collegamento tra il cordolo e la muratura sottostante può essere in genere garantito dall'aderenza, l'ingranamento e l'attrito (in alcuni casi può essere opportuno eseguire un consolidamento della muratura sommitale della parete, ad esempio tramite iniezioni di malta).

L'uso di perfori armati disposti con andamento inclinato deve essere, per quanto possibile, evitato.

- in acciaio, rappresentando una valida alternativa per la loro leggerezza e la limitata invasività. Essi possono essere eseguiti in due diversi modi: a) attraverso una struttura reticolare, in elementi angolari e piatti metallici, posta in sommità e collegata tramite perfori armati [http://bd01.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?PRINT\\_ACTION=2&PRINT\\_MODE=1&OPERA=01&HM=4&FM=2&NOTXT=1&NO\\_PRINT=1&PRINT\\_MODE=1&KEY=01LX0000748241PRNT&numarts=7&realopera=01 - 16](http://bd01.leggiditalia.it/cgi-bin/FulShow?PRINT_ACTION=2&PRINT_MODE=1&OPERA=01&HM=4&FM=2&NOTXT=1&NO_PRINT=1&PRINT_MODE=1&KEY=01LX0000748241PRNT&numarts=7&realopera=01 - 16); b) tramite piatti o profili sui due paramenti, posti poco al di sotto della sommità della muratura e collegati tra loro con barre passanti. In presenza di muratura di scarsa qualità, l'intervento deve essere accompagnato da un'opera di bonifica della fascia di muratura interessata. Il collegamento del cordolo alla muratura, opportunamente consolidata se necessario, viene eseguito tramite perfori armati. I cordoli metallici si prestano particolarmente bene al collegamento degli elementi lignei della copertura e contribuiscono all'eliminazione delle eventuali spinte.

- in calcestruzzo armato (c.a.), solo se di altezza limitata, per evitare eccessivi appesantimenti ed irrigidimenti, che si sono dimostrati dannosi in quanto producono elevate sollecitazioni tangenziali tra cordolo e muratura, con conseguenti scorrimenti e disgregazione di quest'ultima.

In particolare, tali effetti si sono manifestati nei casi in cui anche la struttura di copertura era stata irrigidita ed appesantita. E' in genere opportuno un consolidamento della muratura sommitale, per limitare la diversa rigidità dei due elementi. Il collegamento tramite perfori armati può essere adottato, se ritenuto necessario, dopo aver verificato che questi possono essere ancorati efficacemente nella muratura, eventualmente consolidata.

L'efficace connessione dei solai di piano e delle coperture alle murature è necessaria per evitare lo sfilamento delle travi, con conseguente crollo del solaio, e può permettere ai solai di svolgere un'azione di distribuzione delle forze orizzontali e di contenimento delle pareti. Nel caso di solai intermedi, le teste di

travi lignee possono essere ancorate alla muratura tramite elementi, metallici o in altro materiale resistente a trazione, ancorati sul paramento opposto.

L'inserimento di cordoli in c.a. nello spessore della muratura ai livelli intermedi produce conseguenze negative sul funzionamento strutturale della parete, oltre che essere un intervento non compatibile con i criteri della conservazione. Eventualmente, nel caso di pareti molto deformabili flessionalmente per l'elevata distanza tra i muri di spina ortogonali, possono risultare utili i cordoli in acciaio, realizzati con piatti o profili sui due paramenti, collegati tra loro tramite barre passanti.

Essi forniscono una certa rigidità flessionale fuori dal piano della parete e ostacolano lo sviluppo di meccanismi di rottura delle fasce sopra porta e sotto finestra. Nel caso di pareti perimetrali, può essere valutata la possibilità di eseguire il cordolo con un solo profilo all'interno, ancorato al paramento murario esterno attraverso ancoraggi passivi diffusi.

### 6.3.3 Interventi volti a ridurre le spinte di archi e volte ed al loro consolidamento

Gli interventi sulle strutture ad arco o a volta possono essere realizzati con il ricorso alla tradizionale tecnica delle catene, che compensino le spinte indotte sulle murature di appoggio e ne impediscano l'allontanamento reciproco. Le catene andranno poste di norma alle reni di archi e volte. Qualora non sia possibile questa disposizione, si potranno collocare le catene a livelli diversi (ad esempio estradosali) purché ne sia dimostrata l'efficacia nel contenimento della spinta e siano verificate le sollecitazioni taglianti e flessionali che si producono nella parete. Le catene devono essere poste in opera con un'adeguata presollecitazione, in modo da assorbire parte dell'azione spingente valutata tramite il calcolo (valori eccessivi del tiro potrebbero indurre danneggiamenti localizzati).

Per assorbire le spinte di volte ed archi deve essere anche considerata la possibilità di realizzare contrafforti o ringrossi murari. Questi presentano, peraltro, un certo impatto visivo sulla costruzione e la loro efficacia è subordinata alla creazione di un buon ammorsamento con la parete esistente, da eseguirsi tramite connessioni discrete con elementi lapidei o in laterizio, ed alla possibilità di realizzare una fondazione adeguata.

La realizzazione all'estradosso di controvolte in calcestruzzo, armate o no, è da evitarsi, per la riduzione dello stato di compressione nella volta in muratura e l'aumento delle masse sismiche, oltre che per l'impoverimento che induce, in termini di valori culturali e testimoniali, nel manufatto storico.

E' possibile il ricorso, sull'estradosso, a tecniche di placcaggio con fasce di materiale composito, perché più leggere e comunque amovibili. Tuttavia vanno considerate le seguenti problematiche: diversa traspirabilità tra le zone placcate e non (specie in presenza di affreschi all'intradosso); durabilità (l'esperienza di comportamento nel tempo, sia delle fibre sia delle resine di incollaggio, è ancora limitata); non completa reversibilità (la parte superficiale della muratura resta comunque impregnata dalla resina). La posizione delle fasce in fibra, specie in presenza di volte complesse, deve essere definita a seguito di una accurata valutazione strutturale, che ne dimostri l'efficacia. Il placcaggio all'intradosso con materiali compositi è efficace se associato alla realizzazione di un sottarco, in muratura o altro materiale (ad esempio legno lamellare), in grado di evitare le spinte a vuoto; queste possono essere equilibrate anche attraverso ancoraggi puntuali, diffusi lungo l'intradosso (questa soluzione è tuttavia maggiormente invasiva).

Per eliminare le spinte è anche possibile intervenire riducendo i carichi all'estradosso (riempimenti alleggeriti, frenelli, ecc), ponendo attenzione al fatto che ciò altera l'originale curva delle pressioni ed un minor carico permanente rende la volta maggiormente sensibile ai carichi accidentali.

Ovviamente, in presenza di lesioni deve essere prevista una riparazione, mirata a ricostituire il contatto tra i conci, tramite semplice iniezione di malta; in casi particolari potranno essere utilizzati cunei (biette) o si dovrà procedere a sostruzione muraria nelle zone soggette a schiacciamento.

Particolari attenzioni dovranno essere poste nei casi in cui siano evidenti significative perdite di forma dell'arco o della volta; il loro recupero è spesso problematico, per cui si potrà ricorrere a sottarchi o altre strutture integrative.

### 6.3.4 Interventi volti a ridurre l'eccessiva deformabilità dei solai ed al loro consolidamento

I solai devono essere efficacemente collegati alle pareti murarie, attraverso un appoggio sufficientemente ampio e, talvolta, elementi di connessione che ne impediscano lo sfilamento. Il ruolo dei solai nel comportamento sismico delle costruzioni in muratura è quello di trasferire le azioni orizzontali di loro competenza alle pareti disposte nella direzione parallela al sisma; inoltre essi possono costituire un ulteriore vincolo per le pareti sollecitate da azioni ortogonali al proprio piano, oltre all'ammorsamento con le pareti ortogonali ed ai sistemi di collegamento puntuale. Per le suddette ragioni risulta utile un limitato irrigidimento dei solai, di cui vanno valutati gli effetti, a cui si associa inevitabilmente un aumento della resistenza degli elementi. Solo in casi particolari risulta invece necessario un irrigidimento significativo dei solai nel proprio piano, con l'obiettivo di ripartire l'azione sismica tra le diverse pareti; nella maggior parte dei casi questa ripartizione porta a concentrare le forze sugli elementi più rigidi, anticipandone la rottura, e sugli elementi perimetrali, nel caso d'irregolarità planimetriche con accentuazione degli effetti torsionali. Compatibilmente con il rispetto delle precedenti finalità, è opportuno che i solai con struttura in legno siano il più possibile conservati, anche in considerazione del loro ridotto peso proprio.

Un limitato irrigidimento dei solai, nel caso dei solai lignei, può essere conseguito operando all'estradosso sul tavolato. Una possibilità è fissare un secondo tavolato su quello esistente, disposto con andamento ortogonale o inclinato, ponendo particolare attenzione ai collegamenti con i muri laterali; in alternativa, o in aggiunta, si possono usare rinforzi con bandelle metalliche, o di materiali compositi, fissate al tavolato con andamento incrociato. Un analogo beneficio può essere conseguito attraverso un controventamento realizzato con tiranti metallici. Nel caso di solai a semplice orditura, dovrà essere curato il collegamento con le pareti parallele alle travi, realizzandolo, ad esempio, con bandelle fissate al tavolato ed ancorate nella muratura.

Nei casi in cui risulti necessario un consolidamento statico del solaio per le azioni flessionali, è possibile, con le tecniche legno-legno, limitare la deformabilità flessionale ed aumentare la resistenza con un secondo tavolato, utilizzando, ortogonalmente rispetto al tavolato esistente, dei nuovi tavoloni continui, resi collaboranti alle travi mediante perni anche di legno.

Anche mediante la tecnica di rinforzo con soletta collaborante in calcestruzzo, eventualmente alleggerito, si può realizzare un irrigidimento nel piano del solaio e flessionale; gli effetti di tale intervento vanno valutati in relazione alle specifiche esigenze di conservazione. Nel caso in cui gli elementi lignei non siano adeguatamente collegati alle murature, può risultare necessario collegare la soletta alle pareti, tramite elementi puntuali analoghi a quelli già indicati.

Nel caso di solai a travi in legno e pannelle di cotto, se viene dimostrata l'insufficiente resistenza nel piano, possono essere adottati interventi di irrigidimento all'estradosso con sottili caldane armate in calcestruzzo alleggerito, opportunamente collegate alle murature perimetrali ed alle travi in legno.

Nel caso di solai a struttura metallica con interposti elementi in laterizio (putrelle e voltine o tavelloni), può essere necessario collegare tra loro i profili saldando bandelle metalliche trasversali, poste all'intradosso o all'estradosso. Inoltre, in presenza di solai di luce significativa, per meglio vincolare la parete muraria, è opportuno collegarla in mezzzeria ai profili di bordo.

### 6.3.5 Interventi in copertura

E' in linea generale opportuno il mantenimento dei tetti in legno, in quanto capaci di limitare le masse nella parte più alta dell'edificio e di garantire un'elasticità simile a quella della compagine muraria sottostante.

In generale, vanno il più possibile sviluppati i collegamenti e le connessioni reciproche tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto, ricercando le configurazioni e le tecniche compatibili con le diverse culture costruttive locali. Oltre al collegamento con capochiave metallico, che impedisce la traslazione, si possono realizzare cordoli-tirante in legno o in metallo opportunamente connessi sia alle murature sia alle orditure in legno del tetto (cuffie metalliche), a formare al tempo stesso un elemento di connessione sul bordo superiore delle murature ed un elemento di ripartizione dei carichi concentrati delle orditure del tetto. Vanno in generale evitati i cordoli in cemento armato di elevato spessore, per la diversa rigidezza che essi introducono nel sistema e per l'impatto che producono. Essi possono essere utilizzati solo quando non alterino la situazione statica della muratura e ne sia dimostrata chiaramente l'efficacia, coerentemente con quanto già indicato al punto 6.2.1.

Ove i tetti presentino orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati privi di semicatene in piano, la spinta deve essere compensata.

Nel caso delle capriate, deve essere presente un buon collegamento nei nodi, necessario ad evitare scorrimenti e distacchi in presenza di azioni orizzontali. Questo può essere migliorato con piastre e barre metalliche o con altri materiali (ad esempio fibrorinforzati).

Possono essere introdotte forme di parziale irrigidimento delle falde, ad esempio per mezzo di tavolati sovrapposti e incrociati a quelli esistenti, con opportuni collegamenti ai bordi della muratura, o tramite controventi posti all'intradosso, realizzati con semplici catene metalliche.

#### 6.3.6 Interventi volti ad incrementare la resistenza degli elementi murari

Questi interventi sono mirati sia al risanamento ed alla riparazione di murature deteriorate e danneggiate, sia al miglioramento delle proprietà meccaniche della muratura; la soluzione tecnica da applicare andrà valutata anche in base alla tipologia e alla qualità della muratura. Gli interventi dovranno utilizzare materiali con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe e, comunque, il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera. L'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una continuità nella rigidità, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti, qualora mancanti. L'inserimento di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi, come nel caso di architravi danneggiati e particolarmente sollecitati.

A seconda dei casi si procederà:

- a riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate;
- a ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura (scarichi e canne fumarie, ecc.);
- a migliorare le caratteristiche di murature particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante.

L'intervento di scuci e cucì è finalizzato al ripristino della continuità muraria lungo le linee di fessurazione ed al risanamento di porzioni di muratura gravemente deteriorate. Si consiglia di utilizzare materiali simili a quelli originari per forma, dimensioni, rigidità e resistenza, collegando i nuovi elementi alla muratura esistente con adeguate ammorsature nel piano del paramento murario e se possibile anche trasversalmente al paramento stesso, in modo da conseguire la massima omogeneità e monoliticità della parete riparata. Tale intervento può essere utilizzato anche per la chiusura di nicchie, canne fumarie e per la riduzione dei vuoti, in particolare nel caso in cui la nicchia/apertura/cavità sia posizionata a ridosso di angolate o martelli murari.

L'adozione di iniezioni di miscele leganti mira al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura da consolidare. A tale tecnica non può essere affidato il compito di realizzare efficaci ammorsature tra le pareti murarie. Tale intervento risulta inefficace se impiegato su tipologie murarie che per loro natura siano scarsamente iniettabili (scarsa presenza di vuoti e/o vuoti non collegati tra loro). Particolare attenzione va posta nella scelta della pressione di immissione della miscela, per evitare l'insorgere di dilatazioni trasversali. Particolare cura dovrà essere rivolta alla scelta della miscela da iniettare, curandone la compatibilità chimico-fisico-meccanica con la tipologia muraria oggetto dell'intervento. Malte a base cementizia possono produrre danni alle murature e in particolare alle superfici, per la produzione di sali; l'affioramento di sali solubili dalla malta provoca efflorescenze sulla superficie della muratura, particolarmente dannose in presenza di antichi intonaci storici o affreschi. Tali malte potranno essere utilizzate solo dopo averne accuratamente valutati gli eventuali effetti negativi.

L'intervento di ristilatura dei giunti, se effettuato in profondità su entrambi i lati, può migliorare le caratteristiche meccaniche della muratura, in particolare nel caso di murature di spessore non elevato. Se eseguito su murature di medio o grosso spessore, con paramenti non idoneamente collegati tra loro o incoerenti, tale intervento può non essere sufficiente a garantire un incremento consistente di resistenza, ed è consigliabile effettuarlo in combinazione con altri. Si tenga presente, tuttavia, che tale tecnica potrebbe andare a cancellare tracce storiche significative, come le vecchie stilature e allisciature. Essa va usata quindi con cautela e previa opportune analisi.

L'inserimento di diatoni artificiali, realizzati in conglomerato armato dentro fori di carotaggio, può realizzare un efficace collegamento tra i paramenti murari, evitando il distacco di uno di essi o l'innesco di

fenomeni di instabilità per compressione; inoltre, tale intervento conferisce alla parete un comportamento monolitico per azioni ortogonali al proprio piano. E' particolarmente opportuno in presenza di murature con paramenti non collegati fra loro; nel caso di paramenti degradati è opportuno bonificare questi tramite le tecniche descritte al riguardo (iniezioni di malta, ristilatura dei giunti). Va tenuto presente che si tratta di un intervento che ha carattere invasivo, in quanto irreversibile e da applicarsi in forma estesa, ma che conserva il comportamento originario della muratura storica. Per tali ragioni va applicato solo ove effettivamente necessario.

Nel caso in cui la porzione muraria che necessita di rinforzo sia limitata, una valida alternativa è rappresentata dai tirantini antiespulsivi, costituiti da sottili barre trasversali imbullonate con rondelle sui paramenti; la leggera presollecitazione che può essere attribuita rende quest'intervento idoneo nei casi in cui siano già evidenti rigonfiamenti per distacco dei paramenti. Tale tecnica può essere applicata nel caso di murature a tessitura regolare o in pietra squadrata, in mattoni o blocchi.

L'uso di sistemi di tirature diffuse nelle tre direzioni ortogonali (o ingabbiatura della muratura) può produrre un significativo miglioramento della qualità muraria nel caso di murature di piccola pezzatura ed in presenza di malta scadente. L'obiettivo è incrementare la monoliticità, in particolare nella direzione trasversale, del comportamento meccanico del corpo murario. Ciò può essere conseguito attraverso l'esecuzione di fori, anche in numero elevato ma comunque di piccolo diametro, e l'inserimento di bandelle metalliche non iniettate (e pertanto rimovibili). L'intervento ha carattere invasivo, nel caso di murature faccia a vista, e va applicato solo ove effettivamente necessario.

L'inserimento di tiranti verticali post-tesi è un intervento applicabile solo in casi particolari e se la muratura si dimostra in grado di sopportare l'incremento di sollecitazione verticale, sia a livello globale sia localmente, in corrispondenza degli ancoraggi; in ogni caso deve essere tenuta in considerazione la perdita di tensione iniziale a causa delle deformazioni differite della muratura. Tale soluzione tende a snaturare l'originale funzionamento della costruzione in muratura, per cui deve essere presa in considerazione solo in assenza di alternative.

Il placcaggio delle murature con intonaco armato è un intervento invasivo e non coerente con i principi della conservazione; esso risulta efficace solo se realizzato su entrambi i paramenti e se sono poste in opera barre trasversali di collegamento. Tale tecnica può essere presa in considerazione solo in singoli maschi murari, pesantemente gravati da carichi verticali o danneggiati da eventi sismici; in questi casi un'alternativa può essere anche la demolizione e ricostruzione della porzione muraria. Dal punto di vista sismico, è opportuno considerare che l'elevata rigidità a taglio dei pannelli murari così rinforzati altera profondamente il comportamento originario della costruzione; in genere ciò comporta negativi effetti sulla regolarità in pianta della costruzione, ma in rari casi può consentire di limitare le eccentricità tra i baricentri delle masse e delle rigidità. Nel caso di murature gravemente danneggiate e inconsistenti, sulle quali non sia possibile intervenire altrimenti, l'intervento può risultare efficace ma coincide con la perdita di autenticità del manufatto.

Il placcaggio con tessuti o lamine in materiale fibrorinforzato è anch'esso un intervento invasivo, la cui efficacia va adeguatamente comprovata, sia a livello locale che di comportamento globale; inoltre valgono le considerazioni già formulate al punto 6.2.2, relativamente alla compatibilità di questi materiali e delle resine di incollaggio con la muratura storica. Tale tecnica può rappresentare una soluzione per interventi localizzati, ad esempio rinforzi flessionali di fasce murarie, verticali od orizzontali, o mirati ad assorbire la spinta di elementi della copertura, di archi e di volte.

Le perforazioni armate, indicate al punto 6.2.2 come possibile soluzione per il miglioramento puntuale del collegamento tra elementi murari (anche se con forti riserve), non possono essere considerate come efficace soluzione per un intervento sistematico e generalizzato di consolidamento della muratura.

Nel caso di pareti decorate o di superfici affrescate gli interventi di consolidamento citati possono essere utilizzati solo agendo con estrema cautela; per quanto possibile è da ritenersi preferibile consolidare altre strutture contigue con interventi di analoga efficacia e comunque operare con l'ausilio anche di competenze specializzate nel restauro di tali superfici.

#### 6.3.7 Pilastri e colonne

Essendo pilastri e colonne essenzialmente destinati a sopportare carichi verticali con modeste eccentricità, gli interventi vanno configurati in modo da:

- ricostituire la resistenza iniziale a sforzo normale, ove perduta, mediante provvedimenti quali cerchiature e tassellature; in alcuni casi può essere accettabile il ricorso ad incollaggi con resine;
- eliminare o comunque contenere le spinte orizzontali mediante provvedimenti, quali l'inserimento di catene in presenza di archi, volte e coperture o, ove opportuno, la realizzazione od il rafforzamento di contrafforti;
- ricostituire o realizzare collegamenti di idonea rigidità, al fine di trasferire le azioni orizzontali ad elementi murari di maggiore rigidità.

