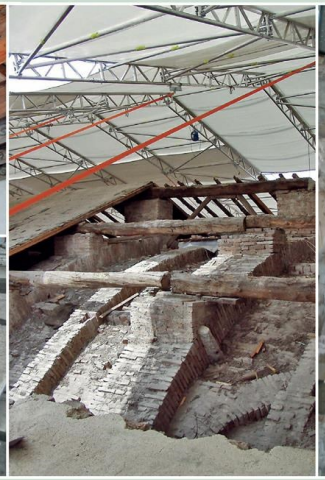

BANCA DATI

S.F. Musso

TECNICHE DI RESTAURO

UTET
SCIENZE TECNICHE

INDICE

SEZ 01 DISINFESTAZIONI
SEZ 02 DEUMIDIFICAZIONI
SEZ 03 SMONTAGGI
SEZ 04 RICOMPOSIZIONI
SEZ 05 PULITURE
SEZ 06 CONSOLIDAMENTI
SEZ 07 INTEGRAZIONI
SEZ 08 PROTEZIONI
SEZ 09 MANUTENZIONE
SEZ 10 DOCUMENTAZIONE

SEZ 01 DISINFESTAZIONI

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

DSZ 01 Eliminazione meccanica di agenti biodeteriogeni di natura vegetale (piante inferiori e superiori)
DSZ 02 Disinfestazione del legno mediante applicazione di biocidi
DSZ 03 Disinfestazione di vegetazione superiore e inferiore con trattamenti chimici
DSZ 04 Sistemi fisici e indiretti per l'eliminazione di agenti biodeteriogeni
DSZ 05 Fumigazione con gas tossici
DSZ 06 Eliminazione di insetti mediante trappole

SEZ 01 DISINFESTAZIONI

LA DIFESA DEI MANUFATTI E DEGLI SPAZI EDILIZI DAGLI AGENTI INFESTANTI

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

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

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

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

SEZ 01 DISINFESTAZIONI

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

I sistemi fisici, invece, ricorrono alla variazione dei parametri ambientali fondamentali (temperatura, umidità e pressione) per indurre la cessazione dei processi vitali degli infestanti. A questo fine, sono utilizzate anche le radiazioni ionizzanti o le microonde, di recente sperimentazione.
I manufatti aggrediti da agenti biodeteriogeni sono posti in camere stagne, all'interno delle quali sono create e mantenute per un determinato tempo condizioni ambientali che impediscono la sopravvivenza degli organismi infestanti. Questi metodi sono impiegati soprattutto per l'eliminazione degli insetti dai manufatti realizzati con materiali organici e, in quest'ambito, assicurano elevata efficacia ma scarsa durata.

Infine, le disinfestazioni di tipo meccanico si basano sulla rimozione, manuale o mediante strumenti adatti (bisturi, raschietti, cesoie), dal manufatto o dall'ambiente in cui esso si trova, delle forme vitali che ne causano il degrado. Le disinfestazioni meccaniche utilizzate congiuntamente con quelle chimiche costituiscono i sistemi forse più diffusi per l'eliminazione della vegetazione superiore dai siti, dagli edifici e dai resti archeologici, in quanto consentono di ridurre le dosi degli eventuali prodotti biocidi impiegati e sono adatti a interventi di tipo manutentivo da ripetersi ciclicamente.

DSZ 01 ELIMINAZIONE MECCANICA DI AGENTI BIODETERIOGENI DI NATURA VEGETALE (PIANTE INFERIORI E SUPERIORI)

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

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

In ogni caso, occorre anzitutto valutare il tipo di infestazione vegetale cui un manufatto è soggetto, e l’effettivo grado di pericolosità per la sua conservazione, ricordando che:
— le microalghe hanno un’azione sia diretta (ricoprente, meccanica, corrosiva) che indiretta, in quanto creano l’ambiente adatto all’ulteriore impianto anche di licheni, briofite (muschi ed epatiche) e tracheofite (piante) e di altri micro e macro organismi infestanti;
— i licheni agiscono invece creando fenomeni di copertura, decoesione, fratturazione e corrosione;
— le briòfite (ossia muschi ed epatiche) e le tracheofite (ossia il gruppo di piante fornite di un sistema vascolare per la circolazione della linfa, comprendente le piante pteridofite e le spermatofite) hanno un’azione prioritaria di copertura, ma svolgono anche azioni meccaniche di disgregazione, penetrando all’interno dei materiali e degli elementi costruttivi.

DSZ 01 ELIMINAZIONE MECCANICA DI AGENTI BIODETERIOGENI DI NATURA VEGETALE (PIANTE INFERIORI E SUPERIORI)

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

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

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

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

DSZ 01 ELIMINAZIONE MECCANICA DI AGENTI BIODETERIOGENI DI NATURA VEGETALE (PIANTE INFERIORI E SUPERIORI)

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

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

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

DSZ 01 ELIMINAZIONE MECCANICA DI AGENTI BIODETERIOGENI DI NATURA VEGETALE (PIANTE INFERIORI E SUPERIORI)

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Eliminazione di microvegetali

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

DSZ 01 ELIMINAZIONE MECCANICA DI AGENTI BIODETERIOGENI DI NATURA VEGETALE (PIANTE INFERIORI E SUPERIORI)

Eliminazione di macrovegetali

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

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

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

DSZ 03 DISINFESTAZIONE DI VEGETAZIONE SUPERIORE E INFERIORE CON TRATTAMENTI CHIMICI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Qualsiasi manufatto esposto all'aperto è sottoposto a diverse azioni aggressive e, in particolare:
— all'azione dei fattori climatici (pioggia, irraggiamento solare, vento, cicli di gelo e disgelo ecc.);
— all'azione corrosiva esercitata dai prodotti acidi inquinanti presenti nell'atmosfera;
— all'azione dei processi di trasformazione indotti da meccanismi di tipo biologico, quali il metabolismo di micro e macrorganismi vegetali insediatisi.

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

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

DSZ 03 DISINFESTAZIONE DI VEGETAZIONE SUPERIORE E INFERIORE CON TRATTAMENTI CHIMICI

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

L'eliminazione della vegetazione inferiore comprende, oltre ai metodi meccanici e chimici, anche quelli fisici (v. DSZ04 - Sistemi fisici e indiretti per l'eliminazione di agenti biodeteriogeni).
Il metodo chimico si basa sull'impiego sia di prodotti di sintesi (biocidi) che di prodotti d'origine biologica (antibiotici). I biocìdi eliminano gli organismi agendo per contatto, bloccando, ad esempio nei vegetali, la fotosintesi, o per assimilazione, e hanno ciascuno uno specifico spettro d'azione, più o meno ampio, secondo il tipo di principio attivo utilizzato.
Gli antibiotici, invece, agiscono specificatamente su un singolo e particolare gruppo di organismi (funghi, batteri e attinomiceti). È pertanto indispensabile conoscere le caratteristiche dell'organismo bersaglio, per scegliere il prodotto più idoneo alla sua eliminazione.

DSZ 03 DISINFESTAZIONE DI VEGETAZIONE SUPERIORE E INFERIORE CON TRATTAMENTI CHIMICI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

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

Le procedure di applicazione dei prodotti biocidi per l'eliminazione della vegetazione superiore sono diverse e comprendono essenzialmente:
a) l'irrorazione o trattamento a spruzzo, b) l'iniezione, c) l'impacco e d) lo spargimento di granuli.

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

I microrganismi coinvolti nel degrado di manufatti architettonici si distinguono generalmente in microrganismi autotrofi e in microrganismi eterotrofi.
Le fasi preliminari per qualsiasi tipo di intervento per l'eliminazione della vegetazione inferiore prevedono:
— l'identificazione degli agenti responsabili del degrado, attraverso prelievi di campioni da analizzare in laboratorio;
— l'analisi delle cause che hanno favorito lo sviluppo della vegetazione; in genere, fondamentali per la crescita di organismi indesiderati, sono i fattori ambientali come la luce, l'umidità, la temperatura e i prodotti di nutrizione.

DSZ 03 DISINFESTAZIONE DI VEGETAZIONE SUPERIORE E INFERIORE CON TRATTAMENTI CHIMICI

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

DSZ 03 DISINFESTAZIONE DI VEGETAZIONE SUPERIORE E INFERIORE CON TRATTAMENTI CHIMICI

Figura 2 • Applicazione a spruzzo del liquido disinfestante.

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

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

DSZ 03 DISINFESTAZIONE DI VEGETAZIONE SUPERIORE E INFERIORE CON TRATTAMENTI CHIMICI

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

Figura 6 • Risultato parziale della disinfestazione.

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

Introduzione. Deumidificazione e difesa delle murature e degli ambienti dall'umidità

DMF 01 Deumidificazione con il metodo delle barre polarizzate
DMF 02 Depolarizzazione elettromagnetica
DMF 03 Intercettazione capillare
DMF 04 Elettrosmosi attiva
DMF 05 Elettrosmosi passiva
DMF 06 Drenaggio perimetrale e pozzi assorbenti
DMF 07 Applicazione di intonaco macroporoso
DMF 08 Deumidificazione mediante taglio della muratura
DMF 09 Deumidificazione mediante riduzione della sezione assorbente
DMF 10 Riduzione dei ponti termici
DMF 11 Vespaio orizzontale e verticale
DMF 12 Intercapedine esterna
DMF 13 Intercapedine interna con contromuro
DMF 14 Protezione delle fondazioni dall'umidità
DMF 15 Coperture ventilate o con interposizione di materiali termocoibenti
DMF 16 Climatizzazione degli ambienti
DMF 17 Trasformazione di sali

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

DEUMIDIFICAZIONE E DIFESA DELLE MURATURE E DEGLI AMBIENTI DALL'UMIDITÀ

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

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

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

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

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

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

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

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

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

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

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

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

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

La condensazione si manifesta, solitamente in un interno, quando il vapore acqueo è presente nell’aria a elevate concentrazioni e, venendo a contatto con una superficie fredda (ad es. le pareti che danno verso l’esterno), passa dallo stato gassoso a quello liquido, depositandosi sui muri.

Infine, l’umidità da infiltrazione è causata dalla presenza di discontinuità nelle pareti esposte all’acqua piovana battente, alle perdite degli impianti idrici e fognanti, all’azione dei flutti marini, al passaggio d’acqua dalle pareti di pozzi e cisterne e ad altre analoghe circostanze. È un fenomeno tipico dei manufatti che non hanno subito i necessari cicli di manutenzione e vedono così ridotti i presìdi di autoprotezione, come la tenuta delle coperture, delle gronde e dei pluviali, l’integrità delle tubazioni, la continuità dei paramenti esterni e dei muri interrati, e così via.

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

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

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

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

Questo fa sì che il ciclo di dissoluzione e ricristallizzazione induca una disgregazione profonda del materiale, che in breve dà origine a estese mancanze. Allo stesso modo, quando nei climi freddi l'acqua passa dalla fase liquida a quella solida, trasformandosi in ghiaccio, essa aumenta di volume provocando tensioni interne al materiale. Ma anche in questo caso è l'andamento ciclico del fenomeno a creare il degrado maggiore, dal momento che il quotidiano gelo e disgelo dell'acqua porta al totale sgretolamento, soprattutto se esso è molto poroso.

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

SEZ 2 DEUMIDIFICAZIONI

Questi accenni al degrado indotto dalla presenza d'acqua nelle murature spiegano la pervicacia con cui si cerca di eliminarla. A Venezia, vista la speciale situazione idrogeologica della città, si è adottato a lungo la tecnica dello scuci-cuci che, piuttosto che come tecnica di deumidificazione, si poneva soprattutto come rinnovo di quei tratti di muratura ormai ammalorata dall'azione dei sali.

Da questa forma di opposizione passiva all'umidità si è passati, nel XX secolo, a metodi di tipo attivo che cercano di prevenire i danni indotti dall'umidità e, quando ciò non è più possibile, di limitarne la portata.

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

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

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

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

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

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

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

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

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

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

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

2) I formulati con effetto idrofobizzante, sono derivati organici e inorganici del silicio di origine sintetica.
Le resine siliconiche sono state tra i primi polimeri sintetici a essere impiegati come idrorepellenti, grazie alla loro natura organico-minerale.
Caratteristica dei formulati è appunto quella di creare uno strato idrorepellente sulla superficie dei capillari ed evitare, così, la suzione d'acqua.

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

Operazioni esecutive comuni ai vari sistemi.

a) Eliminazione dell'intonaco, sino al raggiungimento della muratura viva, su entrambe le facce e per un'altezza di 10 cm sopra la linea della barriera (in genere si consiglia di eliminare l'intonaco deteriorato per almeno 30 cm oltre il livello raggiunto dall'umidità di risalita) (fig. 1, fig. 2).
L'operazione è necessaria per favorire l'asciugatura della parete dopo l'intervento, per ridurre la concentrazione di sali igroscopici trasportati sulla superficie in fase di evaporazione e per favorire l'immissione di ossigeno necessario per l'attivazione delle reazioni di polimerizzazione di alcuni prodotti (ad es. siliconati).

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

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

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

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

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

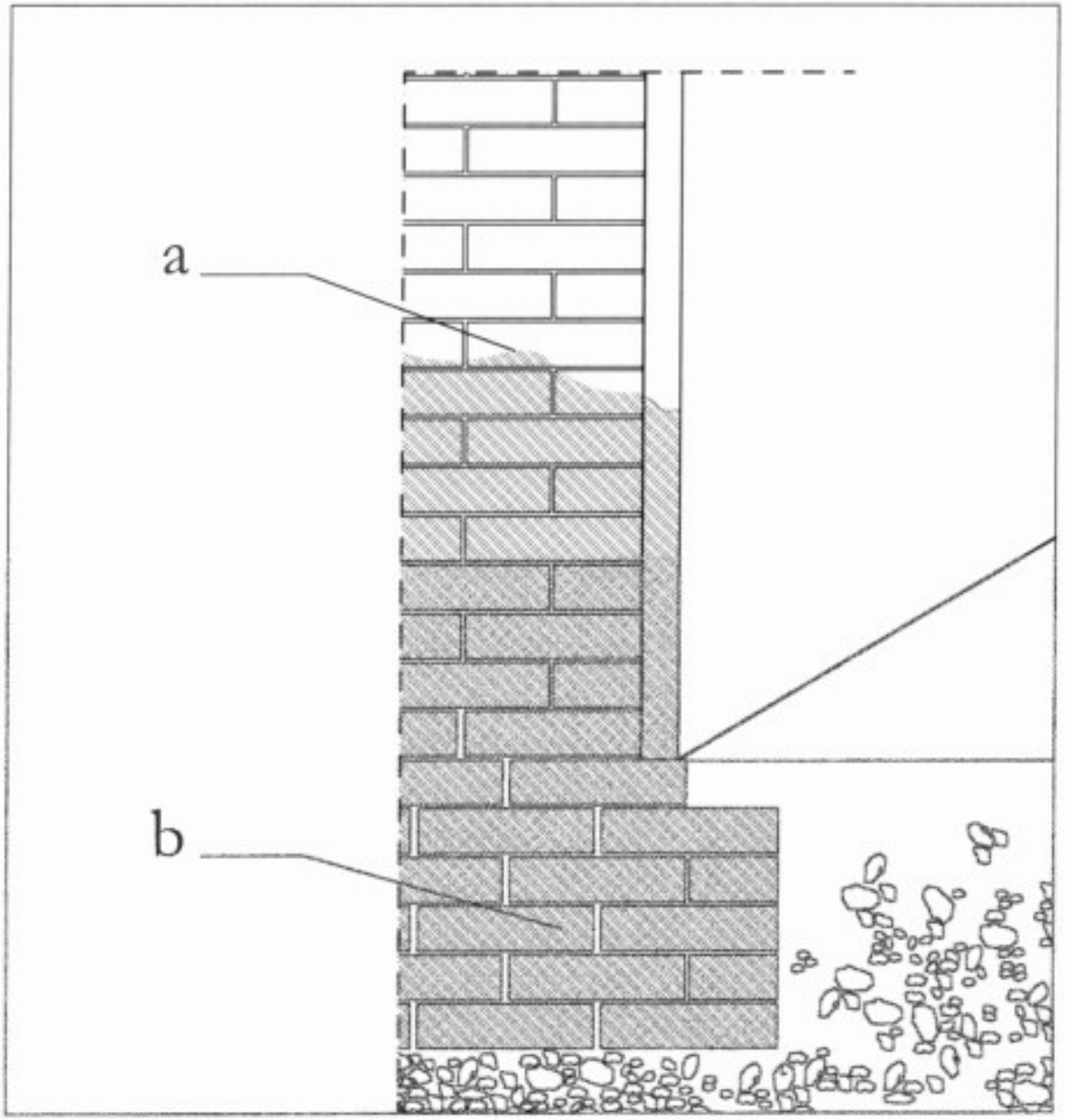

Figura 1 • Schema del sistema di intercettazione capillare. Muratura soggetta a umidità di risalita capillare.
a) Livello di risalita capillare; b) fondazione umida.

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

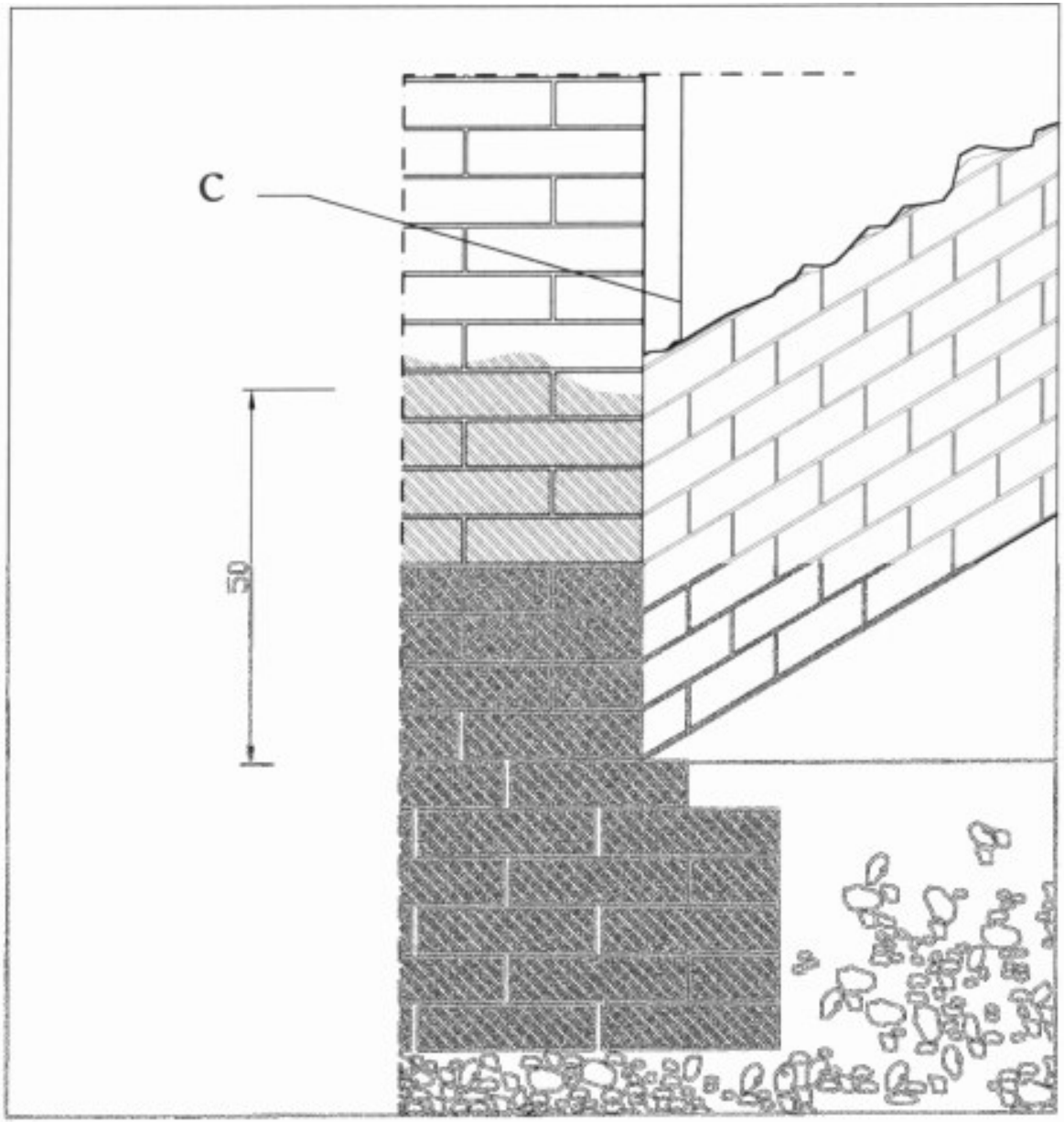

Figura 2 • Schema del sistema di intercettazione capillare. Rimozione dell'intonaco per almeno 30 cm oltre il livello raggiunto dall'umidità di risalita. c) Rimozione dell'intonaco.

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

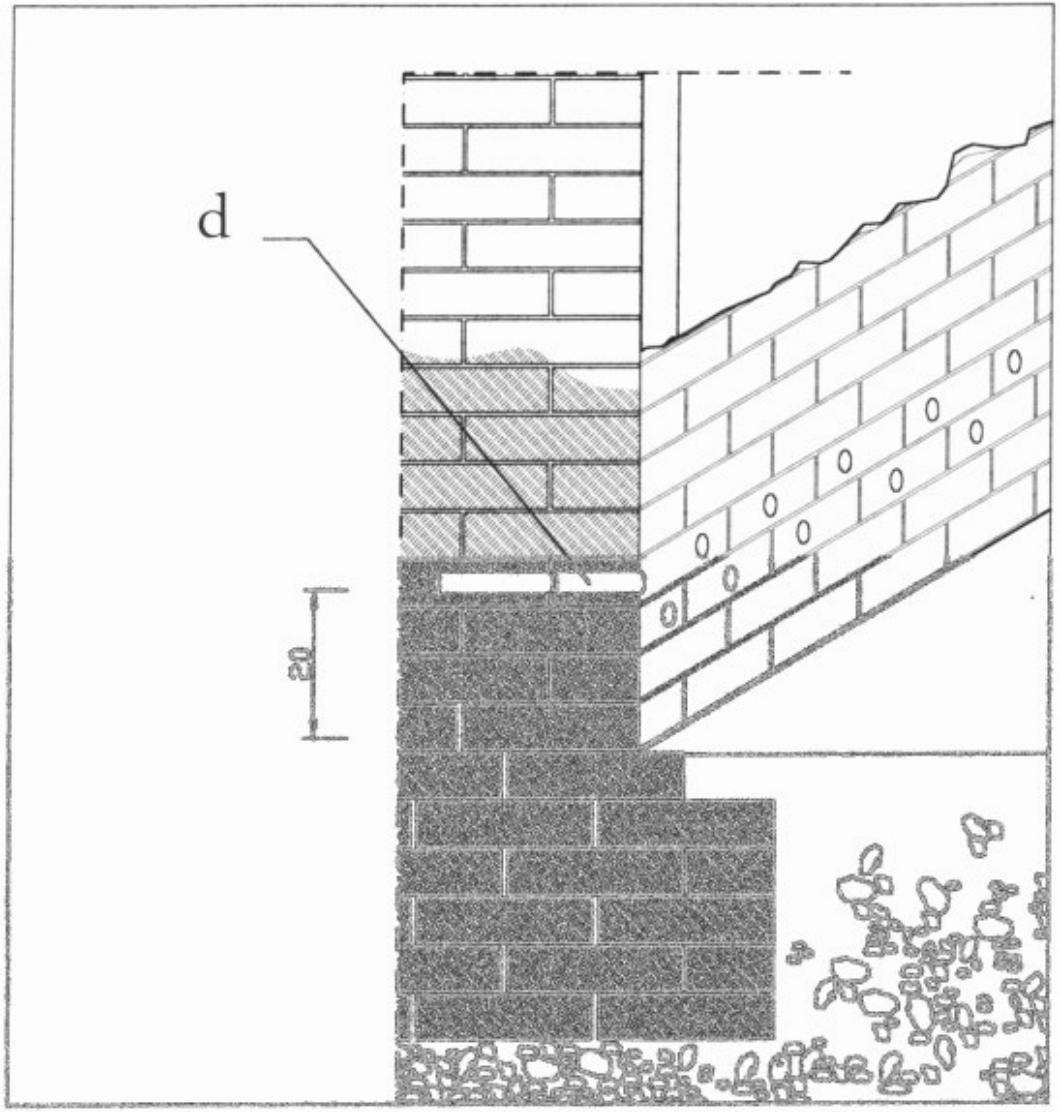

Figura 3 • Schema di applicazione di intercettazione capillare.

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

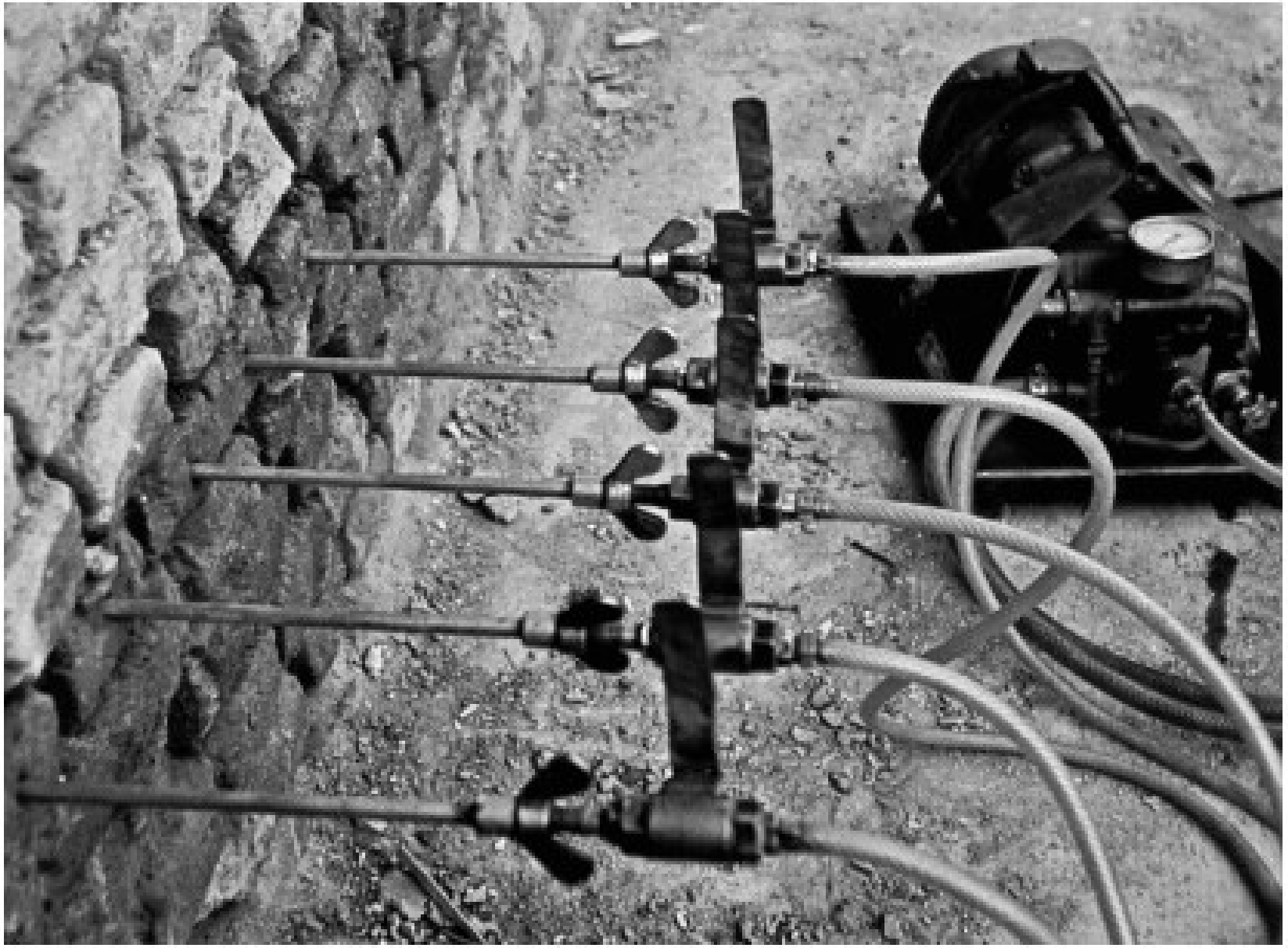

Figura 4 • Iniezione a pressione. Differenti iniettori, per l'immissione del formulato, collegati a una pompa con tubi flessibili.

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

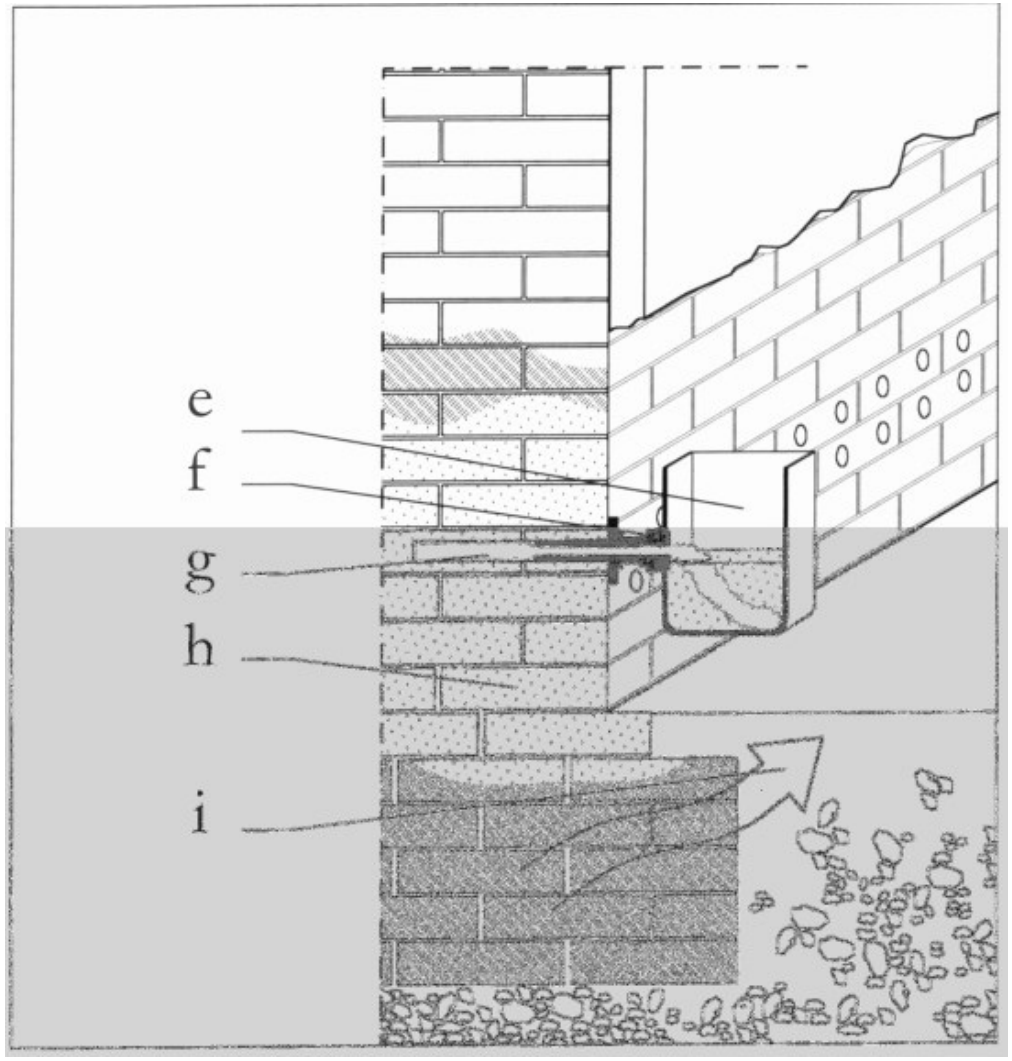

Figura 5 • Schema di applicazione. Iniezioni a lenta diffusione. Nei fori vengono inseriti e murati con cementi a presa rapida i trasfusori, che sono composti da tre elementi: un recipiente graduato per il contenimento e la misurazione del liquido impregnante, un tubo iniettore e gommini diffusori tubolari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

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

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

DMF 03 INTERCETTAZIONE CAPILLARE

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

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

L'applicazione di intonaco macroporoso è una tecnica indicata soprattutto nei casi in cui si vogliano limitare gli effetti dell'umidità di risalita nelle murature e agisce favorendo l'evaporazione dell'acqua presente al loro interno, fornendo una superficie di scambio traspirabile al vapore, più estesa rispetto a quella della parete. L'intonaco macroporoso è inoltre resistente alla pressione dovuta ai fenomeni di cristallizzazione dei sali che durante il processo di evaporazione dell'acqua migrano dall'interno all'esterno della muratura provocando, a volte, ingenti danni, sia quando la cristallizzazione avviene all'interno del materiale (cripto efflorescenza o subefflorescenza) sia quando ha luogo sulla superficie esterna dell'elemento colpito.

Gli intonaci macroporosi sono ottenuti miscelando malte di base con agenti porogeni (additivi chimici o schiume minerali in grado di creare vuoti all'interno della massa legante) o sostanze di per sé porose (quali perlite, polistirolo ecc.). L'intonaco, così ottenuto, è ricco di macro e micropori.

I primi (da 50 a 500 mm di diametro), intercomunicanti, aumentano la superficie di evaporazione del materiale e possono immagazzinare senza danni i sali cristallizzati; i secondi (pori di gel di diametro inferiore a 0,5 mm e pori capillari 0,5-50 mm) hanno, rispetto ai primi, una maggiore capacità di aspirazione capillare e quindi aumentano il trasporto di massa interna di prosciugamento. La soluzione salina presente nelle murature evapora all'interno dei pori di dimensioni maggiori, permettendo la cristallizzazione dei sali in ampie zone che funzionano da serbatoi; poi condensa nuovamente nei pori capillari e giunge, ormai meno ricca di sali, in altri macropori, divenendo così sempre più pura via via che si avvicina alla superficie esterna dell'intonaco.

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

L’intonaco si asciuga rapidamente e si instaura un’azione costante di richiamo dell’umidità dal centro del muro verso le sue superfici esterne, raggiunte le quali, evapora e si disperde nell’ambiente.

La deumidificazione della muratura su cui l’intonaco è steso, è pertanto basata sul fatto che la velocità di evaporazione dell’acqua dall’intonaco è maggiore della velocità con cui avviene la sua umidificazione.

In un intonaco macroporoso si distinguono due diversi strati con caratteristiche leggermente differenti:
— l’intonaco di base, che deve avere un elevato potere capillare, buona porosità, buona resistenza meccanica;
— l’intonaco di risanamento, più superficiale, caratterizzato da un ridotto assorbimento capillare e da una buona traspirabilità al vapore d’acqua.

L’intonaco macroporoso acquista caratteristiche differenti secondo il tipo di malta di base utilizzata e gli additivi che vi sono aggiunti: può essere più o meno idrofugo, permeabile al vapore, resistente al gelo, anticondensa. In genere esso ha medie capacità di coibenza termica e di fonoassorbenza, grazie alla presenza dei macropori.

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'applicazione di un intonaco macroporoso su una superficie muraria richiede:
— l'eliminazione dell'intonaco preesistente. Si procede alla rimozione del vecchio intonaco nella porzione di parete interessata da fenomeni di risalita capillare e di ristagno di umidità, avendo cura di demolire anche una porzione di intonaco asciutto adiacente a essa e per una fascia di circa un metro di larghezza;
— la pulitura della superficie muraria, messa a nudo con spazzole o raschietti, in modo da asportare le parti di muratura spugnosa o friabile, i materiali incoerenti, oli, polveri ecc.;
— l'integrazione della muratura, ove occorra, per risarcire le cavità o le irregolarità provocate dalle precedenti operazioni;
— in alcuni casi, ove il muro da risanare presenti forti efflorescenze, può essere opportuno un trattamento di desalinazione;
— l'irrorazione della parete con acqua, sino a rifiuto, con le accortezze che si usano per l'applicazione di un normale intonaco;
— l'applicazione del rinzaffo tramite cazzuola, fratazzo o con applicatori a spruzzo; lo spessore di questo strato, a cui è demandato il compito di supporto e d'aggrappo per il successivo strato di intonaco, è di circa 0,25-0,50 cm;
— l'applicazione dell'intonaco macroporoso propriamente detto. Dopo almeno 24-48 ore, a rinzaffo ben indurito, questo viene bagnato e si procede ad applicare il successivo strato di intonaco, di spessore variabile tra i 2 e i 4 cm;
— l'applicazione dell'intonaco da risanamento. Questo strato può costituire la finitura superficiale dell'intero pacchetto e può essere quindi tirato a frattazzo o rasato, colorato in pasta o meno, come i normali intonaci. Spesso, gli si applica un ulteriore strato di arenino di rifinitura;

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

— l’applicazione di un’eventuale coloritura che non alteri le caratteristiche di traspirabilità dell’intonaco; a tal fine, si usano in genere tinte a calce o ai silicati. La coloritura deve in ogni caso essere eseguita quando la superficie intonacata è completamente asciutta.

Possono essere applicati anche protettivi che non alterano la traspirabilità dell’intonaco dall’interno ma che rendono l’intonaco impermeabile dall’esterno (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4).

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

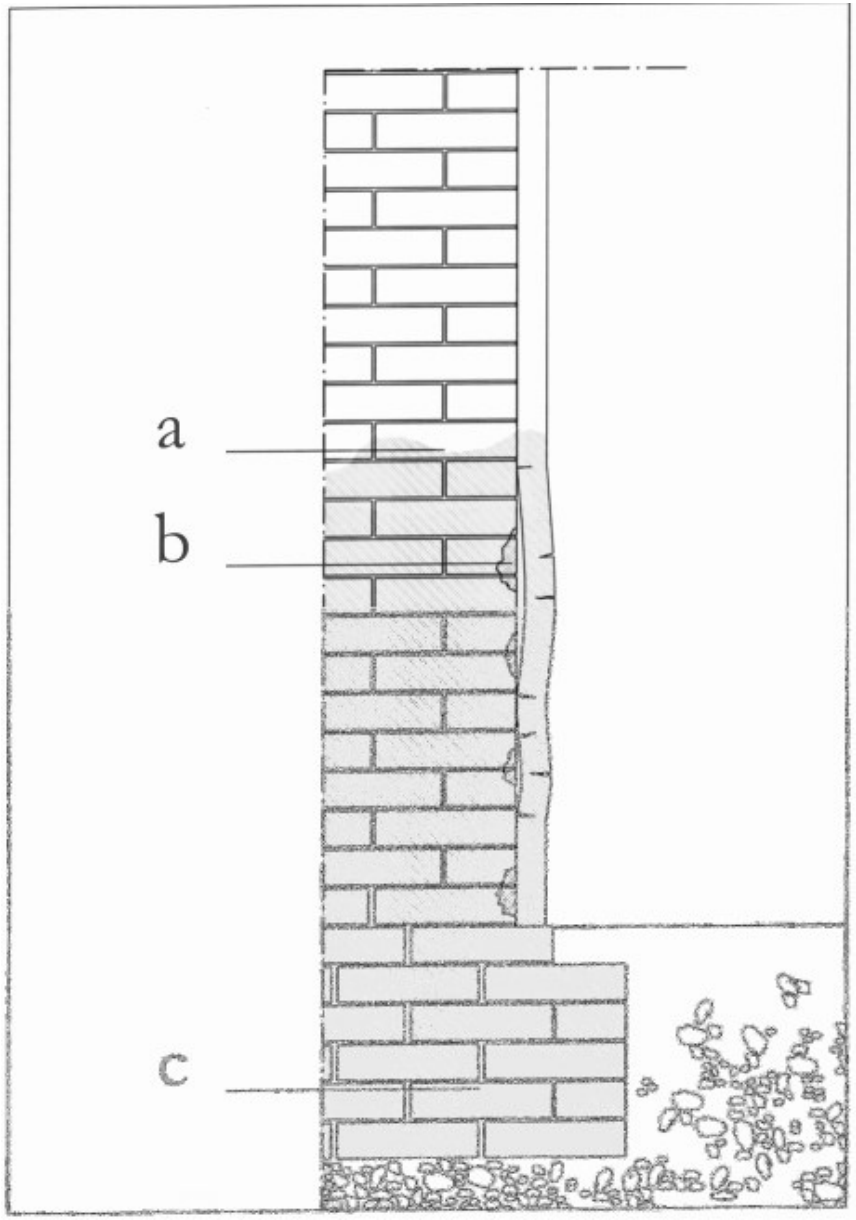

Figura 1 • Muratura soggetta a umidità di risalita capillare. a) Livello di risalita capillare; b) porzioni di muratura spugnosa o friabile; c) fondazione umida.

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

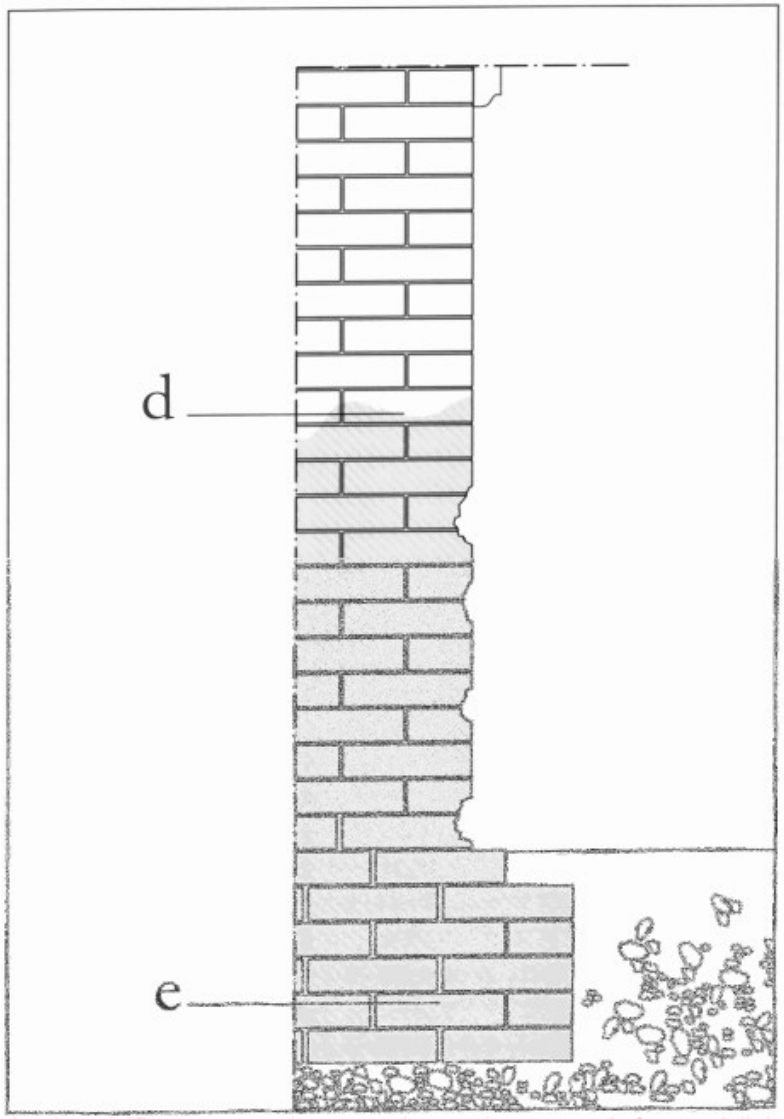

Figura 2 • Eliminazione dell'intonaco preesistente per la parte interessata da fenomeni di risalita capillare, avendo cura di debordare di circa 1 m nell'intonaco asciutto. Successivamente, va pulita la superficie muraria con spazzole o raschietti, in maniera da asportare le parti di muratura spugnosa o friabile, i materiali incoerenti, olii, polveri ecc. d) Livello di risalita capillare; e) fondazione umida

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

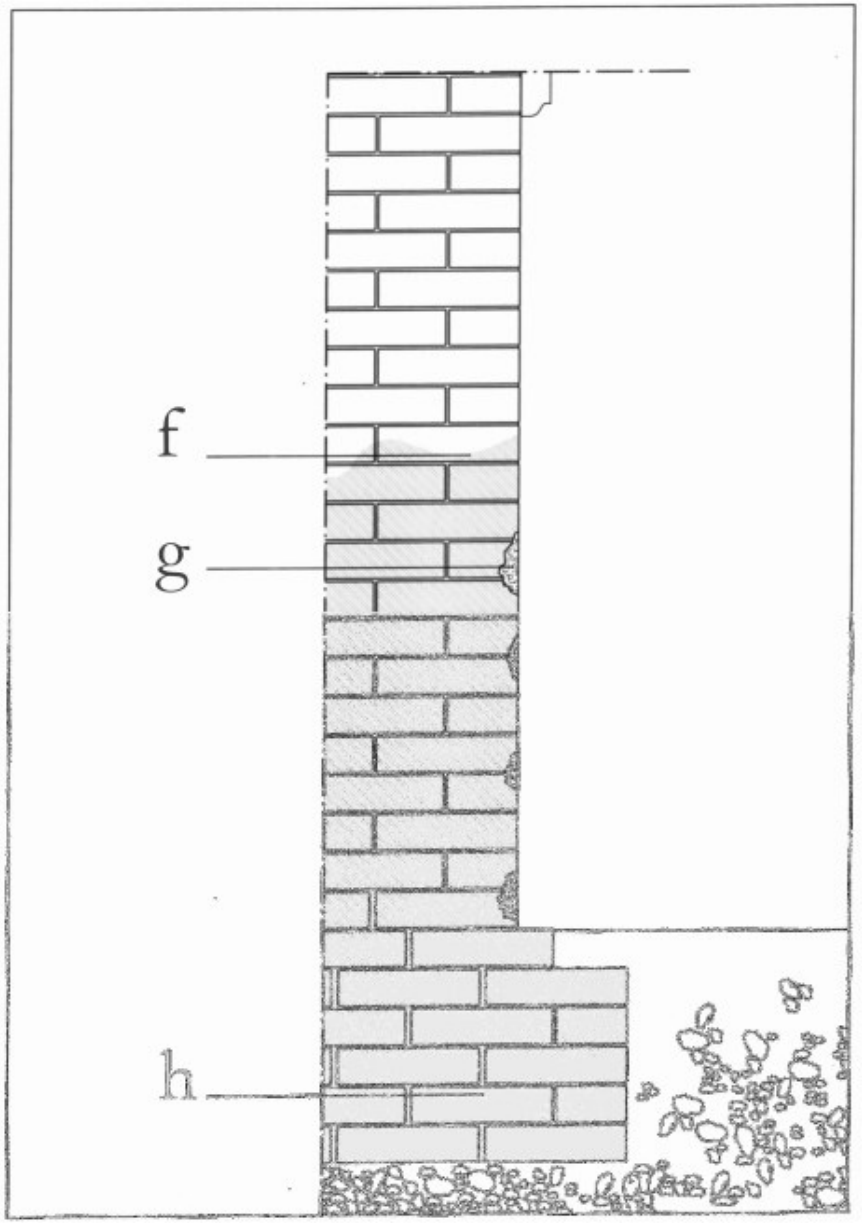

Figura 3 • Integrazione della superficie, ove occorra, per eliminare le cavità o irregolarità provocate dall'operazione precedente. f) Livello di risalita capillare, g) integrazioni; h) fondazione umida.

DMF 07 APPLICAZIONE DI INTONACO MACROPOROSO

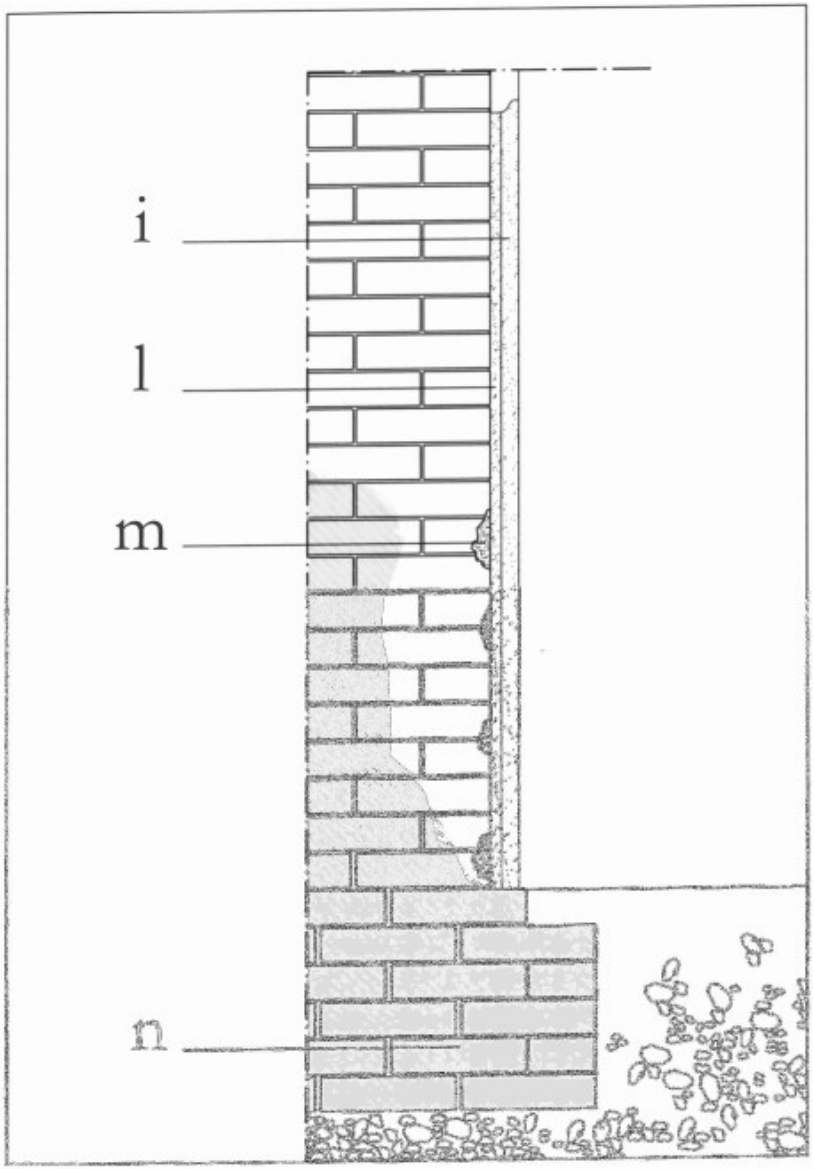

Figura 4 • Applicazione di intonaco macroporoso. Dopo almeno 24-48 ore, a rinzaffo ben indurito, previa bagnatura, si procede nell'applicare il successivo strato di intonaco di spessore variabile tra 2 e 4 cm. i) Intonaco macroporoso; l) rinzaffo; m) integrazioni; n) fondazione umida.

SEZ 3 SMONTAGGI, RI-MONTAGGI, DEMOLIZIONI, RI-MOZIONI

Introduzione. Smontaggi e rimontaggi, demolizioni e rimozioni

SMG 01 Smontaggi e rimontaggi di manufatti ed elementi architettonici
SMG 02 Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei
SMG 03 Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei
SMG 04 Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura
SMG 05 Stacco a massello delle pitture murali
SMG 06 Trasferimento delle pitture murali: lo stacco e lo strappo
SMG 07 Rimozione e ricollocazione in situ di mosaici
SMG 08 Demolizione e rimozioni parziali nei manufatti architettonici
SMG 09 Ricomposizione per anastilosi

SEZ 3 SMONTAGGI, RI-MONTAGGI, DEMOLIZIONI, RI-MOZIONI

Gli interventi di restauro comprendono, talvolta, opere di smontaggio e di ri-montaggio di elementi o parti dei manufatti, ma anche vere e proprie demolizioni e ri-mozioni di loro elementi e porzioni, più o meno cospicue estese e consistenti. Apparentemente, si tratta di azioni che poco hanno (o dovrebbero avere) a che fare con gli obiettivi di tutela e di salvaguardia universalmente riconosciuti al restauro, o quantomeno alla sua preminente istanza conservativa, eppure esse sembrano di fatto ineliminabili dai suoi orizzonti. È allora singolare e assai significativo che, raramente, la letteratura teorica e anche quella tecnica del settore si soffermi su queste attività, sulle loro premesse e motivazioni, per non parlare dei loro esiti. Sovente, le relazioni che accompagnano i progetti di restauro e anche più raramente gli scarsi esempi di "Consuntivi Scientifici" che l'attuale legislazione in materia pure imporrebbe a valle dell'esecuzione dei lavori, sembrano infatti semplicemente omettere ogni riferimento a simili operazioni, anche quando gli interventi comprendono effettivamente smontaggi, demolizioni e rimozioni, talvolta strettamente funzionali alla realizzazione del progetto complessivo di restauro.

Sembra allora che quasi non si senta il bisogno (né il dovere) di motivare, di dare conto e di documentare vere e proprie distruzioni, forse proprio perché le si ritiene discutibili e conflittuali con gli obiettivi primari del restauro e della conservazione. Se così non fosse, si dovrebbe pensare che progettisti e soggetti a vario titolo coinvolti nel processo di restauro conoscano ben poco le attività illustrate nelle schede di questa sezione dell'opera, e ancor meno se ne preoccupino, con forti rischi per i manufatti affidati alle loro cure e per la loro effettiva possibilità di giungere alle future generazioni, ricchi di tutti i segni che il tempo naturale e la storia culturale hanno su di essi depositato o impresso rendendoli tracce irriproducibili dei molti nostri passati e preziosa risorsa per il futuro delle nostre società.

SEZ 3 SMONTAGGI, RI-MONTAGGI, DEMOLIZIONI, RI-MOZIONI

Alcune tecniche di smontaggio e di ri-montaggio sembrano in realtà coerenti con gli obiettivi della tutela mentre altre mostrano, verso di essi, una radicale opposizione poiché sembrano condurre, di fatto, alla scomparsa dei manufatti oggetto degli interventi in discussione. Per queste ragioni, sembra opportuno partire da una riflessione generale sulla demolizione, intesa come distruzione e ripensarla, quasi paradossalmente, come un elemento costitutivo del costruire, superando con ciò anche il diffuso e comune significato di inutile e definitivo annientamento che il termine sembra possedere portare inevitabilmente con sé. Non si tratta, tuttavia, di incoraggiare quest'attività o di auspicarne una generale diffusione, ma il comprenderne anche i più contraddittori significati può forse aiutarci a scoprire alcuni suoi aspetti inediti, seppur generalmente offuscati dal suo improvviso emergere come segno irriducibilmente patologico della consueta attività edificatoria. La distruzione, d'altra parte, può assumere connotazioni e significati assai variabili ma sembra esistere una fondamentale differenziazione tra una distruzione imposta o guidata e una scelta demolitoria spesso del tutto immotivata.

SEZ 3 SMONTAGGI, RI-MONTAGGI, DEMOLIZIONI, RI-MOZIONI

L'arte del costruire, d'altra parte, dimostra come quest'attività "negativa" sia spesso emersa quale elemento integrante del pensiero e dell'azione dell'architetto anche, o forse soprattutto, quando si è proposto come restauratore. I significati che la distruzione ha assunto nel passato recente o lontano, i modi e le tecniche con cui è stata attuata, i motivi che ne hanno suggerito o imposto la realizzazione, i soggetti coinvolti, i caratteri degli oggetti coinvolti e le condizioni culturali in cui essa si è compiuta offrono, per questo motivo, molte e interessanti ragioni di rinnovata riflessione.

Da sempre, infatti, l'uomo ha "costruito distruggendo" ma ha parallelamente "distrutto costruendo", in una sorta di infinito ciclo necessario, per ragioni e in proporzioni mutevoli, quasi mai casuali.

Inoltre, se anche in passato si è demolito, abbattuto, rovinato e cancellato, raramente si è in ogni caso semplicemente "sprecato". Potremmo anzi guardare alle città e al territorio in cui ora viviamo come al prodotto di complesse vicende di costruzione e di trasformazione che hanno creato una ricca stratificazione storica e materiale e nelle quali la demolizione appare, talvolta, come un passaggio necessario e produttivo rispetto agli scopi perseguiti. Possiamo allora tentare di comprendere le ragioni di questo profondo intreccio tra il demolire e il costruire, iniziando da una riflessione fondamentale sulle parole, per evidenziarne eventuali aporìe, significati e implicazioni nascoste.

SEZ 3 SMONTAGGI, RI-MONTAGGI, DEMOLIZIONI, RI-MOZIONI

Non è forse casuale, allora, che il distruggere sia generalmente inteso come semplice opposto del costruire. Costruire è parola legata al termine struttura e richiama l'idea del porre insieme, del sommare o montare insieme diverse parti ed elementi in modo non casuale, secondo principi razionali e volti alla realizzazione di un manufatto stabile e durevole. In questo senso, l'azione contraria del costruire (con-strúere) potrebbe essere rappresentata non solo dal distruggere (de-strúere), ma anche dal destrutturare che è parola priva di un diretto corrispondente nella lingua latina e appare frutto di una recente comparsa anche in quella italiana (come, del resto, avviene per il termine costruire, diffusosi prepotentemente solo in epoca moderna). Il termine destrutturare risulta peraltro assai interessante, in questa prospettiva, poiché sembra alludere a una sorta di smontaggio ideale (o fisico) dell'edificio ridotto ai singoli elementi che lo compongono. Possiamo per questo parlare non di distruzione ma di smontaggio almeno nei limiti in cui la parola è applicabile ai manufatti architettonici. Si alluderebbe, in tale senso, a un'operazione inversa o speculare (ma non opposta) all'atto originario del costruire da cui il singolo manufatto è sorto. Questo "ragionare sulle parole", d'altra parte, è solo un pretesto o un mezzo ausiliario che può tuttavia aiutare a intravedere alcuni aspetti del problema che appaiono spesso sepolti dall'approssimazione propria del linguaggio comune. È tuttavia altrettanto certo che, non sempre, i termini montare e smontare si attaglino al mondo dell'architettura, specie per quella di più antica concezione e costruzione e quindi assai distante dalle odierne tecniche di prefabbricazione e industrializzazione.

SMG 01 SMONTAGGI E RIMONTAGGI DI MANUFATTI ED ELEMENTI ARCHITETTONICI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

In termini generali, smontare significa “scomporre una struttura, specialmente meccanica, nelle sue parti costitutive (ad es. un orologio o un motore), in altre parole rimuovere un pezzo dalla propria sede (come una pietra dalla posizione occupata nel muro) o anche, con riferimento a un’abitazione, rimuovere e portare via gli oggetti del suo arredamento” (Zingarelli, Dizionario della Lingua Italiana). Il termine deriva dal francese demontage che richiama il verbo latino moliri, col significato di “porre insieme, costruire, erigere”, da cui il demolire come azione contraria.

In senso più specifico, lo smontare con il corrispondente smontaggio rimandano a un’idea di reversibilità delle azioni che caratterizzano molte attività dell’uomo, dall’artigianato all’industria meccanica, dal bricolage alla costruzione edile. È tuttavia evidente che non sempre gli edifici possono essere “smontati” e ridotti agli elementi costitutivi elementari, specie se sono caratterizzati da tecniche costruttive di carattere murario assai lontane dalla moderna prefabbricazione a secco, senza demolirli e distruggerli (v. SMG08 - Demolizioni e rimozioni parziali nei manufatti architettonici).

Molti manufatti architettonici possono, tuttavia, essere sottoposti ad azioni di smontaggio, totale o parziale, che consentono di attuarne il risanamento con strumenti, metodi e fasi favoriti dalla scissione e dalla separazione, temporanea, dei legami che tengono insieme i loro diversi pezzi, ed essere poi rimontati.

SMG 01 SMONTAGGI E RIMONTAGGI DI MANUFATTI ED ELEMENTI ARCHITETTONICI

Tipi di smontaggio

Lo smontaggio è spesso associato, direttamente o indirettamente, ad altre operazioni e richiede, quindi, modi d'esecuzione e l'impiego di tecniche e strumenti specifici, in relazione alle sue finalità e ai caratteri costruttivi dei manufatti interessati.

Smontare per restaurare

Si può così realizzare lo smontaggio di un manufatto per procedere alla pulitura, al consolidamento e all'eventuale protezione dei suoi componenti smembrati, per poi rimontarli e collocarli nella sede originaria, come avviene nel restauro dei mobili o nella manutenzione dei manti di copertura e delle loro orditure di sostegno (fig. 1), nel restauro di pavimenti e rivestimenti, o degli infissi (v. SMG02 - Smontaggio di incastri e giunti nei manufatti lignei; SMG 03 - Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei e SMG04 - Smontaggi e rimontaggi di manti e di strutture di copertura). Analogamente, può talvolta avvenire che alcuni elementi costitutivi di un manufatto nato dal loro assemblaggio debbano essere smontati o rimossi dalla loro collocazione per consentire interventi di restauro delle strutture cui sono ancorati o addossati, come avvenne, alla fine degli anni settanta del secolo scorso, ai due pulpiti monumentali del duomo di Milano. Essi furono rimossi per consentire gli interventi di consolidamento, mediante la tecnica del cuci-scuci, dei piloni che reggono il tiburio e furono successivamente ricollocati nel sito originario dopo essere stati, a loro volta, restaurati.

Smontare per demolire in modo controllato

In altri casi, lo smontaggio di un manufatto si presenta come una sorta di "demolizione controllata", con o senza successivo rimontaggio, in loco o altrove, dei suoi pezzi smembrati e dei materiali derivanti dall'operazione.

SMG 01 SMONTAGGI E RIMONTAGGI DI MANUFATTI ED ELEMENTI ARCHITETTONICI

Sono testimonianza di simili interventi i diffusi casi di riutilizzo di elementi e di parti di edifici classici nelle architetture, soprattutto religiose, dei periodi paleocristiano e romanico ma anche rinascimentale. Singoli pezzi scolpiti sono lì reimpiegati, secondo la pratica dello "spolio", in strutture analoghe a quelle da cui erano state prelevate oppure sono inseriti in contesti totalmente diversi da quelli di provenienza, privati di ruolo strutturale e senza alcuna specifica funzione, se si esclude quella simbolica assegnatagli dai nuovi costruttori (v. SMG03 - Smontaggio e rimontaggio di pavimenti e rivestimenti lapidei).

Smontare per spostare e rimontare altrove

Vi sono, inoltre, numerosi esempi, anche lontani nel tempo, di antichi edifici o di singoli elementi architettonici smontati o suddivisi in pezzi di dimensioni tali da consentirne la manovrabilità, per essere spostati dal loro sito di fondazione o dalla loro abituale collocazione.

Quando le caratteristiche costruttive lo consentono, lo smontaggio è allora attuato sciogliendo le antiche unioni tra gli elementi componenti o rimuovendo i dispositivi che ne avevano assicurato la giunzione, all'atto della costruzione o realizzazione. Così è avvenuto al Crystal Palace di Paxton, smontato e spostato da Londra a Brighton, a conclusione della Esposizione Universale del 1851.