Vanno evitati, se non in mancanza di alternative da dimostrare con dettagliata specifica tecnica, gli inserimenti di ancore metalliche in asse alla colonna, cui affidare la capacità portante, o di tiranti verticali precompressi, per conferire maggiore resistenza a flessione e taglio.

#### 6.3.8 Interventi su elementi non strutturali

Per la valutazione della vulnerabilità sismica degli elementi non strutturali (cornicioni, parapetti, camini) sarebbe necessario tenere conto della possibile amplificazione delle accelerazioni alle diverse quote dell'edificio e dell'interazione dinamica tra l'elemento e la struttura. In genere l'esperienza dei costruttori, consolidata nei secoli, ed il collaudo del tempo devono essere tenuti presenti per giudicare la sicurezza di questi elementi, in particolare di quelli che non presentano evidenti problematiche nel collegamento con la struttura (fessurazioni, rotazioni, ecc.).

Nei casi ritenuti problematici, occorre intervenire migliorando la capacità di spostamento prima dello stato limite ultimo, tramite ritegni laterali o ampliamenti della base d'appoggio, ed eventualmente migliorare la connessione con la struttura, tenendo presente che una variazione delle proprietà dinamiche può incrementare l'azione sismica sull'elemento.

#### 6.3.9 Interventi in fondazione

L'inadeguatezza delle fondazioni è raramente la sola o la principale causa dei danni osservati dopo un terremoto. E' possibile omettere gli interventi sulle strutture di fondazione, nonché le relative verifiche, qualora si riscontrino le seguenti condizioni:

- non siano presenti significativi dissesti attribuibili a cedimenti in fondazione e sia stato accertato che dissesti di questa natura non si siano verificati neppure in passato;
- gli interventi progettati sulla struttura in elevazione non comportino sostanziali alterazioni dello schema statico del fabbricato;
- gli stessi interventi non comportino rilevanti modifiche delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;
- siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche.

Nei casi in cui le indagini e le analisi mettano in evidenza la necessità di un intervento in fondazione, dovrà essere preliminarmente ricercata la causa geotecnica del dissesto. La scelta degli interventi in fondazione dovrà essere motivata e compiutamente illustrata.

Gli interventi dovranno tendere prioritariamente al mantenimento della preesistente distribuzione delle pressioni di contatto. Essi devono in ogni caso garantire valori il più possibile ridotti dei cedimenti assoluti e differenziali attesi, che devono comunque risultare compatibili con le caratteristiche della costruzione.

Per raggiungere questi obiettivi sono da privilegiare interventi distribuiti su aree estese, evitando per quanto possibile l'impiego di sottofondazioni profonde localizzate.

Per i notevoli rischi di indurre nel sottosuolo spostamenti non previsti né facilmente prevedibili, è in generale da escludere l'impiego dei trattamenti di iniezione (jet grouting), così come in generale di iniezioni ad alta pressione, nel volume di terreno che può influenzare le fondazioni.



Allargamento delle fondazioni mediante cordoli o platea armata. L'intervento dovrà essere realizzato curando il collegamento fra vecchia e nuova fondazione al fine di ottenere un sistema di fondazione sufficientemente rigido da limitare adeguatamente i possibili cedimenti differenziali. A tal fine si adotteranno travi in c.a. armate e staffate, traversi in acciaio di idonea rigidità, barre post-tese che garantiscano una trasmissione degli sforzi per attrito e simili accorgimenti. Questo tipo di intervento ha anche l'effetto benefico di realizzare un efficace collegamento orizzontale fra le murature a livello di fondazione.

Qualora risultasse necessario l'impiego di fondazioni profonde (pali e/o micropali), l'intervento deve essere in genere esteso all'intero edificio, valutando il comportamento d'insieme del sistema di fondazione e verificando la sussistenza delle condizioni indicate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per le verifiche sismiche dell'interazione cinematica palo-terreno. E' comunque sempre necessaria un'ideale struttura di collegamento fra i pali e la fondazione esistente (ad esempio, cordoli armati connessi alla fondazione con accorgimenti analoghi a quelli elencati al punto precedente), a meno che i pali non siano trivellati attraverso la muratura con una lunghezza di perforazione sufficiente a trasferire i carichi per aderenza. In quest'ultimo caso, occorrerà verificare la resistenza della struttura esistente nelle mutate condizioni di appoggio, ammettendo l'ipotesi cautelativa che tutti i carichi agenti si trasferiscano ai pali.

Consolidamento dei terreni di fondazione. Gli interventi di miglioramento del terreno di fondazione possono essere scelti in un'ampia gamma di tipologie e devono essere scelti con molta attenzione agli effetti che possano essere indotti nella costruzione sovrastante. A questo fine è necessario prendere in considerazione quei trattamenti che prevedano una realizzazione molto controllata e la possibilità di regolazione degli effetti tramite uno specifico monitoraggio in corso d'opera. Per la loro possibile invasività, questi interventi vanno, in linea di principio, evitati qualora si rilevi la presenza di substrati archeologici.

Nelle situazioni in cui si ritiene possibile l'attivazione sismica di fenomeni d'instabilità dei pendii, questi devono essere adeguatamente studiati, con l'ausilio di specifiche indagini in sito e di laboratorio, e devono essere predisposti gli interventi di stabilizzazione eventualmente necessari, prima dell'esecuzione degli interventi sulla costruzione.

#### **6.4 Operazioni progettuali**

Il progetto di lavori riguardanti i beni del patrimonio culturale è articolato in tre livelli (progetto preliminare, definitivo, esecutivo), secondo le disposizioni della normativa vigente in materia di progettazione di lavori pubblici.

Fermo restando che è necessario operare nell'ambito del quadro normativo vigente, al fine di documentare il processo di valutazione della sicurezza sismica oggetto della presente Direttiva, si forniscono alcune specifiche di progetto:

- A livello di progetto preliminare, deve essere effettuata una valutazione preliminare della sicurezza sismica della costruzione nel suo stato attuale, che può essere conseguita con gli strumenti di valutazione del livello LV1. La relazione illustrativa relativamente alla costruzione nello stato attuale, oltre a quanto già prescritto dalle vigenti disposizioni, deve perciò descrivere la sua storia sismica ed il comportamento sismico accertato su base qualitativa, mentre la relazione tecnica deve riportare la valutazione della sicurezza sismica attraverso i modelli semplificati di livello LV1. Al fine di strutturare ed uniformare il processo di acquisizione della conoscenza del manufatto, è possibile fare riferimento ai moduli illustrati nell'Allegato A.

- Nella successiva fase di progettazione definitiva devono essere valutate sia la sicurezza attuale che quella conseguita a seguito dell'intervento, attraverso il livello di valutazione LV2 o LV3, a seconda che l'intervento sia locale o di riparazione, o interessi il miglioramento sismico dell'intera costruzione. La relazione tecnica specialistica, oltre a quanto già prescritto dalle vigenti disposizioni, deve: definire l'azione sismica di riferimento adottata per il sito; illustrare i risultati delle analisi diagnostiche svolte sul manufatto, al fine della lettura materico costruttiva, della caratterizzazione dei materiali, dell'interpretazione dei dissesti e dell'individuazione dei possibili meccanismi di danno sismico; illustrare il modello meccanico della struttura adottato per l'analisi sismica, motivando la scelta del tipo di analisi svolta, ed inquadrarlo secondo i previsti livelli di valutazione LV2 o LV3; fornire il giudizio finale sulla efficacia dell'intervento, non solo attraverso considerazioni qualitative ma anche sulla base di un confronto tra la capacità della struttura, che risulta dai modelli di calcolo, e la domanda derivante dall'azione sismica di riferimento.

- Il progetto esecutivo deve precisare le modalità esecutive delle operazioni tecniche da eseguire ed indicare i controlli da effettuare in cantiere, con riferimento alla corretta esecuzione ed all'efficacia degli interventi eseguiti, e nella fase post intervento, nell'ambito di programmi di manutenzione e controllo.

E' peraltro necessario che, nel corso dei lavori, siano predisposti elaborati che illustrino in dettaglio gli interventi così come eseguiti sulla costruzione.

## **7 QUADRO RIASSUNTIVO DEL PERCORSO DI VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA E PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO**

Nei capitoli precedenti sono state fornite le indicazioni per la valutazione della sicurezza sismica del patrimonio culturale, da eseguirsi in conformità a quanto previsto dal Codice, dalle NTC e dalla relativa Circolare. Questo capitolo costituisce semplicemente un quadro di sintesi, che non aggiunge nulla rispetto a quanto già indicato e non può peraltro essere considerato esaustivo.

Per la sicurezza sismica del patrimonio culturale sono stati definiti tre diversi stati limite (punto 2.3): SLV (stato limite ultimo di salvaguardia della vita umana); SLD (stato limite di esercizio relativo al danno); SLA (stato limite di danno ai beni artistici).

I livelli di protezione sismica (punto 2.4), associati ai diversi stati limite, sono definiti da opportune probabilità di superamento nel periodo di riferimento del manufatto  $V_R$ , che tiene conto delle caratteristiche proprie del bene culturale (vita nominale) e dell'esposizione associata alla funzione svolta (classe d'uso).

L'accelerazione orizzontale di riferimento al suolo in condizioni di sito rigido  $a_g$  sarà definita a partire dalla «pericolosità sismica di base» del sito, secondo quanto indicato nelle NTC, ma potrà derivare da più accurate stime della pericolosità sismica (vedi § 3.2).

Per la valutazione della capacità sismica della costruzione sono stati introdotti e precisati:

- tre livelli di valutazione (LV, vedi § 5.3), corrispondenti alle diverse condizioni nelle quali si esegue l'analisi della sicurezza sismica: 1) valutazione della vulnerabilità del patrimonio culturale a scala territoriale; 2) progettazione di interventi locali o di riparazione; 3) progettazione di interventi di miglioramento sismico che coinvolgono il comportamento dell'interno manufatto;

- un fattore di confidenza ( $F_C$ , vedi § 4.2), in funzione del grado di approfondimento delle indagini sul manufatto, per tener conto delle incertezze insite nella conoscenza; il fattore di confidenza si applica ai parametri meccanici dei materiali o direttamente alla valutazione della sicurezza sismica, in funzione del modello di calcolo impiegato.

La tabella 7.1 riporta sinteticamente le relazioni intercorrenti tra finalità delle analisi, livelli di valutazione e modello di calcolo.

**Tabella 7.1 - Quadro riassuntivo per la valutazione della capacità sismica.**

Analisi del rischio sismico del patrimonio culturale		
Finalità dell'analisi	Livello di valutazione minimo	Modello di calcolo
Valutazione a scala territoriale dell'indice di sicurezza sismica	LV1	Modelli semplificati (a base meccanica, statistica o qualitativa)
Accertamento di dettaglio della sicurezza sismica sul singolo manufatto	LV3	Meccanismi locali di collasso esaustivi. Modello globale
Progettazione di interventi di miglioramento sismico		
Finalità dell'analisi	Livello di valutazione minimo	Modello di calcolo
Interventi locali o di riparazione su zone limitate del manufatto	LV2	Meccanismi locali di collasso su singole porzioni di manufatto

Interventi di miglioramento che coinvolgono il funzionamento sismico dell'intero manufatto

LV3

Meccanismi locali di collasso esaustivi. Modello globale

Il confronto tra l'azione e la capacità sismica sul singolo manufatto viene eseguito definendo un indice di sicurezza sismica  $I_S$  (vedi § 2.4), che assume una finalità diversa in un'analisi a scala territoriale o nel progetto di un intervento di miglioramento sismico complessivo o locale, o di riparazione.

Nel primo caso l'indice di sicurezza sismica è utile per una conoscenza complessiva del livello di rischio sismico al patrimonio culturale italiano e per stabilire una lista di priorità per la programmazione delle azioni e degli interventi di prevenzione.

Nel caso della progettazione di un intervento di miglioramento sismico, assunto che in nessun caso è obbligatorio procedere all'adeguamento sismico, il valore dell'indice di sicurezza sismica non deve essere inteso come parametro per una verifica cogente ( $I_S=1$ ), ma come un importante elemento quantitativo da portare in conto in un giudizio qualitativo complessivo, che consideri le esigenze di conservazione, la volontà di preservare il manufatto dai danni sismici ed i requisiti di sicurezza, in relazione alla fruizione ed alla funzione svolta. In particolare, nel caso in cui  $I_S < 1$ , è necessario valutare la vita nominale  $V_N$  cui corrisponde un indice di sicurezza unitario, in modo tale che il committente sia consapevole delle implicazioni in termini di future verifiche ed eventuali ulteriori interventi, che si potrebbero rendere necessari allo scadere della vita nominale. Tutto ciò dovrà essere descritto in una relazione esplicativa delle soluzioni adottate nel progetto, specialmente nel caso in cui per la verifica strutturale i modelli di calcolo siano stati integrati attraverso valutazioni qualitative.

## **Allegato A**

### **Programma per il monitoraggio dello stato di conservazione dei beni architettonici tutelati**

#### **Parte I - Contenuti e finalità**

##### **Premessa**

Il presente allegato costituisce parte integrante del testo delle Linee Guida e rappresenta la struttura dei dati conoscitivi minimi necessari per la definizione del modello interpretativo degli edifici di interesse culturale ai fini della valutazione dello stato di conservazione e della sicurezza sismica. In particolare viene definita la struttura logica del percorso conoscitivo e la qualità dei dati.

Per livello di conoscenza speditivo si fa riferimento a dati acquisiti mediante l'osservazione diretta delle qualità della fabbrica, una prima stima dimensionale della stessa e a fonti documentarie, quali indagini storiche sul manufatto e sull'ambito; per livello di conoscenza analitico si fa invece riferimento all'affinamento della conoscenza geometrica e materico-costruttiva della fabbrica, a dati indiretti quali valutazioni eseguite per analogia su studi e ricerche certificati, analisi in situ o in laboratorio.

##### **Percorso metodologico**

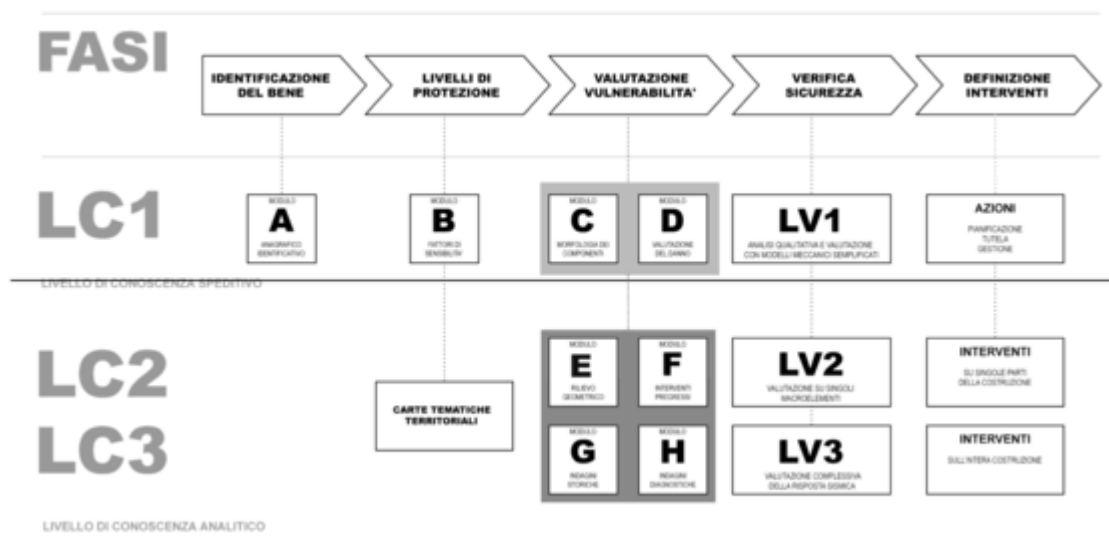
L'approccio conoscitivo ad una fabbrica storica rappresenta un percorso metodologico «inverso» rispetto agli edifici di nuova costruzione: dall'analisi della realtà materica della costruzione, attraverso successivi livelli di approfondimento, al riconoscimento del funzionamento strutturale accertato per la verifica della sicurezza sismica ai fini della definizione degli interventi.

Le fasi di tale processo sono così sintetizzabili:

IDENTIFICAZIONE DEL BENE ? FATTORI DI SENSIBILITA' ? VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' ?  
VERIFICA DELLA SICUREZZA ? DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI

Tale iter metodologico non è definibile in un'unica scheda di rilevamento. Pertanto, la raccolta dei dati è articolata per moduli schedografici autonomi e complementari, ognuno dei quali rappresenta un livello di conoscenza dal diverso grado di attendibilità. La scelta tra i diversi moduli schedografici costituisce il

progetto conoscitivo da attuare in relazione agli obiettivi dell'indagine, ai contesti territoriali, alla disponibilità delle risorse.



## Moduli schedografici

Nella sezione seguente è riportata la struttura schematica dei moduli schedografici. Per ognuna delle macrotipologie individuate nella Direttiva sono stati definiti dei moduli schedografici, che consentono di acquisire le informazioni necessarie per applicare i modelli di valutazione LV1 proposti dalla Direttiva. Di seguito è riportato un tracciato descrittivo della qualità e quantità dei dati da acquisire, che è stato poi esplicitato nel dettaglio per le diverse tipologie costruttive. I documenti schedografici, per le diverse tipologie, sono riportati sul sito del Ministero per i Beni e le Attività Culturali ([www.benitutelati.it](http://www.benitutelati.it)).

Non sono invece riportati i formati e le interrelazioni tra i diversi campi, in quanto ciò dipende dal sistema di gestione dei dati che si intende adottare. E' evidente che utilizzando idonei sistemi informativi è possibile mettere in risalto le molteplici correlazioni e interazioni tra i differenti moduli.

## Parte II - Moduli schedografici e loro struttura

### MODULO A - Anagrafico Identificativo

Ha lo scopo di identificare in modo univoco il manufatto. L'identificazione avviene attraverso tre parametri fondamentali: denominazione, toponomastica, dati catastali. La struttura dei dati è definita al Decreto del Ministero per i beni e le attività culturali del 28 febbraio 2004, così come modificato dal D.M. 28 febbraio 2005, emanato di concerto con l'Agenzia del Demanio e relativo ai criteri e modalità per la verifica dell'interesse culturale dei beni immobili di proprietà pubblica, ai sensi dell' art. 12 del D. Lgs. 42/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio.

#### A1. Qualificazione giuridica del soggetto proprietario

Nota esplicativa.

Specificare la qualificazione giuridica: Stato, Regione, Provincia, Comune, Ente o Istituto pubblico, Persona giuridica privata senza fine di lucro, Privato.

#### A2. Riferimenti del soggetto proprietario

Nota esplicativa.

Indicare: denominazione, C.F., indirizzo, nominativo del legale rappresentante, nominati del responsabile del procedimento.

#### A3. Denominazione del bene

Nota esplicativa

Rappresenta il nome proprio o la denominazione corrente utilizzata per identificare il bene.

#### A4. Toponomastica

Nota esplicativa

Indicare: regione, provincia, comune, toponimo di località, toponimo stradale, numero civico.

#### A5. Coordinate geografiche

Nota esplicativa

Indicare le coordinate geografiche (x, y) ed il relativo sistema di riferimento (preferibilmente Gauss-Boaga, Roma 40). E' opportuno vengano previsti funzionalità informatiche per la localizzazione diretta del punto.

#### A6. Dati catastali

Nota esplicativa

Indicare: comune catastale, foglio, particella, subalterno. Specificare se l'identificativo catastale si riferisce al Catasto Fabbricati (C.F.) o al Catasto Terreni (C.T.).

#### A7. Confinanti

Nota esplicativa

Indicare tutti gli elementi con i quali il bene confina. Per le particelle catastali vale la codifica del precedente punto A6; per tutti gli altri elementi (strade, fiumi, fossi, ecc.) il vocabolario è libero.

#### A8. Periodo di realizzazione

Nota esplicativa

Indicare l'anno di costruzione del bene nella sua consistenza attuale. In alternativa indicare la frazione di secolo (inizio, fine, prima metà, seconda metà).

#### A9. Destinazione d'uso attuale

Nota esplicativa

Indicare la destinazione d'uso attuale, distinguendo la categoria d'uso (Residenziale, Commerciale, Terziario direzionale, Logistico-produttivo, Culturale, Studio d'artista, Sportivo, Ludico-ricreativo, Turistico-ricettivo, Ristorazione, Servizi pubblici, Militare, Luogo di culto, Attrezzatura tecnologica, Altro, Non utilizzato) e l'uso specifico (vocabolario libero; ad esempio museo, negozio, caserma, ufficio, chiesa, ecc.).