In altre circostanze, invece, la massa dei manufatti è stata interrotta in punti utili all'operazione di rimozione e frammentazione, indipendentemente dai modi della loro originaria costruzione, come è avvenuto nel caso dei grandi templi egizi di Abu Simbel. Questi, agli inizi degli anni sessanta del secolo scorso, furono, infatti, tagliati in grandi blocchi e spostati altrove, appoggiati a una collina artificiale in calcestruzzo cementizio armato che riproduceva i caratteri del sito originario, per salvarli dalle acque del Nilo destinate a inondarlo a seguito della costruzione della diga di Assuan.

SMG 01 SMONTAGGI E RIMONTAGGI DI MANUFATTI ED ELEMENTI ARCHITETTONICI

Analoghi interventi riguardano peraltro numerosi edifici spostati dai loro siti originari, dopo essere stati pazientemente smontati, pezzo per pezzo, come accadde alla chiesa che sorgeva ai piedi della scalinata del Campidoglio a Roma o a molte parti recuperabili di quella di Nostra Signora del Rimedio, eretta nell'antica via Giulia e ricostruita in piazza Alimonda, a Genova (v. SMG08 - Demolizione e rimozioni parziali nei manufatti architettonici).

Smontare per spostare e proteggere e conservare

Sono infine numerosi i manufatti smontati e rimossi dal loro sito originario per essere sistemati all'interno di nuovi ambienti, ad esempio di carattere museale, per assicurarne la conservazione pur scontando la loro contestabile decontestualizzazione. È quanto avvenuto, ad esempio, all'altare di Pergamo, spostato dalla città dell'Asia Minore nel grande museo di Berlino, a molti frammenti del Partenone di Atene, ricomposti su nuovi supporti nel British Museum di Londra, o agli affreschi della tomba detta del tuffatore, ricomposti entro una ricostruzione della tomba stessa all'interno del museo archeologico di Paestum. Ad analoghi intenti sono poi riconducibili infiniti interventi che, per le più diverse ragioni, hanno portato a smontare e rimuovere dalla loro originaria collocazione gruppi scultorei, tombe, monumenti, altari, polittici e altre componenti artistiche e architettoniche, per rimontarli nelle sale di molti musei, in Europa e nel mondo.

SMG 01 SMONTAGGI E RIMONTAGGI DI MANUFATTI ED ELEMENTI ARCHITETTONICI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

A causa dell'estrema variabilità dei manufatti che possono essere "smontati" e "rimontati" e per le ragioni fin qui richiamate, è impossibile fornire un'unica descrizione delle fasi operative che l'intervento deve seguire. A tal fine, si rimanda ad alcune schede di approfondimento ove, in relazione a specifici manufatti, sono esposte alcune indicazioni operative di dettaglio. In questa sede è tuttavia opportuno richiamare alcuni elementi di metodo e alcune raccomandazioni utili a chiunque intenda smontare un manufatto per rimuoverlo dalla sua sede ed eventualmente rimontarlo in situ o altrove.

Ogni azione di smontaggio dovrebbe, infatti, rispettare alcuni passi fondamentali di seguito sintetizzati.

1. Rilievo accurato del manufatto oggetto di intervento, con particolare attenzione alla individuazione dei pezzi componenti, dei punti e delle linee di reciproca giunzione, soprattutto se gli elementi costitutivi sono variabili per forme e dimensioni.

2. Valutazione delle dimensioni e della consistenza, anche in termini di peso, dei singoli pezzi o delle diverse parti risultanti dallo smontaggio, per assicurare la loro effettiva e sicura manovrabilità.

3. Accurata numerazione dei pezzi e degli elementi che si prevede debbano essere smembrati e marcatura delle facce combacianti, sempre che ciò sia necessario per il tipo di elementi e per la loro disposizione, come accade in un commesso marmoreo, in un pavimento decorato o in una capriata, ove ogni pezzo occupa un posto specifico, al contrario di quanto avviene in un pavimento di piastrelle ceramiche indifferenziate. Numerazione e marcatura debbono, quanto più possibile, tenere conto dell'ordine in cui i pezzi saranno disancorati e rimossi, onde ritrovare non solo la loro posizione nel manufatto rimontato, ma anche per seguire l'ordine corretto delle operazioni necessarie al rimontaggio stesso e assicurare che esso si compia senza provocare rotture o indebite sollecitazione delle parti componenti.

4. Individuazione della quantità, del tipo, delle forme, della posizione e della consistenza delle giunzioni esistenti tra i pezzi che compongono il manufatto, per progettarne correttamente lo smontaggio, scegliendo gli strumenti, i materiali e i metodi necessari, nonché la successione ottimale delle azioni tese a sciogliere tali giunzioni.

5. Rimozione degli elementi e/o dei materiali che assicurano la giunzione tra i singoli pezzi e tra i pezzi e gli eventuali supporti (utilizzando, ad es.: pinze e tenaglie per sfilare chiodi, cacciavite per rimuovere viti, solventi per sciogliere adesivi e collanti ecc.). La rimozione, in linea di principio, deve partire dagli strati e dagli elementi più esterni del manufatto, cioè da quelli le cui connessioni sono direttamente accessibili, che hanno minori vincoli e giunzioni e che non svolgono alcuna funzione "portante" o "stabilizzante" per altri elementi o parti del manufatto.

6. Collocazione dei pezzi smontati e rimossi in luoghi sicuri e in condizioni protette, per la loro temporanea custodia, o per essere sottoposti a eventuali interventi di pulizia, consolidamento, integrazione, riadesione ecc.

7. Pulitura e preparazione delle sedi di inserimento originario dei pezzi, se ancorati a un supporto cui si prevede siano nuovamente connessi.

8. Trattamento dei singoli pezzi (come indicato al punto sei).

9. Rimontaggio dei pezzi smembrati e rimossi, con inserimento di eventuali nuovi elementi di rinforzo o di connessione e con sostituzione degli elementi irrecuperabili, se il montaggio avviene sfruttando gli antichi supporti. In alternativa, realizzazione di nuove strutture di appoggio e ancoraggio, se i pezzi sono montati in luogo e in condizioni diverse da quelle di provenienza.

10. Rimozione di eventuali imperfezioni, quali colature di adesivi, o di perni e legature che emergono dalla superficie del manufatto ricomposto, ed esecuzione di eventuali finiture superficiali o di trattamenti protettivi dei pezzi rimontati.

Il rimontaggio segue comunque, in linea di massima, le regole costruttive proprie del manufatto su cui si opera ed è realizzato con fasi almeno in parte speculari rispetto a quelle dello smontaggio, in una sorta di anastilosi dei pezzi smembrati (v. SMG09 - Ricomposizione per anastilosi) (fig. 4, fig. 5, fig. 6, fig. 7).

SMG 01 SMONTAGGI E RIMONTAGGI DI MANUFATTI ED ELEMENTI ARCHITETTONICI

Figura 1 • Smontaggio e rimontaggio di un manto di copertura. Si notino, a sinistra, le coperture provvisorie e, a destra, alcuni coppi accatastati in attesa di essere ricollocati.

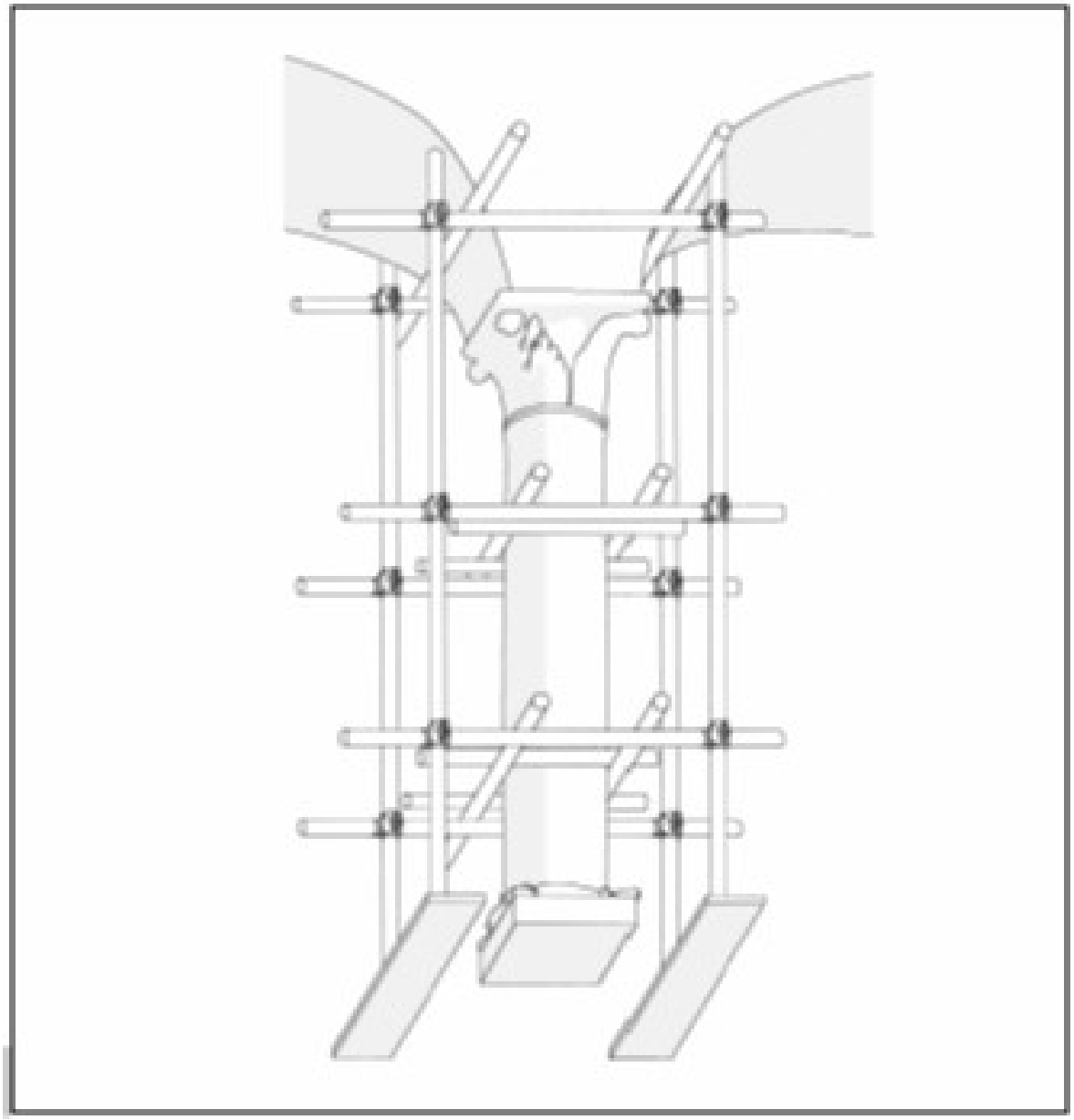

Figura 2 • Smontaggio del capitello di una colonna: sono allestite le opportune puntellazioni atte a sostituire la funzione portante dell'elemento da smontare.

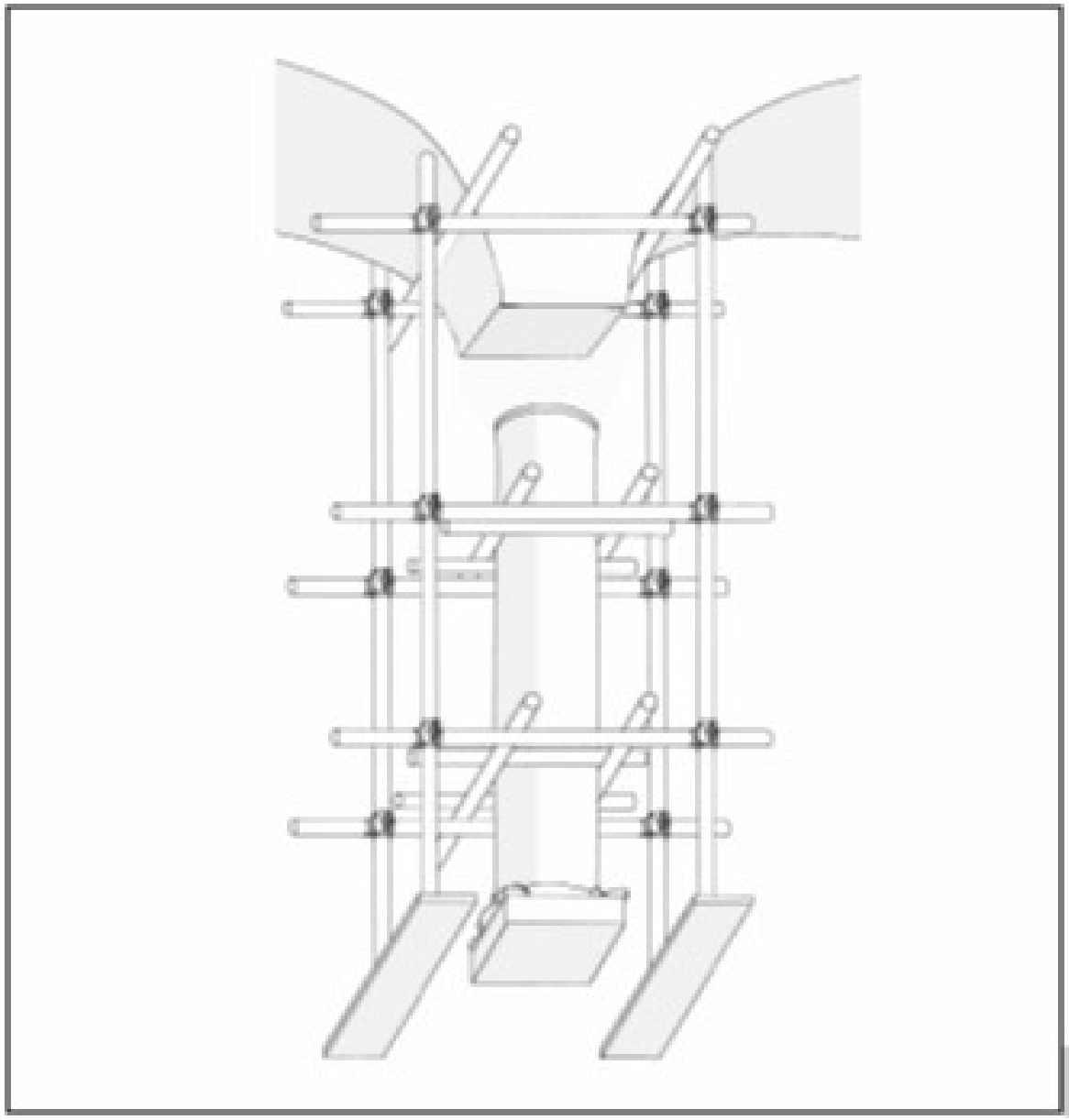

Figura 3 • Smontaggio del capitello di una colonna: dopo aver messo in tensione la struttura sostitutiva, sono rimossi gli elementi e/o i materiali che assicurano la giunzione tra i singoli pezzi e smontato il capitello.

Figura 4 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: l'architrave superiore è imbragato e rimosso dalla sua posizione originale.

Figura 5 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: inserimento di perni filettati di acciaio inox alla base dell’architrave.

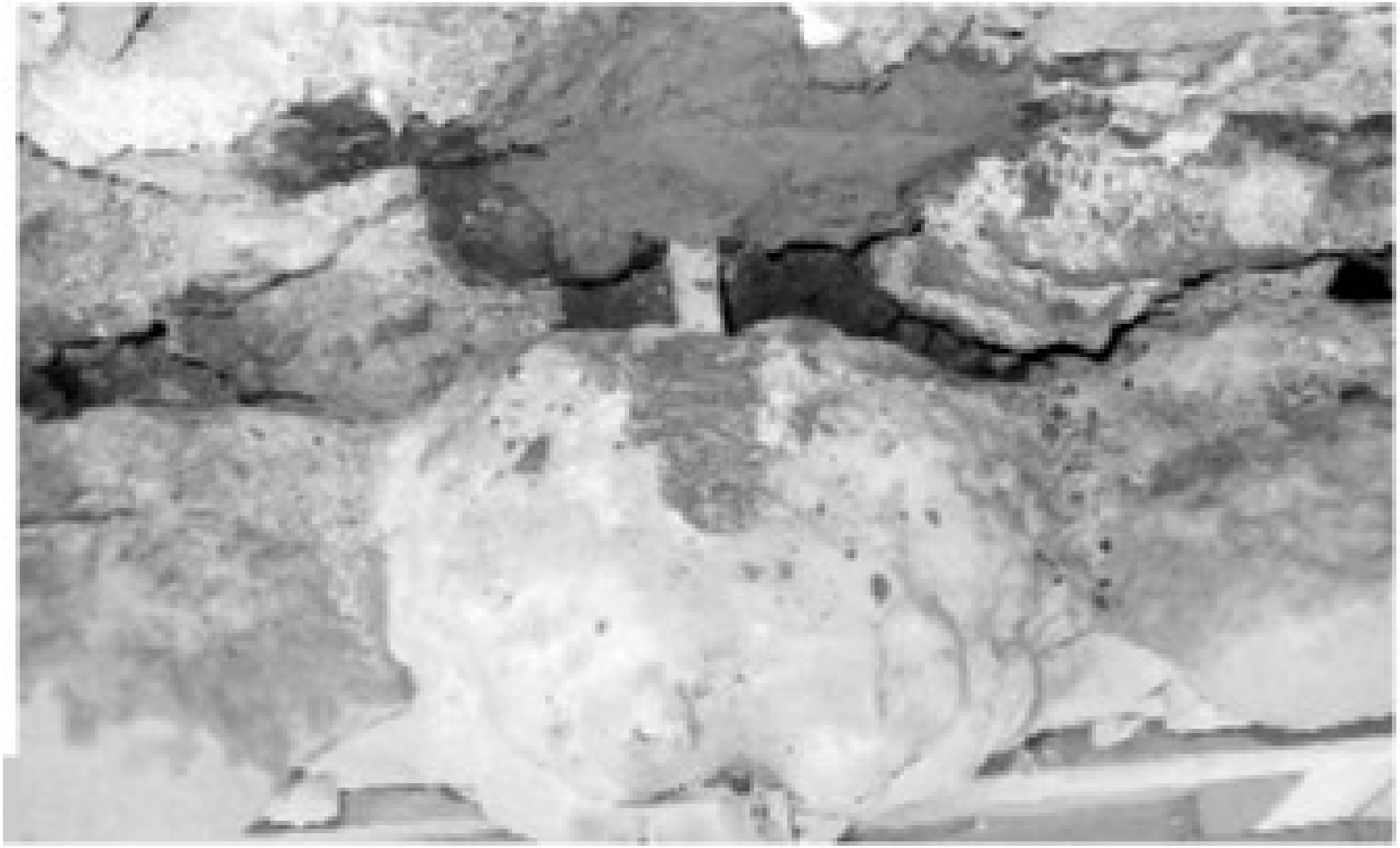

Figura 6 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: perno in acciaio inox murato a sostegno dell'elemento scultoreo che decora l'architrave della cornice.

Figura 7 • Sostituzione degli elementi di connessione di una cornice di marmo: elemento di connessione di un montante della cornice.

Figura 8 • Il pavimento dell’aula è stato smontato per restaurarne le superfici marmoree e consolidarne il sottofondo, consentendo, allo stesso tempo, l’apertura di un cantiere archeologico.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Il nome di questa tecnica deriva dall'unione di due parole greche, anà e stylos che, letteralmente, significano "su" e "colonna", e indica fondamentalmente l'operazione del "rialzare" o del "porre di nuovo in piedi" colonne cadute e ridotte in frammenti.

In termini più specifici e aderenti alle tecniche del restauro, il termine anastilosi è stato spesso utilizzato, fin dall'antichità, ma soprattutto a partire dal XIX secolo, per descrivere le ricostruzioni totali, o più spesso parziali, di antichi edifici crollati, realizzate attraverso la riconnessione delle loro parti smembrate e rovinate al suolo e ancora giacenti in situ.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI ESECUTIVE

Manufatti soggetti ad anastilosi

Tenendo conto dei dubbi e degli aspetti problematici appena richiamati, si può comunque affermare che, dal punto di vista tecnico, l'anastilosi è sempre stata ritenuta una soluzione auspicabile, in relazione alla volontà di ricomposizione di manufatti costruiti in pietra da taglio e caratterizzati da unioni a secco tra i vari elementi componenti. In questi casi, infatti, si riteneva che l'operazione potesse essere guidata e facilitata dalla presenza dei numerosi segni di lavorazione sia sulle facce esterne degli elementi smembrati (ad es. le scanalature delle colonne, o l'anatirosi sulle facce dei blocchi di una muratura), sia sulle loro facce interne destinate a combaciare con elementi analoghi, sovrapposti o sottoposti a essi (ad esempio gli incavi presenti nelle facce inferiori dei rocchi di una colonna, sede di antichi elementi metallici di connessione). Inoltre, mentre è possibile, anche se difficoltoso e talvolta rischioso, riconoscere i rocchi che, verosimilmente, appartenevano a una colonna crollata e le connessioni che li legavano reciprocamente nello sviluppo del fusto, è assai più difficile, per non dire impossibile, ritrovare la posizione di un singolo concio di pietra all'interno di una muratura, anche ove con ragione si può pensare che fosse caratterizzata da un'apparecchiatura regolare e, ancor più se, all'opposto, si tratta di una muratura ad apparecchiatura irregolare di pietrame o laterizi. In questi casi, infatti, il crollo ha determinato l'irreversibile perdita dei nessi (formali, topologici e costruttivi) istituiti tra gli elementi componenti durante la loro originaria costruzione e ciò rende di fatto impossibile una loro effettiva anastilosi, ossia un loro semplice rimontaggio.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Fasi operative

Alcune fasi fondamentali che dovrebbero caratterizzare ogni operazione di anastilosi possono essere così sinteticamente descritte.

1. Rilievo degli elementi sparsi sul terreno, se l'anastilosi riguarda situazioni di crollo che hanno lasciato in situ i frammenti del manufatto da ricomporre e da ri-innalzare.
In questi casi, si ricorre a tutti i metodi e a tutti gli strumenti del rilievo geometrico rigoroso (da quello fotogrammetrico analitico a quello che fa uso di tecnologie digitali semplificate, da quello longimetrico a quello topografico) oltre che ai metodi propri del lavoro archeologico (rilievo diretto di sagome con profilometri ad aghi, per ricalco ecc.). A questa fase è affidato il compito di documentare lo stato dei luoghi e dei manufatti, non solo per garantire la sopravvivenza di un'informazione destinata a scomparire con la modifica introdotta dalla ricostruzione per anastilosi, ma anche per garantire agli studiosi una base di conoscenza rigorosa e "obiettiva" che consenta il controllo delle ipotesi formulate in ordine alla posizione che il singolo elemento dovrà assumere nel manufatto ricomposto. Le operazioni di rilievo devono in ogni caso riguardare l'intero sito e la posizione dei singoli elementi sconnessi al suo interno e devono spingersi sino al rilievo geometrico dei singoli pezzi.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

2. Schedatura, descrizione, rilievo tridimensionale degli elementi smembrati, volta a riconoscere e memorizzare ogni informazione relativa alle forme, alle dimensioni, ai materiali, ai difetti, ai segni di lavorazione e a quant'altro caratterizzi il singolo elemento nella condizione in cui si trova, per facilitare le successive operazioni di riconoscimento delle relazioni tra i diversi pezzi componenti il manufatto che si intende ricomporre. Questa fase deve essere svolta parallelamente a quella precedente, o in sostituzione di essa, nel caso in cui si intenda operare la ricomposizione per anastilosi di pezzi ed elementi non più conservati sul sito del monumento o accatastati su di esso in modo casuale e che, pertanto, non paiono mantenere alcuna effettiva informazione sulla situazione del manufatto precedentemente al crollo o alla distruzione. Appartengono a una simile fase operativa anche le ricerche e gli studi comparativi volti a ritrovare pezzi smembrati di un monumento lontano dal suo sito, ricostruendo a ritroso gli eventuali processi di asportazione, alienazione e riutilizzo in altri contesti, che possono aver caratterizzato la storia del sito e del monumento stesso, più di quanto talvolta non si creda.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

3. Riconoscimento delle eventuali e possibili relazioni esistenti tra i vari elementi censiti. A questa delicatissima fase del lavoro, che può oggi avvalersi di raffinate tecnologie informatiche che facilitano il lavoro istruttorio ed evitano che giunga a conclusioni affrettate, è affidato il compito di:
— stabilire se tutti i pezzi, gli elementi o i frammenti ritrovati in situ appartengano o no al manufatto da ricomporre e, per converso;
— se del singolo manufatto da ricomporre si siano ritrovati tutti i pezzi, gli elementi o i frammenti che originariamente gli appartenevano;
— riconoscere e determinare, in modo univoco ed esente da dubbi, l'esatta posizione e la reciproca relazione tra i diversi pezzi, elementi e frammenti ritrovati e censiti all'interno dell'ipotetico manufatto che s'intende ricomporre.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

4. Ricostruzione ipotetica del manufatto da ricomporre, in laboratorio e comunque con mezzi che prescindono dalla manipolazione dei frammenti ed evitano di modificare lo stato dei luoghi e del manufatto stesso. In questa fase, sono utilizzabili tutti gli strumenti e i metodi d'elaborazione delle informazioni che consentono lo sviluppo delle ipotesi, attraverso processi modificabili e revocabili in caso di dubbio, i cui esiti rimarranno a documentazione del percorso svolto e a testimonianza della sua serietà e fondatezza, oltre a fornire un termine di confronto che, solo al termine dell'intero processo analitico, consentirà di assumere responsabilmente la decisione circa la effettiva ricomposizione del manufatto smembrato. Il disegno rappresenta, in questo senso, lo strumento manuale di più facile accesso, ma anche di maggiore approssimazione, rigidità e incertezza, a meno che non si tratti di disegno automatizzato associato a strumenti software di controllo e elaborazione delle immagini, dei dati dimensionali e descrittivi e di simulazione delle diverse operazioni previste dalla ricomposizione.

A questa fase spetta anche la definitiva identificazione dei pezzi da ricomporre, per ricostruire il singolo manufatto (o parte di manufatto) e quella dei pezzi o dei frammenti mancanti che occorrerà eventualmente integrare con diversi mezzi, materiali, tecniche e metodi.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

5. Definizione dell'esatta logica e sequenza di ricomposizione dei pezzi, degli elementi e dei frammenti riconosciuti come appartenenti al singolo manufatto (o parte di manufatto) da ricomporre e individuazione delle correlate fasi operative del rimontaggio (fig. 1).

6. Scelta dei modi, dei mezzi, dei materiali, delle tecniche e degli strumenti operativi che si intendono adottare nelle fasi di ricomposizione e ri-innalzamento del manufatto crollato. La scelta riguarda, anzitutto, i sostegni provvisori eventualmente necessari, durante le fasi di ricomposizione del manufatto, per assicurare la progressiva stabilità delle sue parti.

Occorre, inoltre, stabilire quali materiali e quali dispositivi utilizzare per realizzare le connessioni tra i frammenti da ricollocare in opera e da connettere tra loro, per ricostruire il manufatto crollato e per erigerlo nuovamente scegliendo, ad esempio, tra malte, resine, adesivi, perni, dispositivi d'ancoraggio passivi e attivi (v. RCP01 - Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi).

Infine, appartiene a questa fase del lavoro, la decisione circa l'opportunità o meno di integrare eventuali lacune e mancanze che la ricomposizione dei frammenti ritrovati lascerebbe in ogni caso entro il manufatto ricomposto, per la mancanza di alcuni pezzi o per la loro incompletezza e rottura. Tale decisione, oltre a coinvolgere, come si vedrà in seguito, scelte di carattere teoretico, circa l'autenticità e riconoscibilità del nuovo intervento rispetto all'antico conservato in situ, deve tenere conto della necessità di assicurare stabilità e durata complessiva al manufatto, durante le fasi di ricomposizione e a processo avvenuto (fig. 2, fig. 3, fig. 4).

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 1 • Acropoli di Atene, parti costruttive a pie' d'opera, pronte per essere ricomposte.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 2 • Acropoli di Atene, colonne ricomposte con rocchi antichi e parti riprodotte.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 3 • Acropoli di Atene, dettaglio di una ricomposizione per anastilosi.

Figura 4 • Acropoli di Atene, il cantiere con le impalcature metalliche durante i lavori di restauro.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 5 • Roma, fori Imperiali. Ricomposizione per anastilosi di colonna in granito con integrazioni in mattoni.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 6 • Villa Adriana. Anastilosi con integrazione di blocchi di calcestruzzo lavorati come gli originali.

Figura 7 • Colonne ricomposte per anastilosi, con rilevanti integrazioni di pietra scanalata
Si notino le cerchiature metalliche sui rocchi antichi.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 8 • Ricomposizione di colonne con integrazione di malta cementizia.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 9 • Ricomposizione con aggiunta di un capitello in calcestruzzo armato.
Sono visibili i ferri di armatura.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 10 • Turchia, Acropoli di Pergamo: ricostruzione per anastilosi del Tempio di Traiano.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 11 • Turchia, Acropoli di Pergamo: ricostruzione per anastilosi del Tempio di Traiano, particolare del frontone.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 12 • Turchia, Parco archeologico di Efeso: ricostruzione per anastilosi della Biblioteca di Celso.

Figura 13 • Turchia, sito archeologico di Laodicea: è visibile il mezzo di sollevamento utilizzato per lo spostamento degli elementi di dimensioni maggiori.

SMG 09 RICOMPOSIZIONE PER ANASTILOSI

Figura 14 • Turchia, sito archeologico di Laodicea: particolare di due colonne ricomposte per anastilosi.

SEZ 4 RICOMPOSIZIONI

Introduzione. Ricomposizioni, riadesioni e ancoraggi nel restauro

RCP 01 Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi
RCP 02 Unione di parti fratturate con perni e spinotti
RCP 03 Consolidamento del sistema di aggancio di lastre lapidee
RCP 04 Riadesione di scaglie mediante adesivi
RCP 05 Riadesioni di distacchi tramite iniezioni
RCP 06 Riadesione di lastronature, impiallacciature e placcature lignee
RCP 07 Ancoraggi puntuali di superfici musive
RCP 08 Incollaggio di materiali ceramici e vitrei
RCP 09 Riparazione mediante saldatura
RCP 10 Riadesione e integrazione di elementi metallici con adesivi o resine
RCP 11 Unione di parti lignee con perni e spinotti

SEZ 4 RICOMPOSIZIONI

RI-COMPOSIZIONI, RI-ADESIONI E ANCORAGGI NEL RESTAURO

Il progettista di un restauro o l'operatore tecnico sul campo deve spesso affrontare l'eventuale ricomposizione di manufatti smembrati, di oggetti che hanno perso, per varie ragioni, alcuni loro elementi o da cui si sono staccati frammenti di varia e diversa consistenza.