#### A10. Documentazione fotografica

Nota esplicativa

Allegare un minimo di 10 foto per ogni bene, corredate da didascalia. Le riprese fotografiche devono documentare il bene in modo esaustivo, sia all'interno che all'esterno. In particolare devono prevedere una ripresa fotografica dell'ambiente esterno, il fronte principale e gli altri fronti, gli androni e scale, gli ambienti interni più significativi, dettagli dei pavimenti e dei soffitti.

#### A11. Stralcio planimetrico

Nota esplicativa

Allegare lo stralcio della mappa catastale, in scala 1:1.000 o 1:2.000, individuando con esattezza la localizzazione del bene, mediante perimetrazione della particella.

#### A12. Descrizione morfologica

Nota esplicativa

Descrivere la struttura fisica della costruzione, la tipologia architettonica e gli elementi architettonici e costruttivi maggiormente significativi.

#### A13. Presenza di elementi di pregio

Nota esplicativa

Indicare la presenza di elementi significativi di pregio culturale. Si intendono per elementi decorativi di pregio quelli elencati all' art. 11, comma 1, lettera a) del Codice: gli affreschi, gli stemmi, i graffiti, le lapidi, le iscrizioni, i tabernacoli e gli altri ornamenti di edifici, esposti o no alla pubblica vista, di cui all' art. 50, comma 1.

Specificare se l'elemento è interno od esterno. Segnalare inoltre la presenza di beni o collezioni mobili notificati, nonché la presenza di reperti archeologici visibili.

#### A14. Altra documentazione

Nota esplicativa

Allegare eventuale altra documentazione disponibile (planimetrie, cartografie, foto aeree, grafici di rilievo, immagini, relazioni, atti amministrativi, schede di dettaglio).

#### A15. Valutazione d'interesse culturale

Nota esplicativa

Specificare gli estremi dell'eventuale provvedimento di interesse culturale (decreto di vincolo o declaratoria).

Ai soli fini della valutazione della sicurezza sismica, indicare la rilevanza del bene, espressa in termini relativi secondo una delle seguenti categorie: limitata, media, elevata.

### **MODULO B. Fattori di sensibilità**

Contiene i dati necessari per determinare le relazioni tra il manufatto ed il contesto territoriale al fine di classificare particolari fattori di sensibilità.

#### B1 Caratteristiche dimensionali

B1a. superficie coperta

B1b. altezza gronda

B1c. numero di piani entroterra

B1d. numero di piani fuori terra

B1e. eidotipo

Nota esplicativa.

Per eidotipo si intende uno schizzo fatto a mano libera o a «filo di ferro» in cui sono rappresentate piante, prospetti e sezioni del manufatto, nonché tutti gli elementi del sito e del contesto edilizio che debbono essere messi in evidenza ai fini della valutazione. L'eidotipo, in mancanza del rilievo geometrico, costituirà un modello geometrico semplificato di riferimento sul quale saranno riportate i principali dati dimensionali e le successive informazioni.

B2 Localizzazione

B2a. ambito territoriale

Nota esplicativa.

Riportare se il manufatto è localizzato in un centro urbano, in zona extraurbana, in zona agricola, ecc.

B2b. caratteristiche ambientali geografiche

Nota esplicativa.

Riportare se il manufatto è localizzato in prossimità di fiumi, torrenti, mare, rilievi, zone verdi, ecc.

B2c. caratteristiche ambientali antropiche

Nota esplicativa.

Riportare se il manufatto è localizzato in prossimità di viabilità primaria o secondaria, complessi industriali, cantieri, ecc.

B3 Terreno e fondazioni

B3a. caratteristiche orografiche

Nota esplicativa.

Riportare se il manufatto è localizzato in piano o in prossimità di creste, dirupi, ecc. Indicare la pendenza del terreno (espressa in percentuale).

B3b. caratteristiche geomorfologiche

Nota esplicativa.

Riportare le categorie del terreno di fondazione, così come specificato al punto 3.1. delle Linee guida. Indicare inoltre se si è in presenza di corpi franosi.

B3c. modifica dei suoli

Nota esplicativa.

Indicare gli eventuali fenomeni di modifica dello stato dei suoli e le loro cause (modifica delle falde, dilavamento, rottura di condotte idriche, prosciugamento dei terreni, scavi, rilevati, ecc.).

## B4 Analisi dell'aggregato edilizio

### B4a. complesso architettonico

Nota esplicativa.

Vedi la definizione di complesso architettonico (CA) del cap. 4. Specificare se il bene è un complesso architettonico isolato o aggregato e quanti e quali sono i corpi di fabbrica costituenti. Definire attraverso un eidotipo i rapporti dimensionali in pianta e alzato delle diverse parti costituenti il complesso architettonico. Si intende per complesso architettonico un sistema di più corpi di fabbrica collegati fisicamente tra loro a formare un'entità spaziale circoscritta.

### B4b. parte di un complesso architettonico

Nota esplicativa.

Vedi la definizione di corpo di fabbrica (CF) del cap. 4. Specificare se il bene è parte di un complesso architettonico e definirne i rapporti (edificio d'angolo, di testata, contiguo, ecc.).

## B5 Accessibilità

Nota esplicativa.

Riportare se il manufatto è accessibile, completamente o parzialmente, oppure inaccessibile per cause intrinseche (crolli, inagibilità, sigilli, ecc.) o estrinseche (frane, inaccessibilità viaria, detriti, ecc.)

## B6 Stato di utilizzo

Nota esplicativa.

Riportare se il manufatto è utilizzato completamente o solo parzialmente. Inoltre deve essere precisata la frequenza d'uso, secondo le seguenti categorie: molto frequente (frequentazione giornaliera), frequente (frequentazione almeno settimanale), saltuario o non utilizzato (utilizzo sporadico).

## **MODULO C - Morfologia degli Elementi**

Ha lo scopo di individuare e descrivere gli elementi strutturali, attraverso il riconoscimento della morfologia, della tipologia, delle tecniche costruttive e dei materiali.

### C1 Codifica degli elementi strutturali

Nota esplicativa.

Individuare gli elementi strutturali identificandoli a livello planimetrico con codici alfa-numeriche progressivi, secondo le seguenti categorie:

V. elementi verticali (setti murari, pilastri, colonne)

O. Orizzontamenti (solai e coperture)

S. Collegamenti verticali (scale e rampe)

PO. Elementi portanti orizzontali (archi, architravi, piattabande)

### C2 Ispezionabilità

Nota esplicativa.



Per ogni elemento codificato al punto C1 specificare se è ispezionabile, parzialmente ispezionabile, non ispezionabile.

### C3. Morfologia

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descriverne la morfologia:

V. elementi verticali: pilastro, colonna, setto continuo.

O. orizzontamenti: piano, inclinato, resistente per forma.

S. collegamenti verticali: rettilineo, curvo, elicoidale.

PO. elementi portanti orizzontali: orizzontali, curvi.

### C4. Tipologia elementi strutturali

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia costruttiva, secondo vocabolari elaborati a livello regionale. A titolo esemplificativo:

V. elementi verticali: portante in blocchi, in laterizio, monolitico, tamponatura in laterizio, in legno, non visibile, ecc.

O. orizzontamenti: solaio a orditura semplice, doppia, composta, soletta, volta a crociera, a botte, non visibile, ecc.

S. collegamenti verticali: rampa semplice su travi, su volta a botte, su volta rampante, ecc.

PO. elementi portanti orizzontali: arco a tutto sesto, ribassato ogivale, piattabanda, architrave, non visibile, ecc.)

### C5 Tipologia finiture

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia delle finiture, secondo vocabolari elaborati a livello regionale. A titolo esemplificativo: intonaco, rivestimento lapideo, ligneo, ceramico, controsoffitto, struttura a vista, ecc. Specificare la finitura per l'interno e l'esterno, per l'intradosso e l'estradosso.

### C6 Tecnica costruttiva elementi strutturali

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia costruttiva, secondo vocabolari elaborati a livello regionale.

Le murature andranno analizzate stilando moduli schedografici che dovranno contenere:

- descrizione delle caratteristiche materiche dei componenti, rapporti geometrici tra altezza del blocco e spessore del giunto orizzontale, disposizione e allineamenti desumibili dall'analisi della tessitura e dell'apparecchiatura muraria;

- valutazioni dell'ingranamento dei blocchi (disposizioni di elementi di fascia e di punta), stato di conservazione e livello di disorganizzazione della muratura;

#### C7 Tecnica costruttiva finiture

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 descrivere la tipologia costruttiva, secondo vocabolari elaborati a livello regionale.

#### C8 Parametri meccanici

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 riportare i parametri meccanici dei materiali ottenuti da indagini diagnostiche eseguite sulla fabbrica o per analogia.

gn = resistenza media a compressione

t0 = resistenza a taglio

E = valore medio di elasticità normale

G = valore medio di elasticità tangenziale

W = peso specifico medio

#### C9 Elementi di pregio storico artistico

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1 individuare e descrivere eventuali elementi di pregio storico artistico: apparati decorativi (fregi, cornici, affreschi, dipinti, stemmi, elementi scultorei, ecc.), tecniche costruttive antiche (intonaci, rivestimenti, travature, elementi metallici, particolari tessiture murarie), elementi mobili addossati (arazzi, quadri, altari, statue, tabernacoli, ecc.).

#### C10 Materiali finiture

Nota esplicativa.

Per ogni elemento codificato al punto C1, e per gli eventuali elementi di pregio in esso presenti, identificare i materiali attraverso analisi a vista o prove di laboratorio se disponibili.

### **MODULO D - Stato di Conservazione**

Classifica e descrive i fenomeni di danno dei singoli elementi strutturali.

#### D1. danno strutturale

##### D1a. pannelli murari

[ ] fuori piombo

[ ] spanciamiento

[ ] traslazione verticale

[ ] traslazione orizzontale

fessurazioni superficiali (specificare profondità/spessore murario)

fessurazioni passanti

lesioni isolate o diffuse

crollo

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1. Per le lesioni la valutazione va intesa come rilevamento della posizione delle cuspidi e della gola, distanza massima tra i cigli fessurativi e relativo scostamento dei cigli fessurativi fuori dal piano.

D1b. strutture resistenti per forma

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1. Valutazione del meccanismo di danno/meccanismo di collasso. Quantificazione e posizionamento delle fessurazioni.

D1c. orizzontamenti

valutazione a vista dei difetti (secondo classificazione a vista del legname in opera)

rottura fragile

entità dell'appoggio

disallineamento appoggi

deformazione ( $F/L > 1/300$ ;  $F/L > 1200$ ;  $F/L \gg 1200$ )

crollo

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1.

D1d. strutture in legno articolate

valutazione a vista dei difetti (secondo classificazione a vista del legname in opera)

qualità delle unioni e delle giunzioni

rottura fragile

rotazione fuori dal piano di appartenenza della struttura

inflessione

crollo

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1.

D2. danno materico

D2a. strutture murarie

distacco

erosione

disgregazione

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1. Vedi anche il lessico delle Raccomandazioni Normal 1/88. Specificare in percentuale l'estensione della superficie del danno.

D2b. strutture in legno semplici e articolate

marcescenza

rosume

Nota esplicativa.

Da individuare per ogni elemento come codificato al punto C1. Vedi anche il lessico delle Raccomandazioni Normal 1/88. Specificare in percentuale l'estensione della superficie del danno.

D3 Cause del danno

D3a. cause intrinseche

umidità

cicli termici

deflusso acque meteoriche

vegetazione

non valutabile

D3b. cause estrinseche

eventi sismici

frane/alluvioni

scoppi/incendi

azioni antropiche

non valutabile

D4 Analisi dei dettagli strutturali

efficienza dei nodi delle strutture multiasta

efficienza del collegamento fra pareti ortogonali

[ ] efficienza del collegamento fra solai e pareti

[ ] presenza di cordoli di piano

[ ] architravi con resistenza flessionale

[ ] elementi strutturali spingenti

[ ] catene, ritegni, contrafforti

[ ] presenza di elementi ad elevata vulnerabilità

D5 Interazioni fra Unità Strutturali

[ ] grado di vincolo agli elementi contigui

[ ] azioni degli elementi contigui

## **Allegato B** **L'analisi strutturale delle costruzioni storiche in muratura**

Al fine della corretta modellazione meccanica di una costruzione storica in muratura, è opportuno conoscere il funzionamento dei diversi elementi che la compongono: il materiale muratura, il suo utilizzo nei diversi elementi costruttivi e le modalità di connessione tra questi nella formazione dell'intera costruzione.

### **La muratura**

La muratura è un materiale composito costituito dall'assemblaggio di elementi, che possono essere naturali (pietre erratiche, a spacco, sbozzate o squadrate) o artificiali (laterizi). Le variabili caratteristiche sono: il materiale costituente gli elementi (pietra, laterizio, terra cruda, ecc., usati anche in modo misto); le dimensioni e la forma degli elementi; la tecnica di assemblaggio (a secco o con giunti di malta); la tessitura, ovvero la disposizione geometrica degli elementi nel paramento murario; ulteriori dettagli (listatura, uso di scaglie, ecc.). La risposta meccanica di questo materiale composito dipende da tutte queste variabili.

Gli elementi hanno in genere un comportamento elasto-fragile, con una resistenza a trazione minore rispetto a quella a compressione, ma comunque significativa. La malta presenta un comportamento elasto-fragile in trazione, con resistenza molto inferiore a quella degli elementi ed, in assoluto, molto bassa; in compressione e taglio il suo comportamento è duttile e fortemente non lineare. La risposta meccanica dei giunti è fortemente influenzata dall'attrito e presenta forti non linearità. Le caratteristiche meccaniche della muratura dipendono non solo dai parametri di resistenza e deformabilità dei materiali costituenti, ma anche dai loro valori relativi (in particolare, i diversi moduli elastici degli elementi e della malta).

Nella muratura gli elementi sono disposti per strati successivi, in genere ad andamento orizzontale; ciò determina la formazione di giunti principali continui e di giunti secondari, al contatto tra due elementi adiacenti, discontinui in quanto opportunamente sfalsati (ingranamento). L'orientamento dei giunti principali è in genere ortogonale alle sollecitazioni di compressione prevalenti, al fine di ottimizzare il comportamento della muratura sotto carichi di esercizio. Tuttavia, i giunti principali diventano potenziali piani di discontinuità, con conseguenze sulla resistenza del solido murario, in presenza di sollecitazioni di trazione e taglio dovute all'azione sismica. In questi casi l'attrito, generato sui giunti dalle tensioni normali di compressione associate alle forze inerziali, contribuisce alla resistenza ed alla dissipazione.

L'ingranamento nel piano della muratura influisce sul comportamento a taglio; in generale, esso è funzione del rapporto medio tra la base e l'altezza degli elementi e dei criteri di sfalsamento dei giunti

secondari. La costituzione della muratura nella sezione influenza la resistenza a compressione e il comportamento fuori dal piano; nel caso di murature a due o più paramenti, parametro è significativa la presenza di elementi passanti che creino una connessione tra i due paramenti esterni (diatoni).

La risposta sismica di una struttura in muratura non dipende unicamente dal materiale impiegato, ma anche da diversi aspetti tecnologici, ed in particolare dai collegamenti tra gli elementi strutturali.

Le costruzioni storiche in muratura, infatti, sono generalmente costituite da sistemi più o meno complessi di pareti e orizzontamenti (solai lignei, volte). Le pareti possono essere considerate come elementi strutturali bidimensionali, che per la scarsa resistenza a trazione della muratura presentano una risposta molto diversa ad azioni orizzontali nel piano e fuori dal piano. La qualità della risposta globale è funzione sia del corretto dimensionamento delle pareti sia della capacità del sistema di trasferire le azioni tra tali elementi (connessione tra le pareti verticali; connessione dei solai alle pareti). L'efficacia dei collegamenti tra pareti verticali è principalmente legata all'ammorsamento nelle zone di connessione; inoltre, un contributo significativo può derivare dalla presenza di catene metalliche o di altri dispositivi puntuali. L'efficacia dei collegamenti tra le pareti e i solai è funzione del sistema di appoggio (dimensione della superficie d'appoggio, sagomatura della testa delle travi, connessioni metalliche).

### **La modellazione strutturale**

La modellazione e la verifica delle strutture storiche in muratura è quindi un problema complesso per la difficoltà di considerare adeguatamente la geometria, i materiali e le condizioni di vincolo interno. A tutto questo si aggiunge l'evolversi delle vicende storiche attraverso le quali si è formata e trasformata la costruzione; inoltre, spesso questa è inserita in agglomerati urbani complessi, nei quali è difficile distinguere edifici isolati o unità costruttive strutturalmente autonome. Questo rende problematica la scelta della scala della modellazione ed, inoltre, la definizione dei confini spaziali e dei vincoli della struttura.

Il riconoscimento della struttura all'interno della costruzione è particolarmente difficoltoso, in quanto dipende, oltre che dalla sua storia costruttiva, dai carichi applicati e dagli stati di danneggiamento presenti. Quindi, per la definizione di modelli strutturali è spesso necessario disporre di legami costitutivi che considerino il comportamento fortemente non lineare della muratura.

La modellazione strutturale di una costruzione storica in muratura richiede sempre un'approfondita conoscenza (indagine storica, rilievo strutturale e tecnologico, indagini diagnostiche), al fine di scegliere:

la scala spaziale, ovvero quale parte della costruzione è opportuno modellare;

lo schema strutturale, che se possibile deve essere riconosciuto o verificato dalle vicende passate;

il tipo di analisi, condizionato dallo schema strutturale ma anche dalle finalità dell'analisi stessa.

La scelta della scala della modellazione è condizionata da diversi fattori. Nel caso di una costruzione inserita in un contesto di aggregato urbano, sarebbe necessario considerare questo integralmente, ma spesso ciò è improponibile, sia per la difficoltà di accedere e conoscere le parti adiacenti, sia per la complessità e gli oneri computazionali.

Nella definizione dello schema strutturale è opportuno considerare i seguenti fattori: la geometria della struttura; l'interazione tra struttura ed ambiente; le fasi di costruzione e trasformazione; il danneggiamento.

L'analisi della geometria tridimensionale della struttura è finalizzata ad individuare possibili simmetrie o direzioni significative per il suo comportamento globale. In base a queste osservazioni, infatti, spesso la struttura può essere notevolmente semplificata e i suoi gradi di libertà ridotti. Spesso è possibile scegliere sezioni significative della struttura rispetto alle quali svolgere un'analisi piana (es.: la sezione trasversale della navata di una chiesa). Nel caso di strutture simmetriche, è possibile modellare solo una parte della costruzione, pur di assegnare opportune condizioni di vincolo (es.: analisi di metà struttura, nel caso di un sistema arco-piedritto, o di uno spicchio di cupola, grazie alla sua assialsimmetria).

L'interazione tra la struttura e l'ambiente è fondamentale nel caso di costruzioni storiche caratterizzate da una grande rigidità e massa (è il caso, per esempio, di un arco trionfale); in questi casi può risultare

determinante considerare la deformabilità del terreno di fondazione, anche se di ottime caratteristiche, data la notevole rigidezza della struttura.

L'individuazione delle fasi di costruzione e trasformazione (es.: annessioni di nuovi corpi di fabbrica, sopraelevazioni, modifiche interne con demolizioni parziali e ricostruzioni) è fondamentale per due ragioni. In primo luogo gli stati tensionali e deformativi nei diversi elementi dipendono da tale sequenza; tali aspetti possono essere investigati attraverso opportuni metodi di analisi, anche con modelli costitutivi lineari. Inoltre, le parti aggiunte successivamente alla costruzione, anche se appaiono in continuità con il complesso della costruzione, sono spesso strutture in qualche modo indipendenti; è quindi opportuno considerare il corretto grado di collegamento tra le diverse parti del complesso strutturale. In particolare, nel caso degli aggregati complessi nei centri storici, la corretta individuazione delle celle originarie, e distinzione da quelle di accrescimento e di intasamento, consente una più corretta definizione dei vincoli nel modello.

Il riconoscimento dei dissesti presenti nella struttura, attraverso il rilievo del quadro fessurativo e delle deformazioni, è un fattore determinante per la scelta delle strategie di modellazione e di analisi di una costruzione in muratura. Nel caso di stati lesionativi importanti, questi dovranno essere considerati nel modello e, in alcuni casi, la presenza di un meccanismo di dissesto chiaramente riconoscibile, può portare ad identificare il comportamento della costruzione e consentire una modellazione locale di dettaglio.

## **I metodi di analisi**

La complessità delle costruzioni in muratura, costituite da elementi bi e tridimensionali, suggerirebbe il ricorso al metodo degli elementi finiti, in quanto teoricamente in grado di modellare la risposta di geometrie complesse, in condizioni di massima generalità nei vincoli e nei carichi. Nel caso di costruzioni massive è possibile ricorrere ad una modellazione solida tridimensionale degli elementi strutturali; più efficacemente, nel caso frequente di costruzioni costituite da pareti, volte, cupole, risulta spesso conveniente schematizzare la struttura come elementi bidimensionali (con comportamento a piastra o a membrana), in grado di simulare adeguatamente il comportamento nel piano e fuori dal piano. Il comportamento non lineare del materiale costituisce tuttavia un aspetto critico nella modellazione delle costruzioni in muratura.

L'analisi elastica ad elementi finiti può fornire indicazioni utili per una preliminare interpretazione del comportamento. In essa, è indispensabile modellare accuratamente il grado di connessione tra gli elementi (ad esempio, il vincolo interno tra gli elementi di una struttura lignea o tra questi e la struttura muraria di appoggio può essere di difficile identificazione e, in taluni casi, anche unilatero). Inoltre, è opportuno considerare le diverse fasi costruttive della struttura (ad esempio, si pensi allo stato tensionale nella muratura in corrispondenza di una apertura tamponata o in un contrafforte realizzato in fase successiva, come presidio a seguito del manifestarsi di un dissesto).

L'analisi elastica presenta in genere zone nelle quali le tensioni principali di trazione sono superiori all'effettiva resistenza a trazione della muratura. Se queste zone sono di limitata ampiezza, la struttura reale probabilmente ivi presenterà una lieve fessurazione (lesioni fisiologiche) e la soluzione fornita dall'analisi elastica ad elementi finiti può essere ritenuta in una certa misura attendibile; se invece è ragionevole attendersi una significativa redistribuzione delle tensioni a seguito della fessurazione, gli stati tensionali e deformativi ottenuti non sono attendibili e risulta necessario procedere ad una modellazione non lineare, nella quale il comportamento del materiale venga simulato con maggiore precisione (danneggiamento, fessurazione, rottura, degrado di rigidezza e resistenza, attrito).

L'analisi elastica ad elementi finiti è quindi utile per descrivere il comportamento strutturale in esercizio, nel caso di una costruzione non soggetta a dissesti significativi, ma non consente di valutare la sicurezza nei riguardi dello stato limite ultimo. Infatti, il raggiungimento di condizioni limite di rottura del materiale a livello locale (stato tensionale puntuale) non può essere messo in alcun modo in relazione alle condizioni limite ultime della struttura, che comportano in genere la perdita di equilibrio di intere porzioni della costruzione.

Tali limitazioni possono essere concettualmente superate attraverso una modellazione non lineare ad elementi finiti, che consideri sia la non linearità del materiale che quella geometrica. Tuttavia, alle già espresse difficoltà di modellazione di una costruzione reale attraverso gli elementi finiti si aggiungono in questo caso la complessità dei legami costitutivi per la muratura e la scarsa robustezza delle procedure di analisi, che fanno sì che la modellazione non lineare possa essere utilizzata solo se si dispone delle necessarie capacità e competenze; per tale ragione essa non può essere uno strumento imprescindibile per la verifica sismica.

Al fine di verificare la sicurezza nei riguardi di una condizione limite di collasso è possibile fare riferimento a metodi di analisi più semplici ed efficaci, che pur se non in grado di descrivere il comportamento in condizioni di esercizio, possono cogliere le condizioni ultime. In particolare, per l'analisi a collasso delle strutture murarie si ricorre frequentemente all'analisi limite dell'equilibrio, utilizzando sia il teorema statico (analisi incrementale) sia quello cinematico (analisi per cinematismi). Il teorema statico, attraverso l'individuazione di soluzioni equilibrate, ci consente di valutare se la costruzione è sicura in presenza di certi carichi, anche se non viene determinata l'esatta soluzione. L'analisi per cinematismi (che considera la struttura come composta da blocchi rigidi), nel caso in cui questi siano correttamente individuati (anche grazie all'osservazione del danno manifestato), ci fornisce in modo molto semplice una stima attendibile delle risorse ultime della costruzione.

Nel caso della muratura, la validità dei due teoremi è stata dimostrata con riferimento alle seguenti ipotesi: non resistenza a trazione del materiale, infinita resistenza a compressione, limitata deformabilità, assenza di scorrimenti. Tuttavia è possibile tener conto, con opportuni accorgimenti, anche delle situazioni reali, nelle quali le suddette ipotesi non sono completamente rispettate.

La non resistenza a trazione rappresenta sempre un'ipotesi a favore di sicurezza, ovvero essa porta a sottostimare la reale capacità della struttura. Nel caso in cui i piani di rottura siano scelti in corrispondenza di giunti principali della muratura, essendo questi dotati di resistenza a trazione molto limitata, tale sottostima è relativamente contenuta. Al contrario, nel caso in cui i piani di rottura interessino zone di ammassamento tra gli elementi della muratura, tale contributo dovrà essere adeguatamente modellato o dovranno essere selezionati piani di minore resistenza, se si vogliono evitare stime eccessivamente cautelative.

L'infinita resistenza a compressione della muratura è invece un'ipotesi a sfavore di sicurezza, in quanto la condizione ultima non si verifica in corrispondenza di un contatto puntuale tra i blocchi (fatto che comporterebbe una tensione di compressione infinita), ma quando la sezione reagente parzializzata è tale da portare alla rottura per schiacciamento della muratura. Tuttavia, l'analisi limite può ancora essere utilizzata, a patto di considerare un margine geometrico nella posizione delle cerniere che definiscono il cinematismo, opportunamente calibrato in funzione della qualità della muratura.

La limitata deformabilità è un'ipotesi in genere accettabile, almeno nel caso delle costruzioni in muratura di tipo massivo. L'analisi limite valuta la condizione di equilibrio di una struttura labile, costituita dall'assemblaggio di porzioni murarie rigide, ovvero si controlla che questa risulti staticamente determinata sotto i carichi assegnati, prevalentemente grazie alla propria forma; trascurare la deformabilità significa ipotizzare che anche nella configurazione deformata, non determinabile attraverso l'analisi limite, la struttura sia ancora in equilibrio. E' opportuno tuttavia considerare che, nel caso dell'analisi di costruzioni esistenti, la configurazione geometrica che viene determinata attraverso il rilievo geometrico è già quella deformata, per cui l'analisi limite è in grado di valutare le condizioni di sicurezza nello stato attuale.

Infine, l'assenza di scorrimenti tra i conci murari può essere in genere assunta come ipotesi, salvo poi controllare a posteriori che questi non si verifichino in concomitanza delle azioni che vengono valutate nell'analisi. In genere, ad esclusione di rari casi in cui sono presenti elevati carichi concentrati su strutture di grande spessore, le azioni mutue tra i conci murari sono pressoché perpendicolari ai giunti principali (sedi dei possibili scorrimenti) e comunque all'interno del cono d'attrito relativo alle strutture murarie.

Verifiche di resistenza a taglio devono essere eseguite su elementi tozzi, per i quali l'ipotesi di blocco rigido non risulta soddisfatta, essendo superate le condizioni di rottura del materiale prima che si verifichi la perdita di equilibrio. Tale verifica può considerare il solo attrito o, nel caso in cui la malta sia di sufficienti caratteristiche, anche la coesione. In presenza di muratura a blocchi di piccole dimensioni rispetto a quelle dell'elemento strutturale, la verifica ad attrito deve considerare anche meccanismi di rottura «a scaletta».

L'analisi limite può essere utilizzata anche per valutare la capacità sismica, considerando tale azione come un sistema di forze orizzontali, proporzionali alle masse della costruzione attraverso un opportuno moltiplicatore. Tale moltiplicatore può essere messo in relazione all'accelerazione massima del suolo. E' tuttavia noto che l'accelerazione sismica che attiva il meccanismo di collasso, quella per cui compaiono evidenti fessurazioni ed i diversi blocchi iniziano ad oscillare, è inferiore rispetto a quella che produce il vero e proprio collasso; l'azione sismica ha infatti natura dinamica, per cui un sistema labile di blocchi rigidi, pur oscillando, può tornare nella iniziale configurazione di equilibrio se l'impulso che ha attivato il meccanismo ha durata ed energia limitate, ed i successivi impulsi non sono tali da incrementare



ulteriormente gli spostamenti. E' quindi possibile valutare la capacità di spostamento del sistema, prima del vero e proprio collasso, facendo riferimento a configurazioni variate del cinematismo; in tale modo viene valutata una vera e propria curva di capacità del sistema, che rappresenta la resistenza offerta dalla struttura al crescere degli spostamenti. Tale metodo di valutazione della risposta sismica è stato introdotto nell'allegato 11.C dell'Ordinanza e può essere preso come riferimento nel caso in cui si vogliono modellare meccanismi locali di collasso.

### **Allegato C**

#### **Modello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese**

La metodologia considera 28 meccanismi di danno, elencati nel seguito, associati ai diversi macroelementi che possono essere presenti in una chiesa. Attraverso un opportuno modello, descritto al punto 5.4.3, è possibile valutare un indice di vulnerabilità (5.14) e quindi l'indice di sicurezza sismica della chiesa.

In primo luogo è necessario verificare se alcuni macroelementi non sono presenti, ovvero quali meccanismi non si potrebbero verificare nella chiesa a seguito di un sisma, ed a questi assegnare  $\gamma_k=0$ ; agli altri dovrebbe essere attribuito il valore  $\gamma_k=1$ , ad eccezione dei meccanismi 4 e 15 ( $\gamma_k=0.5$ ) e di alcuni meccanismi (10, 11, 12, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26), nei quali si dovrà scegliere un valore  $0.5 < \gamma_k < 1$ , in relazione all'importanza dell'elemento nel contesto della costruzione.

Per ogni meccanismo vengono suggeriti i possibili elementi di presidio antisismico e gli indicatori di vulnerabilità; a queste liste possono essere aggiunti altri elementi che dovessero emergere, a seguito di una specifica conoscenza della costruzione, come significativi per la valutazione del comportamento sismico della chiesa. A ciascun presidio o indicatore di vulnerabilità rilevato deve essere attribuito, rispettivamente, un grado di efficacia o di gravità, con un punteggio da 1 a 3.

Attraverso la tabella 5.1 è possibile ricavare i valori di  $v_{ki}$  e  $v_{kp}$  da utilizzare in (5.14) per il calcolo dell'indice di vulnerabilità.

#### **1 - RIBALTAMENTO DELLA FACCIATA**

Distacco della facciata dalle pareti o evidenti fuori piombo

Presidi antisismici

Presenza di catene longitudinali

Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici)

Ammorsamento di buona qualità tra la facciata ed i muri della navata

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di elementi spingenti (puntoni di copertura, volte, archi)

Presenza di grandi aperture nelle pareti laterali in vicinanza del cantonale

#### **2 - MECCANISMI NELLA SOMMITA' DELLA FACCIATA**

Ribaltamento del timpano, con lesione orizzontale o a V - Disgregazione della muratura o scorrimento del cordolo - Rotazione delle capriate

Presidi antisismici

Presenza di collegamenti puntuali con gli elementi della copertura

Presenza di controventi di falda

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di grandi aperture (rosone)

Presenza di una sommità a vela di grande dimensione e peso

Cordoli rigidi, trave di colmo in c.a., copertura pesante in c.a.

### **3 - MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIATA**

Lesioni inclinate (taglio) - Lesioni verticali o arcuate (rotazione) - Altre fessurazioni o spancamenti

Presidi antisismici

Presenza di una catena in controfacciata

Contrasto laterale fornito da corpi addossati; chiesa inserita in aggregato

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di aperture di grandi dimensioni o in numero elevato (anche se tamponate)

Elevata snellezza (rapporto altezza/larghezza)

### **4 - PROTIRO - NARTECE**

Lesioni negli archi o nella trabeazione per rotazione delle colonne - Distacco dalla facciata - Martellamento

Presidi antisismici

Presenza di catene

Presenza di colonne/pilastrini di adeguata dimensione

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di elementi spingenti (archi, volte)

### **5 - RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA**

Lesioni negli arconi (con eventuale prosecuzione nella volta) - Rotazioni delle pareti laterali - Lesioni a taglio nelle volte - Fuori piombo e schiacciamento nelle colonne

Presidi antisismici

Presenza di paraste o contrafforti esterni

Presenza di corpi annessi adiacenti

Presenza di catene trasversali

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di pareti con elevata snellezza

Presenza di volte e archi

#### **6 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI (RISPOSTA LONGITUDINALE)**

Lesioni inclinate (singole o incrociate) - Lesioni in corrispondenza di discontinuità nella muratura

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di buoni architravi nelle aperture

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore

Cordoli in c.a. molto rigidi, copertura pesante in c.a.

#### **7 - RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO NELLE CHIESE A PIU' NAVATE**

Lesioni negli archi o negli architravi longitudinali - Schiacciamento e/o lesioni alla base dei pilastri - Lesioni a taglio nelle volte delle navate laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene longitudinali

Presenza di contrafforti in facciata

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di volte pesanti nella navata centrale

Copertura pesante in c.a., cappe armate di significativo spessore nelle volte

#### **8 - VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE**

Lesioni nelle volte dell'aula centrale - Sconnessioni delle volte dagli arconi

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

#### **9 - VOLTE DELLE NAVATE LATERALI**

Lesioni nelle volte o sconnessioni dagli arconi o dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

#### **10 - RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITA' DEL TRANSETTO**

Distacco della parete frontale dalle pareti laterali - Ribaltamento o disgregazioni del timpano in sommità

Presidi antisismici

Presenza di catene longitudinali

Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici)

Buon collegamento con la copertura (travi-catena, controventi)

Ammorsamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri laterali

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, travi di colmo in c.a., copertura pesante

Presenza di grandi aperture nella parete frontale (rosone) e/o in quelle laterali

Presenza di una sommità a vela di grande dimensione

#### **11 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO**

Lesioni inclinate (singole o incrociate) - Lesioni attraverso discontinuità

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di buoni architravi nelle aperture

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore

## **12 - VOLTE DEL TRANSETTO**

Lesioni nelle volte o sconnessioni dagli arconi e dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

## **13 - ARCHI TRIONFALI**

Lesioni nell'arco - Scorrimento di conci - Schiacciamento o lesioni orizzontali alla base dei piedritti

Presidi antisismici

Pareti di contrasto efficaci (basso rapporto luce/larghezza aula, transetto, altri corpi di fabbrica)

Presenza di una catena in posizione efficace

Conci di buona fattura e/o adeguato spessore dell'arco

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura pesante in c.a.

Presenza di cupola o tiburio

## **14 - CUPOLA - TAMBURO/TIBURIO**

Lesioni nella cupola (ad arco) con eventuale prosecuzione nel tamburo

Presidi antisismici

Presenza di una cerchiatura esterna, anche a più livelli

Presenza nel tamburo di contrafforti esterni o paraste

Cupola direttamente impostata sugli archi trionfali (assenza del tamburo)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di grandi aperture nel tamburo

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

## **15 - LANTERNA**

Lesioni nel cupolino della lanterna - Rotazioni o scorrimenti dei piedritti

Presidi antisismici

Presenza di catene o di una cerchiatura esterna

Presenza di paraste o contrafforti

Dimensioni contenute rispetto a quelle della cupola

Indicatori di vulnerabilità

Lanterna di elevata snellezza, con grandi aperture e piccoli pilastri

## **16 - RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE**

Lesioni verticali o arcuate nelle pareti dell'abside - Lesioni verticali negli absidi poligonali - Lesione ad U negli absidi semicircolari

Presidi antisismici

Presenza di cerchiatura (semicircolare e poligonale) o catene (rettangolare)

Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati)

Presenza di copertura controventata, non spingente

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di un forte indebolimento per la presenza di aperture (anche tamponate) nelle pareti

Presenza di volte spingenti

Cordoli rigidi, copertura pesante, puntoni di falda in c.a

## **17 - MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDE**

Lesioni inclinate (singole o incrociate) - Lesioni in corrispondenza di discontinuità murarie

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di buoni architravi nelle aperture

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore

## **18 - VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDE**

Lesioni nelle volte o sconnessioni dagli arconi o dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

### **19 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - PARETI LATERALI DELL'AULA**

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse - Sconnessioni tra cordoli e muratura - Movimenti significativi del manto di copertura

Presidi antisismici

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Presenza di collegamenti delle travi alla muratura

Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)

Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura staticamente spingente

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

### **20 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - TRANSETTO**

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse - Sconnessioni tra i cordoli e muratura - Movimenti significativi del manto di copertura

Presidi antisismici

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Presenza di collegamenti delle travi alla muratura

Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)

Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura staticamente spingente

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

## **21 - MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA - ABSIDE E PRESBITERIO**

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse - Sconnessioni tra i cordoli e muratura  
- Movimenti significativi del manto di copertura

Presidi antisismici

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Presenza di collegamenti delle travi alla muratura

Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)

Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura staticamente spingente

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

## **22 - RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE**

Distacco della parete frontale dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, edifici addossati)

Presenza di cerchiatura o incatenamento

Ammorsamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri laterali

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di forte indebolimento per la presenza di aperture nelle pareti

## **23 - MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DELLE CAPPELLE**

Lesioni inclinate (singole o incrociate) - Lesioni in corrispondenza di discontinuità murarie

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di buoni architravi nelle aperture

Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante

Presenza di grandi aperture (anche tamponate), muratura di limitato spessore

## **24 - VOLTE DELLE CAPPELLE**



Lesioni nelle volte o sconnessioni dalle pareti laterali

Presidi antisismici

Presenza di catene in posizione efficace

Presenza di rinfianchi o frenelli

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura

Volte in foglio, specialmente se molto ribassate

Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte

## **25 - INTERAZIONI IN PROSSIMITA' DI IRREGOLARITA' LANO-ALTIMETRICHE**

Movimento in corrispondenza di discontinuità costruttive - Lesioni nella muratura per martellamento

Presidi antisismici

Presenza di un'adeguata connessione tra le murature di fasi diverse

Presenza di catene di collegamento

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di un'elevata differenza di rigidità tra i due corpi

Possibilità di azioni concentrate trasmesse dall'elemento di collegamento

## **26 - AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)**

Evidenza di rotazioni permanenti o scorrimento - Lesioni

Presidi antisismici

Presenza di perni di collegamento con la muratura o elementi di ritegno

Elementi di limitata importanza e dimensione

Muratura monolitica (a conci squadrate o comunque di buona qualità)

Indicatori di vulnerabilità

Elementi di elevata snellezza

Appoggio in falso sulle murature sottostanti in falso

Posizione asimmetrica rispetto all'elemento sottostante (specie se l'aggetto ha notevole massa)

## **27- TORRE CAMPANARIA**

Lesioni vicino allo stacco dal corpo della chiesa - Lesioni a taglio o scorrimento - Lesioni verticali o arcuate (espulsione di uno o più angoli)

Presidi antisismici

Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità

Presenza di catene ai diversi ordini

Presenza di adeguata distanza dalle pareti della chiesa (se adiacente)

Presenza buon collegamento con le pareti della chiesa (se inglobata)

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di aperture significative su più livelli

Vincolo asimmetrico sulle murature alla base (torre inglobata)

Appoggio irregolare a terra della torre (presenza di archi su alcuni lati, pareti a sbalzo)

## **28 - CELLA CAMPANARIA**

Lesioni negli archi - Rotazioni o scorrimenti dei piedritti

Presidi antisismici

Presenza di piedritti tozzi e/o archi di luce ridotta

Presenza di catene o cerchiature

Indicatori di vulnerabilità

Presenza di copertura pesante o di altre masse significative

Presenza di copertura spingente

## **Abaco dei meccanismi di collasso delle chiese**

## **Reg. (CE) 25-10-2012 n. 1025/2012**

REGOLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO sulla normazione europea, che modifica le direttive 89/686/CEE e 93/15/CEE del Consiglio nonché le direttive 94/9/CE, 94/25/CE, 95/16/CE, 97/23/CE, 98/34/CE, 2004/22/CE, 2007/23/CE, 2009/23/CE e 2009/105/CE del Parlamento europeo e del Consiglio e che abroga la decisione 87/95/CEE del Consiglio e la decisione n. 1673/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio (Testo rilevante ai fini del SEE).

Pubblicato nella G.U.U.E. 14 novembre 2012, n. L 316.

IL PARLAMENTO EUROPEO E IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA,

visto il trattato sul funzionamento dell'Unione europea, in particolare l'articolo 114,

vista la proposta della Commissione europea,

previa trasmissione del progetto di atto legislativo ai parlamenti nazionali,

visto il parere del Comitato economico e sociale europeo,

deliberando secondo la procedura legislativa ordinaria,

considerando quanto segue:

(1) L'obiettivo principale della normazione consiste nel definire specifiche tecniche o qualitative volontarie, alle quali prodotti, processi di produzione o servizi attuali o futuri possono conformarsi. La normazione può riguardare svariati elementi come la normazione delle diverse categorie o delle diverse dimensioni di un particolare prodotto o delle specifiche tecniche in mercati di prodotti o di servizi in cui la compatibilità o l'interoperabilità con altri prodotti o sistemi sono essenziali.