Altre volte, sono le necessità dell'integrazione (esplorate in una diversa e specifica sezione dell'opera) a suggerire, o imporre, l'aggiunta di nuovi materiali e di nuove parti a manufatti caratterizzati da mancanze più o meno estese e di varia natura e pericolosità, soprattutto rispetto alla loro durata o leggibilità. I problemi sollevati in simili circostanze sono diversi, nelle premesse e rispettive finalità, ma richiedono pur sempre l'impiego di materiali, strumenti e procedure riconducibili al più vasto insieme di tecniche illustrate in questa sezione dell'opera. Esse sono accomunate dalla possibilità che offrono di mettere, o "rimettere" insieme parti ed elementi disgiunti e separati per creare un'inedita unità, o per fare rivivere quella presunta originaria e ormai perduta a causa dei processi di degrado e dissesto che hanno investito i manufatti. Il campo d'azione di queste tecniche è assai vasto e comprende reperti archeologici (vasi, sculture, bronzi, monili ecc.), manufatti architettonici (colonne, gradini, davanzali, stipiti, cimase, capitelli, pavimenti, rivestimenti ma anche intere pareti murarie, o solai e volte ecc.), oltre a prodotti tipici della scultura, della pittura o dell'artigianato (statue, bassorilievi, opere d'ebanisteria, mobili e arredi fissi, polittici e predelle d'altare ecc.).

SEZ 4 RICOMPOSIZIONI

Rispetto al destino che attende questi manufatti, si sostiene spesso che è opportuno o necessario ricomporne gli eventuali frammenti distaccati o smembrati, assicurandoli, reciprocamente e al corpo ancora sano e stabile da cui provengono, utilizzando colle e adesivi, ancoraggi, perni, staffe, zanche o altri dispositivi passivi di ritenzione (fasce, staffe o cerchiature) e sconfinando, talvolta, nel loro vero e proprio consolidamento strutturale complessivo che tuttavia non rientra tra i temi affrontati da questa opera (vedi la sezione dedicata al Consolidamento). Altre volte, occorre invece aggiungere nuovi elementi a un manufatto esistente, ma si ricorre pur sempre a tal fine alle stesse procedure e si utilizzano i medesimi strumenti e materiali qui trattati.

In ogni caso, simili interventi appaiono sorretti da alcune ragioni ricorrenti e, in particolare, sembrano realizzati per i seguenti scopi principali:
a) per aumentare la resistenza e la stabilità del manufatto, ossia per sorreggere, sostenere o consolidare;
b) per conferire continuità fisica al manufatto, ossia per riparare, proteggere o mantenere in efficienza;
c) per dare, o per restituire all'opera integrità formale e, quindi, per renderlo leggibile e comprensibile, ossia per farlo (o rifarlo) parlare di se stesso e del mondo da cui proviene e di cui è traccia.

RCP01 RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Un manufatto può, per cause diverse, presentare fenomeni di distacco, totale o parziale, che interessano parte degli elementi di cui è costituito. Per ripristinare la continuità tra le porzioni staccatesi e l'oggetto da cui si sono separate, è possibile ricorrere, tra gli altri metodi disponibili, all'utilizzo congiunto di perni e di adesivi. Negli ancoraggi, i perni svolgono un ruolo di sostegno della parte staccata, collegandola al resto del manufatto, migliorando la solidità dell'ancoraggio grazie alla capacità di estendere la connessione oltre le sole superfici di contatto reciproche tra frammento e manufatto da integrare.

I collanti, oltre alla specifica azione adesiva, svolgono anche una funzione protettiva dei perni, soprattutto se in materiale metallico (fig. 1, fig. 2).

RCP01 RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Di seguito sono schematicamente riportate le principali fasi esecutive del generico intervento di imperniatura eseguito per ricostituire la perduta continuità tra un frammento e il manufatto da cui proviene.

1. Nel caso si debba intervenire per riparare rotture o distacchi parziali, può essere talvolta necessario separare completamente le diverse parti interessate, prima di procedere alla ricostituzione della loro adesione, al fine di realizzare le condizioni migliori per operare e per assicurare la riuscita dell'intervento;

2. inoltre, se il materiale di cui sono costituite le parti da ricollegare è caratterizzato da decoesione o, comunque, da una riduzione delle sue caratteristiche fisiche e meccaniche, occorre prima di tutto consolidarle, preferibilmente per impregnazione (v. CSD04 - Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine) utilizzando prodotti che possano restituire loro almeno parte della resistenza perduta, per evitare che le perforazioni, necessarie alla successiva introduzione dei perni, inducano ulteriori danni;

3. una volta stabiliti il numero, le dimensioni dei perni da inserire (in relazione alla previsione delle sollecitazioni cui l'unione sarà sottoposta e alle sue caratteristiche morfologiche) nonché l'orientamento dei fori, si eseguono le perforazioni per ricavare nel corpo del manufatto e nel frammento le sedi d'alloggiamento dei perni, utilizzando un trapano. Le perforazioni devono attraversare la porzione in fase di distacco o completamente distaccata, che è quindi mantenuta nella sua precaria posizione con puntellature o altri sistemi di sostegno provvisori, e il corpo sano del manufatto cui si intende ancorarla. Il diametro del foro deve essere leggermente maggiore rispetto a quello del perno da inserire al suo interno (sono sufficienti 3-4 mm in eccesso, o anche meno, se i perni sono di piccole dimensioni) e lo stesso accorgimento riguarda la profondità del foro (in questo caso possono essere necessari anche 2-3 cm in eccesso, affinché l'estremità del perno resti leggermente arretrata rispetto alla testa del foro, per rendere possibile la sua stuccatura finale);

4. una volta praticato il foro, occorre eseguirne un'accurata pulizia, utilizzando ad esempio un getto di aria compressa e, successivamente, un lavaggio eseguito con una miscela di acqua e alcol (l'aggiunta di alcol all'acqua ha la duplice finalità di migliorare l'azione bagnante di quest'ultima e di aumentare la sua velocità di evaporazione), per rimuovere i detriti prodotti dalla perforazione. La presenza di residui pulverulenti all'interno dei fori può infatti ridurre l'adesione del composto che collega i perni alle pareti di ciascun foro, compromettendo l'efficacia dell'ancoraggio;

5. si inietta quindi un piccola quantità di adesivo all'interno del foro, per assicurare l'adesione della testa del perno alla parte salda del manufatto da integrare; la siringa utilizzata deve essere preferibilmente del tipo utilizzato per manipolare miscele plastiche, deve essere azionata ad aria, in quanto ciò consente un migliore controllo della fuoriuscita dell'adesivo e deve essere dotata di un ugello di ottone o di rame;

6. dopo di ciò, si intinge il perno, accuratamente pulito con acetone o alcol puro, nell'adesivo e lo si fa scorrere all'interno del foro per rivestirne le pareti con una piccola quantità di collante e favorire la successiva presa dell'adesivo, con il definitivo bloccaggio del perno;

7. a questo punto, si può iniettare il formulato adesivo all'interno del foro in quantità sufficiente per riempire quasi completamente la cavità, possibilmente a partire dal fondo del foro, se la lunghezza dell'ago lo consente e, in ogni caso, non troppo velocemente, per evitare l'inclusione di bolle d'aria che potrebbero ridurre la superficie d'adesione tra il perno e le pareti del foro. La consistenza dell'adesivo non deve essere troppo fluida, per evitarne la fuoriuscita durante l'iniezione o l'eccessivo assorbimento da parte delle porosità presenti nel materiale in cui il foro è praticato;

8. si inserisce quindi il perno all'interno della cavità predisposta, avendo cura di rimuovere con un tampone di cotone o con un panno umido l'adesivo che fuoriesce dal foro.
I perni utilizzati possono essere di vario tipo, a seconda dell'elemento su cui si opera e delle dimensioni delle porzioni da ancorare: in vetroresina, in acciaio inossidabile, nel qual caso debbono essere impiegati i tipi d'acciaio elencati nella tabella SIAS (Società Italiana Acciai Speciali), mentre le barre devono essere ad aderenza migliorata per rendere più facile l'aggrappaggio dell'adesivo. Di recente sono stati utilizzati anche elementi di connessione in materiali innovativi, tra cui perni ottenuti da barre in fibra di carbonio ad aderenza migliorata;

9. infine, si procede alla stuccatura della testa del foro utilizzando una malta composta dal collante impiegato e dai detriti provenienti dal materiale perforato, per mimetizzare la traccia del foro sulla superficie del manufatto (fig. 3, fig. 4, fig. 5). Se eseguita con accortezza, l'operazione di stuccatura rende difficilmente individuabile l'imperniazione, e pertanto è indispensabile documentare la localizzazione di ogni singolo perno (fig. 6, fig. 7, fig. 8).

RCP01 RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI

Figura 1 • Mensola di marmo. Per ripristinare la continuità tra il frammento e l'oggetto da cui è separato, è possibile ricorrere, tra gli altri metodi disponibili, all'impiego congiunto di perni e di adesivi.

Figura 2 • Il frammento è ricongiunto alla mensola.

Figura 3 • Mensole di stucco. L’operatrice pratica un foro per l’inserimento di un perno.

Figura 4 • È iniettata la prima parte di adesivo per fissare la testa del perno.

Figura 5 • È inserito il perno di acciaio inox, dopo averlo intinto nella stessa resina utilizzata per il fissaggio. Si inietta la seconda parte di resina.

RCP01 RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI

Fig. 6 • Torrazzo di Cremona. Ancoraggio dei laterizi distaccati della cortina esterna con perni in acciaio inox di piccolo diametro.

Fig. 7 • Cortina in mattoni con i perni inseriti nei fori prima dell’iniezione del formulato adesivo.

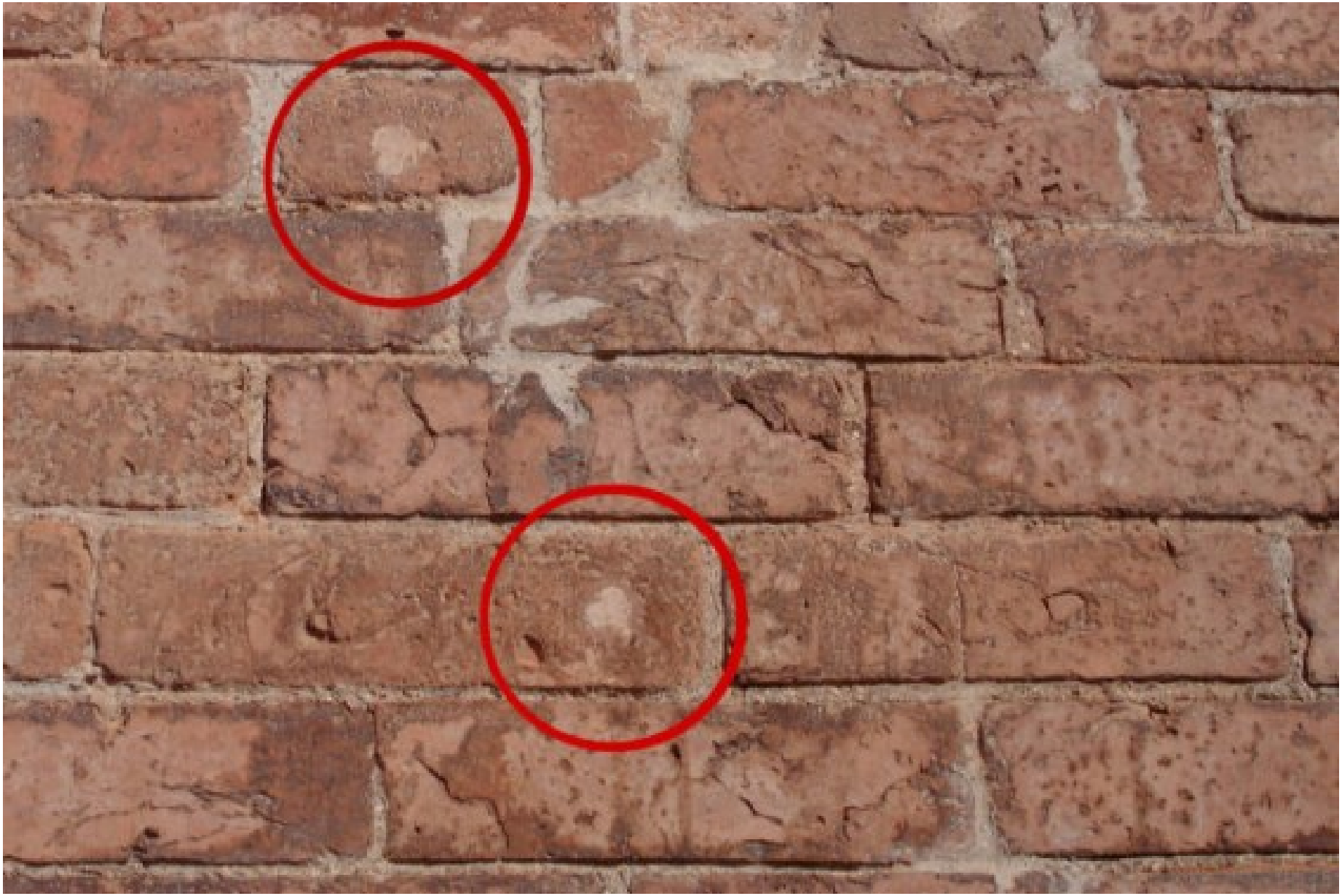

Fig. 8 • Localizzazione delle teste dei fori dopo la stuccatura eseguita con il formulato adesivo impastato con la polvere proveniente dal mattone perforato.

RCP05 RIADESIONE DI DISTACCHI TRAMITE INIEZIONI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Gli intonaci, oltre a subire fenomeni di degrado che possono comprometterne forma, resistenza e coesione, possono perdere la propria aderenza al supporto e cadere mettendo a nudo e a rischio la sottostante muratura. Analoghi fenomeni possono peraltro interessare anche gli strati superficiali di manufatti lapidei soprattutto se di natura scistosa. In questi casi, quando al distacco non è ancora seguita la caduta è possibile fare nuovamente aderire l'intonaco al supporto.

La tecnica di cui si tratta ottiene tale scopo riempiendo le cavità createsi tra supporto e intonaco distaccato, tramite iniezioni di prodotti e malte consolidanti, in modo da ottenere un'azione adesiva tra le superfici distaccate. La ricostituzione di una continuità tra la materia delle due componenti costruttive (muro e intonaco) e tra i suoi diversi strati restituisce loro, in tutto o in parte, le caratteristiche fisiche e meccaniche, perdute o minacciate, e le loro prestazioni tecnologiche concorrendo alla conservazione dell'architettura e alla sua durabilità.

RCP05 RIADESIONE DI DISTACCHI TRAMITE INIEZIONI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'applicazione della tecnica di riadesione mediante iniezioni risente dei caratteri del manufatto su cui si interviene e può conoscere molte varianti. Essa prevede tuttavia una sequenza di operazioni che sinteticamente tendono a:

a) localizzare la porzione di intonaco distaccato da fare riaderire ed eseguire un foro di piccole dimensioni (2-4 mm), scegliendo con cura il punto più adatto poiché, soprattutto nel caso in cui l'ampiezza del distacco sia molto limitata e, quindi, la possibilità di inserimento del consolidante nella lente di distacco risulti ridotta, la quantità di materiale che si riuscirà a introdurre può dipendere dalla buona scelta del punto d'iniezione.
I fori possono non essere necessari se la zona di distacco è agevolmente raggiungibile con le iniezioni, anche utilizzando le discontinuità già presenti sulla sua superficie esterna, quali lesioni, fratture, crepe o bordi.
Se i distacchi interessano superfici ampie, sono necessari diversi fori d'iniezione, che saranno praticati iniziando dal basso e proseguendo man mano verso l'alto, in modo che i prodotti iniettati possano riempire progressivamente tutto il vuoto esistente tra intonaco e supporto.
I fori devono essere eseguiti sfruttando il più possibile le zone in cui si sono verificate cadute o abrasioni e possono essere realizzati tramite punteruoli o piccoli trapani ad alta velocità, con punte molto sottili, come ad esempio quelle usate in odontoiatria. Tra la punta del trapano e la superficie dell'intonaco deve essere interposta una spugna inumidita per raccogliere la polvere prodotta con la perforazione. Occorre inoltre evitare che la forza e il movimento, esercitati per praticare il foro, inducano stress tali nell'intonaco da determinare la rottura e la caduta della parte sollevata.

b) Aspirare la polvere rimasta intorno alle pareti del foro e quella presente all'interno del vuoto, utilizzando cateteri flessibili di dimensioni adeguate.

c) Pulire le superfici interne alla lente di distacco e favorire lo scorrimento e la presa del consolidante al suo interno iniettandovi, con una siringa o con una peretta, acqua deionizzata o una miscela d'acqua e alcool che defluirà all'esterno attraverso i fori della zona inferiore o rifluirà dal foro di iniezione stesso.

d) Stuccare tutti i bordi dell'intonaco, le fessure, i fori e le zone dalle quali è uscito il liquido iniettato. Questa operazione serve anche a individuare i punti di possibile fuoriuscita del materiale sigillante da iniettare e a creare, con le stuccature, una condizione di "camera stagna" per la lente di distacco.

e) Iniettare, infine, il prodotto consolidante, introducendo nel foro un piccolo tubo di gomma o un ago di dimensioni e forma adeguati al tipo di fluido utilizzato e alle condizioni del distacco (fig. 1). Spesso questo insieme di operazioni è reso difficile dalla presenza, all'interno delle lenti di distacco, di polvere o di sabbia proveniente dall'intonaco decoeso; questi residui, quando il distacco tra gli strati è di entità ridotta (come profondità e volume), possono ostacolare il passaggio del consolidante. In questi casi è inevitabile usare un materiale sigillante praticamente liquido e impiegare prodotti polimerici come le resine acriliche (ad es. Primal AC 33) che, sebbene non rispondano ai requisiti del materiale ideale adatto per supporti di natura minerale, sembrano costituire l'unica soluzione possibile.

RCP05 RIADESIONE DI DISTACCHI TRAMITE INIEZIONI

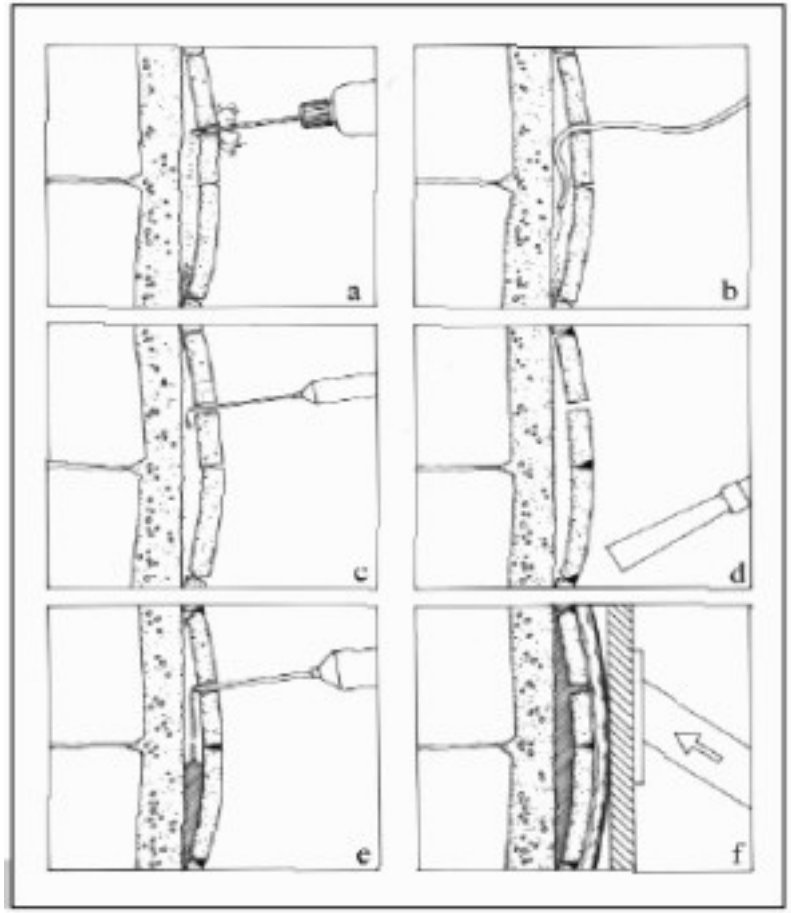

Figura 1 • Fasi esecutive per l'applicazione della tecnica: a) esecuzione di un foro di piccole dimensioni (2-4 mm). b) raggiunta la zona del distacco, si aspira con cateteri flessibili la polvere rimasta all'interno; c) si inietta con una siringa acqua deionizzata o una miscela di acqua e alcol, per pulire la superficie del distacco e favorire lo la presa del consolidante; d) si realizza una "camera stagna", si stuccano tutti i bordi dell'intonaco, le fessure, i fori e le zone dalle quali è uscito il liquido; e) si inietta il prodotto consolidante; f) nel caso di distacchi molto estesi, per evitare che il peso del prodotto consolidante gravi sull'intonaco sollevato aumentandone il distacco, è opportuno esercitare una pressione continua, ma leggera, sulla superficie dell'intonaco stesso.

Figura 2 • Esecuzione del foro, con trapano manuale a rotazione, per l’iniezione del consolidante.

Figura 3 • Pulitura del foro dalla polvere prodotta durante l’operazione precedente.

Figura 4 • Iniezione del consolidante. Con una piccola spugna umida si provvede alla immediata pulitura della superficie forata dall'eventuale fuoriuscita del consolidante.

SEZ 05 PULITURE

Introduzione. La pulitura nel restauro architettonico

PLT 01 Pulitura con acqua nebulizzata mediante spruzzatore manuale
PLT 02 Pulitura con acqua nebulizzata o atomizzata
PLT 03 Pulitura con acqua atomizzata
PLT 04 Sistema di pulitura "Liquabrade"
PLT 05 Pulitura di superfici con spray d'acqua
PLT 06 Pulitura di superfici con spray d'acqua e getto di vapore
PLT 07 Pulitura di materiali lapidei con idrosabbiatura
PLT 08 Pulitura dei metalli mediante idrosabbiatura
PLT 09 Pulitura con i sistemi Jos e Rotec
PLT 10 Lavaggio con acqua demineralizzata o deionizzata
PLT 11 Pulitura mediante immersione in acqua
PLT 12 Tecnica del "gommage" per la pulitura delle superfici lapidee
PLT 13 Sabbiatura a secco
PLT 14 Microsabbiatura di superfici lapidee
PLT 15 Microsabbiatura di manufatti metallici
PLT 16 Pulitura con impacchi di argille adsorbenti
PLT 17 Pulitura dei materiali lapidei con impacco biologico
PLT 18 Descialbatura e desolfatazione o pulitura con resine a scambio ionico
PLT 19 Pulitura con tamponi o compresse imbevuti di prodotti detergenti
PLT 20 Pulitura con impacchi di carbonato di ammonio
PLT 21 Pulitura dei metalli con acido etilendiamminotetracetico (EDTA)
PLT 22 Pulitura mediante spazzolatura
PLT 23 Pulitura meccanica mediante bisturi e utensili appuntiti in genere

SEZ 05 PULITURE

PLT 24 Asportazione di incrostazioni tramite martelletti o vibratori
PLT 25 Pulitura per abrasione tramite piccole frese e mole
PLT 26 Pulitura di materiali lapidei mediante irraggiamento laser
PLT 27 Desalinazione dei materiali lapidei
PLT 28 Pulitura dei materiali lapidei con bagno elettrolitico
PLT 29 Rimozione dei materiali di ossidazione da metalli mediante riduzione elettrochimica
PLT 30 Pulitura dei metalli con soluzioni chelanti/complessanti-tiourea
PLT 31 Pulitura dei metalli con soluzione alcolica di ammoniaca
PLT 32 Pulitura con ultrasuoni in acqua deionizzata
PLT 33 Pulitura di metalli con sali di Rochelle
PLT 34 Pulitura a fiamma o ad aria calda
PLT 35 Pulitura disinfestante con sali quaternari
PLT 36 Pulitura dei metalli mediante sgrassaggio
PLT 37 Rimozione di vernici o smalti con sverniciatori chimici
PLT 38 Pulitura dei materiali lapidei con metodi enzimatici
PLT 39 Pulitura dei vetri con acqua distillata, demineralizzata o deionizzata
PLT 40 Pulitura di vetri con idrossido di idrazina e idrossilammonio cloruro
PLT 41 Pulitura del vetro con EDTA e bicarbonato di ammonio
PLT 42 Rimozione di macchie nere dai veri
PLT 43 Pulitura con impacchi di agar agar

SEZ 05 PULITURE

LA PULITURA NEL RESTAURO ARCHITETTONICO

La sezione raccoglie una quarantina di tecniche di pulitura, comprendenti metodi meccanici, fisici e chimici, da quelli più tradizionali che richiedono la mano dell'operatore, come le spazzolature, l'uso di punte, bisturi, impacchi e tamponi, a quelle più o meno complesse, che si avvalgono di apparecchiature talvolta raffinate, come la microsabbiatura o la pulitura laser. Anche il campo di applicazione considerato non si limita ai materiali lapidei, sia pure nell'accezione vasta data dalle Raccomandazioni Normal, ma si estende ai metalli, ai legni, ai tessuti, alle ceramiche e al cuoio.

L'allargamento del campo di interesse, del resto analogo a quello delle altre sezioni, permette di includere alcune procedure apparentemente estranee ai materiali più diffusi nei manufatti architettonici, ma che invece, a ben guardare, sono spesso presenti nelle esperienze di conservazione, anche se sono considerate dal senso comune come appartenenti ad altre famiglie del restauro. La pulitura è intesa, naturalmente, come operazione che punta a rimuovere i depositi, gli strati e le pellicole dalle superfici dei manufatti ed è chiaro, di conseguenza, che le tecniche riguardanti tale settore hanno in comune due/tre aspetti caratterizzanti: le superfici come campo di applicazione, la rimozione di sostanze estranee come mezzo dell'azione pulente e la conservazione come obiettivo generale e al tempo stesso specifico.

SEZ 05 PULITURE

Detto in questi termini, il problema delle puliture appare chiaro, perché ben definite sono le regioni applicative, i princìpi metodologici e gli scopi dell'azione. Ma le cose non stanno in questo modo, perché il degrado subito da un qualsiasi sasso erratico è cosa diversa da quello che intacca la superficie di una pietra scolpita o anche semplicemente lavorata e posta in opera. Se sotto il profilo chimico, fisico o biologico il fenomeno può essere considerato dello stesso genere, dal punto di vista del restauro le cose non stanno allo stesso modo: ciò che è messo a rischio in una pietra lavorata è anche una testimonianza di storia e di cultura.

La questione va dunque esaminata più attentamente.

SEZ 05 PULITURE

“SUPERFICIE”

Il significato di superficie è a prima vista scontato, ma un qualunque dizionario ci avverte che non è così.

Proprio nel campo del restauro la parola “superficie” è usata generalmente per indicare un generico spazio dell’azione, un oggetto dell’operatività, quel certo qualcosa su cui applicare e sperimentare determinate azioni tecniche; insomma, un luogo fisicamente consistente della fabbrica, al quale è indirizzato un impegno concreto di ricerca o di intervento. Vediamo allora che una prima idea di superficie è in ciò che si vede, o più propriamente in ciò che può essere apprezzato e giudicato attraverso la semplice percezione visiva. In tale ambito, la superficie è intesa come delimitazione propria dell’architettura, come “interfaccia” tra la materialità del costruito e lo spazio nel quale ci muoviamo, assumendo il significato di “facies”, con valore di forma esteriore, aspetto, figura, apparenza. Anche al di sotto di una sostanza estranea che la nasconde, essa è presente, sia pure invecchiata nei colori, con una propria levigatezza consunta o con le impronte delle rugosità, anche minimali, originate dalle lavorazioni. È, insomma, totalmente luce e immagine, puro contorno formale dell’opera: percepibile in quanto generata dai corpi, ma priva di qualsiasi corposità, come le ombre. Ed è questa natura squisitamente percettiva che dovrebbe aiutarci a valutare, tra l’altro, ciò che va “pulito”, e con quali risultati, e per quali fini. Perciò, se uno strato di materia “impropria” ricopre e offusca la leggibilità delle forme, la soluzione più comune è di agire con prudenza e abilità per eliminare gradualmente la crosta, magari fino a raggiungere il colore “originario” di una pietra portata a nuovo o la sfumatura ambrata di una pulitura arrestata “al momento giusto”.

SEZ 05 PULITURE

“PULITURA”

Nel suo significato principale la parola rinvia a un percorso operativo piuttosto che a un attributo qualitativo, a un procedimento più che a un risultato. Diversamente da pulizia, che indica la qualità del pulito (si dice la pulizia di un luogo, ad es.), la pulitura implica un fare, un’azione che si svolge per un certo fine. Inoltre, al concetto di pulitura si associa generalmente l’azione del sottrarre, cioè del togliere lo sporco, le impurità da un oggetto o da un luogo, pur se in talune specialità sono in uso accezioni particolari, come in meccanica, dove si intende l’operazione del levigare. Se il pulire è un processo che si realizza mediante un togliere, esso implica la presenza di determinate metodiche operative, di tecniche, di strumenti e di materiali; ma comporta anche l’identificazione di un fine al quale l’operazione è rivolta e dal quale è guidata. Perciò la pulitura è evidentemente custode di contenuti metodologici che rispondono a domande sul cosa, sul come e sul quanto togliere, sulla base di un perché e a qual fine, da cui ha origine l’atto e che permette di valutarne gli effetti. Nel campo del restauro la pulitura conserva prevalentemente il senso del “sottrarre”, ma dobbiamo annotare che in certi casi, purtroppo ancora frequenti, esso si ibrida con l’“aggiungere” e con il “modificare”, soprattutto se il fine è di ottenere una superficie ordinata e chiara nei segni figurali, oltre che consolidata e protetta nella materia. Il pulire si associa, allora, a interventi di ritocco e d’integrazione, e perfino di patinatura, di stuccatura, di doratura ecc., oltre che ad azioni di modificazione chimica o fisica dei materiali. Così, per quanto distinta nel significato, la pulitura non è sempre dissociata, almeno in talune pratiche correnti, dalle fasi preparatorie che la precedono e da quelle di finitura che la seguono.