(2) La normazione europea è organizzata da e per i soggetti interessati sulla base della rappresentanza nazionale [il comitato europeo di normazione (CEN) e il comitato europeo di normazione elettrotecnica (Cenelec)] e della partecipazione diretta [Istituto europeo per le norme di telecomunicazione (ETSI)] e si fonda sui principi riconosciuti dall'Organizzazione mondiale del commercio (OMC) nel settore della normazione, vale a dire, coerenza, trasparenza, apertura, consenso, applicazione volontaria, indipendenza da interessi particolari ed efficienza («principi fondatori»). Conformemente con i principi fondatori, è importante che tutte le pertinenti parti interessate, incluse le autorità pubbliche e le piccole e medie imprese (PMI), siano adeguatamente coinvolte nel processo di normazione nazionale ed europea. Gli organismi di normazione nazionali dovrebbero altresì incoraggiare e facilitare la partecipazione dei soggetti interessati.

(3) La normazione europea contribuisce anche a promuovere la competitività delle imprese agevolando in particolare la libera circolazione dei beni e dei servizi, l'interoperabilità delle reti, i mezzi di comunicazione, lo sviluppo tecnologico e l'innovazione. La normazione europea rafforza la competitività globale dell'industria europea, specie se attuata in coordinamento con gli organismi di normazione internazionali, nella fattispecie l'Organizzazione internazionale per la standardizzazione (ISO), la Commissione elettrotecnica internazionale (IEC) e l'Unione internazionale delle telecomunicazioni (ITU). Le norme hanno notevoli effetti economici positivi in quanto, ad esempio, promuovono la compenetrazione economica sul mercato interno e incoraggiano lo sviluppo di nuovi e migliori mercati o prodotti e di migliori condizioni di offerta. Le norme possono rafforzare la concorrenza e ridurre i costi di produzione e di vendita, a beneficio dell'intera economia e in particolare dei consumatori. Possono mantenere e migliorare la qualità, fornire informazioni e assicurare l'interoperabilità e la compatibilità, aumentando così la sicurezza e il valore per i consumatori.

(4) Le norme europee sono adottate dalle organizzazioni di normazione europee, ossia il CEN, il Cenelec e l'ETSI.

(5) Le norme europee svolgono un ruolo molto importante nel mercato interno, ad esempio grazie all'uso di norme armonizzate nella presunzione di conformità dei prodotti da immettere sul mercato alle prescrizioni fondamentali relative a tali prodotti stabilite dalla pertinente legislazione dell'Unione sull'armonizzazione. Tali prescrizioni dovrebbero essere definite con precisione al fine di evitare errori di interpretazione da parte delle organizzazioni europee di normazione.

(6) La normazione svolge un ruolo sempre più importante nell'ambito del commercio internazionale e dell'apertura dei mercati. L'Unione dovrebbe cercare di promuovere la cooperazione tra le organizzazioni europee di normazione e gli organismi di normazione internazionali. L'Unione dovrebbe altresì promuovere approcci bilaterali con i paesi terzi al fine di coordinare gli interventi di normazione e promuovere le norme europee, ad esempio nel negoziare accordi o distaccando esperti di normazione nei paesi terzi. L'Unione dovrebbe altresì incoraggiare i contatti tra le organizzazioni europee di normazione e i consessi e i consorzi privati, mantenendo nel contempo la preminenza della normazione europea.

(7) La normazione europea è disciplinata da un quadro normativo specifico che consiste in tre atti legislativi diversi, ovvero la direttiva 98/34/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 22 giugno 1998, che prevede una procedura d'informazione nel settore delle norme e delle regolamentazioni tecniche e delle regole relative ai servizi della società dell'informazione, la decisione n. 1673/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 24 ottobre 2006, relativa al finanziamento della normalizzazione europea e la decisione 87/95/CEE del Consiglio, del 22 dicembre 1986, relativa alla normalizzazione nel settore delle tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni. Il quadro giuridico attuale non è tuttavia più al passo con gli sviluppi occorsi negli ultimi decenni nell'ambito della normazione europea. Per tale motivo l'attuale quadro giuridico deve essere semplificato e adeguato, al fine di coprire nuovi aspetti della normazione e di tenere conto degli ultimi sviluppi e delle sfide future della normazione europea. Questo riguarda in particolare l'elaborazione di più norme per i servizi e l'evoluzione dei prodotti della normazione diversi dalle norme formali.

(8) La risoluzione del Parlamento europeo, del 21 ottobre 2010, sul futuro della normazione europea nonché la relazione del febbraio 2010 del Gruppo di esperti per la revisione del sistema europeo di normazione dal titolo «Normazione per un'Europa competitiva e innovativa: una visione per il 2020» (relazione Express) hanno stabilito un numero importante di raccomandazioni strategiche riguardanti la revisione del sistema europeo di normazione.

(9) Per garantire l'efficacia delle norme e della normazione quali strumenti strategici per l'Unione è necessario poter contare su un sistema di normazione efficace ed efficiente, che fornisca una piattaforma flessibile e trasparente per il raggiungimento del consenso tra tutti i partecipanti e che sia finanziariamente sostenibile.

(10) La direttiva 2006/123/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 12 dicembre 2006, relativa ai servizi nel mercato interno reca disposizioni di carattere generale volte ad agevolare l'esercizio della libertà di stabilimento per i fornitori di servizi e la libera circolazione dei servizi, mantenendo al contempo elevato il loro livello qualitativo. Essa obbliga gli Stati membri a promuovere, in collaborazione con la Commissione, l'elaborazione di norme volontarie europee al fine di agevolare la compatibilità tra servizi forniti da operatori di Stati membri diversi, la fornitura di informazioni al ricevente e la qualità nella fornitura dei servizi. La direttiva 98/34/CE si applica però solo alle norme relative ai prodotti, mentre le norme per i servizi non rientrano esplicitamente nel suo ambito di applicazione. La linea di demarcazione tra servizi e beni sta inoltre perdendo importanza nella realtà del mercato interno. Nella prassi non è sempre possibile distinguere chiaramente le norme per i prodotti dalle norme per i servizi. Molte norme per i prodotti hanno una componente «servizi», mentre le norme per i servizi spesso riguardano in parte anche i prodotti. Di conseguenza è necessario adeguare l'attuale quadro giuridico a tali nuove circostanze ampliandone l'ambito di applicazione alle norme per i servizi.

(11) Come altre norme, le norme per i servizi sono volontarie e dovrebbero basarsi su esigenze del mercato, nell'ambito delle quali prevalgono le necessità degli operatori economici e dei soggetti interessati direttamente o indirettamente da tali norme e dovrebbero tenere conto dell'interesse pubblico e basarsi sui principi fondatori, incluso il consenso. Le norme dovrebbero riguardare innanzitutto servizi collegati a prodotti e processi.

(12) Il quadro giuridico che autorizza la Commissione a chiedere a una o più organizzazioni europee di normazione di elaborare una norma europea o un prodotto della normazione europea per i servizi dovrebbe essere applicato nel pieno rispetto della ripartizione delle competenze tra l'Unione e gli Stati membri quale stabilita nei trattati. Ciò riguarda in particolare gli articoli 14, 151, 152, 153, 165, 166 e 168 del trattato sul funzionamento dell'Unione europea (TFUE) e il protocollo n. 26 sui servizi di interesse

generale allegato al trattato sull'Unione europea (TUE) e al TFUE, conformemente al quale rimane di competenza esclusiva degli Stati membri stabilire i principi fondamentali in materia di sicurezza sociale, formazione professionale e sistemi sanitari nonché definire le condizioni quadro per la gestione, il finanziamento, l'organizzazione e la consegna dei servizi forniti nel quadro di tali sistemi, inclusa - fatto salvo l'articolo 168, paragrafo 4, TFUE, e la direttiva 2005/36/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 7 settembre 2005, relativa al riconoscimento delle qualifiche professionali - la definizione dei requisiti e delle norme di qualità e sicurezza a essi applicabili. La Commissione, attraverso tale richiesta, non dovrebbe pregiudicare il diritto di negoziare, concludere e applicare accordi collettivi e di intraprendere azioni sindacali in conformità del diritto e delle prassi nazionali che rispettano il diritto dell'Unione.

(13) Le organizzazioni europee di normazione sono soggette al diritto della concorrenza nella misura in cui possono essere considerati un'impresa o un'associazione di imprese ai sensi degli articoli 101 e 102 TFUE.

(14) All'interno dell'Unione le norme nazionali sono adottate da organismi nazionali di normazione ed è quindi possibile che esse contrastino tra loro creando ostacoli tecnici sul mercato interno. Per tale motivo, sia per il mercato interno che per l'efficacia della normazione nell'Unione, è necessario mantenere l'attuale scambio regolare di informazioni tra gli organismi nazionali di normazione, le organizzazioni europee di normazione e la Commissione in merito alle loro attività attuali e future di normazione, compreso il principio del mantenimento dello status quo applicabile agli organismi nazionali di normazione nel quadro delle organizzazioni europee di normazione, che prevede il ritiro delle norme nazionali dopo la pubblicazione di una nuova norma europea. Gli organismi di normazione nazionali e le organizzazioni europee di normazione dovrebbero altresì osservare le disposizioni in materia di scambio di informazioni di cui all'allegato 3 dell'accordo sugli ostacoli tecnici agli scambi

(15) L'obbligo che incombe agli Stati membri di notificare alla Commissione i loro organismi nazionali di normazione non dovrebbe richiedere l'adozione di una normativa nazionale specifica ai fini del riconoscimento di tali organismi.

(16) Lo scambio regolare di informazioni tra gli organismi nazionali di normazione, le organizzazioni europee di normazione e la Commissione non dovrebbe impedire agli organismi nazionali di normazione di rispettare altri obblighi e impegni, in particolare in riferimento all'allegato 3 dell'accordo sugli ostacoli tecnici agli scambi.

(17) Per rappresentanza di interessi della società e parti della società interessate alle attività di normazione europee si intendono le attività delle organizzazioni e delle parti che rappresentano interessi di grande rilevanza sociale, quali interessi ambientali, dei consumatori o dei lavoratori dipendenti. Tuttavia, per rappresentanza di interessi sociali e parti sociali interessate alle attività di normazione europee si intendono in modo particolare le attività delle organizzazioni e delle parti che rappresentano i diritti fondamentali dei dipendenti e dei lavoratori, ad esempio i sindacati.

(18) Al fine di accelerare il processo decisionale, gli organismi di normazione nazionale e le organizzazioni europee di normazione dovrebbero facilitare l'accesso alle informazioni relative alle loro attività, attraverso la promozione dell'uso di tecnologie di informazione e comunicazione (TIC) nei loro rispettivi sistemi di normazione, ad esempio fornendo a tutti i soggetti interessati uno strumento di consultazione on line di facile utilizzo per l'invio di commenti sui progetti di norme nonché organizzando riunioni virtuali dei comitati tecnici, anche mediante conferenze sul web o videoconferenze.

(19) Le norme possono contribuire, unitamente alla politica dell'Unione, ad affrontare le principali sfide di carattere sociale quali il cambiamento climatico, l'uso sostenibile delle risorse, l'innovazione, l'invecchiamento della popolazione, l'integrazione delle persone con disabilità, la protezione dei consumatori, la sicurezza dei lavoratori e le condizioni di lavoro. Orientando l'elaborazione delle norme europee o internazionali per i prodotti e le tecnologie dei mercati in espansione in tali settori, l'Unione può creare un vantaggio concorrenziale per le sue imprese e agevolare gli scambi, in particolare per le PMI, che rappresentano larga parte delle imprese europee.

(20) Le norme sono strumenti importanti per la competitività delle imprese e specialmente delle PMI, la cui partecipazione al processo di normazione è fondamentale per il progresso tecnologico dell'Unione. Occorre pertanto che il quadro di normazione incoraggi le PMI a partecipare attivamente e a fornire soluzioni tecnologiche innovative alle attività di normazione. Ciò include il miglioramento della partecipazione di tali imprese a livello nazionale, in quanto è su tale piano che esse possono risultare maggiormente efficaci in virtù dei minori costi e dell'assenza di barriere linguistiche. Di conseguenza il presente regolamento dovrebbe migliorare la rappresentanza e partecipazione delle PMI nei comitati

tecnici sia nazionali sia europei e dovrebbe agevolare il reale accesso e la sensibilizzazione alle norme da parte delle imprese in questione.

(21) Le norme europee sono fondamentali per la competitività delle PMI, che però sono in alcuni casi sottorappresentate nelle attività di normazione europee. Il presente regolamento deve quindi agevolare e incoraggiare un'adeguata rappresentanza e partecipazione delle PMI nel processo di normazione europea attraverso un'entità sufficientemente rappresentativa delle PMI e delle organizzazioni che rappresentano le PMI a livello nazionale, nonché in reale contatto con le stesse.

(22) Le norme possono avere un ampio impatto sulla società, in particolare sulla sicurezza e sul benessere dei cittadini, sull'efficienza delle reti, sull'ambiente, sulla sicurezza dei lavoratori e le condizioni di lavoro, sull'accessibilità e su altri settori di importanza pubblica. È necessario quindi garantire che il ruolo e il contributo delle parti della società interessate allo sviluppo delle norme siano potenziati attraverso il sostegno rafforzato delle organizzazioni che rappresentano i consumatori e gli interessi ambientali e sociali.

(23) L'obbligo delle organizzazioni di normazione europee di incoraggiare e facilitare la rappresentanza e l'effettiva partecipazione di tutti i soggetti interessati non comporta alcun diritto di voto per tali soggetti interessati, a meno che tale diritto di voto non sia previsto dal regolamento interno delle organizzazioni di normazione europee.

(24) Il sistema di normazione europeo dovrebbe altresì tenere pienamente conto della Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilità. È quindi importante che le organizzazioni che rappresentano gli interessi dei consumatori rappresentino e includano in misura sufficiente gli interessi delle persone con disabilità. La partecipazione delle persone con disabilità al processo di normazione dovrebbe inoltre essere facilitata con ogni mezzo disponibile.

(25) Considerata l'importanza della normazione quale strumento atto a sostenere la legislazione e le politiche dell'Unione nonché al fine di evitare obiezioni sollevate successivamente alle norme armonizzate, che porterebbero a una loro modifica, è importante che le autorità pubbliche partecipino alla normazione in tutte le fasi dello sviluppo di tali norme laddove possibile, specie nei settori interessati dall'armonizzazione della legislazione dell'Unione per i prodotti.

(26) È opportuno che le norme tengano conto degli impatti ambientali durante l'intero ciclo di vita dei prodotti e dei servizi. Il Centro comune di ricerca (CCR) della Commissione ha elaborato strumenti atti a valutare tali impatti durante l'intero ciclo di vita; essi sono importanti e disponibili al pubblico. Il presente regolamento dovrebbe quindi garantire al CCR la possibilità di svolgere un ruolo attivo nell'ambito del sistema europeo di normazione.

(27) La cooperazione tra la Commissione e il sistema europeo di normazione sarà sostenibile se le future richieste di elaborazione di norme saranno oggetto di un'attenta programmazione. La programmazione potrebbe essere migliorata, soprattutto con il contributo delle parti interessate, incluse le autorità nazionali di vigilanza del mercato, grazie all'introduzione di meccanismi per la raccolta dei pareri e all'agevolazione dello scambio di informazioni tra tutte le parti interessate. Poiché la direttiva 98/34/CE contempla già la possibilità di chiedere alle organizzazioni europee di normazione di sviluppare norme europee, è opportuno provvedere a una programmazione migliore e più trasparente in un programma di lavoro annuale, che contenga una panoramica di tutte le richieste di norme che la Commissione intende presentare agli organismi europei di normazione. Occorre garantire un alto livello di cooperazione tra le organizzazioni europee di normazione, le organizzazioni europee dei soggetti interessati che ricevono il finanziamento dell'Unione sulla base del presente regolamento e la Commissione nella definizione del suo programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione e nella preparazione di richieste di norme, al fine di analizzare l'adeguatezza al mercato dell'oggetto proposto e degli obiettivi strategici fissati dal legislatore, nonché consentire agli organismi di normazione europei di rispondere più rapidamente alle attività di normazione richieste.

(28) Prima di adire il comitato istituito dal presente regolamento in merito a una questione concernente richieste di norme europee o prodotti della normazione europea oppure obiezioni sollevate nei confronti di un norma armonizzata, la Commissione dovrebbe consultare esperti degli Stati membri, ad esempio mediante la partecipazione di comitati istituiti dalla corrispondente legislazione dell'Unione o, laddove tali comitati non esistano, attraverso altre forme di consultazione di esperti del settore.

(29) Numerose direttive che armonizzano le condizioni di commercializzazione dei prodotti specificano che la Commissione può chiedere alle organizzazioni europee di normazione di adottare norme armonizzate sulla base delle quali si presume la conformità alle pertinenti prescrizioni essenziali. Molto spesso tuttavia tali direttive contengono una grande varietà di disposizioni relative alla possibilità di sollevare obiezioni su tali norme qualora esse non coprano o non coprano totalmente tutti i requisiti applicabili. Disposizioni divergenti, che provocano incertezza per gli operatori economici e per le organizzazioni europee di normazione, sono contenute in particolare nella direttiva 89/686/CEE del Consiglio, del 21 dicembre 1989, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale, nella direttiva 93/15/CEE del Consiglio, del 5 aprile 1993, relativa all'armonizzazione delle disposizioni relative all'immissione sul mercato e al controllo degli esplosivi per uso civile, nella direttiva 94/9/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 marzo 1994, concernente il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative agli apparecchi e sistemi di protezione destinati a essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva, nella direttiva 94/25/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 giugno 1994, sul ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri riguardanti le imbarcazioni da diporto, nella direttiva 95/16/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 29 giugno 1995, per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati Membri relative agli ascensori, nella direttiva 97/23/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 29 maggio 1997, per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri in materia di attrezzature a pressione, nella direttiva 2004/22/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 31 marzo 2004, relativa agli strumenti di misura, nella direttiva 2007/23/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 maggio 2007, relativa all'immissione sul mercato di articoli pirotecnici, nella direttiva 2009/23/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 aprile 2009, relativa agli strumenti per pesare a funzionamento non automatico e nella direttiva 2009/105/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 settembre 2009, relativa ai recipienti semplici a pressione. È pertanto necessario comprendere nel presente regolamento la procedura uniforme di cui alla decisione n. 768/2008/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 9 luglio 2008, relativa a un quadro comune per la commercializzazione dei prodotti, eliminare le pertinenti disposizioni di tali direttive, nonché estendere al Parlamento europeo il diritto di opporsi a una norma armonizzata conformemente al presente regolamento.

(30) In occasione dell'acquisto di hardware, software e servizi di tecnologia dell'informazione, le amministrazioni pubbliche dovrebbero usare al meglio tutta la gamma di specifiche tecniche pertinenti, ad esempio selezionando quelle specifiche che possono essere attuate da tutti i fornitori interessati, per favorire la concorrenza e ridurre il rischio di dipendenza da un unico fornitore. La direttiva 2004/17/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 31 marzo 2004, che coordina le procedure di appalto degli enti erogatori di acqua e di energia, degli enti che forniscono servizi di trasporto e servizi postali, la direttiva 2004/18/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 31 marzo 2004, relativa al coordinamento delle procedure di aggiudicazione degli appalti pubblici di lavori, di forniture e di servizi, e la direttiva 2009/81/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 13 luglio 2009, relativa al coordinamento delle procedure per l'aggiudicazione di taluni appalti di lavori, di forniture e di servizi nei settori della difesa e della sicurezza da parte delle amministrazioni aggiudicatrici/degli enti aggiudicatori e il regolamento (CE/Euratom) n. 2342/2002 della Commissione, del 23 dicembre 2002, recante modalità d'esecuzione del regolamento (CE/Euratom) n. 1605/2002 del Consiglio che stabilisce il regolamento finanziario applicabile al bilancio generale delle Comunità europee sottolineano che le specifiche tecniche degli appalti pubblici devono essere elaborate facendo riferimento a norme nazionali che attuano norme europee, omologazioni tecniche europee, specifiche tecniche comuni, norme internazionali, altri sistemi di riferimento tecnici istituiti dagli organismi europei di normazione oppure, se non esistono, a norme nazionali, omologazioni tecniche nazionali o specifiche tecniche nazionali relative alla progettazione, al calcolo e all'esecuzione delle opere nonché all'uso dei prodotti, o equivalenti. Le specifiche tecniche delle TIC, tuttavia, sono spesso elaborate da altre organizzazioni di elaborazione delle norme e non rientrano in nessuna delle categorie di norme e omologazioni di cui alle direttive 2004/17/CE, 2004/18/CE, 2009/81/CE o al regolamento (CE/Euratom) n. 2342/2002. Di conseguenza è necessario fornire la possibilità di fare riferimento, nelle specifiche tecniche degli appalti pubblici, a specifiche tecniche delle TIC, al fine di reagire alla rapida evoluzione nel settore di tali tecnologie, di agevolare la fornitura di servizi transfrontalieri e di promuovere la concorrenza, l'interoperabilità e l'innovazione.

(31) Le specifiche tecniche non adottate dalle organizzazioni europee di normazione non hanno uno status equivalente alle norme europee. Talune specifiche tecniche delle TIC non sono elaborate conformemente ai principi fondatori. Per tali motivi il presente regolamento dovrebbe stabilire una procedura di identificazione delle specifiche tecniche delle TIC, cui si potrebbe fare riferimento negli appalti pubblici, effettuando un'ampia consultazione di una vasta gamma di soggetti interessati, compresi le organizzazioni europee di normazione, le imprese e le autorità pubbliche. Il presente regolamento dovrebbe inoltre stabilire prescrizioni sotto forma di un elenco di criteri per dette specifiche tecniche e per i relativi processi di elaborazione. I criteri che costituiscono dei requisiti per il riconoscimento di specifiche

tecniche delle TIC dovrebbero garantire il rispetto degli obiettivi di interesse pubblico e le esigenze della società e dovrebbero inoltre essere basate sui principi fondatori.

(32) Per promuovere l'innovazione e la concorrenza, l'identificazione di una determinata specifica tecnica non dovrebbe impedire che un'altra specifica tecnica sia identificata secondo le disposizioni del presente regolamento. Qualsiasi identificazione dovrebbe essere subordinata al rispetto dei criteri e al fatto che la specifica tecnica in questione abbia raggiunto un livello significativo di accettazione da parte del mercato.

(33) Le specifiche tecniche identificate delle TIC potrebbero contribuire all'attuazione della decisione n. 922/2009/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 settembre 2009, sulle soluzioni di interoperabilità per le pubbliche amministrazioni europee (ISA) che istituisce, per il periodo 2010-2015, un programma sulle soluzioni di interoperabilità per le amministrazioni pubbliche europee e le istituzioni e gli organi dell'Unione e che fornisce soluzioni comuni e condivise per agevolare l'interoperabilità.

(34) Nel settore delle TIC si possono creare situazioni in cui è opportuno promuovere l'impiego o esigere il rispetto di pertinenti norme a livello dell'Unione, al fine di garantire l'interoperabilità nel mercato unico e migliorare la libertà di scelta per gli utenti. In altre circostanze può succedere che determinate norme europee non soddisfino più le esigenze dei consumatori oppure ostacolano lo sviluppo tecnologico. Per tali motivi la direttiva 2002/21/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 7 marzo 2002, che istituisce un quadro normativo comune per le reti e i servizi di comunicazione elettronica consente alla Commissione, qualora necessario, di chiedere alle organizzazioni europee di normazione di elaborare norme, di fissare e pubblicare nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea un elenco di norme o specifiche al fine di promuoverne l'impiego oppure di rendere la loro applicazione obbligatoria o di eliminare dal suddetto elenco norme o specifiche.

(35) Il presente regolamento non dovrebbe impedire alle organizzazioni europee di normazione di continuare a elaborare norme nel settore delle TIC e di intensificare la loro cooperazione con altri organismi di elaborazione delle norme, specialmente nel campo delle TIC, al fine di garantire coerenza ed evitare la frammentazione o la duplicazione durante l'attuazione di norme e specifiche.

(36) La procedura per l'identificazione delle specifiche tecniche delle TIC di cui al presente regolamento non dovrebbe pregiudicare la coerenza del sistema di normazione europeo. Il presente regolamento dovrebbe pertanto stabilire altresì le condizioni per cui si può considerare che una specifica tecnica non sia in conflitto con altre norme europee.

(37) Prima di identificare le specifiche tecniche delle TIC cui è possibile fare riferimento negli appalti pubblici, la piattaforma multilaterale istituita dalla decisione della Commissione del 28 novembre 2011 dovrebbe essere utilizzata come forum di consultazione dei soggetti interessati europei e nazionali, delle organizzazioni europee di normazione e degli Stati membri al fine di garantire la legittimità di tale processo.

(38) La decisione n. 1673/2006/CE istituisce le regole riguardanti il contributo dell'Unione al finanziamento della normazione europea al fine di garantire che le norme europee e altri prodotti della normazione europea siano elaborati e riveduti a sostegno degli obiettivi, della legislazione e delle politiche dell'Unione. Ai fini della semplificazione amministrativa e di bilancio, è opportuno incorporare le disposizioni di tale decisione nel presente regolamento e utilizzare, ove possibile, le procedure meno onerose.

(39) Tenuto conto dell'ampiezza dell'area d'intervento della normazione europea a sostegno della legislazione e delle politiche dell'Unione e dei vari tipi di attività di normazione, è necessario prevedere diverse modalità di finanziamento. Si tratta principalmente di sovvenzioni senza invito a presentare proposte per le organizzazioni europee di normazione e gli organismi nazionali di normazione, secondo il disposto dell'articolo 110, paragrafo 1, secondo comma, del regolamento (CE/Euratom) n. 1605/2002 del Consiglio, del 25 giugno 2002, che stabilisce il regolamento finanziario applicabile al bilancio generale delle Comunità europee e dell'articolo 168, paragrafo 1, lettera d), del regolamento (CE/Euratom) n. 2342/2002. Inoltre, le stesse disposizioni dovrebbero applicarsi agli organismi che, pur non essendo riconosciuti come organizzazioni europee di normazione nell'ambito del presente regolamento, hanno ricevuto mandato in un atto di base e sono stati incaricati di svolgere lavori preliminari a sostegno della normazione europea, in cooperazione con le organizzazioni europee di normazione.

(40) Nella misura in cui le organizzazioni europee di normazione forniscono un costante sostegno alle attività dell'Unione, è opportuno che dispongano di segreterie centrali efficaci e efficienti. La Commissione



dovrebbe dunque poter concedere sovvenzioni a tali organizzazioni che perseguono uno scopo d'interesse generale europeo, senza applicare, nel caso delle sovvenzioni per il funzionamento, il principio della riduzione annuale di cui all'articolo 113, paragrafo 2, del regolamento (CE/Euratom) n. 1605/2002.

(41) La decisione n. 1639/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 24 ottobre 2006, che istituisce un programma quadro per la competitività e l'innovazione (2007-2013), la decisione n. 1926/2006/CE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 18 dicembre 2006, che istituisce un programma d'azione comunitaria in materia di politica dei consumatori (2007-2013) e il regolamento (CE) n. 614/2007 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 23 maggio 2007, riguardante lo strumento finanziario per l'ambiente (LIFE+) forniscono già la possibilità di sostenere finanziariamente le organizzazioni europee che rappresentano gli interessi delle PMI, dei consumatori e dell'ambiente nell'ambito della normazione, mentre sovvenzioni specifiche sono versate alle organizzazioni europee che rappresentano gli interessi sociali nella normazione. L'attività di finanziamento a norma della decisione n. 1639/2006/CE, della decisione n. 1926/2006/CE e del regolamento (CE) n. 614/2007 terminerà il 31 dicembre 2013. Per lo sviluppo della normazione europea è essenziale continuare a promuovere e incoraggiare la partecipazione attiva delle organizzazioni europee che rappresentano gli interessi delle PMI, dei consumatori, gli interessi ambientali e sociali. Tali organizzazioni perseguono obiettivi di interesse generale europeo e costituiscono, in virtù del mandato specifico ricevuto dalle organizzazioni nazionali senza scopo di lucro, una rete europea che rappresenta le organizzazioni senza scopo di lucro attivi negli Stati membri e promuove principi e politiche coerenti con gli obiettivi dei trattati. A causa del contesto in cui agiscono e dei loro obiettivi statutari, le organizzazioni europee che rappresentano le PMI, i consumatori e gli interessi sociali e ambientali nella normazione europea svolgono un ruolo permanente che è essenziale per gli obiettivi e per le politiche dell'Unione. La Commissione dovrebbe pertanto poter continuare a concedere sovvenzioni a tali organizzazioni senza applicare, nel caso delle sovvenzioni per il funzionamento, il principio della riduzione annuale di cui all'articolo 113, paragrafo 2, del regolamento (CE/Euratom) n. 1605/2002.

(42) Il finanziamento delle attività di normazione dovrebbe poter coprire anche attività preparatorie o accessorie all'istituzione di norme europee o di prodotti della normazione europea per i prodotti e per i servizi. Si tratta in particolare di attività di ricerca, elaborazione dei documenti preparatori alla legislazione, dello svolgimento di prove interlaboratorio, della convalida o della valutazione di norme. Inoltre, la promozione della normazione a livello europeo e internazionale dovrebbe essere proseguita attraverso programmi di cooperazione e di assistenza tecnica ai paesi terzi. Per migliorare l'accesso ai mercati e rafforzare la competitività delle imprese dell'Unione europea è opportuno quindi prevedere la possibilità di concedere sovvenzioni ad altri organismi tramite inviti a presentare proposte o, se del caso, bandi di gara.

(43) Il finanziamento dell'Unione deve essere volto a stabilire norme europee e prodotti della normazione europea per i prodotti e per i servizi, ad agevolarne l'uso da parte delle imprese grazie a un sostegno rafforzato per la loro traduzione nelle varie lingue ufficiali dell'Unione, al fine di consentire alle PMI di beneficiare appieno della comprensione e dell'applicazione delle norme europee, a rafforzare la coesione del sistema europeo di normazione e a garantire un accesso equo e trasparente alle norme europee per tutti gli operatori del mercato nell'intera Unione. Ciò è particolarmente importante nei casi in cui l'applicazione delle norme consente di rispettare la pertinente legislazione dell'Unione.

(44) Per garantire l'attuazione efficace del presente regolamento è opportuno poter disporre delle competenze necessarie, in particolare in materia di revisione e gestione finanziaria, nonché dei mezzi di sostegno amministrativo atti ad agevolarne l'esecuzione, e valutare a scadenza regolare la pertinenza delle attività oggetto del finanziamento dell'Unione per accertarne utilità e impatto.

(45) È altresì opportuno adottare i provvedimenti adeguati per evitare le frodi e le irregolarità e per recuperare i fondi versati indebitamente, in conformità del regolamento (CE/Euratom) n. 2988/95 del Consiglio, del 18 dicembre 1995, relativo alla tutela degli interessi finanziari delle Comunità, del regolamento (Euratom/CE) n. 2185/96 del Consiglio, dell'11 novembre 1996, relativo ai controlli e alle verifiche sul posto effettuati dalla Commissione ai fini della tutela degli interessi finanziari delle Comunità europee contro le frodi e altre irregolarità e del regolamento (CE) n. 1073/1999 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 maggio 1999, relativo alle indagini svolte dall'Ufficio per la lotta antifrode (OLAF).

(46) Al fine di aggiornare l'elenco delle organizzazioni europee di normazione e adeguare i criteri per le organizzazioni che rappresentano le PMI e le parti interessate della società a ulteriori sviluppi relativi alla loro natura di organizzazioni senza scopo di lucro e alla loro rappresentatività, dovrebbe essere delegato alla Commissione il potere di adottare atti conformemente all'articolo 290 TFUE. È di particolare importanza che durante i lavori preparatori la Commissione svolga adeguate consultazioni, anche a livello

di esperti. Nella preparazione e nell'elaborazione degli atti delegati la Commissione dovrebbe provvedere alla contestuale, tempestiva e appropriata trasmissione dei documenti pertinenti al Parlamento europeo e al Consiglio.

(47) Il comitato istituito dal presente regolamento dovrebbe assistere la Commissione in tutte le questioni relative all'attuazione del presente regolamento prestando la dovuta attenzione ai pareri degli esperti del settore.

(48) Al fine di garantire condizioni uniformi di esecuzione del presente regolamento, dovrebbero essere attribuite alla Commissione competenze di esecuzione. Tali competenze dovrebbero essere esercitate conformemente al regolamento (UE) n. 182/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 febbraio 2011, che stabilisce le regole e i principi generali relativi alle modalità di controllo da parte degli Stati membri dell'esercizio delle competenze di esecuzione attribuite alla Commissione .

(49) La procedura consultiva dovrebbe essere seguita per adottare atti di esecuzione riguardanti le obiezioni a norme armonizzate e per le quali i riferimenti alla norma armonizzata in questione non sono ancora stati pubblicati nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, dato che la norma in questione non ha ancora portato alla presunzione di conformità alle prescrizioni fondamentali della legislazione dell'Unione applicabile in tema di armonizzazione.

(50) La procedura d'esame dovrebbe essere seguita per ogni richiesta di normazione presentata presso le organizzazioni europee di normazione e per l'adozione di atti di esecuzione riguardanti le obiezioni a norme armonizzate per le quali i riferimenti alla norma armonizzata in questione sono già stati pubblicati nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, dato che la norma in questione potrebbe avere conseguenze sulla presunzione di conformità alle prescrizioni fondamentali applicabili.

(51) Al fine di conseguire i principali obiettivi del presente regolamento e promuovere procedure decisionali rapide, riducendo nel contempo i tempi complessivi di elaborazione delle norme, si dovrebbe fare per quanto possibile ricorso alle misure procedurali previste dal regolamento (UE) n. 182/2011, che consentono al presidente del comitato pertinente di stabilire un termine entro il quale il comitato dovrebbe elaborare il proprio parere, a seconda dell'urgenza della questione. Inoltre, ove giustificato, il parere del comitato dovrebbe poter essere ottenuto mediante procedura scritta e il silenzio del membro del comitato dovrebbe essere considerato come un tacito accordo.

(52) Poiché gli obiettivi del presente regolamento, in particolare garantire l'efficacia e l'efficienza delle norme e della normazione, quali strumenti politici dell'Unione attraverso la cooperazione con le organizzazioni europee di normazione, gli organismi di normazione nazionali, gli Stati membri e la Commissione; la definizione di norme europee e di prodotti della normazione europea per i prodotti e i servizi a sostegno delle politiche e della legislazione dell'Unione; l'identificazione di specifiche tecniche delle TIC cui sia possibile fare riferimento; il finanziamento della normazione europea e la partecipazione dei soggetti interessati al processo di normazione europea non possono essere conseguiti in misura sufficiente dagli Stati membri e possono dunque, a motivo del loro effetto, essere conseguiti meglio a livello di Unione, quest'ultima può intervenire in base al principio di sussidiarietà sancito dall'articolo 5 TUE. Il presente regolamento si limita a quanto è necessario per conseguire tali obiettivi in ottemperanza al principio di proporzionalità enunciato nello stesso articolo.

(53) È opportuno pertanto modificare di conseguenza le direttive 89/686/CEE e 93/15/CEE e direttive 94/9/CE, 94/25/CE, 95/16/CE, 97/23/CE, 98/34/CE, 2004/22/CE, 2007/23/CE, 2009/23/CE e 2009/105/CE.

(54) È opportuno abrogare la decisione n. 1673/2006/CE e la decisione n. 87/95/CEE,

HANNO ADOTTATO IL PRESENTE REGOLAMENTO:

## CAPO I

### DISPOSIZIONI GENERALI

**Articolo 1** Oggetto

Il presente regolamento stabilisce norme riguardanti la cooperazione tra le organizzazioni europee di normazione, gli organismi nazionali di normazione, gli Stati membri e la Commissione, l'elaborazione di norme europee e prodotti della normazione europea per i prodotti e per i servizi, a sostegno della legislazione e delle politiche dell'Unione, l'identificazione delle specifiche tecniche delle TIC cui è possibile fare riferimento, il finanziamento della normazione europea e la partecipazione dei soggetti interessati alla normazione europea.

## Articolo 2 Definizioni

Ai fini del presente regolamento si intende per:

1) «norma»: una specifica tecnica, adottata da un organismo di normazione riconosciuto, per applicazione ripetuta o continua, alla quale non è obbligatorio conformarsi, e che appartenga a una delle seguenti categorie:

- a) «norma internazionale»: una norma adottata da un organismo di normazione internazionale;
- b) «norma europea»: una norma adottata da un'organizzazione europea di normazione;
- c) «norma armonizzata»: una norma europea adottata sulla base di una richiesta della Commissione ai fini dell'applicazione della legislazione dell'Unione sull'armonizzazione;
- d) «norma nazionale»: una norma adottata da un organismo di normazione nazionale;

2) «prodotto della normazione europea»: qualsiasi altra specifica tecnica, diversa dalle norme europee, adottata da un'organizzazione europea di normazione per applicazione ripetuta o continua, alla quale non è obbligatorio conformarsi;

3) «progetto di norma»: il documento contenente il testo delle specifiche tecniche relative a una determinata materia, predisposto ai fini dell'adozione secondo la procedura di normazione pertinente, quale risulta dai lavori preparatori e qual è distribuito ai fini di inchiesta pubblica o commento;

4) «specifico tecnica»: un documento che prescrive i requisiti tecnici che un determinato prodotto, processo, servizio o sistema deve soddisfare e che stabilisce uno o più tra gli elementi seguenti:

a) le caratteristiche richieste di un prodotto, compresi i livelli di qualità, le prestazioni, l'interoperabilità, la protezione dell'ambiente, la salute, la sicurezza o le dimensioni, comprese le prescrizioni applicabili al prodotto per quanto riguarda la denominazione di vendita, la terminologia, i simboli, le prove e i metodi di prova, l'imballaggio, la marcatura e l'etichettatura, nonché le procedure di valutazione della conformità;

b) i metodi e i processi di produzione relativi ai prodotti agricoli quali definiti all'articolo 38, paragrafo 1, TFUE, ai prodotti destinati all'alimentazione umana e animale, nonché ai medicinali, così come i metodi e i processi di produzione relativi agli altri prodotti, quando abbiano un'incidenza sulle caratteristiche di questi ultimi;

c) le caratteristiche richieste di un servizio, compresi i livelli di qualità, le prestazioni, l'interoperabilità, la protezione dell'ambiente, la salute o la sicurezza, comprese le prescrizioni applicabili al fornitore per quanto riguarda le informazioni da fornire al ricevente, secondo quanto specificato dall'articolo 22, paragrafi da 1 a 3, della direttiva 2006/123/CE;

d) i metodi e i criteri di valutazione della prestazione dei prodotti da costruzione, secondo la definizione dell'articolo 2, punto 1, del regolamento (UE) n. 305/2011 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 9 marzo 2011, che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, in relazione alle loro caratteristiche essenziali;

5) «specifico tecnica delle TIC»: una specifica tecnica nel settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione;

6) «prodotto»: i prodotti di fabbricazione industriale e i prodotti agricoli, compresi i prodotti della pesca;

7) «servizio»: qualsiasi attività economica non salariata, quale definita all'articolo 57 TFUE, fornita normalmente dietro retribuzione;

8) «organizzazione europea di normazione»: un'organizzazione elencata nell'allegato I;

9) «organismo internazionale di normazione»: l'Organizzazione internazionale per la normazione (ISO), la Commissione elettrotecnica internazionale (CEI) e l'Unione internazionale delle telecomunicazioni (UIT);

10) «organismo nazionale di normazione»: un organismo notificato alla Commissione da uno Stato membro conformemente all'articolo 27 del presente regolamento.

a) l'oggetto;

b) la fase raggiunta nell'elaborazione delle norme e dei prodotti della normazione europea;

c) i riferimenti a eventuali norme internazionali sulle quali ci si è basati.

a) assicurano l'accesso ai progetti di norme nazionali in modo che tutte le parti interessate, in particolare quelle stabilite negli altri Stati membri, abbiano la possibilità di presentare osservazioni;

b) consentono agli altri organismi di normazione nazionali di partecipare passivamente o attivamente inviando un osservatore alle attività programmate.

3. Ogni organizzazione europea di normazione e ogni organismo nazionale di normazione rende disponibile il suo programma di lavoro sul proprio sito web o su qualsiasi altro sito web disponibile al pubblico nonché diffonde un avviso relativo all'esistenza del programma di lavoro disponibile in una pubblicazione nazionale o, se del caso, europea sulle attività di normazione.

4. Al più tardi al momento della pubblicazione del programma di lavoro, ogni organizzazione europea di normazione e ogni organismo nazionale di normazione notifica l'esistenza del programma alle altre organizzazioni europee di normazione e agli organismi nazionali di normazione e alla Commissione. La Commissione rende disponibili tali informazioni agli Stati membri attraverso il comitato di cui all'articolo 22.

5. Gli organismi di normazione nazionali non si possono opporre a che un oggetto di normazione del loro programma di lavoro sia trattato a livello europeo secondo le norme definite dalle organizzazioni europee di normazione e non possono intraprendere alcuna azione che possa pregiudicare una decisione in merito.