SEZ 05 PULITURE

COSA, COME E QUANTO TOGLIERE

Cosa si toglie in fase di pulitura? In linea di massima si dice che l'operazione consiste nell'eliminare lo "sporco" che si forma sulle parti edilizie per effetto di lenti processi di sedimentazione o per accumuli più o meno rapidi dovuti a fattori inquinanti. Sappiamo che la costituzione di strati ritenuti generalmente "estranei" presenta uno spettro fenomenico che va dai semplici depositi di polvere alle croste organiche incoerenti o compatte, dal guano dei volatili alle concrezioni calcaree, dalle colonie di muschi e di licheni alle efflorescenze saline, investendo processi di natura fisica, chimica e biologica, organica e inorganica, di origine ambientale o endogena. Sia pure limitatamente ai processi naturali, la problematica della "pulitura" si presenta con molte facce, sulle quali, tra l'altro, il lessico dei restauratori non ha ancora trovato un ordinamento chiaro, nonostante l'impegno del CNR, dell'ICR e di altre istituzioni. Se poi, a causa di un'estensione semantica della "superficie", v'includiamo anche le pellicole e gli strati artificiali più o meno "spessi", l'ordine dei problemi si complica ulteriormente. Ne consegue che il cosa togliere non è definibile su un piano esclusivamente tecnico. Per sincerarsene è sufficiente ricordare, fra le tante controversie sulla pulitura, quelle riguardanti il limite di separazione tra crosta e patina o la misteriosa differenza tra gli strati naturali di annerimento e certe antiche pratiche di trattamento artificiale delle superfici. La letteratura sul restauro è ricca di contenzioso proprio sulle filosofie del cleaning o del nettoyage e, non a caso, il cantiere della "pulitura" propone continue domande che chiedono soccorso al pensiero dubbioso, piuttosto che all'illusoria sicurezza della téchne. Ancor più complesso si mostra il quadro delle risposte sul come togliere, dato che alla varietà dei materiali inquinanti o coprenti si aggiunge quella delle parti costruttive inquinate o coperte, vale a dire delle molte specie di materiali di cui l'architettura è fatta. Il come deve tener conto, allora, di questo duplice volto della materia su cui si agisce, quello delle sostanze estranee che inquinano i corpi costruttivi (e le loro forme) e quello delle parti architettoniche con tutti i materiali e i segni che le connotano. Il dominio

del come togliere mette alla prova l'abilità degli specialisti, ed è campo d'azione per applicazioni, ricerche, innovazioni tecnologiche, o recuperi di metodi storici. Basta un'occhiata al multiforme contenuto di questa sezione dedicata alle puliture per farsi un'idea del potente apparato operativo oggi disponibile in questo campo, nell'orizzonte del come. Le differenze fra le tecniche non sono determinate soltanto dalla natura delle sostanze da rimuovere, ma anche da ragioni legate alla qualità e alla consistenza dei materiali architettonici, alla posizione e alla distribuzione di depositi e croste, alle interazioni chimiche e fisiche tra materie edilizie e pellicole, alle reazioni dei sostrati costruttivi sotto l'azione pulente, e così via. Il problema della pulitura, inoltre, acquista valenze ben diverse secondo che l'azione riguardi una "preziosa" parete di pochi metri quadrati o, al contrario, le grandi estensioni delle superfici cosiddette "comuni". È nel primo caso, infatti, che si registra la maggiore concentrazione di impegno tecnico-scientifico degli operatori; mentre nel secondo le metodiche di pulitura tendono a essere più speditive e in taluni casi persino disinvoltamente distruttive, in una concezione che mostra di privilegiare discutibili criteri di "gerarchia" estetica o storica. Viene da chiedersi, per inciso, quali siano il contributo di ricerca e l'impegno dei restauratori al cruciale problema delle grandi superfici, per evitare almeno che la sua soluzione sia di fatto delegata al buon senso delle imprese e dei direttori di cantiere. Se il come togliere si coniuga strettamente con il cosa togliere – per le ragioni prima espresse –, altra domanda inevitabile è quella che riguarda il quanto togliere. Stabilire la quantità delle rimozioni vuol dire adottare criteri e decisioni che riguardano il fino a che punto vanno spinte le puliture. Un problema, questo, ben presente in fase esecutiva, oltre che in ambito metodologico. Ogni rimozione, infatti, ha per oggetto una materia che non sempre è separata o separabile in senso fisico e figurale dai supporti costruttivi. Il passaggio dall'estraneità delle accumulazioni superficiali alla materia architettonica è spesso segnato da strati più o meno sottili di coappartenenza, non facilmente attribuibili né del tutto alle sostanze aggiunte, né soltanto alla materia edilizia. E questo può valere per lo strato di penetrazione delle ife licheniche, per le vernici, le velature e altre materie, anche

organiche, che sono a volte presenti sulle superfici metalliche, lignee o lapidee; e vale ancor di più per le cosiddette “patine”, la cui origine e caratterizzazione restano ancora da definire con chiarezza, per quanto si possano ascrivere a una sorta di nobile invecchiamento naturale o artificiale che aggiunge qualità storica ed estetica agli oggetti, pur alterandone i valori cromatici. Resta il fatto che l’opportunità generale della “pulitura”, nel senso proprio di “eliminazione dello sporco”, non può essere negata e non è negata da alcuno, salvo ovviamente i doverosi distinguo che investono proprio il quanto e il fino a dove spingere l’azione pulente. Tutti sembrano d’accordo, d’altronde, che il “quanto” deve essere stabilito proprio sulla base di un criterio di separazione tra la sostanza estranea e la superficie propria dell’opera, oppure tra strati aggressivi e innocui.

SEZ 05 PULITURE

RAGIONI E SCOPI DELLA PULITURA

Tutti gli interrogativi precedenti concorrono, alla fine, alla formulazione della domanda principale: perché e a qual fine la pulitura? Una duplice domanda, nella quale il perché allude principalmente alle cause che muovono l'azione, mentre il fine ne indica l'obiettivo, il risultato.

Sulle ragioni che sollecitano l'intervento di pulitura, la risposta più semplice sembra suggerita dallo stesso significato intrinseco del termine "pulitura". Si tratta, in altri termini, di liberare le superfici dai sedimenti di materia che non è parte costitutiva dell'opera, ma semplice accumulo di sostanze estranee e per di più aggressive e dannose. L'estraneità, dunque, e la dannosità potrebbero essere le ragioni che giustificano la rimozione; e se le cose stessero effettivamente in questi termini ci sarebbe ben poco da obiettare: non c'è ragione di tollerare la permanenza di materia aggiunta che, oltre a essere prodotta da accidenti naturali che nulla hanno a che fare con l'architettura, è anche apportatrice di alterazioni e danneggiamenti. Si profilerebbe, in tal modo, anche la risposta sul fine della pulitura: quello di difendere e di conservare le superfici. Ci sarebbe da discutere, naturalmente, sul significato delle parole "aggressivo", "dannoso" e simili, ma lo spazio concesso a queste note non lo consentono. Sorge il dubbio, tuttavia, che non sia del tutto vero che le puliture siano eseguite soltanto in presenza di pericoli accertati, né che i restauratori, fatte le debite eccezioni, siano tutti e sempre concordi su tale posizione. Una ragione frequente che spinge verso la pulitura è, infatti, proprio la volontà di "scoprire" le superfici offuscate dai depositi, per riportarle a un grado di leggibilità piena e all'apprezzamento compiuto delle "forme nascoste". In tal caso l'estraneità dei materiali sedimentati è intesa, prima di tutto, come estraneità figurale, vale a dire come inquinamento estetico dell'opera e la dannosità delle sovrapposizioni gioca un ruolo secondario, se non del tutto inesistente. Così, non è raro che la ricerca estetica tenda a condizionare quella "scientifica", attribuendole un ruolo di supporto giustificativo, usato

strumentalmente per un fine predeterminato. Orientamenti di questo genere sono piuttosto diffusi, a cominciare proprio da quei modi di intendere le superfici come “strati di addizione”, di cui si diceva, e che inducono a rimuovere coloriture e intonaci ricoprenti altre superfici, magari affrescate, decorate o più “antiche”, ma in nessun modo minacciate. Così ci ritroviamo al punto di partenza: a quale dei tanti significati ci possiamo riferire con la parola “superficie”? Giacché è chiaro che il rapporto tra “superficie” e “pulitura” si gioca sull’estrema variabilità degli scopi, dell’oggetto e dell’azione tecnica. In ogni caso, le esperienze pregresse e quelle in corso ci mostrano che nonostante la pluralità apparente degli “scopi” attribuiti alla pulitura – e indicati di volta in volta con “il decoro”, “l’omogeneità”, “la leggibilità”, “la pulizia”, “l’ordine”, “la conservazione”, “l’autenticità storica” e così via – tutte le posizioni sono riducibili sostanzialmente a due: l’azione protettiva e l’effetto formale. La qual cosa, per la verità, non è molto tranquillizzante, se non altro perché “azione protettiva” ed “effetto formale” costituiscono un insieme contraddittorio o quanto meno di incerta omogeneità concettuale. L’“azione protettiva”, infatti, reclamerebbe di riposare sulle solide fondamenta della ricerca scientifica e del rigore tecnico, e queste, pur con le inevitabili incertezze e i possibili errori, possono essere controllate dalla comunità degli esperti attraverso le armi della discussione scientifica, con il potere dimostrativo dell’esperimento e della sua ripetibilità. L’“effetto formale”, invece, appartiene interamente alla sfera dell’esercizio critico e si affida al valore persuasivo del giudizio.

SEZ 05 PULITURE

LE SOLUZIONI TECNICHE: ISTRUZIONI PER L'USO

Queste considerazioni configurano una situazione imbarazzante. Come è possibile conciliare le indicazioni tecniche contenute in questa sezione, e che configurano soluzioni e modi di operare ben definiti, con le incertezze e i dubbi emersi dalle considerazioni precedenti? Ciò vuol dire, in altre parole, che quelle indicazioni sono inutili? La risposta dovrebbe essere semplice. Ciascun procedimento di pulitura descritto nella sezione risponde a una prassi più o meno collaudata e le diverse fasi applicative sono suggerite dall'esperienza di numerosi operatori, dai resoconti e dalla letteratura tecnica in materia di restauro, dai risultati conseguiti nelle tante esperienze pregresse o in atto. Ma quei procedimenti non devono essere assunti come regole rigide, come ricette che attendono semplicemente di essere applicate. Al contrario, vanno considerati come indirizzi operativi possibili all'interno di una strategia dell'intervento che tiene conto degli obiettivi di tutela, delle condizioni materiali delle superfici da pulire, delle interazioni tra puliture e sostanze trattate. In altri termini, ogni tecnica presuppone, prima di essere adottata e applicata, un'attenta considerazione dei problemi di natura teorica e metodologica sin qui delineati. In ciò possono aiutare le indicazioni contenute nel paragrafo "Accorgimenti, varianti, limiti" e in quello delle "Esperienze", oltre agli approfondimenti possibili dalla lettura dei testi elencati nella sezione dei "Riferimenti bibliografici". Perciò, per quanto possa apparire paradossale, l'azione pratica dell'intervento deve dipendere dalla chiarezza teorica implicita al metodo, e questa può essere raggiunta a cominciare da una riflessione che riesamini ogni volta il contenuto delle diverse tecniche operative, magari ampliandole, mutandole, perfezionandole sulla base di specifiche e concrete strategie di conservazione. Va sfatata, per concludere, la convinzione che le attività del restauro riposino sul pragmatismo delle soluzioni tecniche: in una disciplina che invochi fondamenti di rigore non sono pensabili soluzioni o risposte pratico-tecniche, se non in ragione di corrispondenti problemi o interrogativi di ordine teorico e scientifico. Al di fuori di questa corrispondenza tra indirizzo

teorico e azione sperimentale, ogni pretesa autonomia dell'azione tecnica rischia, come risulta da molte esperienze "pratiche", di essere irreversibilmente distruttiva, oltre che illusoria e inutile.

PLT 16 PULITURA CON IMPACCHI DI ARGILLE ADSORBENTI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Si tratta di un sistema di pulitura che si avvale dell'impiego di speciali argille adsorbenti quali la sepiolite, l'attapulgite e anche la bentonite. L'attapulgite e la bentonite derivano il loro nome rispettivamente da Attapulgus, una città ai confini tra la Georgia e la Florida (USA), e da Fort Benton, nel Montana, nei pressi delle quali si trovano i giacimenti più importanti. La sepiolite, invece, è un minerale di origine secondaria, noto anche col nome di "schiuma di mare". Il fango che si ottiene mescolando l'argilla con l'acqua esercita sulle superfici un'azione di tipo fisico: l'elevata capacità adsorbente delle argille selezionate, infatti, agevola il richiamo verso l'esterno degli ioni dei sali solubili presenti all'interno della struttura porosa dei materiali lapidei; favorisce l'estrazione delle sostanze grasse e/o oleose; prolunga l'azione solvente dell'acqua facilitando così la dissoluzione del gesso e dei leganti di natura organica che cementano depositi e croste nere.

L'attapulgite e la sepiolite sono dei fillosilicati idrati di magnesio, vale a dire dei minerali a struttura lamellare in grado di esercitare una forte azione adsorbente e di impregnarsi di soluzioni acquose, oli o altri liquidi in rapporto al loro peso: un chilogrammo di attapulgite, ad esempio, può assorbire un chilogrammo e mezzo di acqua senza rigonfiarsi e, di conseguenza, senza variare il volume occupato a secco. Questa marcata capacità di ritenzione è favorita proprio dal concatenamento tridimensionale degli atomi, un legame che sviluppa cristalli allungati rispetto a un asse e che, in presenza di fenomeni di idratazione, non consente alcun spostamento della struttura. La sfaldatura dei cristalli delle argille adsorbenti sviluppa forme allungate, aghiformi, dotate di un'elevata area superficiale e quindi di una grande capacità di assorbimento. Le proprietà adsorbenti, dunque, non risiedono esclusivamente nell'elevata area superficiale del minerale argilloso, ma anche in questi canali dal diametro medio di 0,01 µm, entro i quali si localizzano le molecole dei liquidi polari e gli ioni dei sali solubili. La selettività nel processo di assorbimento delle molecole organiche è, in

ordine decrescente, il seguente: acqua, alcoli, acidi, aldeidi, chetoni, olefine, esteri neutri, composti aromatici, cicloparaffine, paraffine. Il potere adsorbente si manifesta pure nei confronti dei prodotti organici secreti dagli agenti biodeteriogeni allignanti sulle superfici lapidee. Va precisato che l'azione di pulitura vera e propria è esercitata dal solvente, mentre il fango duttile e adesivo, garantisce il contatto tra il liquido e la superficie, ed esalta l'azione pulente dilatando i tempi di interazione tra il mezzo solvente e i depositi da rimuovere. La permanenza in sito dell'impacco agevola la dissoluzione del gesso, delle croste nere e dei leganti di natura organica, assorbiti dalle argille in fase liquida o solubilizzata.

PLT 16 PULITURA CON IMPACCHI DI ARGILLE ADSORBENTI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'attapulgite e la sepiolite garantiscono risultati apprezzabili se usate in granulometrie comprese tra i 100 e i 200 mesh; a parità di condizioni, tuttavia, la sepiolite tende a perdere acqua per evaporazione più velocemente dell'attapulgite, screpolandosi rapidamente e staccandosi prima dalla superficie. Il granulato di attapulgite utilizzato per la pulitura di superfici verticali deve contenere una percentuale d'acqua maggiore del 6% (valore determinato per evaporazione a 105 °C): si privilegiano quei materiali argillosi che hanno subito trattamenti meccanici o termici in grado di incrementare l'area superficiale del minerale del 20% ca. rispetto alla norma. Nella maggior parte dei casi l'intervento non richiede personale altamente specializzato, poiché l'applicazione della poltiglia a pennello o a spatola è particolarmente semplice e veloce; le argille possono essere riutilizzate dopo un abbondante lavaggio con acqua. Se l'applicazione degli impacchi è preceduta da una blanda pulitura con acqua nebulizzata o atomizzata, si può ottenere una prima rimozione dei depositi più incoerenti di polvere o particellato atmosferico e un generale ammorbidimento degli strati carboniosi più consistenti. A tale procedura è consigliabile ricorrere qualora l'intervento interessi superfici estese, ricoperte da incrostazioni particolarmente spesse e compatte, per la rimozione delle quali sarebbe indispensabile ripetere più volte l'impacco. La stessa procedura è frequentemente adottata anche su superfici in precario stato di conservazione, ove necessariamente si impone un uso limitato dell'acqua.

PLT 16 PULITURA CON IMPACCHI DI ARGILLE ADSORBENTI

Figura 1 • Pulitura di elemento lapideo da incrostazioni mediante impacco di argille adsorbenti. Si noti l'uso di fogli di alluminio per rallentare l'evaporazione del solvente.

PLT 16 PULITURA CON IMPACCHI DI ARGILLE ADSORBENTI

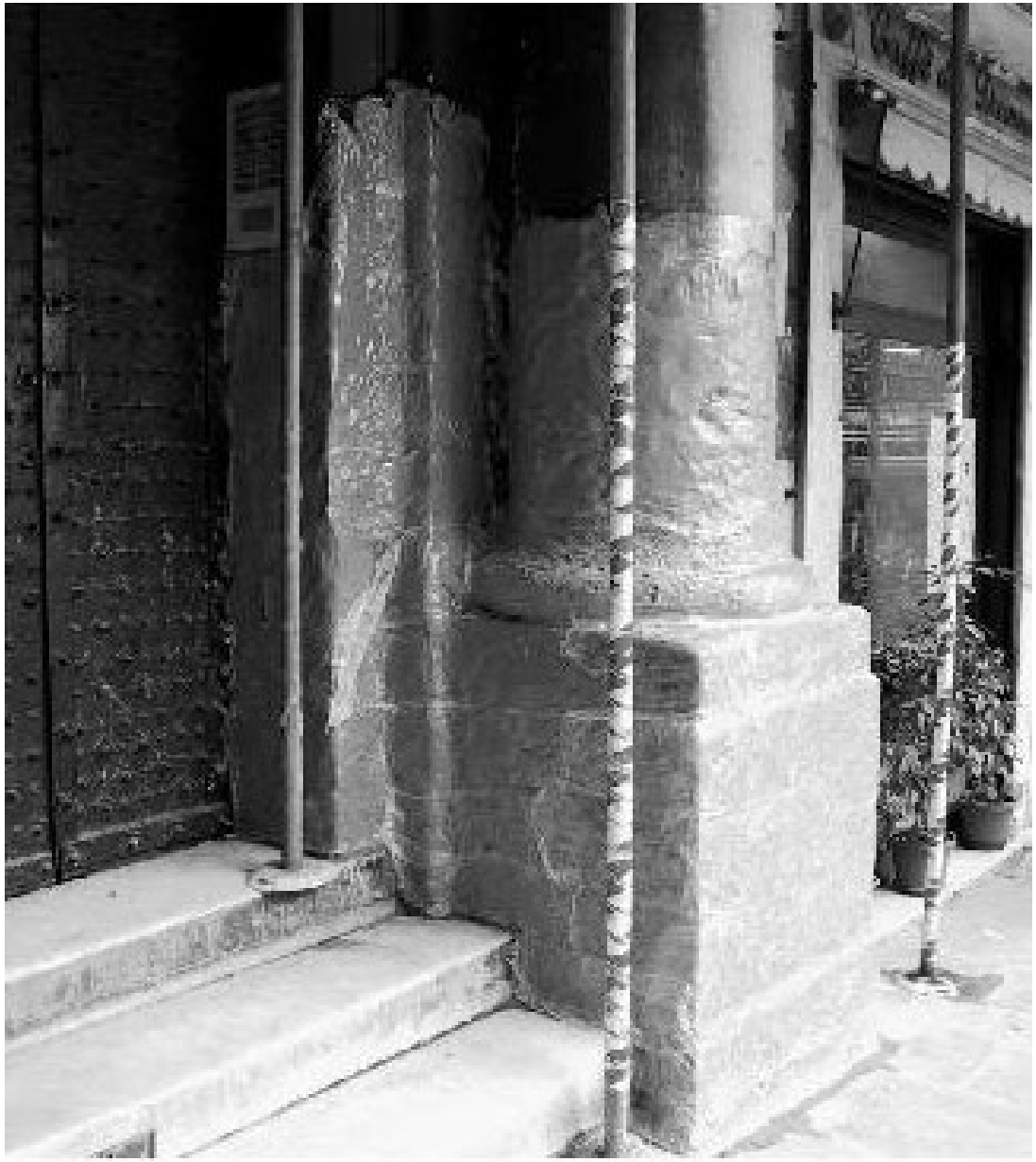

Figura 2 • Pulitura con impacchi di argille adsorbenti. In questo caso il rallentamento dell'evaporazione è assicurato da fogli di polietilene.

PLT 16 PULITURA CON IMPACCHI DI ARGILLE ADSORBENTI

Figura 3 • Confronto tra due zone di superficie lapidea interessata da croste nere, prima e dopo la pulitura.

PLT 26 PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Il termine laser (light amplification by stimulated emission of radiation) si riferisce a una particolare classe di sorgenti di radiazione elettromagnetica che emettono nell'infrarosso, nel visibile o nell'ultravioletto, un fascio di luce monocromatica, coerente e collimata.

In altre parole, l'emissione avviene a una lunghezza d'onda (colore) ben definita, le varie onde che compongono il fascio mantengono relazioni di fase ben definite nello spazio e nel tempo, il fascio prodotto ha un alto grado di parallelismo (bassa divergenza). Tali proprietà hanno favorito una varietà di applicazioni in ambito industriale, medicale e beni culturali.

Dopo oltre 40 anni dall'invenzione del primo laser (1960), esiste oggi un gran numero di dispositivi basati su vari mezzi attivi a stato solido, liquido o gassoso. Si può avere emissione impulsata o continua, con parametri molto differenziati. Nel caso di laser impulsati, oltre alla lunghezza d'onda, sono parametri d'emissione fondamentali: l'energia d'impulso, la durata d'impulso e la frequenza di ripetizione degli impulsi (tab. 1). La potenza è invece il parametro che caratterizza l'emissione in continua. Nel campo della conservazione, i laser in continua sono impiegati in applicazioni diagnostiche, mentre per la pulitura si utilizzano esclusivamente laser impulsati.

PLT 26 PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER

PARAMETRO	UNITÀ DI MISURA
Lunghezza d'onda (l)	micron (μm): milionesimo di metro (10^{-6} m) nanometro (nm): miliardesimo di metro (10^{-9} m)
Energia d'impulso (E)	Joule (J) milli-Joule (mJ): millesimo di Joule (10^{-3} J)
Durata d'impulso (t)	microsecondo (μs): milionesimo di secondo (10^{-6} s) nanosecondo (ns): miliardesimo di secondo (10^{-9} s)
Frequenza di ripetizione (f)	Hertz (Hz): numero di impulsi al secondo (1/sec = sec^{-1})
Potenza media ($Pm = E \cdot f$)	Watt (W)
Potenza di picco ($P = E/t$)	mega-Watt (MW): milioni di Watt (10^5 W) kilo-Watt (KW): migliaia di Watt (10^3 W)

Tabella 1 • Parametri di emissione di laser impulsati e relative unità di misura tipicamente utilizzate.

PLT 26 PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER

La tecnica di pulitura laser fu introdotta a Venezia da John Asmus agli inizi degli anni Settanta. I risultati ottenuti da Asmus e successivamente dai suoi allievi erano incoraggianti, ma il nuovo approccio rimaneva a un livello sperimentale, soprattutto a causa dei forti limiti tecnologici di allora e degli alti costi delle sorgenti laser. Negli anni ottanta la tecnologia migliora sensibilmente, ma i costi continuano ad essere relativamente elevati. Inoltre, la mancanza di studi sistematici mirati a evidenziare vantaggi e limiti dell'approccio laser in una varietà sufficientemente ampia di casi, accanto a taluni risultati molto discutibili, alimentavano una notevole diffidenza negli ambienti scientifici della conservazione.

Agli inizi degli anni novanta la situazione è cambia drasticamente, anche grazie al notevole incentivo dato alla ricerca di nuove tecnologie dedicate alla salvaguardia del patrimonio culturale, in ambito nazionale ed europeo. Quale esito di vari progetti di ricerca in Italia, Francia, Grecia, Inghilterra e Germania, sono oggi disponibili sul mercato sistemi laser con specifiche finalità di pulitura. In particolare, diversi sistemi basati su laser Nd:YAG (l = 1064 nm) per manufatti lapidei, laser ad eccimeri KrF (l = 248 nm) o Er:YAG (l = 2,94 µm) per dipinti, laser CO2 TEA (l = 10,6 µm) per manufatti metallici (fig. 1).

Occorre però sottolineare, che pur essendo stati superati tutti i limiti tecnologici delle prime macchine, ed essendo stati sviluppati sistemi di propagazione del fascio e manipoli che consentono un facile e sicuro utilizzo dei vari sistemi, permangono sul piano metodologico discussioni sui parametri d'irraggiamento più appropriati alle varie problematiche di conservazione (fig. 2). In pratica il quadro più definito è quello del trattamento di manufatti lapidei mediante sistemi laser Nd:YAG, come testimonia anche il numero crescente di interventi di pulitura su importanti manufatti effettuati negli ultimi anni, soprattutto in Italia e in Francia. Anche il trattamento di superfici metalliche ha recentemente raggiunto un notevole livello di sviluppo.

PLT 26 PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER

Gli studi più importanti sono stati svolti a Firenze dall'Istituto di elettronica quantistica del CNR, dall'Opificio delle pietre dure, e dal Centro di restauro della Soprintendenza archeologica per la Toscana. Il risultato di maggior rilievo di questa attività è rappresentato dalla pulitura laser degli elementi di bronzo dorato del fregio della porta del Paradiso di Lorenzo Ghiberti, attualmente in corso.

Viceversa, in presenza di pigmenti, sono stati evidenziati importanti effetti di variazione di colore che rendono ad oggi sconsigliabile l'estensione della tecnica di pulitura laser al trattamento di superfici dipinte. A livello sperimentale comunque, non mancano esempi positivi che lasciano intravedere una soluzione degli effetti invasivi, attraverso la realizzazione di dispositivi laser specifici e la definizione di condizioni d'irraggiamento ottimali. Analogamente, la ricerca procede anche su un'ampia gamma di materiali quali: tessuti, legno, avorio, carta, pergamena e altro.

PLT 26 PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER

CAMPI DI APPLICAZIONE

Sistemi laser Nd:YAG

In questa sede ci si riferisce esclusivamente alla pulitura laser di manufatti lapidei.
Le differenze principali tra i vari sistemi di pulitura basati su laser Nd:YAG (1064 nm) oggi disponibili sul mercato, riguardano la durata d'impulso e la propagazione del fascio. Esiste una notevole differenza di durata d'impulso tra i due possibili regimi di funzionamento dei laser Nd:YAG, cosiddetti Short Free Running o Short Normal Mode (SFR o SNM) e Q-Switching (QS). Nel primo caso si hanno tipicamente impulsi con durate 50-120 µs ed energie massime di 1 J, mentre nel secondo caso si hanno durate di 5-20 ns ed energie massime comprese tra 200-500 mJ.

Princìpi fisici di base dei sistemi utilizzati per la pulitura dei materiali lapidei

Quando un fascio di radiazione laser incide sulla superficie di un dato materiale, una parte dell'energia trasportata dal fascio è assorbita e una parte diffusa in tutte le direzioni. Gli effetti indotti nel materiale irraggiato sono strettamente dipendenti dalla frazione di energia assorbita e dalla sua conseguente dissipazione in calore.

La tecnica laser nasce come trattamento di pulitura di croste nere su manufatti lapidei esposti in ambiente urbano. Essa si è rivelata efficace anche nel caso di trattamenti chimici pregressi di pulitura, consolidamento e protezione. Buoni risultati sono stati ad esempio ottenuti su manufatti precedentemente trattati con fluorosilicati. I vantaggi della pulitura laser rispetto alle tecniche convenzionali, sono rappresentati dall'assenza di residui, dalla possibilità di ottenere livelli di pulitura ottimali non altrimenti ottenibili, dal rispetto della tessitura della superficie esposta, dalla iterabilità del trattamento.

PLT 26 PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Operativamente, la pulitura laser può suggerire una qualche similarità con talune tecniche abrasive, ma essa è basata su meccanismi d'azione diversi e ben più complessi che richiedono un approccio sistematico, il quale può talvolta condurre a soluzioni molto poco intuitive.

Perciò, sia nella fase delle valutazioni preliminari sia nell'applicazione della tecnica, occorre considerare una serie di verifiche teoriche e sperimentali.

Il primo passo è costituito dalla definizione del grado di pulitura in termini del particolare livello stratigrafico che si intende raggiungere. Come ben noto, questo passaggio che include, tra le altre diagnostiche, la caratterizzazione petrografica dell'orizzonte di degrado è comune a qualunque approccio di pulitura, o almeno dovrebbe esserlo. È utile però sottolineare come l'alto grado di selettività e la precisione mostrata dalla tecnica laser, abbia aggiunto valore alla caratterizzazione stratigrafica e allo studio della natura dei vari strati. Questo perché in molti casi, scegliendo opportunamente i parametri e le condizioni di irraggiamento, si può arrestare la pulitura a un livello predeterminato, sfruttando un principio di selettività non più basato sulle proprietà chimiche propriamente dette, o di coerenza e permeabilità, ma essenzialmente sulle proprietà di assorbimento e diffusione ottica, conduzione termica e proprietà meccaniche stratigrafiche.

Il secondo passo è quindi rappresentato dall'analisi delle proprietà ottiche degli strati da rimuovere e di quello che si intende salvaguardare tutto o in parte. Un aumento di riflettenza (R), e/o di penetrazione ottica tra i primi e il secondo, favorisce un'azione intrinsecamente selettiva, vale a dire che è possibile individuare il valore di fluenza che permette di ritrovare il livello di pulitura desiderato in tutte le zone a stratigrafia simile, poiché il processo di ablazione laser termina

automaticamente in corrispondenza del livello di interesse.

Nel caso della pulitura laser ogni generalizzazione è sempre molto discutibile, ma risulta a oggi quale dato di fatto, che per varie tipologie di degrado di manufatti lapidei laser SFR hanno consentito una rimozione più graduale rispetto a laser QS. Questo a spese dell'efficienza che è più bassa nel primo caso. Il dato non è certamente generalizzabile, ma almeno fino a quando non sarà disponibile un sistema laser capace di produrre impulsi con durata variabile dai nanosecondi ai microsecondi, conviene sempre effettuare prove di selettività e gradualità con entrambe le tecnologie oggi disponibili (QS e SFR), al fine di selezionare quella più appropriata agli scopi dell'intervento.

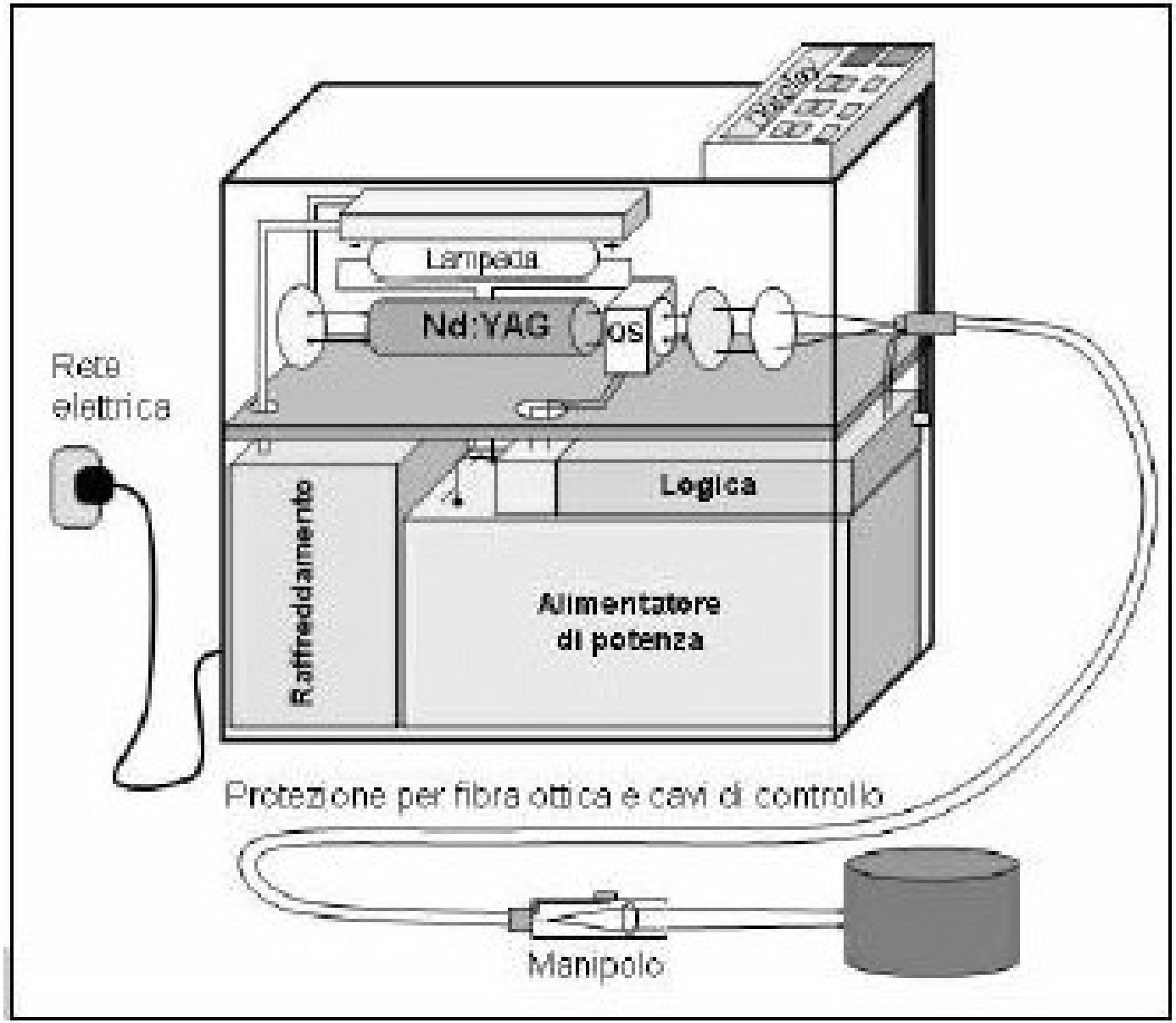

Figura 1 • Rappresentazione schematica degli elementi che compongono un sistema laser Nd:YAG QS.