6. Durante l'elaborazione di una norma armonizzata, o successivamente alla sua approvazione, gli organismi di normazione nazionali si astengono dall'intraprendere qualsiasi azione potenzialmente pregiudizievole per l'armonizzazione auspicata e, in particolare, si astengono dal pubblicare, in riferimento al settore in questione, una norma nazionale nuova o rivista non completamente in linea con una norma armonizzata esistente. A seguito della pubblicazione di una nuova norma armonizzata tutte le norme nazionali in contrasto con la stessa sono ritirate entro un termine ragionevole.

## CAPO II

### TRASPARENZA E COINVOLGIMENTO DEI SOGGETTI INTERESSATI

#### **Articolo 3** Trasparenza dei programmi di lavoro degli organismi di normazione

1. Ogni organizzazione europea di normazione e ogni organismo nazionale di normazione stabilisce il proprio programma di lavoro almeno una volta l'anno. Il programma di lavoro contiene informazioni sulle norme e sui prodotti della normazione europea che un'organizzazione europea di normazione o un organismo nazionale di normazione intende elaborare o modificare, che sta preparando o modificando e che ha adottato nel periodo del programma di lavoro precedente, a meno che non si tratti di recepimenti identici o equivalenti di norme internazionali o europee.

2. Il programma di lavoro indica, in relazione a ogni norma e prodotto della normazione europea:

#### **Articolo 4** Trasparenza delle norme

1. Ogni organizzazione europea di normazione e ogni organismo nazionale di normazione invia, almeno in forma elettronica, qualsiasi progetto di norma nazionale, di norma europea o di prodotto della normazione europea alle altre organizzazioni di normazione europee, agli organismi nazionali di normazione o alla Commissione, in seguito a una loro richiesta.

2. Ogni organizzazione di normazione europea e ogni organismo nazionale di normazione risponde entro tre mesi a eventuali osservazioni ricevute da qualsiasi altra organizzazione di normazione europea, da qualsiasi organismo nazionale di normazione o dalla Commissione in merito a qualsiasi progetto di cui al paragrafo 1 e ne tiene debitamente conto.

3. Quando un organismo di normazione nazionale riceve osservazioni che indicano che il progetto di norma avrebbe un impatto negativo sul mercato interno, consulta le organizzazioni europee di normazione e la Commissione prima di adottarla.

4. Gli organismi di normazione nazionali:

#### **Articolo 5** Partecipazione dei soggetti interessati alla normazione europea

1. Le organizzazioni europee di normazione incoraggiano e facilitano un'adeguata rappresentanza e un'effettiva partecipazione di tutti i soggetti interessati, incluse le PMI, le organizzazioni ambientaliste e dei consumatori e le parti sociali alle proprie attività di normazione. In particolare esse incoraggiano e facilitano tale adeguata rappresentanza e effettiva partecipazione attraverso le organizzazioni europee dei soggetti interessati che ricevono il finanziamento dell'Unione in conformità con il presente regolamento, a livello di elaborazione delle politiche e nelle fasi seguenti dell'elaborazione di norme europee o di prodotti della normazione europea:

- a) proposta e accettazione dei nuovi lavori;
- b) discussione tecnica delle proposte;
- c) presentazione di osservazioni sui progetti;
- d) revisione delle norme europee o dei prodotti della normazione europea esistenti;
- e) diffusione di informazioni e sensibilizzazione sulle norme europee o sui prodotti della normazione europea adottati.

2. Oltre a collaborare con le autorità di vigilanza del mercato negli Stati membri, le infrastrutture di ricerca della Commissione e le organizzazioni europee dei soggetti interessati che ricevono il finanziamento dell'Unione in conformità con il presente regolamento, le organizzazioni europee di normazione incoraggiano e facilitano un'adeguata rappresentanza, a livello tecnico, di imprese, centri di ricerca, di università e di altri soggetti giuridici nell'ambito delle attività di normazione riguardanti un settore emergente con implicazioni significative a livello strategico e per l'innovazione tecnica, qualora i soggetti giuridici in questione abbiano partecipato a progetti connessi a tale settore e finanziati dall'Unione nell'ambito di un programma quadro pluriennale per attività nel settore della ricerca, dell'innovazione e dello sviluppo tecnologico, adottato ai sensi dell'articolo 182 TFUE.

#### **Articolo 6** Accesso alle norme da parte delle PMI

1. Gli organismi di normazione nazionali incoraggiano e facilitano l'accesso delle PMI alle norme e ai processi di sviluppo delle stesse, al fine di conseguire un più alto livello di partecipazione al sistema di normazione, per esempio tramite:

- a) l'individuazione, nel quadro dei rispettivi programmi di lavoro annuali, di progetti di normazione di particolare interesse per le PMI;
- b) la concessione alle PMI dell'accesso alle attività di normazione senza obbligo di adesione a un organismo di normazione nazionale;
- c) la concessione di un accesso gratuito o di tariffe speciali per partecipare alle attività di normazione;
- d) la concessione dell'accesso gratuito ai progetti di norme;
- e) la messa a disposizione gratuita di estratti di norme sui rispettivi siti Internet;
- f) l'applicazione di tariffe speciali per la fornitura di norme o l'offerta di pacchetti di norme a prezzo ridotto.

2. Gli organismi di normazione nazionali si scambiano le migliori prassi finalizzate a incentivare la partecipazione delle PMI alle attività di normazione nonché ad aumentare e facilitare l'utilizzo delle norme da parte delle PMI.

3. Gli organismi di normazione nazionali trasmettono alle organizzazioni europee di normazione una relazione annuale concernente le attività di cui ai paragrafi 1 e 2 e qualsiasi altro provvedimento posto in essere per migliorare le condizioni di uso delle norme da parte delle PMI e la partecipazione di queste

ultime al processo di elaborazione delle norme. Gli organismi di normazione nazionali pubblicano tali relazioni sui propri siti web.

#### **Articolo 7** Partecipazione delle autorità pubbliche alla normazione europea

Gli Stati membri favoriscono, ove appropriato, la partecipazione delle autorità pubbliche, comprese le autorità di vigilanza del mercato, alle attività nazionali di normazione finalizzate all'elaborazione o alla revisione delle norme richieste dalla Commissione a norma dell'articolo 10.

### **CAPO III**

#### **NORME EUROPEE E PRODOTTI DELLA NORMAZIONE EUROPEA A SOSTEGNO DELLA LEGISLAZIONE E DELLE POLITICHE DELL'UNIONE**

#### **Articolo 8** Programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea

1. La Commissione adotta un programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea, che identifica le priorità strategiche in materia di normazione europea, tenendo conto delle strategie a lungo termine dell'Unione in materia di crescita. Esso indica le norme europee e i prodotti della normazione europea che la Commissione intende chiedere alle organizzazioni europee di normazione a norma dell'articolo 10.

2. Il programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea definisce gli obiettivi e le politiche specifici per le norme europee e per i prodotti della normazione europea che la Commissione intende chiedere alle organizzazioni europee di normazione conformemente all'articolo 10. Nei casi urgenti la Commissione può avanzare una richiesta senza annunciarla in anticipo.

3. Il programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea comprende altresì obiettivi per la dimensione internazionale della normazione europea, a sostegno della legislazione e delle politiche dell'Unione.

4. Il programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea è adottato dopo aver condotto un'ampia consultazione dei soggetti interessati, incluse le organizzazioni europee di normazione e le organizzazioni europee dei soggetti interessati che ricevono il finanziamento dell'Unione in conformità con il presente regolamento e gli Stati membri per mezzo del comitato di cui all'articolo 22 del presente regolamento.

5. Dopo la sua adozione, la Commissione rende il programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea disponibile sul proprio sito web.

#### **Articolo 9** Cooperazione con le infrastrutture di ricerca

Le infrastrutture di ricerca della Commissione contribuiscono all'elaborazione del programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea di cui all'articolo 8 e forniscono alle organizzazioni europee di normazione contributi scientifici, nei rispettivi ambiti di specializzazione, in modo da garantire che le norme europee tengano conto della competitività economica e di esigenze della società quali la sostenibilità ambientale e le istanze in materia di protezione e sicurezza.

#### **Articolo 10** Richieste di normazione alle organizzazioni europee di normazione

1. La Commissione può chiedere, entro i limiti delle competenze stabiliti nei trattati, a una o più organizzazioni europee di normazione di elaborare una norma europea o un prodotto della normazione europea entro una determinata scadenza. Le norme europee e i prodotti della normazione europea sono determinate dal mercato, tengono conto dell'interesse pubblico e degli obiettivi politici chiaramente specificati nella richiesta della Commissione e sono fondati sul consenso. La Commissione stabilisce i requisiti relativi al contenuto che il documento deve rispettare e un termine per la sua adozione.

2. Le decisioni di cui al paragrafo 1 sono adottate conformemente alla procedura di cui all'articolo 22, paragrafo 3, previa consultazione delle organizzazioni europee di normazione e delle organizzazioni europee dei soggetti interessati che ricevono il finanziamento dell'Unione in conformità con il presente regolamento nonché del comitato istituito ai sensi della corrispondente legislazione dell'Unione, qualora tale comitato esista, o previe altre forme di consultazione di esperti del settore.

3. Entro un mese dalla richiesta, l'organizzazione di normazione europea pertinente comunica se accetta la richiesta di cui al paragrafo 1.

4. Qualora sia presentata una richiesta di finanziamento, entro due mesi dall'accettazione della richiesta di cui al paragrafo 3, la Commissione informa le organizzazioni europee di normazione pertinenti in merito alla concessione di una sovvenzione per l'elaborazione di una norma europea o di un prodotto della normazione europea.

5. Le organizzazioni europee di normazione informano la Commissione in merito alle attività svolte inerenti all'elaborazione dei documenti di cui al paragrafo 1. La Commissione valuta, insieme alle organizzazioni europee di normazione, la conformità dei documenti elaborati dalle organizzazioni di normazione europee con la sua richiesta iniziale.

6. Se una norma armonizzata soddisfa le prescrizioni cui intende riferirsi e che sono stabilite nella corrispondente legislazione dell'Unione in materia di armonizzazione, la Commissione pubblica senza indugio un riferimento di tale norma armonizzata sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea o tramite altri mezzi conformemente alle condizioni stabilite nell'atto corrispondente della legislazione dell'Unione in materia di armonizzazione.

#### **Articolo 11** Obiezioni formali alle norme armonizzate

1. Qualora uno Stato membro o il Parlamento europeo ritenga che una norma armonizzata non soddisfi completamente le prescrizioni cui intende riferirsi e che sono stabilite dalla pertinente legislazione dell'Unione in materia di armonizzazione, esso ne informa la Commissione fornendo una spiegazione dettagliata e la Commissione, previa consultazione del comitato istituito dalla corrispondente legislazione dell'Unione in materia di armonizzazione, laddove esista, o previe altre forme di consultazione di esperti del settore, decide di:

a) pubblicare, di non pubblicare o di pubblicare con limitazioni i riferimenti alla norma armonizzata in questione sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea;

b) mantenere, di mantenere con limitazioni o di ritirare i riferimenti alla norma armonizzata in questione nella o dalla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.

2. La Commissione pubblica sul proprio sito web le informazioni relative alle norme armonizzate che sono state oggetto della decisione di cui al paragrafo 1.

3. La Commissione informa l'organizzazione di normazione europea interessata della decisione di cui al paragrafo 1 e, all'occorrenza, richiede la revisione delle norme armonizzate in questione.

4. La decisione di cui al paragrafo 1, lettera a), del presente articolo, è adottata secondo la procedura consultiva di cui all'articolo 22, paragrafo 2.

5. La decisione di cui al paragrafo 1, lettera b), del presente articolo, è adottata secondo la procedura d'esame di cui all'articolo 22, paragrafo 3.

## **Articolo 12** Comunicazione alle organizzazioni dei soggetti interessati

La Commissione istituisce un sistema di comunicazione per tutte i soggetti interessati, incluse le organizzazioni europee di normazione e le organizzazioni europee dei soggetti interessati che ricevono il finanziamento dell'Unione in conformità con il presente regolamento, al fine di garantire un'adeguata consultazione e l'adeguatezza al mercato prima di:

- a) adottare il programma di lavoro annuale dell'Unione per la normazione europea di cui all'articolo 8, paragrafo 1;
- b) approvare le richieste di normazione di cui all'articolo 10;
- c) adottare una decisione in merito alle obiezioni formali a norme armonizzate, secondo quanto indicato all'articolo 11, paragrafo 1;
- d) adottare una decisione in merito all'identificazione delle specifiche tecniche delle TIC di cui all'articolo 13;
- e) adottare atti delegati ai sensi dell'articolo 20.

## **CAPO IV**

### **SPECIFICHE TECNICHE DELLE TIC**

#### **Articolo 13** Identificazione delle specifiche tecniche delle TIC ammissibili per riferimento

1. La Commissione, di propria iniziativa o su proposta di uno Stato membro, può decidere di identificare le specifiche tecniche delle TIC che non sono norme nazionali, europee o internazionali, ma che rispettano le prescrizioni di cui all'allegato II, cui è possibile fare riferimento in primo luogo per consentire l'interoperabilità in materia di appalti pubblici.
2. La Commissione, su proposta di uno Stato membro o di propria iniziativa, quando una specifica tecnica delle TIC identificata ai sensi del paragrafo 1 è modificata, ritirata o non rispetta più le prescrizioni di cui all'allegato II, può decidere di modificare la specifica tecnica delle TIC o di ritirare l'identificazione.
3. Le decisioni di cui ai paragrafi 1 e 2 sono adottate previa consultazione della piattaforma multilaterale europea sulla normazione delle TIC, che comprende le organizzazioni europee di normazione, gli Stati membri e i soggetti interessati, e previa consultazione del comitato istituito dalla corrispondente legislazione dell'Unione, laddove esiste, o previe altre forme di consultazione di esperti del settore, qualora tale comitato non esista.

#### **Articolo 14** Impiego delle specifiche tecniche delle TIC negli appalti pubblici

Le specifiche tecniche delle TIC di cui all'articolo 13 del presente regolamento costituiscono specifiche tecniche comuni a norma delle direttive 2004/17/CE, 2004/18/CE e 2009/81/CE, e del regolamento (CE/Euratom) n. 2342/2002.

## **CAPO V**

### **FINANZIAMENTO DELLA NORMAZIONE EUROPEA**

#### **Articolo 15** Finanziamento delle organizzazioni di normazione da parte dell'Unione

1. Il finanziamento da parte dell'Unione può essere concesso alle organizzazioni europee di normazione per le seguenti attività di normazione:



- a) elaborazione e revisione di norme europee o prodotti della normazione europea necessari e adeguati a sostenere la legislazione e le politiche dell'Unione;
- b) verifica della qualità e della conformità alla corrispondente legislazione e alle politiche dell'Unione delle norme europee o dei prodotti della normazione europea;
- c) svolgimento di attività preliminari o accessorie in relazione alla normazione europea, compresi gli studi, le attività di cooperazione, compresa la cooperazione internazionale, i seminari, le valutazioni, le analisi comparative, le attività di ricerca, i lavori di laboratorio, le prove interlaboratorio, le attività di valutazione della conformità e le misure volte a garantire che i tempi di elaborazione e revisione delle norme europee o dei prodotti della normazione europea siano ridotti lasciando impregiudicati i principi fondatori, in particolare i principi di apertura, qualità, trasparenza e consenso fra tutti i soggetti interessati;
- d) attività delle segreterie centrali delle organizzazioni europee di normazione, compresa la concezione delle politiche, il coordinamento delle attività di normazione, la realizzazione di attività tecniche e la fornitura di informazioni alle parti interessate;
- e) traduzione di norme europee o prodotti della normazione europea impiegati a sostegno della legislazione e delle politiche dell'Unione, verso lingue ufficiali dell'Unione diverse dalle lingue di lavoro delle organizzazioni europee di normazione oppure, in casi debitamente giustificati, verso lingue diverse dalle lingue ufficiali dell'Unione;
- f) redazione di materiale informativo destinato a spiegare, interpretare e semplificare le norme europee o i prodotti della normazione europea, compresa l'elaborazione di guide degli utenti, estratti di norme, informazioni sulle migliori prassi e azioni di sensibilizzazione, strategie e programmi di formazione;
- g) attività finalizzate alla realizzazione di programmi di assistenza tecnica e cooperazione con paesi terzi, promozione e valorizzazione del sistema europeo di normazione e delle norme europee e dei prodotti della normazione europea presso le parti interessate nell'Unione e a livello internazionale.

2. Il finanziamento da parte dell'Unione può anche essere concesso a:

- a) organismi di normazione nazionali per le attività di normazione di cui al paragrafo 1, che essi svolgono congiuntamente con le organizzazioni europee di normazione;
- b) altri organismi incaricati di contribuire alle attività di cui al paragrafo 1, lettera a), o svolgere le attività di cui al paragrafo 1, lettere c) e g), in collaborazione con le organizzazioni europee di normazione.

## **Articolo 16** Finanziamento di altre organizzazioni europee da parte dell'Unione

Il finanziamento da parte dell'Unione può essere concesso alle organizzazioni europee dei soggetti interessati che rispondano ai criteri stabiliti nell'allegato III del presente regolamento per le seguenti attività:

- a) il funzionamento di tali organizzazioni e delle loro attività inerenti alla normazione europea e internazionale, compresa la realizzazione delle attività tecniche e la fornitura di informazioni ai membri e alle altre parti interessate;
- b) la fornitura di consulenza giuridica e tecnica, compresi gli studi, in relazione alla valutazione della necessità e all'elaborazione di norme europee e di prodotti della normazione europea e la formazioni di esperti;
- c) la partecipazione alle attività tecniche relative all'elaborazione e alla revisione di norme europee o prodotti della normazione europea necessari e adeguati a sostenere la legislazione e le politiche dell'Unione;
- d) la promozione delle norme europee e dei prodotti della normazione europea e le informazioni sulle norme e sul loro impiego alle parti interessate, incluse le PMI e i consumatori.

## **Articolo 17** Modalità di finanziamento

1. Il finanziamento dell'Unione è concesso sotto forma di:

- a) sovvenzioni senza invito a presentare proposte, oppure contratti successivi a procedure di appalti pubblici, a:
- i) organizzazioni europee di normazione e organismi di normazione nazionali, per svolgere le attività di cui all'articolo 15, paragrafo 1;
  - ii) organismi identificati da un atto di base, ai sensi dell'articolo 49 del regolamento (CE/Euratom) n. 1605/2002, per svolgere, in collaborazione con le organizzazioni europee di normazione, le attività di cui all'articolo 15, paragrafo 1, lettera c), del presente regolamento;
- b) sovvenzioni in seguito a un invito a presentare proposte, oppure contratti successivi a procedure di appalti pubblici, ad altri organismi di cui all'articolo 15, paragrafo 2, lettera b), per:
- i) contribuire allo sviluppo e alla revisione delle norme europee o dei prodotti della normazione europea di cui all'articolo 15, paragrafo 1, lettera a);
  - ii) svolgere le attività preliminari o accessorie di cui all'articolo 15, paragrafo 1, lettera c);
  - iii) svolgere le attività di cui all'articolo 15, paragrafo 1, lettera g).
- c) sovvenzioni in seguito a un invito a presentare proposte alle organizzazioni europee dei soggetti interessati che rispondano ai criteri stabiliti nell'allegato III del presente regolamento per svolgere le attività di cui all'articolo 16.

2. Le attività degli organismi di cui al paragrafo 1 possono essere finanziate mediante:

- a) sovvenzioni per azioni;
- b) sovvenzioni di funzionamento per le organizzazioni europee di normazione e per le organizzazioni europee dei soggetti interessati che rispondano ai criteri stabiliti nell'allegato III del presente regolamento, nel rispetto delle prescrizioni del regolamento (CE/Euratom) n. 1605/2002. In caso di rinnovo, le sovvenzioni di funzionamento non diminuiscono automaticamente.

3. La Commissione stabilisce le modalità di finanziamento di cui ai paragrafi 1 e 2 nonché gli importi e, se del caso, le percentuali massime di finanziamento per tipo di attività.

4. Eccetto in casi debitamente giustificati, le sovvenzioni concesse per le attività di normazione di cui all'articolo 15, paragrafo 1, lettere a) e b), assumono la forma di importi forfettari e, per le attività di normazione di cui all'articolo 15, paragrafo 1, lettera a), sono versati non appena sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- a) le norme europee o i prodotti della normazione europea richiesti dalla Commissione a norma dell'articolo 10, sono adottati o riveduti entro un periodo che non supera quello specificato nella richiesta indicati in tale articolo;
- b) le PMI, le organizzazioni dei consumatori nonché i soggetti interessati alla tutela dell'ambiente e le parti sociali interessate sono adeguatamente rappresentate e possono partecipare alle attività di normazione europea, secondo quanto indicato all'articolo 5, paragrafo 1.

5. Gli obiettivi comuni di cooperazione e le condizioni amministrative e finanziarie relative alle sovvenzioni destinate alle organizzazioni europee di normazione e alle organizzazioni europee dei soggetti interessati che rispondano ai criteri stabiliti nell'allegato III del presente regolamento sono definiti negli accordi-quadro di partenariato tra la Commissione e tali organizzazioni di normazione e di soggetti interessati, conformemente ai regolamenti (CE/Euratom) n. 1605/2002 e (CE/Euratom) n. 2342/2002. La Commissione informa il Parlamento europeo e il Consiglio della conclusione di tali accordi.

## **Articolo 18** Gestione

Gli stanziamenti stabiliti dall'autorità di bilancio per il finanziamento delle attività di normazione possono coprire anche le spese amministrative riguardanti le attività di preparazione, sorveglianza, controllo, revisione e valutazione direttamente necessarie all'attuazione degli articoli 15, 16 e 17, inclusi studi, riunioni, attività d'informazione e pubblicazione, spese connesse alle reti informatiche per lo scambio d'informazioni nonché qualsiasi altra spesa per l'assistenza amministrativa e tecnica alla quale la Commissione può ricorrere per le attività di normazione.

## **Articolo 19** Tutela degli interessi finanziari dell'Unione

1. In sede di attuazione delle attività finanziate in virtù del presente regolamento, la Commissione assicura la tutela degli interessi finanziari dell'Unione mediante l'applicazione di misure di prevenzione contro le frodi, la corruzione e qualsiasi altra attività illecita, attraverso controlli effettivi e il recupero delle somme indebitamente corrisposte e, nel caso in cui siano riscontrate irregolarità, mediante l'applicazione di sanzioni effettive, proporzionate e dissuasive, secondo quanto disposto dai regolamenti (CE/Euratom) n. 2988/95, (Euratom/CE) n. 2185/96 e (CE) n. 1073/1999.

2. Relativamente alle attività dell'Unione finanziate a norma del presente regolamento, per irregolarità definita all'articolo 1, paragrafo 2, del regolamento (CE/Euratom) n. 2988/95, si intende qualsiasi violazione di una disposizione di diritto dell'Unione o qualsiasi inadempimento contrattuale derivante da un'azione o omissione di un operatore economico che abbia o possa avere l'effetto di arrecare pregiudizio, attraverso una spesa indebita, al bilancio generale dell'Unione o ai bilanci da questa gestiti.

3. Gli accordi e i contratti derivanti dal presente regolamento prevedono il monitoraggio e il controllo finanziario da parte della Commissione o dei rappresentanti da essa autorizzati nonché le revisioni da parte della Corte dei conti europea, che all'occorrenza possono essere condotti sul posto.

## **CAPO VI**

### **ATTI DELEGATI, COMITATO E RENDICONTAZIONE**

#### **Articolo 20** Atti delegati

Alla Commissione è conferito il potere di adottare atti delegati conformemente all'articolo 21 riguardo alle modifiche degli allegati, al fine di:

- a) aggiornare l'elenco delle organizzazioni europee di normazione di cui all'allegato I per tenere conto dei cambiamenti di denominazione o di struttura degli stessi;
- b) adeguare i criteri per le organizzazioni europee dei soggetti interessati stabiliti nell'allegato III del presente regolamento a ulteriori sviluppi relativi alla loro natura di organizzazioni senza scopo di lucro e alla loro rappresentatività. Tali adeguamenti non comportano la creazione di nuovi criteri né la soppressione di criteri esistenti o di categorie di organizzazioni.

#### **Articolo 21** Esercizio della delega

1. Il potere di adottare atti delegati è conferito alla Commissione alle condizioni stabilite nel presente articolo.

2. Il potere di adottare atti delegati di cui all'articolo 20 è conferito alla Commissione per un periodo di cinque anni a decorrere dal 1° gennaio 2013. La Commissione elabora una relazione sulla delega di potere al più tardi nove mesi prima della scadenza del periodo di cinque anni. La delega di potere è tacitamente prorogata per periodi di identica durata, a meno che il Parlamento europeo o il Consiglio non si oppongano a tale proroga al più tardi tre mesi prima della scadenza di ciascun periodo.

3. La delega di potere di cui all'articolo 20 può essere revocata in qualsiasi momento dal Parlamento europeo o dal Consiglio. La decisione di revoca pone fine alla delega di potere ivi specificata. Gli effetti della decisione decorrono dal giorno successivo alla pubblicazione della decisione nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea o da una data successiva ivi specificata. Essa non pregiudica la validità degli atti delegati già in vigore.

4. Non appena adotta un atto delegato, la Commissione ne dà contestualmente notifica al Parlamento europeo e al Consiglio.

5. L'atto delegato adottato ai sensi dell'articolo 20 entra in vigore solo se né il Parlamento europeo né il Consiglio hanno sollevato obiezioni entro il termine di due mesi dalla data in cui esso è stato loro notificato o se, prima della scadenza di tale termine, sia il Parlamento europeo che il Consiglio hanno informato la Commissione che non intendono sollevare obiezioni. Tale termine è prorogato di due mesi su iniziativa del Parlamento europeo o del Consiglio.

## **Articolo 22** Procedura di comitato

1. La Commissione è assistita da un comitato. Esso è un comitato ai sensi del regolamento (UE) n. 182/2011.
2. Nei casi in cui è fatto riferimento al presente paragrafo, si applica l'articolo 4 del regolamento (UE) n. 182/2011.
3. Nei casi in cui è fatto riferimento al presente paragrafo, si applica l'articolo 5 del regolamento (UE) n. 182/2011.
4. Laddove il parere del comitato debba essere ottenuto con procedura scritta, detta procedura si conclude senza esito quando, entro il termine per la formulazione del parere, il presidente del comitato decida in tal senso o la maggioranza semplice dei membri del comitato lo richiedano.

## **Articolo 23** Cooperazione del comitato con le organizzazioni di normazione e dei soggetti interessati

Il comitato di cui all'articolo 22, paragrafo 1, lavora in cooperazione con le organizzazioni europee di normazione e le organizzazioni europee dei soggetti interessati ammissibili al finanziamento dell'Unione in conformità con il presente regolamento.

## **Articolo 24** Relazioni

1. Le organizzazioni europee di normazione inviano una relazione annuale sull'attuazione del presente regolamento alla Commissione. La relazione contiene informazioni dettagliate sugli elementi seguenti:
  - a) applicazione degli articoli 4, 5, 10, 15 e 17;
  - b) rappresentanza delle PMI, delle organizzazioni ambientaliste e dei consumatori e delle parti sociali interessate negli organismi di normazione nazionali;
  - c) rappresentanza delle PMI sulla base delle relazioni annuali di cui all'articolo 6, paragrafo 3;
  - d) uso delle TIC nel sistema di normazione;
  - e) cooperazione tra gli organismi di normazione nazionali e le organizzazioni di normazione europee.
2. Le organizzazioni europee dei soggetti interessati che hanno ricevuto finanziamenti dall'Unione a norma del presente regolamento inviano una relazione annuale sulle loro attività alla Commissione. La relazione contiene in particolare informazioni dettagliate sui membri di tali organizzazioni e sulle attività di cui all'articolo 16.
3. Entro il 31 dicembre 2015 e successivamente ogni cinque anni la Commissione trasmette al Parlamento europeo e al Consiglio una relazione sull'applicazione del presente regolamento. La relazione contiene un'analisi delle relazioni annuali di cui ai paragrafi 1 e 2, una valutazione della pertinenza delle attività di normazione finanziate dall'Unione alla luce delle esigenze della legislazione e delle politiche dell'Unione nonché una valutazione delle nuove possibili misure atte a semplificare il finanziamento della normazione europea e a ridurre gli oneri amministrativi per le organizzazioni europee di normazione.

## **Articolo 25** Revisione

Entro 2 gennaio 2015 la Commissione valuta l'impatto della procedura stabilita all'articolo 10 del presente regolamento relativa al termine per la presentazione di richieste di normazione. La Commissione trasmette le sue conclusioni in una relazione al Parlamento europeo e al Consiglio. Ove opportuno, tale relazione è corredata di una proposta legislativa di modifica del presente regolamento.

## CAPO VII

### DISPOSIZIONI FINALI

#### Articolo 26 Modifiche

1. Sono soppresse le seguenti disposizioni:

- a) l'articolo 6, paragrafo 1, della direttiva 89/686/CEE;
- b) l'articolo 5 della direttiva 93/15/CEE
- c) l'articolo 6, paragrafo 1, della direttiva 94/9/CE;
- d) l'articolo 6, paragrafo 1, della direttiva 94/25/CE;
- e) l'articolo 6, paragrafo 1, della direttiva 95/16/CE;
- f) l'articolo 6 della direttiva 97/23/CE;
- g) l'articolo 14 della direttiva 2004/22/CE;
- h) l'articolo 8, paragrafo 4, della direttiva 2007/23/CE;
- i) l'articolo 7 della direttiva 2009/23/CE;
- j) l'articolo 6 della direttiva 2009/105/CE.

I riferimenti alle disposizioni abrogate si intendono fatti all'articolo 11 del presente regolamento.

2. La direttiva 98/34/CE è così modificata:

- a) all'articolo 1, i paragrafi da 6 a 10 sono soppressi;
- b) gli articoli 2, 3 e 4 sono soppressi;
- c) all'articolo 6, paragrafo 1, le parole «con i rappresentanti degli organismi di normazione di cui agli allegati I e II» sono soppresse;
- d) all'articolo 6, paragrafo 3, il primo trattino è soppresso;
- e) all'articolo 6, paragrafo 4, le lettere a), b) ed e) sono soppresse;
- f) l'articolo 7 è sostituito dal seguente:  
«Articolo 7

Gli Stati membri comunicano alla Commissione, conformemente all'articolo 8, paragrafo 1, tutte le richieste presentate agli organismi di normazione volte a elaborare specifiche tecniche o una norma per prodotti specifici, in previsione dell'elaborazione di una regola tecnica per tali prodotti come progetto di regola tecnica e indicano i motivi che ne giustificano la formulazione.»;

- g) all'articolo 11, la seconda frase è sostituita dalla seguente:  
«La Commissione pubblica statistiche annuali sulle notifiche ricevute nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.»;
- h) gli allegati I e II sono soppressi.

I riferimenti a tali disposizioni abrogate si intendono fatti al presente regolamento e si leggono secondo la tavola di concordanza di cui all'allegato IV del presente regolamento.

#### Articolo 27 Organismi nazionali di normazione

Gli Stati membri informano la Commissione in merito ai loro organismi di normazione.

La Commissione pubblica un elenco degli organismi nazionali di normazione e gli eventuali aggiornamenti di tale elenco nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.

## **Articolo 28** Disposizioni transitorie

Negli atti dell'Unione che conferiscono una presunzione di conformità ai requisiti fondamentali attraverso l'applicazione di norme armonizzate adottate a norma della direttiva 98/34/CE, i riferimenti alla direttiva 98/34/CE si intendono fatti al presente regolamento, ad eccezione dei riferimenti al comitato istituito dall'articolo 5 della direttiva 98/34/CE concernente i regolamenti tecnici.

Se in un atto dell'Unione è contemplata una procedura di obiezione a norme armonizzate, l'articolo 11 del presente regolamento non si applica a tale atto.

## **Articolo 29** Abrogazione

La decisione n. 1673/2006/CE e la decisione n. 87/95/CEE sono abrogate.

I riferimenti alle decisioni abrogate si intendono fatti al presente regolamento e si leggono secondo la tavola di concordanza di cui all'allegato IV del presente regolamento.

## **Articolo 30** Entrata in vigore

Il presente regolamento entra in vigore il ventesimo giorno successivo alla pubblicazione nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea.

Esso si applica a decorrere dal 1° gennaio 2013.

Il presente regolamento è obbligatorio in tutti i suoi elementi e direttamente applicabile in ciascuno degli Stati membri.

Fatto a Strasburgo, il 25 ottobre 2012

Per il Parlamento europeo

Il presidente

M. SCHULZ

Per il Consiglio

Il presidente

A. D. MAVROYIANNIS

## **Allegato I Organizzazioni europee di normazione**

1. CEN - Comitato europeo di normazione
2. Cenelec - Comitato europeo di normazione elettrotecnica
3. ETSI - Istituto europeo per le norme di telecomunicazione

## **Allegato II Prescrizioni relative all'identificazione di specifiche tecniche delle TIC**

1. Le specifiche tecniche sono state accettate dal mercato e la loro applicazione non ostacola l'interoperabilità con l'applicazione delle norme europee o internazionali esistenti. L'accettazione da parte del mercato può essere dimostrata avvalendosi di esempi operativi di attuazioni conformi da parte di vari venditori.

2. Le specifiche tecniche sono coerenti in quanto non contrastano con le norme europee, ossia coprono settori nei quali l'adozione di nuove norme europee non è prevista entro un termine ragionevole, nei quali le norme europee non sono state accolte dal mercato o nei quali tali norme sono diventate obsolete, e nei quali la trasposizione delle specifiche tecniche in prodotti della normazione europea non è prevista per un periodo di tempo ragionevole.

3. Le specifiche tecniche sono state elaborate da un'organizzazione senza scopo di lucro e si tratta di un ordine professionale, un'associazione industriale o commerciale o qualsiasi altra organizzazione associativa che, nel suo ambito di specializzazione, elabora specifiche tecniche delle TIC e che non è un'organizzazione europea di standardizzazione o un organismo di normazione nazionale o internazionale, attraverso processi che soddisfano i criteri seguenti:

a) apertura:

le specifiche tecniche sono state elaborate sulla base di un processo decisionale aperto, accessibile a tutte le parti interessate sul mercato o sui mercati sui quali ha effetto tali specifiche tecniche;

b) consenso:

il processo decisionale è stato collaborativo e basato sul consenso e non ha favorito nessun particolare soggetto interessato. Per consenso si intende un accordo generale, caratterizzato dall'assenza di un'opposizione forte su questioni sostanziali da parte di una componente importante degli interessi in questione e da un processo che prevede di tenere conto dei pareri di tutti gli interessati e di riconciliare eventuali argomentazioni contrastanti. Il consenso non implica l'unanimità;

c) trasparenza:

i) tutte le informazioni relative alle discussioni tecniche e al processo decisionale sono state archiviate e identificate;

ii) le informazioni relative a nuove attività di normazione sono state pubblicamente e ampiamente diffuse attraverso mezzi adeguati e accessibili;

iii) la partecipazione di tutte le categorie pertinenti di parti interessate è stata perseguita come obiettivo atto a garantire l'equilibrio;

iv) le osservazioni delle parti interessate sono state esaminate e sono state fornite risposte.

4. Le specifiche tecniche devono soddisfare le seguenti condizioni:

a) manutenzione: il sostegno e la manutenzione permanenti delle specifiche pubblicate sono garantiti a lungo termine;

b) disponibilità: le specifiche sono disponibili al pubblico a fini di attuazione e impiego a condizioni ragionevoli (anche a un costo ragionevole o gratuitamente);

c) i diritti di proprietà intellettuale essenziali per l'attuazione delle specifiche sono concessi tramite licenza ai richiedenti, su base (equa) ragionevole e non discriminatoria, inclusa, a discrezione del titolare del diritto di proprietà intellettuale, la concessione in licenza gratuita;

d) pertinenza:

i) le specifiche sono efficaci e pertinenti;

ii) le specifiche devono soddisfare esigenze del mercato e prescrizioni regolamentari;

e) neutralità e stabilità:

- i) ogniqualvolta possibile, le specifiche si orientano ai risultati piuttosto che basarsi sulla progettazione o sulle caratteristiche descrittive;
  - ii) le specifiche non provocano distorsioni sul mercato, né limitano le possibilità, per chi le applica, di sviluppare la concorrenza e l'innovazione basate su di esse;
  - iii) le specifiche si basano su sviluppi scientifici e tecnologici avanzati;
- f) qualità:
- i) la qualità e il livello di dettaglio sono sufficienti a consentire l'elaborazione di una serie di applicazioni di prodotti e servizi interoperabili in concorrenza tra loro;
  - ii) le interfacce normalizzate non sono nascoste o controllate da nessun altro se non dalle organizzazioni che hanno adottate le specifiche tecniche.

### **Allegato III**

#### **Organizzazioni europee di soggetti interessati ammissibili al finanziamento dell'Unione**

1. Un'organizzazione europea che rappresenta le PMI nelle attività di normazione europea che:
  - a) è non governativa e senza scopo di lucro,
  - b) ha quali suoi obiettivi e attività statutarie rappresentare gli interessi delle PMI nel processo di normazione a livello europeo, nel sensibilizzare le PMI sulla normazione e nell'incoraggiarle a partecipare al processo di normazione;
  - c) ha ricevuto un mandato dalle organizzazioni senza scopo di lucro che rappresentano le PMI in almeno due terzi degli Stati membri per rappresentare gli interessi delle PMI nel processo di normazione a livello europeo.
2. Un'organizzazione europea che rappresenta i consumatori nelle attività di normazione europea che:
  - a) è non governativa, senza scopo di lucro, esente da conflitti d'interesse di origine industriale, commerciale e professionale o da altri conflitti d'interesse;
  - b) ha quali suoi obiettivi e attività statutarie rappresentare gli interessi dei consumatori nel processo di normazione a livello europeo;
  - c) ha ricevuto un mandato dalle organizzazioni nazionali senza scopo di lucro che rappresentano i consumatori in almeno due terzi degli Stati membri per rappresentare gli interessi dei consumatori nel processo di normazione a livello europeo.
3. Si definisce organizzazione europea di soggetti interessati un'organizzazione europea che rappresenta gli interessi ambientali nelle attività di normazione europea e che:
  - a) è non governativa, senza scopo di lucro, esente da conflitti d'interesse di origine industriale, commerciale e professionale o da altri conflitti d'interesse;
  - b) ha quali suoi obiettivi e attività statutarie rappresentare gli interessi ambientali nel processo di normazione a livello europeo;
  - c) ha ricevuto un mandato dalle organizzazioni nazionali per l'ambiente senza scopo di lucro in almeno due terzi degli Stati membri per rappresentare gli interessi ambientali nel processo di normazione a livello europeo.



4. Un'organizzazione europea che rappresenta gli interessi sociali nelle attività di normazione europea che:

a) è non governativa, senza scopo di lucro, esente da conflitti d'interesse di origine industriale, commerciale e professionale o da altri conflitti d'interesse;

b) ha quali suoi obiettivi e attività statutarie rappresentare gli interessi sociali nel processo di normazione a livello europeo;

c) ha ricevuto un mandato dalle organizzazioni nazionali senza scopo di lucro in ambito sociale in almeno due terzi degli Stati membri per rappresentare gli interessi sociali nel processo di normazione a livello europeo.

#### **Allegato IV Tavola di concordanza**

Direttiva 98/34/CE	Presente regolamento
Articolo 1, paragrafo 1, punto 6	Articolo 2, paragrafo 1
Articolo 1, paragrafo 1, punto 7	-
Articolo 1, paragrafo 1, punto 8	Articolo 2, paragrafo 3
Articolo 1, paragrafo 1, punto 9	Articolo 2, paragrafo 8
Articolo 1, paragrafo 1, punto 10	Articolo 2, paragrafo 10
Articolo 2, paragrafo 1	Articolo 3, paragrafo 1
Articolo 2, paragrafo 2	Articolo 3, paragrafo 2
Articolo 2, paragrafo 3	Articolo 3, paragrafi 3 e 4
Articolo 2, paragrafo 4	Articolo 27
Articolo 2, paragrafo 5	Articolo 20, lettera a)
Articolo 3	Articolo 4, paragrafo 1
Articolo 4, paragrafo 1	Articolo 3, paragrafi 3 e 5 e articolo 4, paragrafo 4
Articolo 4, paragrafo 2	-
Articolo 6, paragrafo 3, primo trattino	-
Articolo 6, paragrafo 4, lettera a)	Articolo 20, lettera a)
Articolo 6, paragrafo 4, lettera b)	-
Articolo 6, paragrafo 4, lettera e)	Articolo 10, paragrafo 2
Allegato I	Allegato I
Allegato II	Articolo 27
Decisione n. 1673/2006/CE	Presente regolamento
Articolo 1	Articolo 1
Articoli 2 e 3	Articolo 15
Articolo 4	-
Articolo 5	Articolo 17
Articolo 6, paragrafo 1	Articolo 18
Articolo 6, paragrafo 2	Articolo 24, paragrafo 3
Articolo 7	Articolo 19
Decisione 87/95/CEE	Presente regolamento
Articolo 1	Articolo 2
Articolo 2	Articolo 3
Articolo 3	Articolo 13
Articolo 4	Articolo 8

Articolo 5  
Articolo 6  
Articolo 7  
Articolo 8  
Articolo 9

Articolo 14  
-  
-  
Articolo 24 paragrafo 3  
-