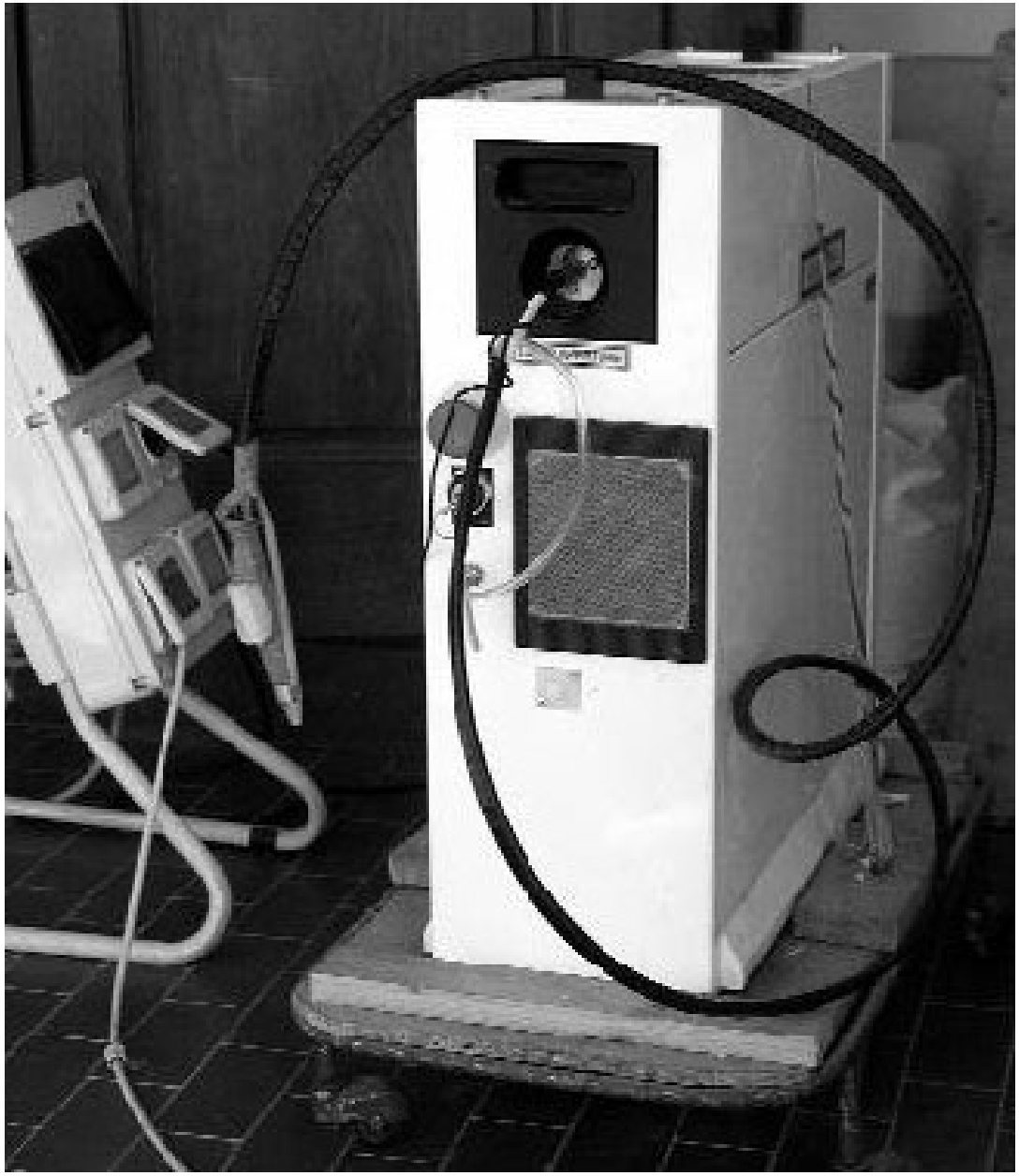

Figura 2 • Apparecchiatura di controllo di un sistema laser di recente concezione.

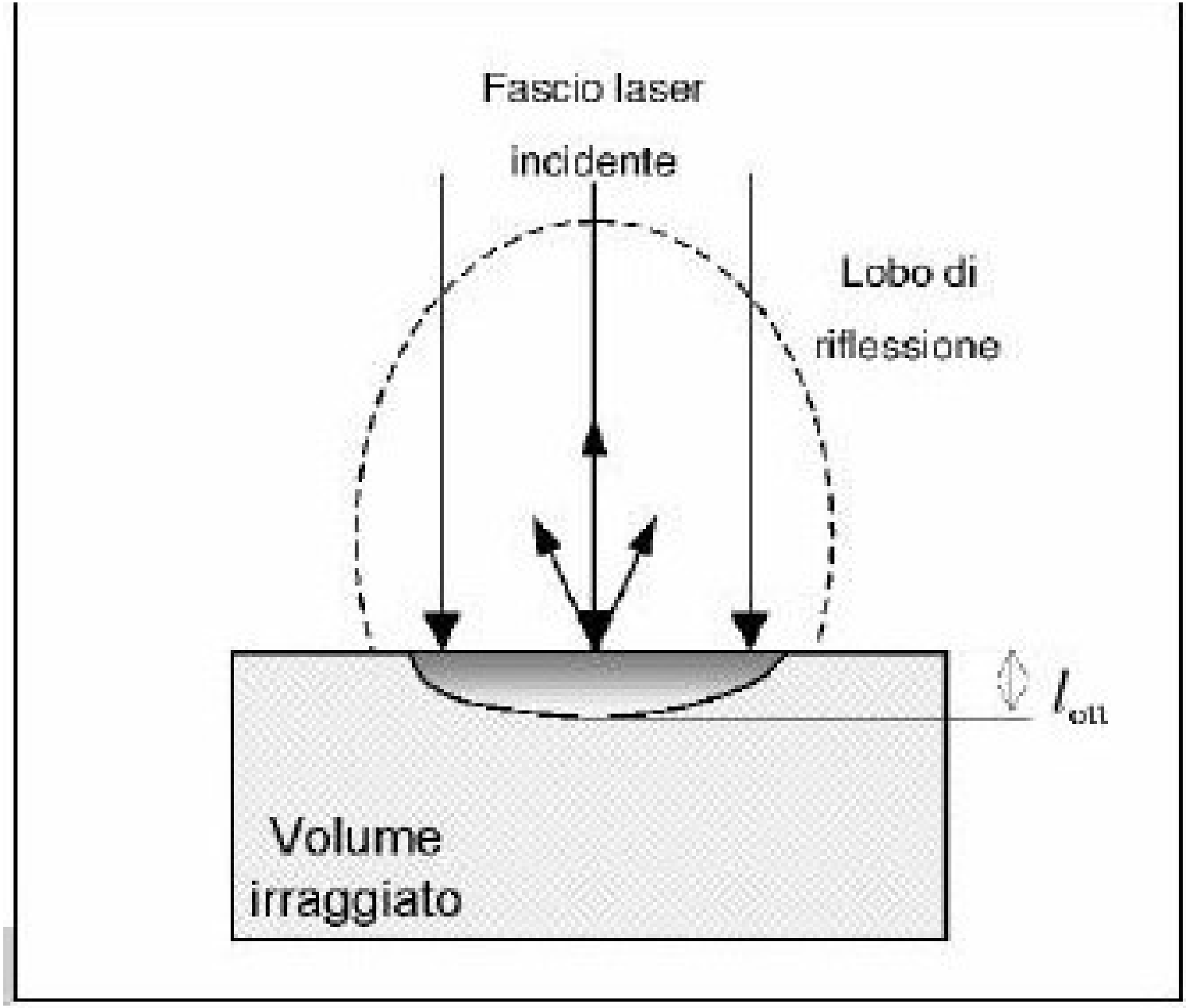

Figura 3 • Rappresentazione schematica della distribuzione energetica nell'interazione laser-materiale.

PLT 26 PULITURA DI MATERIALI LAPIDEI MEDIANTE IRRAGGIAMENTO LASER

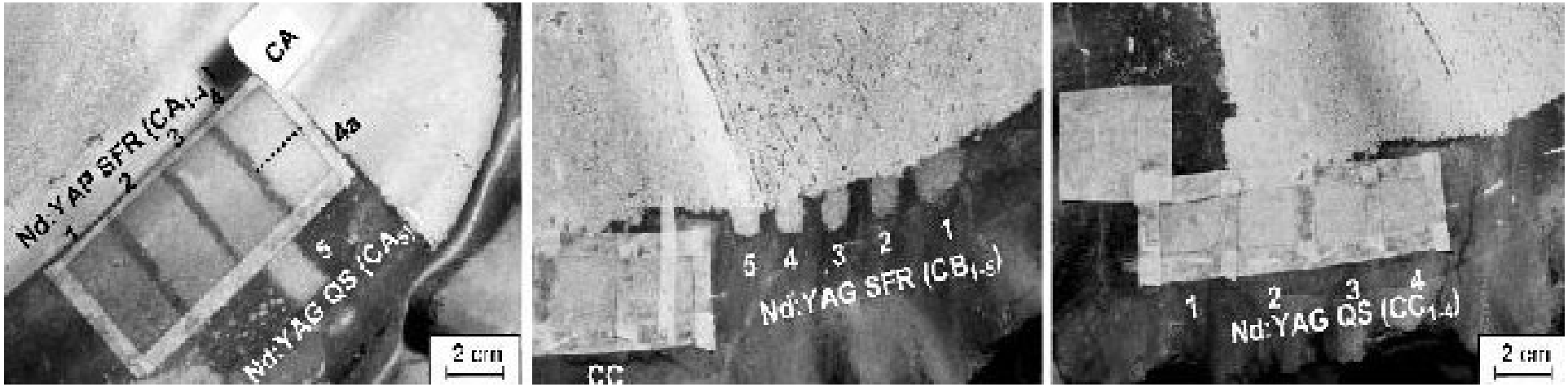

Figura 4 • Confronto fra ablazione con laser SFR con durata d'impulso t = 50 µs, e laser QS, con durata d'impulso t = 11 ns, sulla complessa stratigrafia (crosta nera, bronzatura, depositi terrosi e pellicole a ossalati) dei Santi Quattro Coronati di Nanni di Banco (Orsanmichele, Firenze). Nel caso Nd:YAP (l = 1340 nm) SFR la fluenza è stata variata da 2,6 a 8 J/cm2, nel caso Nd:YAGSFR 1,9 a 5 Jm2, nel caso Nd:YAG QS da 0,7 a 2 J/cm2. Le sequenze di spot di pulitura evidenziano l'alta gradualità dei laser SFR in confronto ai QS, i quali sono invece molto più efficienti dei primi.

Figura 5 • La bagnatura della superficie si esegue di solito con nebulizzatori di diversa capacità a seconda della superficie trattata e della velocità del trattamento.

Figura 6 • In uscita, viene spesso introdotta una lente di focalizzazione, allo scopo di ottenere spot di diverse dimensioni, in funzione della distanza dalla superficie irraggiata.

SEZ 06 CONSOLIDAMENTI E RINFORZI

Introduzione. Consolidamenti e rinforzi

CSD 01 Preconsolidamento di superfici decoese
CSD 02 Consolidamento o realizzazione di sistemi di ancoraggio
CSD 03 Consolidamento con iniezioni
CSD 04 Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine
CSD 05 Consolidamento di manufatti mediante impregnazione sottovuoto
CSD 06 Adesione o incollaggio di frammenti e parti scollegate
CSD 07 Consolidamento strutturale mediante cerchiatura o fasciatura con fibra di carbonio
CSD 08 Puntellature, centinature e armature provvisionali
CSD 09 Rinforzi e sostegni mediante speroni murari
CSD 10 Consolidamento e rinforzi con tiranti, stralli o catene
CSD 11 Tirantini antiespulsivi
CSD 12 Consolidamento di murature con betoncino armato
CSD 13 Diatoni artificiali
CSD 14 Risanamento del calcestruzzo con malte a ritiro controllato fibrorinforzate
CSD 15 Metodo dell'alluminato di calcio
CSD 16 Metodo del caseato di calcio
CSD 17 Metodo dell'applicazione di sospensioni stabili di idrossido di calcio
CSD 18 Riadesione e consolidamento di stucchi
CSD 19 Sostituzione del supporto di affreschi
CSD 20 Consolidamento con iniezione o colatura di malta a espansione
CSD 21 Desolfatazione e consolidamento col metodo del bario
CSD 22 Fissaggio della grisaglia con resine o cere
CSD 23 Doppiaggio di elementi vitrei

SEZ 06 CONSOLIDAMENTI E RINFORZI

CSD 24 Consolidamento degli smalti ceramici con resine acriliche
CSD 25 Consolidamento e fissaggio di dorature su gesso e pietra
CSD 26 Consolidamento delle finiture dorate su oggetti di legno
CSD 27 Fissaggi e fermature di dorature su manufatti lignei
CSD 28 Consolidamento per impregnazione mediante fleboclisi
CSD 29 Unione di parti lignee con perni e spinotti
CSD 30 Consolidamento dei sistemi strutturali lignei
CSD 31 Consolidamento solai con apposizione all'estradosso di doppio tavolato
CSD 32 Consolidamento di solai con pannelli di legno all'estradosso
CSD 33 Apposizione di guance lignee (placcaggio laterale)
CSD 34 Consolidamento delle capriate e delle incavallature
CSD 35 Consolidamento dei solai con membrature per dimezzare l'interasse delle travi
CSD 36 Imbragatura di capriate
CSD 37 Inserimento di trave rompitratta
CSD 38 Consolidamento di membrature mediante viti autofilettanti e cerchiature
CSD 39 Riduzione della luce libera di una trave mediante saette
CSD 40 Rinforzo di travi lignee con profilato metallico al bordo superiore
CSD 41 Inserimento di trave lamellare all'interno di un solaio
CSD 42 Inserimento di profilato metallico all'interno di una trave
CSD 43 Appoggio supplementare per le testate di elementi strutturali lignei
CSD 44 Profilato metallico applicato al bordo inferiore della membratura
CSD 45 Rinforzo di elementi strutturali lignei con protesi in betoncino epossidico armato
CSD 46 Rinforzo di teste degradate delle travi con cuffie
CSD 47 Rinforzo di elementi strutturali lignei con lamine metalliche
CSD 48 Miglioramento delle condizioni di esercizio di una trave mediante mensole e appoggi supplementari

SEZ 06 CONSOLIDAMENTI E RINFORZI

CSD 49 Ripristino delle giunzioni ai nodi di strutture lignee
CSD 50 Consolidamenti di solai lignei con soletta collaborante
CSD 51 Sostituzione di membratura lignea
CSD 52 Sostituzione di legno degradato con sostruzione di mattoncini di legno
CSD 53 Consolidamento di strutture lignee mediante tirantature
CSD 54 Traliccio interno realizzato con inserimento di barre di vetroresina
CSD 55 Rinforzo di strutture lignee con nuovi elementi resistenti
CSD 56 Consolidamento di strutture lignee mediante chiavarde o sogofese
CSD 57 Preconsolidamento di tessuti mediante imbastitura
CSD 58 Rinforzo delle murature con sistemi di confinamento attivo
CSD 59 Sistemi di consolidamento di architravi e piattabande
CSD 60 Impiego strutturale del titanio

SEZ 06 CONSOLIDAMENTI E RINFORZI

Il termine consolidamento è uno dei più ricorrenti, ma forse anche uno dei più ambigui e problematici, tra quelli che costantemente compaiono nelle pubblicazioni scientifiche e disciplinari sul restauro, nelle relazioni di progetto e in ogni espressione che, direttamente o indirettamente, ha a che fare con le intenzioni e le azioni tecniche restauro della disciplina.

Esso ha avuto e può avere, per un restauratore, per un architetto o per chiunque operi sugli edifici o sui manufatti del passato affidati alle nostre cure, molti significati e diverse accezioni.

Il settore in cui il termine consolidamento sembra aver raggiunto una maggiore e riconosciuta definizione di campo, se non di significato, è certo quello del trattamento dei materiali lapidei e delle superfici architettoniche e di manufatti artistici in genere.

Soprattutto i chimici che si occupano di "beni culturali" ritengono che consolidare significhi sostanzialmente operare, pur con materiali, procedure e strumenti variabili nel tempo e nello spazio, al fine di "migliorare le caratteristiche di coesione e di adesione tra i costituenti di un materiale lapideo". Per loro, in altre parole, "il consolidamento si rende necessario quando la pietra ha perso la sua coesione sia superficialmente che in profondità e il degrado è in uno stadio così avanzato che la stessa sopravvivenza fisica del manufatto è in pericolo. Le caratteristiche da ricercare mediante il consolidamento [pertanto] devono riferirsi alle proprietà della pietra sana, ossia l'obiettivo da raggiungere con un consolidante è quello di ristabilire le condizioni della pietra prima del degrado. Inutile, infatti, ricercare delle resistenze meccaniche superiori a quelle della pietra naturale non alterata. In definitiva, il consolidamento deve servire a eliminare le brusche differenze fisico-meccaniche esistenti tra la parte esterna alterata della pietra e gli strati più interni ben conservati, ristabilendo una continuità nel profilo del materiale". Ciò anche in fase preventiva, ossia per evitare che successivi interventi, ad esempio di pulitura, possano provocare una perdita

indesiderata di materiale. In questi casi, tuttavia, si parla più propriamente di preconsolidamento, ossia di un'operazione in linea di massima simile al consolidamento ma che in effetti richiede specifiche procedure e particolari accorgimenti tecnici affinché possa essere attuata senza pregiudicare le fasi successive di eventuale pulitura e di vero e proprio consolidamento definitivo.

Estendendo queste prime osservazioni a materiali anche diversi dalla sola pietra citata, possiamo legittimamente affermare che consolidare significhi, in primo luogo, conferire "saldezza" e "continuità" alla materia degradata, ancorandola a quella ancora sana. È quanto avviene quando si trattano non solo manufatti di marmo o di arenaria, ma anche i legni, utilizzando preparati organici o inorganici, tradizionali o innovativi, stesi a pennello, iniettati a pressione o fatti penetrare all'interno del corpo da risanare mediante imbibizione, dopo averli immersi in bagni di specifiche sostanze adatte allo scopo o con gli altri metodi descritti nelle schede di questa sezione dell'opera.

Ricorrendo all'impiego di simili tecniche si cerca, in estrema sintesi, di prolungare l'esistenza di un manufatto e di rinforzarlo, aumentando le sue caratteristiche di resistenza meccanica e proteggendolo dalle future aggressioni di agenti deteriogeni. Per molti studiosi, in realtà, è difficile separare nettamente queste diverse azioni ed è anzi preferibile parlare, il più delle volte e in senso complessivo di "trattamento" della pietra, piuttosto che di consolidamento o di protezione come di momenti e fasi separate tra loro nettamente distinte e separate.

L'obiettivo generale così delineato, peraltro, sembra non riguardare il consolidamento della materia in senso stretto, ma tende piuttosto a coinvolgere altre e diverse operazioni tecniche tese, ad esempio, a restituire la stabilità perduta a un elemento costruttivo. Per questo lo si sostiene e si tende ad aumentarne la rigidezza, talvolta integrandone le eventuali mancanze o sostituendone parti degradate e irrecuperabili, ricorrendo alla posa in opera di apposite protesi, come avviene, ad

esempio, alle travi ammalorate di un solaio ligneo. Anche operazioni di questo tipo, d'altra parte, sono generalmente definiti quali interventi di consolidamento anche se, a ben vedere, il termine è certo riferibile più all'elemento costruttivo (la trave) che alla materia (il legno) di cui è costituito, così che il consolidamento riguarderebbe, in effetti, l'intera struttura (il solaio) di cui è parte. In questo modo, tuttavia, si chiama in causa l'idea di un "consolidamento strutturale" che, almeno a partire dalle ancora fondamentali riflessioni di Gustavo Giovannoni, è da sempre oggetto di un intenso dibattito e di approfondimenti che coinvolgono discipline quali la scienza o la tecnica delle costruzioni e presuppongono metodi di calcolo e di verifica che, solo nel progetto, trovano la loro sede opportuna di espressione e applicazione.

Da allora, attraverso una progressiva estensione del suo significato, il termine "consolidamento" ha finito per indicare un vasto insieme di interventi volti non solo a rinsaldare la materia ma, ancor più, a rinforzare le unioni esistenti tra diversi elementi costruttivi, o tra le parti di un manufatto, architettonico e no, affinché il sistema da essi formato continui a reggersi con stabilità, o eventualmente sorregga anche altri elementi o sistemi di elementi.

Proprio per la complessità dei numerosi significati e delle conseguenti operazioni tecniche riconducibili al consolidamento, questa sezione dell'opera comprende schede che descrivono tecniche di consolidamento che agiscono propriamente e direttamente sulla materia degradata, altre che interessano in senso più ampio singoli elementi costruttivi o interi manufatti. Tra queste, alcune comprendono eventualmente anche operazioni di rinforzo che, tuttavia, non configurano mai un intervento strutturale globale e sistematico. Un simile intervento, infatti, potrebbe condurre a trasformare radicalmente gli edifici esistenti, per adattarli a una logica strutturale totalmente nuova e diversa da quella che ne ha governato la costruzione e la vita trascorsa, e ciò delinea un esito assai discutibile per un intervento definito di restauro.

CSD 03 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE CON INIEZIONI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

A volte, le vecchie murature presentano dei vuoti e delle discontinuità interne esistenti sin dalle origini della costruzione, oppure formatesi a causa di dissesti o di fenomeni d'alterazione di diversa natura. Quelle cavità costituiscono interruzioni nella materia delle strutture murarie e ne determinano una minore capacità di resistenza, soprattutto se sono sottoposte a un aumento dei carichi, oppure a una diversa distribuzione/concentrazione dei pesi causata da dissesti o da alterazione delle antiche sezioni portanti (abbattimenti, aperture, assottigliamenti ecc.).

La tecnica consiste nell'iniettare a bassa pressione una miscela legante (malta cementizia e/o epossidica) affinché rafforzi la struttura, integrando e/o sostituendo la malta originaria e contribuendo a ristabilire continuità e monoliticità al sistema. I prodotti impiegati, devono avere una viscosità adeguata alla porosità del materiale, per consentire una penetrazione profonda della miscela consolidante, fino agli strati ancora sani. Una penetrazione solo superficiale, provocherebbe un appesantimento degli strati esterni e il loro conseguente distacco. Le miscele impiegate devono presentare caratteristiche meccaniche e fisico-chimiche il più possibile compatibili con quelle del materiale fittile, per evitare l'insorgere di tensioni all'interno dei pori, dovute, ad esempio, a diversi coefficienti di dilatazione termica. Infine devono resistere agli alcali e agli acidi, agli oli e ai fumi presenti nell'atmosfera urbana, non alterare i colori delle superfici sulle quali sono stati stesi, e assicurare una buona idrorepellenza.

CSD 03 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE CON INIEZIONI

La scelta della pressione di immissione va fatta con grande precauzione, perché le tensioni prodotte dal fluido sotto pressione, alterando l'equilibrio della costruzione, potrebbero causare pericolosi fenomeni di precarietà statica. Di conseguenza, è necessario iniettare la miscela a bassa pressione, ricorrendo, eventualmente, a un preconsolidamento da operare mediante pressioni ancora più ridotte.

CSD 03 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE CON INIEZIONI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Preliminare all'intervento è un'attenta analisi della struttura al fine di determinare l'esatta localizzazione delle cavità. A tale scopo si possono impiegare metodi quali la termografia o gli ultrasuoni che consentono di riscontrare e classificare le disomogeneità dei materiali e le eventuali superfici di discontinuità presenti all'interno della pietra.

Come approccio conoscitivo atto a rilevare l'esistenza di distacchi, si può utilizzare il metodo manuale della battitura con le nocche o con un martelletto, anche se il procedimento presenta la difficoltà di valutare esattamente l'entità delle cavità.

Successivamente si praticano delle perforazioni per mezzo di trapani a rotazione muniti di un tagliatore carotiere con corona d'acciaio ad alta durezza o di widia, evitando la percussione (fig. 1).

Il diametro dei fori di iniezione è generalmente di 20-25 mm, sufficiente per consentire il passaggio dei tubi d'immissione della malta consolidante. La difficoltà maggiore consiste nello stabilire il loro interasse, in quanto l'operazione non è quantificabile a priori, ma dipende dalle caratteristiche puntuali della muratura. Si può passare, infatti, da zone ricche di lesioni, con malta fortemente degradata, in cui la diffusione della miscela avviene facilmente, a zone in cui si verificano condizioni opposte. La letteratura scientifica suggerisce (non esistendo al momento attuale una normativa che dia precise indicazioni) che l'esecuzione ottimale è di 3 o 4 iniezioni a mq. In condizioni normali sono sufficienti 2 fori a mq, tenendo presente che nelle murature di mattoni pieni la distanza tra un foro e l'altro non deve superare i 50 cm. Le perforazioni devono essere distribuite in modo tale che le aree di iniezione vadano a sovrapporsi. In pratica ciò si ottiene lasciando fuoriuscire, durante l'iniezione, la miscela da dei tubicini, detti "testimoni", collocati in posizione adiacente.

CSD 03 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE CON INIEZIONI

È comunque buona norma, qualora gli spessori del manufatto siano superiori a 50-60 cm, eseguire le perforazioni da entrambe le facce. Se lo spessore è maggiore o ci si trova nell'impossibilità di operare su entrambe le facce, si deve perforare la muratura da un solo lato, sino a raggiungere i 2/3 della sua profondità.

CSD 03 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE CON INIEZIONI

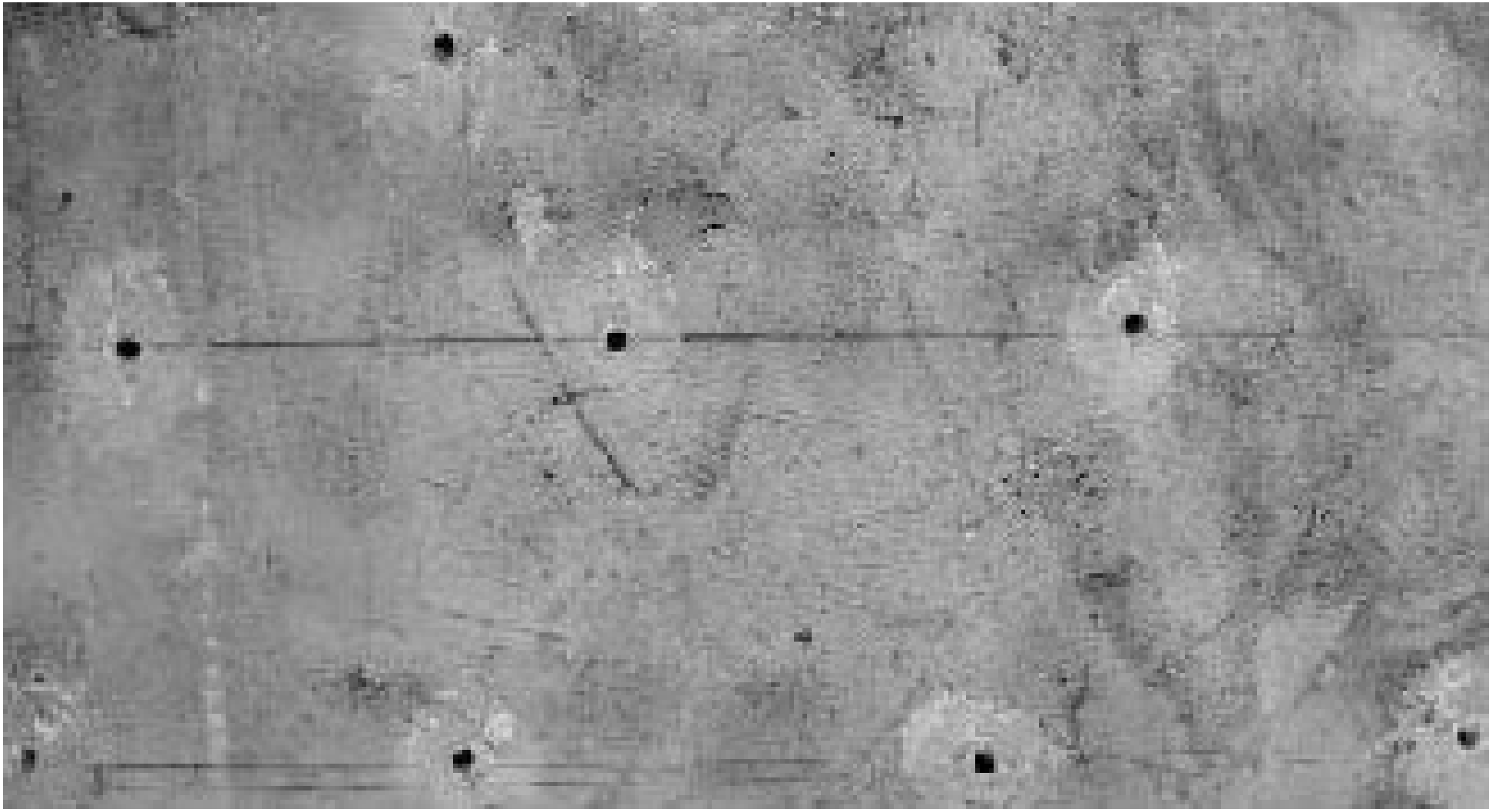

Figura 1 • Distribuzione dei fori di iniezione.

Figura 2 • La superficie muraria dopo l’esecuzione dei fori di iniezione e l’occlusione, con batuffoli di cotone, delle possibili vie di fuga del consolidante.

Figura 3 • Consolidamento delle fondazioni di un edificio veneziano. Dopo aver prosciugato il canale, si è proceduto al consolidamento tramite iniezioni. Si noti la presenza dei “tubicini testimone”.

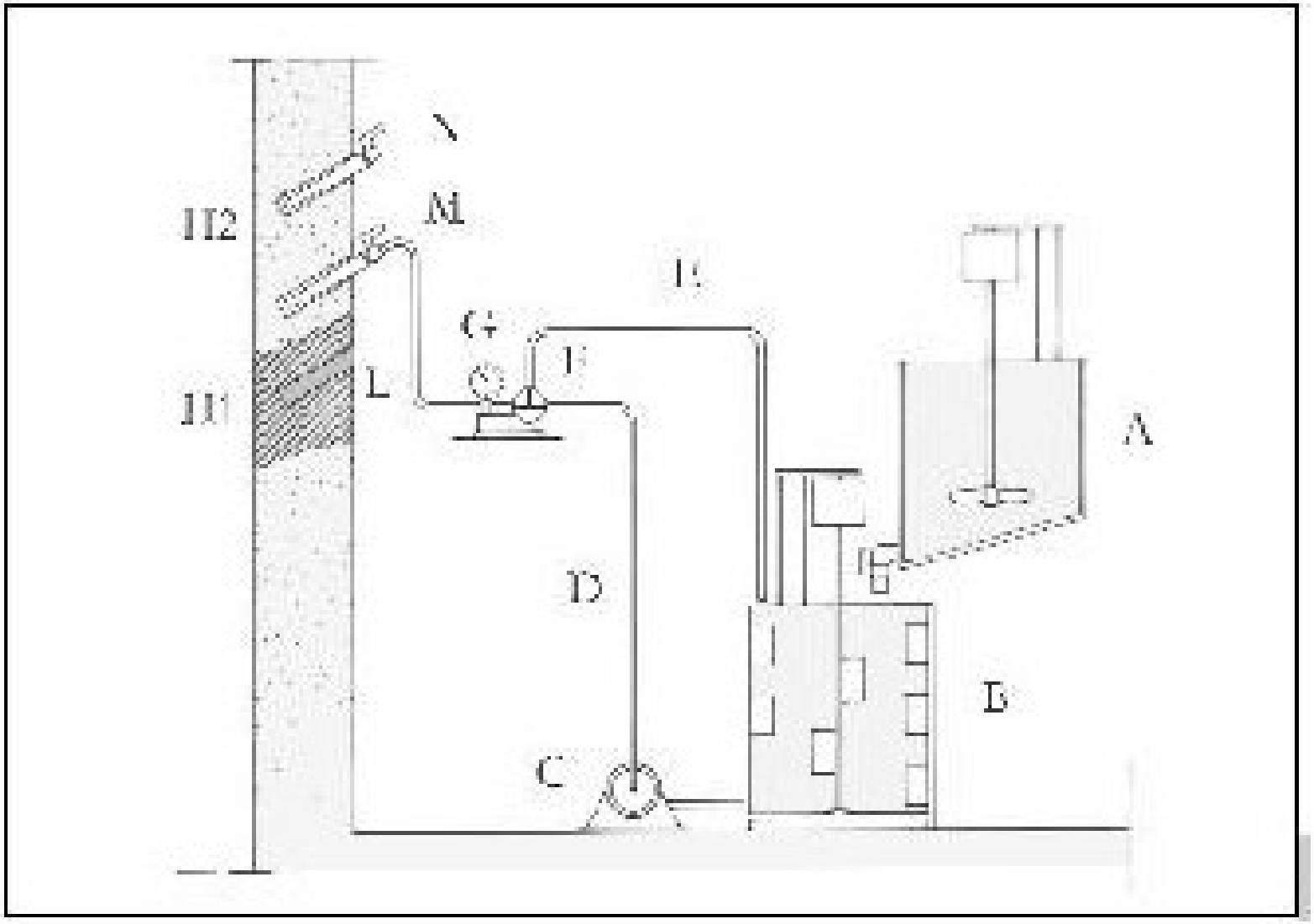

Figura 4 • Schema di installazione per iniezioni a pressione. A) mescolatore ad alta turbolenza, B) agitatore, C) pompa di iniezione, D) tubo di mandata, E) tubo di ritorno, F) saracinesca a tre vie, G) manometro, H1) muro di fabbrica già iniettato, H2) muro di fabbrica da iniettare, L) foro già iniettato, M) foro da iniettare, N) foro da iniettare, con funzione anche di sfiato.

Figura 5 • Pulitura e creazione dei canali di penetrazione del consolidante.

Figura 6 • Iniezione del consolidante (osservare l'impiego di batuffoli di ovatta per evitare perdite e colature).

Figura 7 • Battitura tendente a facilitare la discesa del consolidante.

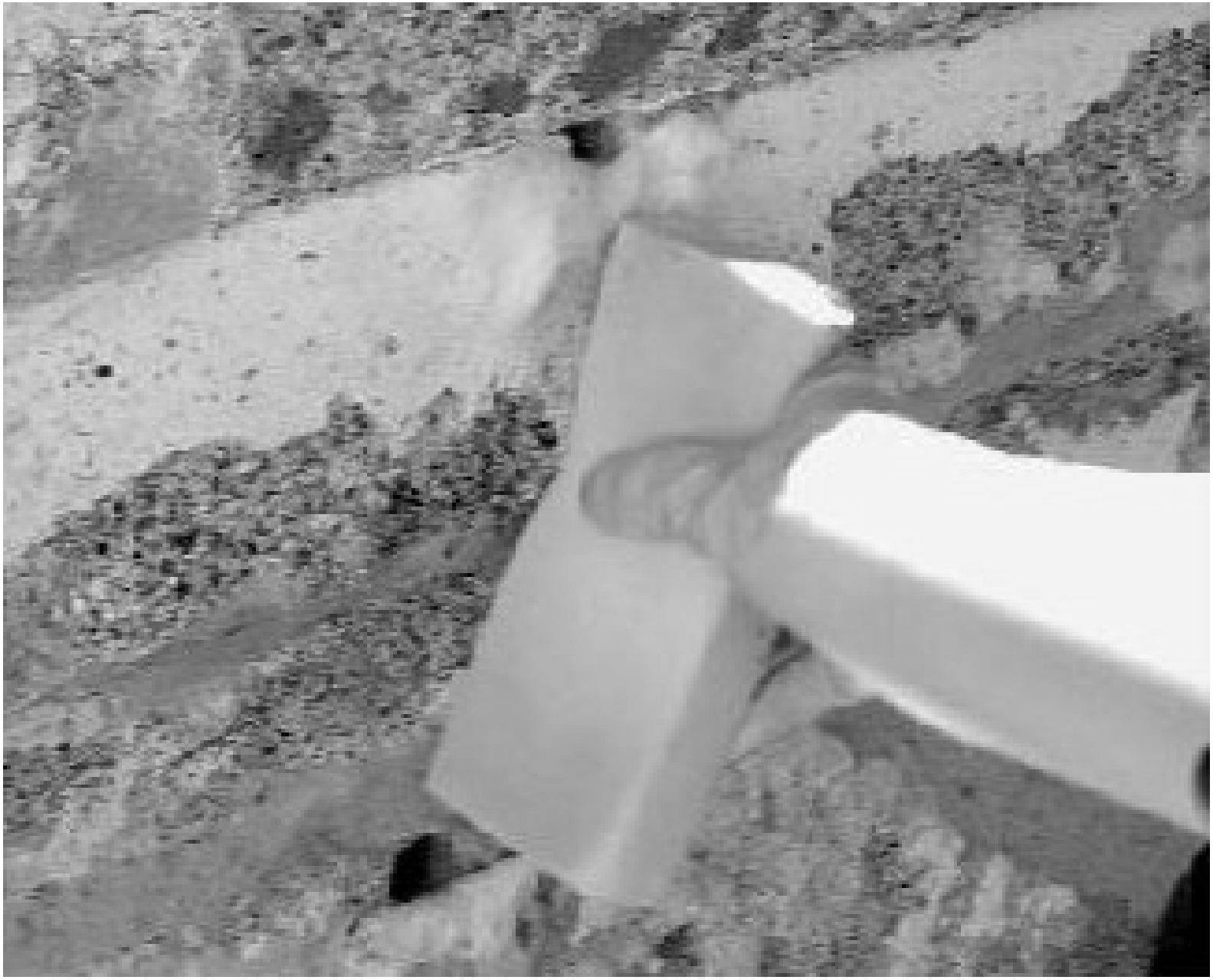

Figura 8 • Pulitura finale con spugna.

Figura 9 • Applicazione errata della tecnica, con fuoriuscita del prodotto consolidante dai fori di iniezione e conseguente formazione di colature difficilmente eliminabili.

Figura 10 • Stuccatura dei fori di iniezione.

CSD 04 CONSOLIDAMENTO SUPERFICIALE MEDIANTE IMPREGNAZIONE DI RESINE

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Il consolidamento di un materiale decoeso e degradato può avvenire grazie all'impiego di diverse sostanze che, penetrando al suo interno e impregnandone i pori, ne rinsaldano i legami strutturali.

L'impregnazione si basa sul principio fisico della capillarità, cioè sulla proprietà che hanno i fluidi in genere, e i liquidi in particolare, di penetrare naturalmente, per adesione, entro lo spazio intercluso tra due pareti molto vicine di una cavità, come avviene nei capillari dei corpi porosi. I parametri che regolano il processo della penetrazione di un fluido per capillarità sono sostanzialmente: a) la viscosità del fluido stesso (in questo caso del prodotto consolidante), b) il diametro dei pori e dei capillari interessati, c) la loro distribuzione all'interno del manufatto trattato, d) la bagnabilità del materiale di cui è costituito il manufatto. Un generico fluido e, in particolare, un prodotto consolidante, penetra all'interno del corpo sottoposto a trattamento, in una prima fase per capillarità e, in un secondo tempo, si distribuisce al suo interno per diffusione. Quest'ultimo processo si sviluppa molto lentamente e occorre pertanto che il prodotto adottato non indurisca (o polimerizzi) troppo rapidamente, poiché in caso contrario non riesce a penetrare e a distribuirsi con sufficiente uniformità nel manufatto, pregiudicando l'efficacia del consolidamento.

CSD 04 CONSOLIDAMENTO SUPERFICIALE MEDIANTE IMPREGNAZIONE DI RESINE

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

L'esecuzione del trattamento varia in relazione al materiale cui si applica e al suo stato di conservazione, ma presenta in ogni caso elementi comuni, di seguito sinteticamente riassunti.

Prima di dare inizio ai lavori, è anzitutto opportuno eseguire alcune prove su porzioni campione del manufatto da consolidare, al fine di determinare la quantità di materiale occorrente e di verificare la riuscita del trattamento e l'effettiva profondità di impregnazione.

Al momento dell'applicazione del prodotto consolidante prescelto, la superficie del manufatto da trattare dovrà essere perfettamente pulita, in modo che la penetrazione della sostanza non sia ostacolata o impedita dalla presenza di polvere, materie grasse o altre impurità e il prodotto sarà applicato direttamente su di essa, una volta che sia perfettamente asciutta.

Oltre che dalla pulitura, l'operazione di consolidamento è preceduta talvolta anche da un eventuale preconsolidamento, teso a evitare che scaglie, frammenti o porzioni di finiture superficiali siano rimossi dall'azione abrasiva esercitata dal pennello durante la stesura del consolidante e, quindi, solo se le condizioni di conservazione della superficie da trattare lo richiedono.

CSD 04 CONSOLIDAMENTO SUPERFICIALE MEDIANTE IMPREGNAZIONE DI RESINE

Per il cotto decoeso ma anche per molte pietre e materiali lapidei in genere, ad esempio, il consolidante più idoneo, e frequentemente utilizzato per restituire ai manufatti la compattezza perduta, è il silicato di etile, composto da esteri etilici dell'acido silicico che, sciolti in particolari solventi, ne consentono un assorbimento ottimale, tramite i capillari del materiale lapideo, sino al raggiungimento del nucleo sano della pietra. A seguito di una reazione che ha spontaneamente luogo a contatto con l'umidità atmosferica, il composto si trasforma in sìlice, molto compatibile e aderente con il materiale siliceo naturalmente contenuto nei laterizi, e libera esclusivamente prodotti secondari volatili assicurando una forte riadesione dei loro grani decoesi dai processi di degrado. L'impiego del silicato di etile garantisce inoltre un'impregnazione senza formazione di effetti filmogeni, assicurando al termine una buona permeabilità al vapore dei materiali trattati e non comporta variazioni delle loro caratteristiche cromatiche.

Anche per la pietra, il silicato di etile è un consolidante molto efficace, non altera il colore naturale del materiale trattato ed è generalmente applicato a pennello, con passaggi successivi; ha una buona capacità di penetrazione e non genera quindi croste superficiali dure e compatte, che tenderebbero con il tempo a staccarsi danneggiando il manufatto.

Per superfici marmoree, il consolidante in genere più utilizzato è il Paraloid-silicone, disponibile in commercio e costituito da 15 parti di Paraloid B72 al 30% in "diluente nitro" (solvente costituito essenzialmente di toluolo-xilolo nel rapporto 1 a 1), 5 parti di silicone Dri Film 104 al 70% in white spirit, 40 parti di clorotene e 40 parti di acetone. Il prodotto, per la sua bassa viscosità, può raggiungere una profondità di impregnazione anche di 4-5 cm e, in genere, il materiale consolidato presenta un deciso miglioramento delle proprie caratteristiche meccaniche, una buona idrorepellenza superficiale e una spiccata resistenza agli agenti atmosferici aggressivi.

CSD 04 CONSOLIDAMENTO SUPERFICIALE MEDIANTE IMPREGNAZIONE DI RESINE

Un'altra caratteristica di questo tipo di composto è che, dopo la polimerizzazione, esso resta solubile in solventi organici. La solubilità a distanza di tempo è peraltro un requisito di grande importanza che consente di non precludere ulteriori operazioni future, compresa la pressoché totale rimozione e l'esecuzione di altri trattamenti consolidanti.

Inoltre, il composto citato non dà luogo a quell'ingiallimento, normalmente dovuto all'esposizione ai raggi ultravioletti, che caratterizza altri prodotti, e lascia quindi inalterato il colore naturale delle superfici trattate.

I prodotti contenenti silicone sono molto efficaci, tanto come consolidanti quanto come protettivi, poiché limitano l'ingresso dell'acqua all'interno dei manufatti da consolidare e l'attacco solforico alle loro componenti materiali. Il trattamento eseguito con questi prodotti è inoltre particolarmente duraturo, perché essi non formano uno strato superficiale completamente impermeabile e, inoltre, se correttamente applicati, possono penetrare molto a fondo all'interno dei manufatti trattati. Il principale svantaggio che comporta l'impiego di consolidanti contenenti silicone è invece rappresentato dalla loro tendenza a scurire la pietra trattata.

Lo scurimento non è dovuto al colore del liquido impiegato, essendo quest'ultimo incolore, ma, piuttosto, agli effetti di rifrazione e riflessione della luce che esso possiede e che risultano diversi rispetto a quelli propri della superficie della pietra non trattata.

CSD 04 CONSOLIDAMENTO SUPERFICIALE MEDIANTE IMPREGNAZIONE DI RESINE

Figura 3 • Impregnazione a tasche di colonna in pietra con silicato di etile.

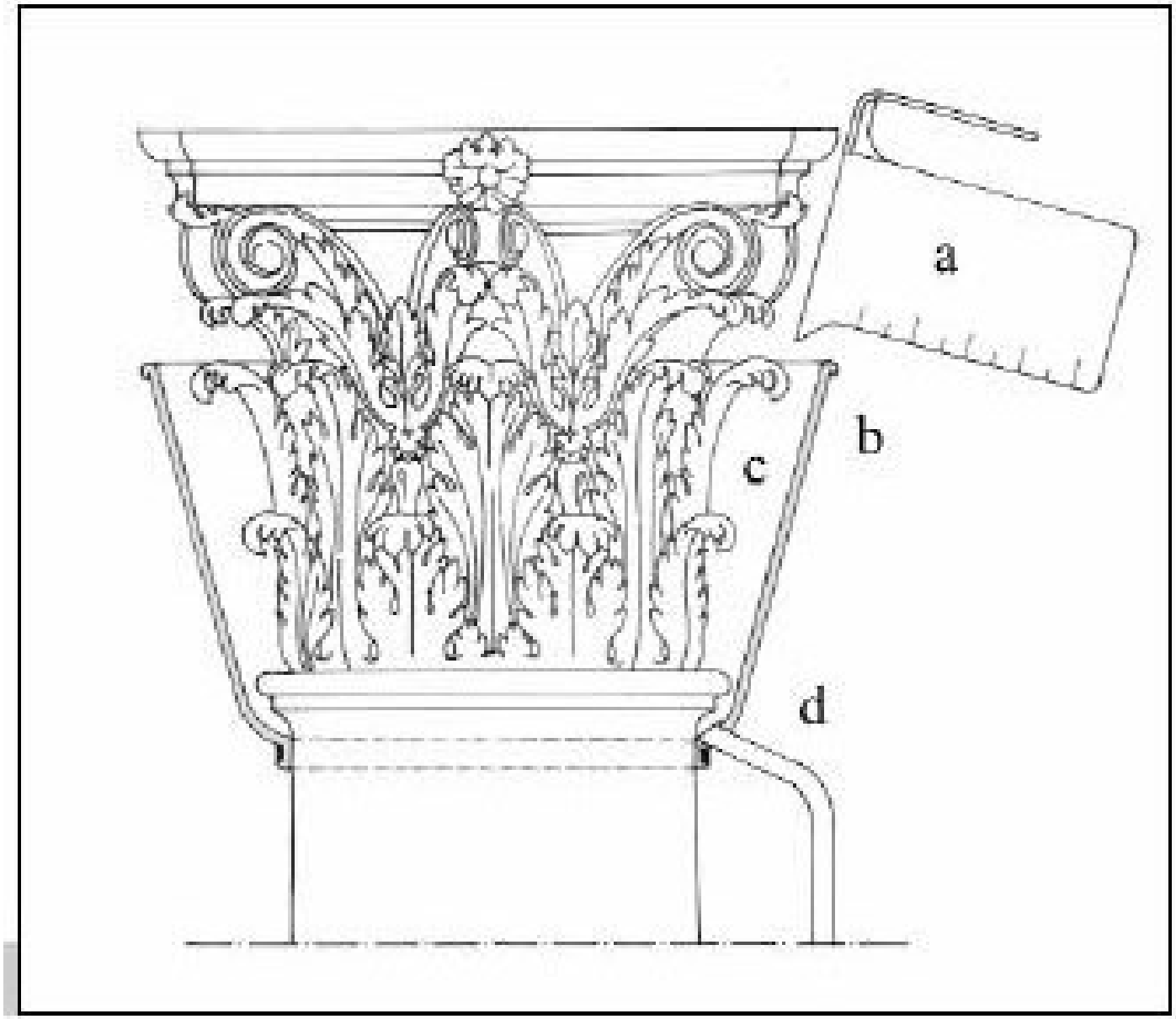

Figura 4 • Schema di impianto per impregnazione a tasche: a) contenitore di resina, b) barriera stagna, c) camera di impregnazione, d) gronda dalla quale percola l'eccesso di resina.

Figura 5 • Bagnatura a spruzzo.

Figura 6 • Prima impregnazione.

Figura 7 • Finitura a stucco.

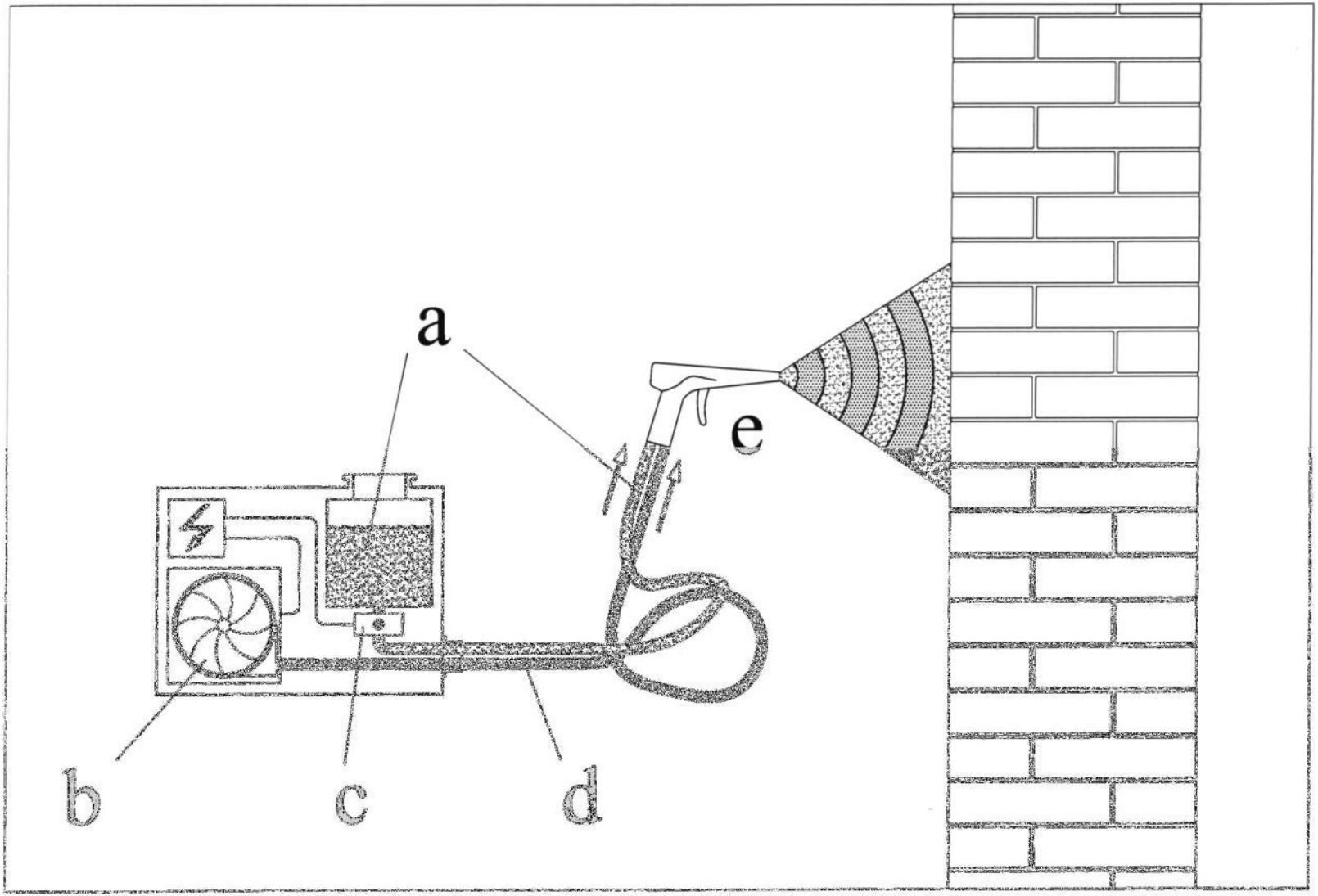

Figura 10 • Schema di dispositivo per impregnazione a spruzzo a bassa pressione. Una pompa alimenta in maniera costante lo spruzzatore di soluzione impregnante che viene polverizzata dalla corrente d'aria a bassa pressione prodotta da un ventilatore: a) soluzione impregnante, b) ventilatore, c) pompa, d) aria a bassa pressione, e) pistola LPA.

Figura 11 • Operatore durante il consolidamento.

Figura 12 • Addetto durante l’operazione di stesura del prodotto impregnante.

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Le colonne, i pilastri costituiti da uno o più pezzi lapidei monolitici, o realizzati in muratura, così come altri elementi strutturali analoghi, per forma e funzione, sono prevalentemente compressi e presentano due tipi di problemi ricorrenti.

In primo luogo, essi possono essere soggetti a collassi per compressione, o per pressoflessione, quando il carico è prossimo o superiore alla resistenza dei materiali, in relazione al rapporto di snellezza che li contraddistingue e al connesso rischio di deformazione sotto l'effetto del carico di punta. La crisi si manifesta, in questi casi, con tipiche dilatazioni trasversali, con microfessurazioni verticali degli elementi e con eventuale espulsione di materiale provocati dalle sollecitazioni radiali.

In secondo luogo, essi possono subire schiacciamenti localizzati, parzializzazioni o riduzioni delle sezioni resistenti, ad esempio a causa della citata espulsione di materiale e frammenti, quando sono sottoposti anche ad azioni orizzontali, conseguenti ad esempio a un evento sismico.

In questo secondo caso, l'intervento di riparazione e consolidamento deve tendere, anzitutto, all'eliminazione o al contenimento delle spinte orizzontali, ottenibile realizzando incatenamenti, tirantature o altri dispositivi di vincolo trasversale degli elementi sollecitati.

L'intervento può tuttavia essere rivolto, eventualmente, al solo ripristino della continuità interna del manufatto mettendo in opera, ad esempio, alcune biette o utilizzando opportune iniezioni consolidanti (v. schede sui metodi di consolidamento dei materiali e dei manufatti lapidei).

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

Per quanto concerne il primo caso, invece, poiché il collasso per compressione, in un materiale fragile, in altre parole in un elemento lapideo monolitico o composito (muratura), avviene a seguito di deformazioni trasversali eccessive, l'intervento più efficace consiste nel contrastare le dilatazioni realizzando una cerchiatura o fasciatura dell'elemento. La cerchiatura può essere costituita da elementi metallici (fig. 1, fig. 2), da fasce di fibre speciali e, in ogni caso, da materiali resistenti a trazione.

Questi elementi possono essere composti anche da più pezzi uniti tra loro da biette, bulloni, cunei o altri dispositivi e sono poste in opera in punti discreti del manufatto, ossia nelle zone dove massime sono le deformazioni, le fessurazioni o le perdite di materiale, oppure lungo il suo intero sviluppo, collegate tra loro da elementi verticali di irrigidimento (fig. 3).

Nel caso si utilizzino elementi metallici, si può inoltre indurre nella cerchiatura uno stato di pre-sollecitazione in grado di realizzare immediatamente un efficace contenimento all'elemento danneggiato (fig. 4, fig. 5, fig. 6).

La cerchiatura con fasce di fibre speciali consiste nell'incollare al supporto, mediante resine adesive, una o più fasce di tessuti fibrorinforzati. In questo sistema le fibre costituiscono l'elemento resistente, mentre la matrice di resina rende collaborante il rinforzo con la struttura, consentendo la trasmissione corretta degli sforzi. Gli impieghi con maggiori caratteristiche prestazionali finora attuati, consistono in fasciature realizzate con tessuti in fibra di carbonio a filamenti monodirezionali, applicate con un sottile strato di resina bi-componente.

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

Le caratteristiche principali del sistema sono la resistenza meccanica e chimica, il peso e lo spessore limitati, una notevole capacità di adattamento a forme complesse dovuta alla drappeggiabilità dei tessuti.

La fasciatura con fibra di carbonio applicata nelle zone di massima sollecitazione del manufatto, consente l'efficace incremento sia del carico ultimo che della duttilità e costituisce, pertanto, un valido sistema di cerchiatura di elementi verticali prevalentemente compressi.

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Esistono varie possibilità di applicazione della tecnica nella sua forma più direttamente legata alla riparazione di elementi danneggiati.

La tecnica tradizionale prevede la cerchiatura di colonne, pilastri e manufatti similari, con elementi metallici piatti e sagomati, anche formati da più parti unite con saldature e biette, posti in opera a caldo, ossia saldati oppure serrati a freddo, grazie a bulloni o altri dispositivi.

Nel primo caso, la cerchiatura può essere adattata all'elemento con maggiore precisione, sfruttando la malleabilità del materiale riscaldato e la sua naturale tendenza a restringersi, durante il raffreddamento. L'impiego del calore può tuttavia provocare danni irreparabili agli elementi sottoposti all'intervento e, quindi, è spesso sostituito dalla realizzazione di cerchiature a freddo.

Queste ultime, però, sono meno facili da realizzare e porre in opera, poiché prevedono la preventiva formazione dell'elemento di cerchiatura, completo dei suoi dispositivi di serraggio e il suo successivo adattamento alla forma dell'elemento da contenere è quindi in genere più problematico.

Una volta posto in opera, infatti, l'elemento di cerchiatura dovrebbe possedere un perfetto contatto con l'elemento, lungo tutto il suo sviluppo, per esercitare correttamente il suo compito e per evitare anomale concentrazioni di carico che potrebbero indurre ulteriori rotture. Questa circostanza è, d'altra parte, assai più frequente proprio nelle cerchiature realizzate a freddo che non in quelle costituite a caldo

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

Il sistema di fasciatura con fibra di carbonio varia in funzione delle caratteristiche geometriche degli elementi interessati e del loro stato di conservazione. Per quanto concerne il dimensionamento del sistema, il problema può essere ricondotto allo studio dell'effetto del confinamento su un materiale scarsamente resistente a trazione.

Generalmente le diverse fasi consistono nell'applicazione di un primer (alcuni sistemi non lo prevedono in quanto la resina utilizzata possiede una forza di adesione alle superfici sufficientemente alta), di un adesivo e di una saturazione delle fibre con resina. È infine prevista una protezione finale dei vari strati, generalmente effettuata con malta al fine di rendere trascurabile l'impatto visivo dell'intervento.

Prima di procedere all'esecuzione del ciclo di applicazione vero e proprio è necessario provvedere alla preparazione delle superfici. Le irregolarità superficiali possono infatti comportare fenomeni di distacco e di esfoliazione al momento dell'adesione delle fibre di carbonio, e pertanto nella zona di incollatura le asperità rilevanti devono essere regolarizzate, così come devono essere stuccate tutte le cavità e le fessurazioni.

Analogamente, in presenza di spigoli vivi (ad esempio nel caso di pilastri in muratura quadrati o rettangolari), è necessario procedere all'arrotondamento degli angoli con un raggio minimo di 2 cm (maggiore è il raggio, migliori saranno le prestazioni del sistema).

La superficie deve essere priva di parti friabili o con scarsa coesione al sottofondo. Nei casi in cui sia presente l'intonaco (come nel caso dei pilastri in muratura), questo deve essere rimosso sino al raggiungimento della superficie muraria.

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

Una volta preparata la superficie si procede all'applicazione del primer, quando previsto, e del primo strato di adesivo epossidico. Nei pilastri, in corrispondenza degli spigoli arrotondati, al fine di garantire la perfetta adesione del tessuto di fibra, generalmente si applica una quantità di impasto resinoso maggiore che non sulle superfici piane.

Infine si applica lo strato di rinforzo vero e proprio costituito dalle fibre di carbonio. Il tessuto deve sempre presentarsi ben disteso e ben ancorato, altrimenti rischia di non verificarsi la corretta trasmissione degli sforzi. Dopo aver atteso il tempo necessario si procede all'applicazione del secondo strato di resina, sino alla saturazione delle fibre.

Nel caso sia prevista l'applicazione di più strati di fibra di carbonio, l'operazione va ripetuta. È in ogni caso fondamentale attenersi scrupolosamente, oltre che alle prescrizioni progettuali, anche alle indicazioni tecniche di volta in volta fornite dalle schede tecniche.

Si procede infine all'applicazione di un'idonea protezione finale, generalmente realizzata con malta, o, più raramente, con prodotti pellicolari aventi buone caratteristiche elastiche.

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

La fasciatura di pilastri in muratura realizzata esclusivamente nei giunti di malta mediante nastri di altezza ridotta, si discosta dal punto di vista applicativo per alcuni aspetti rispetto alle procedure di fasciatura sin qui analizzate.

In primo luogo è necessario procedere alla scarnitura e pulizia del giunto, avendo cura di arrotondare la malta in corrispondenza degli eventuali spigoli, dopo di che si stende l'adesivo epossidico con consistenza di stucco; le fasi successive consistono nell'applicazione del nastro e nella saturazione delle fibre effettuata con resina fluida applicata a pennello. Infine, prima che il secondo strato di resina sia del tutto asciutto, si provvede allo spolvero con sabbia di quarzo per consentire l'aggrappaggio del rinzaffo dell'intonaco o della malta di finitura. Questa tecnica viene applicata, analogamente del resto alle fasciature di colonne o pilastri in muratura precedentemente considerate, a strutture snelle, quali torri, ciminiere, ecc. (fig. 16a, b, c, d, e).

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

Figura 1 • Cerchiatura del capitello e del pulvino.

Figura 2 • Cerchiatura al collarino del capitello e ingabbiatura alle reni degli archi.

CSD 07 CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE MEDIANTE CERCHIATURA O FASCIATURA CON FIBRA DI CARBONIO

Figura 3 • Colonna in mattoni con base e capitello in pietra, stretta da numerose cerchiature lungo tutto il fusto. Ai lati, due pilastri di mattoni scaricano, parzialmente, la colonna dal peso delle strutture sovrastanti.

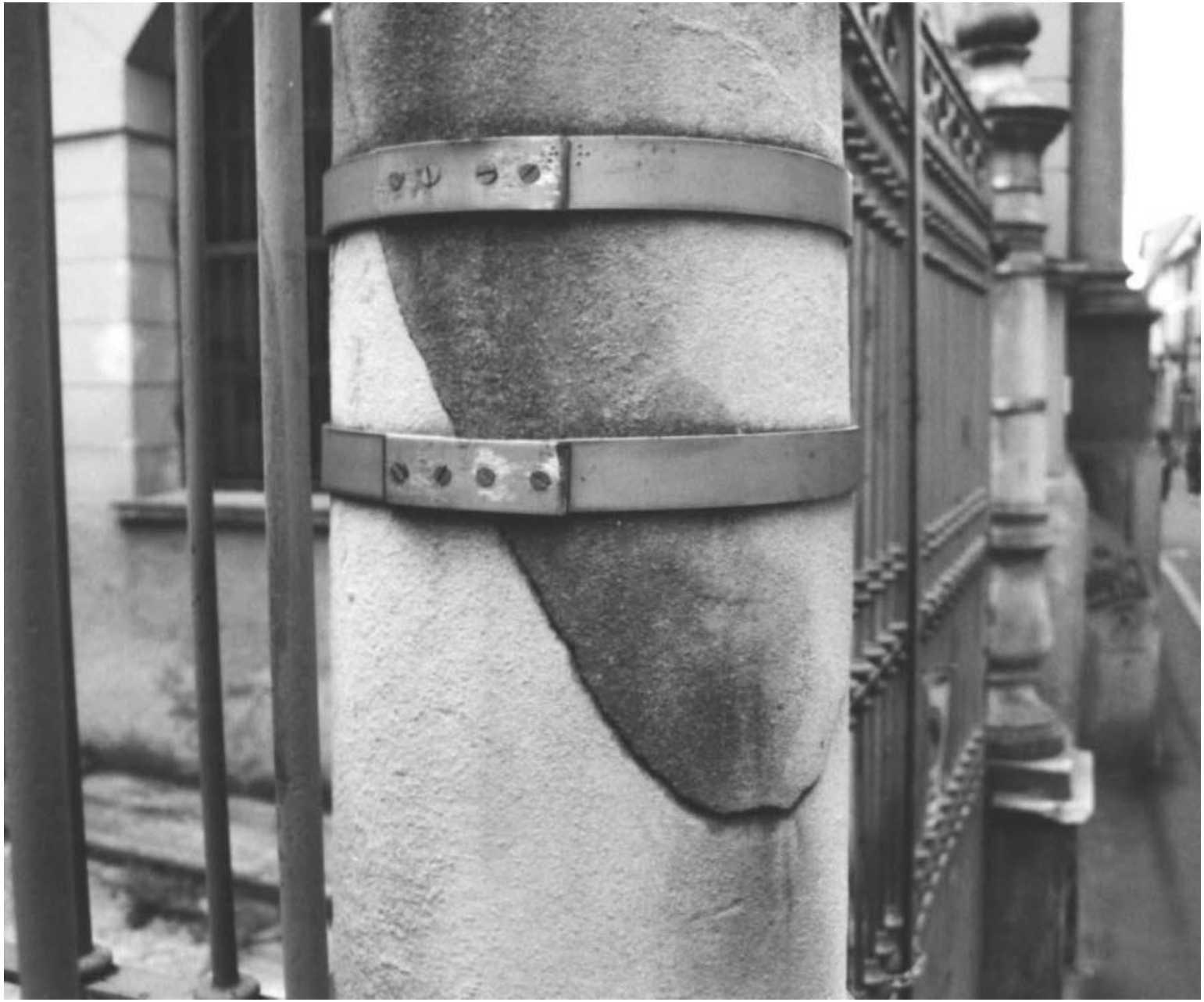

Figura 4 • Il fusto della colonna, visibilmente fratturato, è stato legato da una cerchiatura metallica.

Figura 5 • Cerchiatura alla base di una colonna di mattoni.

Figura 6 • Pesanti cerchiature al piedistallo di una colonna.

Figura 7 • Cerchiatura con rinforzi angolari di un pilastro di mattoni.

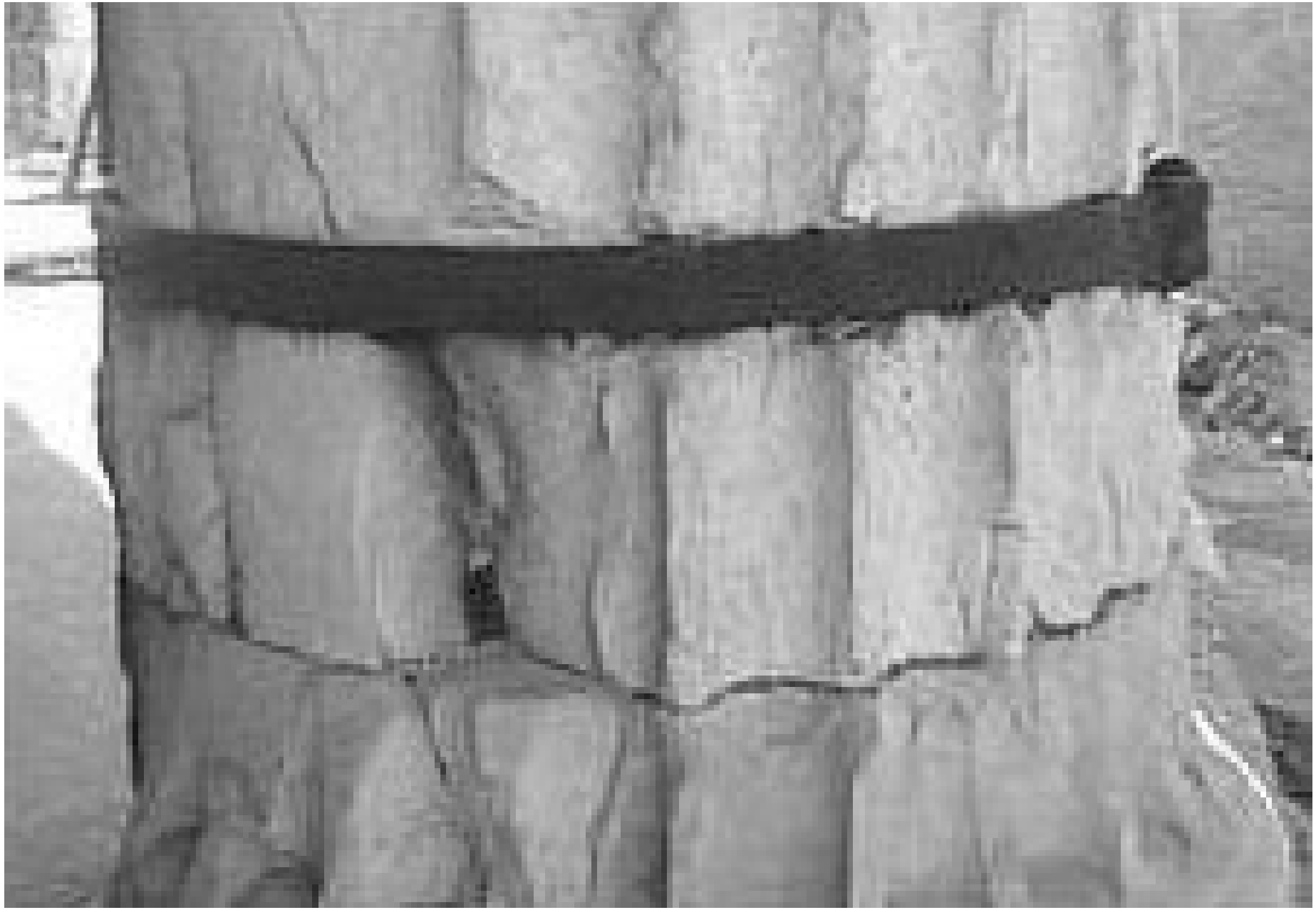

Figura 8 • Cerchiatura tradizionale applicata a diretto contatto della pietra e con rottura delle scanalature.

Figura 9 • Particolare di una cerchiatura in lega di rame.

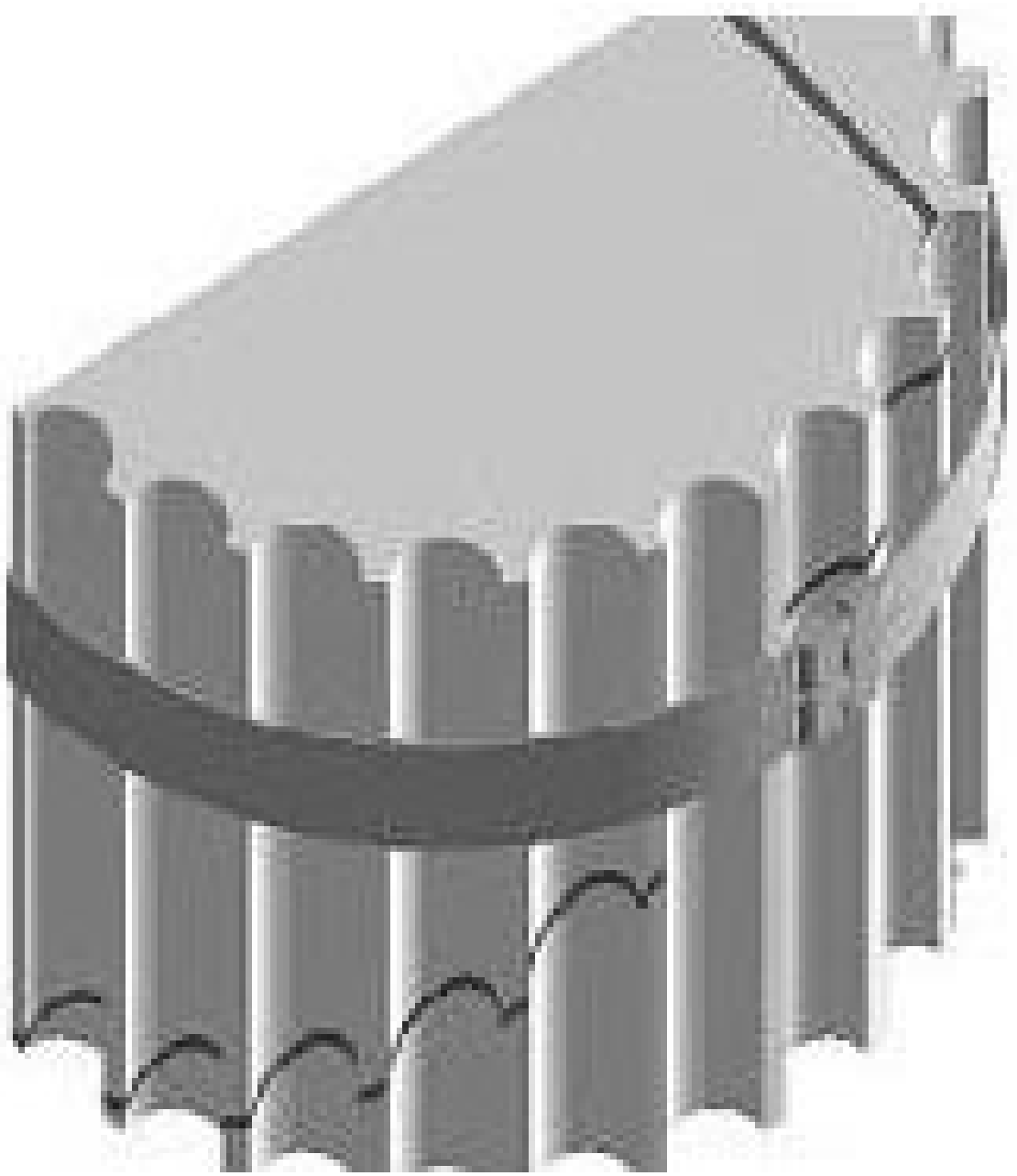

Figura 10 • Schema di cerchiatura con mantenimento delle scanalature.

Figura 11 • Fasciature con nastri in fibra di carbonio applicate alla base
e alla sommità del fusto delle colonne.

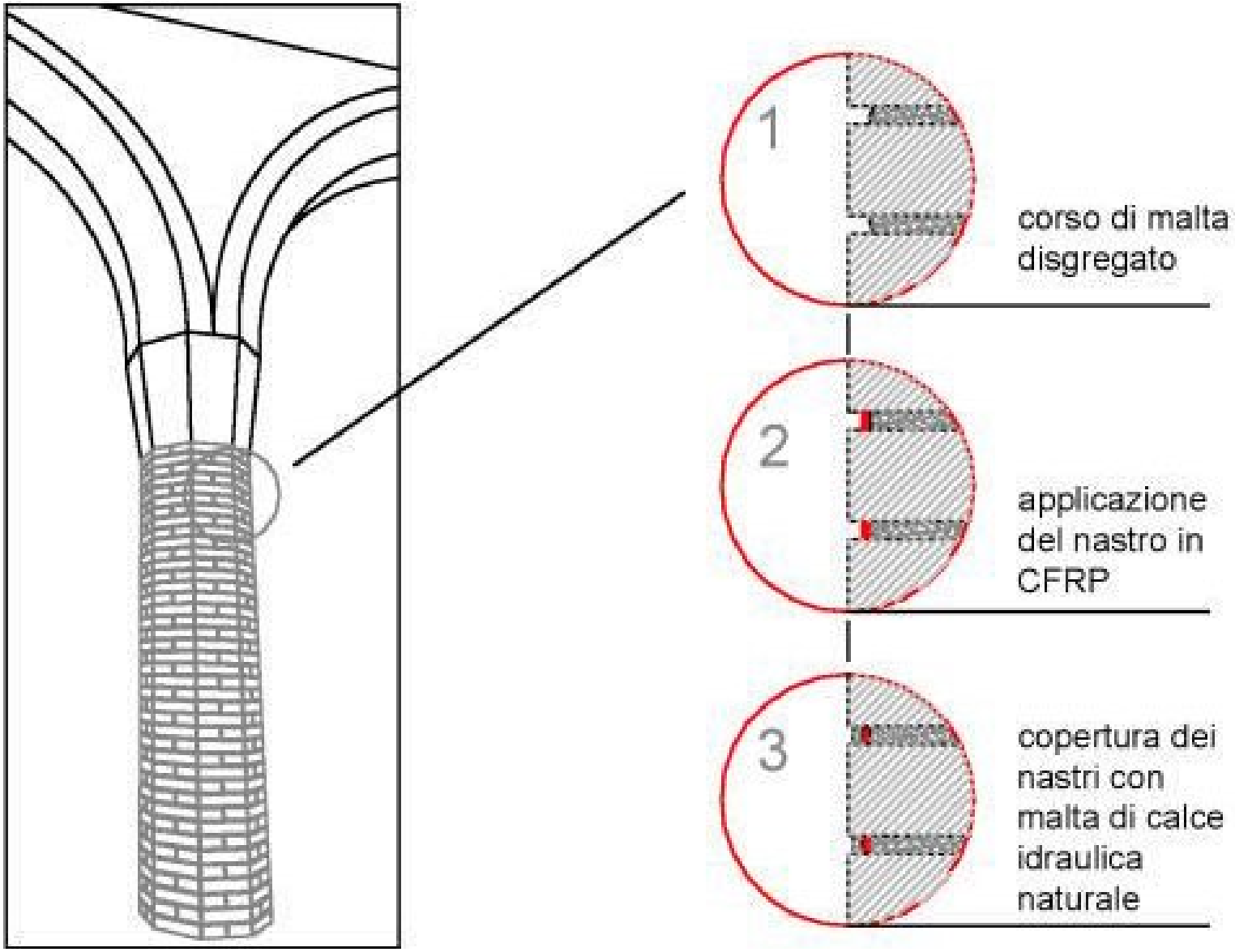

Figura 12 • Schema di un pilastro in muratura fasciato nei giunti di malta con nastri in fibra di carbonio.

Figura 13 • Nastro di altezza ridotta in fibra di carbonio prima della stesura della malta di finitura.

Figura 14 • Nastro in fibra di carbonio dopo la stesura della malta di finitura (calce naturale e inerti di calcare ammonitico, dimensioni > 0,1-0,2 mm).

Figura 15 • Fasciature applicate alla base delle colonne. Nella colonna in primo piano è visibile la finitura con malta (calce naturale e inerti ricavati dalla frantumazione del medesimo litotipo della colonna).

Figura 16a • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Scarnitura e pulizia del giunto previo arrotondamento dello spigolo.

Figura 16b • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Stesura dell’adesivo epossidico a consistenza di stucco.

Figura 16c • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Applicazione del nastro in fibra di carbonio (1,5 cm).

Figura 16d • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Saturazione dei nastri in fibra in carbonio con resina epossidica fluida.

Figura 16e • Fasciatura inserita nei giunti di malta. Finitura dell’intervento con malta di calce idraulica naturale.

SEZ 07 INTEGRAZIONI

Introduzione. Le integrazioni in architettura

INT 01 Risarcimento dei giunti di malta
INT 02 Tassellatura dei materiali lapidei
INT 03 Integrazione e consolidamento mediante "cuci-scuci"
INT 04 Integrazione e "rincocciature" di murature
INT 05 Integrazione mediante modellazione in opera di materiale plastico
INT 06 Integrazioni di elementi lacunosi mediante formatura di impasti a banco o in opera
INT 07 Integrazione dei mattoni alveolizzati o erosi
INT 08 Integrazione mediante malte di resine epossidiche
INT 09 Rappezzo di superfici con materiali a base cementizia applicati per colaggio
INT 10 Reintegrazione/riadesione di intarsi lapidei
INT 11 Macrostuccature o rappezzi eseguiti con malta
INT 12 Integrazione di fratture e di piccole cavità con materiali in pasta
INT 13 Integrazione di pavimento alla veneziana
INT 14 Integrazione e consolidamento di controsoffitti
INT 15 Integrazione di lacune mediante cassetta estraibile
INT 16 Integrazione di lacune musive con tessere
INT 17 Integrazione di lacune nei mosaici mediante impasti
INT 18 Integrazione cromatica mediante tinteggiatura
INT 19 Integrazione di lacune pittoriche mediante selezione e astrazione cromatica
INT 20 Integrazione pittorica con colori a tratteggio
INT 21 Connessione di parti separate mediante chiodatura
INT 22 Integrazione mediante inserimento di tasselli lignei
INT 23 Pulitura, consolidamento e integrazioni di dorature su gesso e pietra

SEZ 07 INTEGRAZIONI

INT 24 Integrazione delle lacune di doratura su legno
INT 25 Integrazione, pulitura e consolidamento di dorature su metalli
INT 26 Stuccatura dei giunti tra piombo e vetro
INT 27 Integrazione di manufatti ceramici con impasti modellabili

SEZ 07 INTEGRAZIONI

LE INTEGRAZIONI IN ARCHITETTURA

Questa sezione raccoglie un gruppo di tecniche che hanno in comune la funzione di aggiungere materia, risarcire perdite, aggregare parti mancanti. Tale funzione è comunemente designata come "integrazione", a significare, come indicherebbe l'origine della parola, l'atto del ridare integrità, interezza a un oggetto incompleto, perché ha perduto frammenti costitutivi o perché non è stato portato del tutto a termine in qualche sua parte, risultando in tal modo lacunoso. L'idea dell'integrazione, dunque, è strettamente connessa con quella di lacuna, mancanza. Non a caso, il termine "lacuna" o "laguna", dal latino lacus (lago) e dal greco làkos (fossa) e làgon (cavità), indica un vuoto, un'assenza.

SEZ 07 INTEGRAZIONI

INTEGRAZIONI E LACUNE

Per chiarire il concetto di integrazione e comprendere il senso delle operazioni che ne derivano, è necessario, dunque, partire da quello di “lacuna”, perché il completare o il risarcire dipende evidentemente dalla natura dell’incompletezza e dagli obiettivi che l’azione dell’integrare persegue.

La parola stessa, lacuna, si presta a diverse interpretazioni. Certo non è nuova, e non è specifica del lessico sull’architettura. È presente, per cominciare, nel linguaggio giuridico per indicare, ad esempio, un vuoto legislativo; in biologia, per designare spazi e cavità, microscopici o macroscopici, sprovvisti di pareti proprie istologicamente differenziate; in fisica, per la mancanza di un elettrone nella struttura di un atomo; in cristallografia, dove le lacune sono anche definite posizioni atomiche vacanti o vacanze, e in altre discipline, sempre col significato di “mancanza”, e senza implicare necessariamente un’azione rivolta ad aggiungere o a completare. La lacuna, in tali contesti, è semplicemente un fenomeno, un fatto accertato e, come tale, assume valore meramente cognitivo, utile alla descrizione scientifica, e non determina necessariamente una qualche attività immediata, conseguente alla sua scoperta. Già in ambito letterario, i vuoti di parole, di righe e di pagine in un testo, ne evocano la completezza, suscitando, in questo caso, l’idea di intervenire con un atto interpretativo volto a ricostituire, almeno idealmente, l’interezza del testo stesso e il suo significato. Qui, ad ogni modo, “lacuna” conserva un profilo semantico chiaro, in quanto identifica senza ambiguità la natura di ciò che è assente, vale a dire un certo numero di parole o di grafemi.

SEZ 07 INTEGRAZIONI

In pittura e in scultura il termine si applica essenzialmente alla mancanza di frammenti figurativi, più o meno estesi, e da tale circostanza hanno origine le sollecitazioni a “trattare”, a “colmare”, a “integrare”, appunto, i vuoti lacunari, chiamando esplicitamente in causa il restauro. La mancanza, cioè, costituisce un’anomalia che reclama un qualche intervento di riparazione, un rimedio, perché il fatto non si limita ad avere semplice valenza fenomenica, ma opera come agente negativo da rimuovere o almeno da neutralizzare. “La lacuna – scrive Brandi – è una interruzione del tessuto figurativo”. Ma l’interruzione della continuità si impone a sua volta come “figura”: “La lacuna, infatti, avrà una forma e un colore, irrelativi alla figuratività dell’immagine rappresentata. S’inserisce, cioè, come corpo estraneo. Fin d’ora, quindi, la “assenza” determinante la lacuna si configura in qualche modo come “presenza”, ossia come “aggiunta” di forma...

SEZ 07 INTEGRAZIONI

LE LACUNE IN ARCHITETTURA

La dialettica assenza/presenza, lacuna/aggiunta, così pregnante in ambito figurativo, già annuncia la diade oppositiva conservazione/progettazione nel restauro architettonico, o quella più avvolgente e dilagante fra antico e nuovo. Il che non è senza motivo. Il senso della "lacuna" in architettura, infatti, si dilata ben oltre gli aspetti iconici della fabbrica, per includere le discontinuità della materia e di componenti costruttive, di parti più o meno estese dell'edificio, sino ai "vuoti" urbani e ai più remoti frammenti contestuali dell'architettura. Impossibile delimitarne i confini, anche perché in architettura ogni assenza può essere lacuna e, come ci ricorda Argan, "tutto significa, [...] anche le materie, le tecniche, i supporti, gli schemi tipologici o iconici, perfino lo stato di conservazione".

La lacuna, in sostanza, appartiene al destino stesso della fabbrica: è, per così dire, un suo permanente attributo. Dal momento stesso in cui l'artefice la consegna al mondo, l'architettura inizia il suo cammino verso la distruzione, esposta alle trasformazioni che l'uomo e la natura le impongono. La sua intera vita materiale è calvario verso la consunzione, vocazione per la lacuna.

Ed è irrilevante se nel corso del tempo essa è esposta ai "guadagni" delle ricostruzioni o delle aggiunte. Le "aggiunte" non sono che un diverso volto della lacuna, del resto ci suggerisce lo stesso Brandi quando indica che l'aggiunta può esser causa di mutilazione dell'unità estetica dell'opera e si identifica come perdita di compiutezza, e perciò come assenza.

SEZ 07 INTEGRAZIONI

Strano destino: la lacuna, in quanto assenza, è testimonianza storica, come ci rammenta Argan, fonte di possibili significati testuali, dunque presenza positiva di valore documentale, oltre che negativa per la sua invasività figurale; ma ogni aggiunta, in quanto presenza ricoprente, è anche perdita di valenze testuali, quindi origine di lacuna. Molti restauri d'integrazione ci rivelano, del resto, quest'aspetto maligno dell'aggiunta, e non soltanto in quelle che consideriamo improprie, definendole talvolta "superfetazioni", ma anche nelle reintonacature o nelle debordanti stuccature dei giunti, che sono imposte da ragioni di conservazione ma che finiscono col seppellire o cancellare antichi segni stratigrafici.

Che fare, dunque? Alla difficoltà di circoscrivere e delimitare il concetto di lacuna, almeno per l'architettura, si associa quella di desumerne atteggiamenti operativi corretti, di ricercare idonei strumenti e metodi di azione progettuale.

SEZ 07 INTEGRAZIONI

C’è ad esempio un modo di affrontare il problema che appartiene alla sfera dei saperi tecnici. Qui, la lacuna è vista nei suoi aspetti eminentemente pratico -funzionali. Vale a dire che la mancanza di frammenti di materia costruttiva può essere valutata, di volta in volta, come perdita di requisiti statico-strutturali, oppure di continuità fisica nei paramenti murari, diminuita protezione di una superficie, pericolosa esposizione al degrado e così via. Se la “diagnosi” è di natura esclusivamente tecnica, anche la “terapia” riveste il medesimo carattere. I limiti imposti dalle implicazioni di ordine storico e/o estetico che ogni intervento comporta sono tenuti a volte dichiaratamente in conto, ma svolgono un ruolo secondario, certamente subordinato all’obiettivo dell’efficienza tecnica. Per questo, le integrazioni fanno ricorso, ma non sempre, a opportuni accorgimenti, come la differenza del materiale aggiunto rispetto al preesistente, lo schematismo delle nuove forme che integrano le vecchie, la diversità della lavorazione delle superfici, la riconoscibile composizione di malte, di impasti e miscele, l’apposizione di marchi e segnali, l’introduzione di materiali delimitanti il confine delle lacune, la registrazione documentale e altro ancora. In tutti i casi, qui prevale un concetto di integrazione che non investe tanto l’immagine dell’opera, quanto la sua rimessa in efficienza, un’azione che Brandi attribuiva a uno schema preconcettuale del restauro. Potremmo parlare di integrazione funzionale.

SEZ 07 INTEGRAZIONI

C’è poi il criterio dell’analogia formale, che punta all’unità dell’immagine ricostituita sulla base del lavoro critico, e che privilegia l’atto creativo subordinandone i modi tecnici di realizzazione.

Ciò che manca può essere ricostruito con fedeltà, sia pure dopo un’attenta analisi documentaria e un accurato lavoro di interpretazione o di immaginazione. La tecnica esecutiva sarà quella più adatta a garantire il risultato formale cercato. L’integrazione analogica cerca sicurezze nel lavoro storico e critico di base, ma si dà anche come autentico gesto creativo, dal momento che la ricomposta unità dell’immagine sta lì a testimoniare, con la sua palpabile evidenza, che non poteva che essere così, se si assume il criterio della coerenza formale tra il supposto “originario” e il ricostruito; oppure, che non può che essere così , se si ammette che il lavoro di attualizzazione è guidato dal talento interpretativo e progettuale dell’operatore. Le stesse forme storiche fungono da stampelle all’integrazione formale, legittimandola; mentre le tecniche ricostruttive possono essere quelle del nostro tempo, oppure, meglio, riprendere e imitare quelle antiche, a sancire che il processo rigenerativo può essere totale (perché investe la stessa costituzione materiale dell’opera), oltre che autentico (perché le conferisce nuova autenticità).

SEZ 07 INTEGRAZIONI

LE TECNICHE DI INTEGRAZIONE

Quale può essere, allora, il ruolo delle tecniche qui descritte?

In primo luogo, quello di essere impiegate, appunto, come tecniche, vale a dire come un mezzo che acquista senso soltanto rispetto a una strategia generale che prevede con chiarezza il proprio bersaglio culturale. Riprendendo le riflessioni del saggio introduttivo a quest'opera, le tecniche indicano un come operare, strettamente connesso a un perché che ha origine nel progetto dell'intervento. Ciò vuol dire, semplicemente, che il gran numero delle soluzioni possibili offre un campo entro il quale la scelta non può essere guidata soltanto da criteri di efficienza – del resto mai così definibili e chiari come si vorrebbe –, ma deve scaturire da una valutazione complessiva delle ragioni che hanno innescato la necessità dell'intervento e degli obiettivi che con esso ci si prefigge di raggiungere. In altre parole, il repertorio di metodiche di questa sezione – ma ciò vale anche per tutte le altre– non serve a progettare gli interventi, ma soltanto a guidarne l'esecuzione, a offrire un quadro di riferimento entro il quale ogni progettista può muoversi avendo già deciso la direzione del progetto e conoscendo gli obiettivi scientifici che lo ispirano.

Così, ad esempio, la tecnica del Risarcimento dei giunti di malta descrive non un semplice procedimento, ma un insieme di operazioni che dipendono dalla natura dei supporti lapidei coinvolti, dai leganti e dal tipo di aggregati impiegati per le malte, dalle procedure della loro applicazione e dai risultati conseguibili al variare delle combinazioni tra tutti questi parametri.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica del risarcimento o ripresa dei giunti di malta di allettamento esistenti tra le pietre o i mattoni delle murature, o tra altri elementi costruttivi assemblati con l'uso di tale materiale, prevede l'integrazione delle porzioni di malta mancanti eseguita utilizzando e stendendo nelle mancanze impasti plastici dotati di resistenza analoga a quella del materiale preesistente e di caratteristiche fisiche (colore, grana, tessitura, rapporti clasti-matrice ecc.) analoghi o differenti in relazione alle intenzioni del progetto. L'impasto può essere realizzato, ad esempio, utilizzando composti a base di grassello di calce, sabbia e altri aggregati minerali di granulometria e colore simili a quelli contenuti nelle malte esistenti. La granulometria della sabbia, in particolare, incide sulla consistenza, sulla plasticità, sulla resistenza e sulla tessitura della nuova malta. È importante anche il colore degli inerti, perché da questo dipende come si percepirà visivamente il giunto reintegrato, sia nel caso si voglia ottenere un risultato mimetico, sia che si voglia invece marcare la differenza tra la nuova e la vecchia malta.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

Va rilevato, tuttavia, che lo scopo principale dell'integrazione è di preservare la muratura da possibili ulteriori fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura muraria per impedire infiltrazioni o attecchimenti di vegetazione infestante, rafforzandone le proprietà statiche.

L'integrazione della malta mancante nei giunti li rende inoltre più resistenti conferendogli una funzione di barriera alla penetrazione dell'acqua, all'attecchimento di vegetali e patine biologiche, ai depositi organici e inorganici.

Inoltre, va tenuto sempre presente che ogni integrazione comporta il rischio di seppellire o mascherare gli strati di malta antichi, oltre che di alterare i contorni di pietre e/o di mattoni che caratterizzano le apparecchiature murarie e che costituiscono un sistema di segni spesso indispensabile per le analisi archeologiche e stratigrafiche (fig. 1).

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

In generale, l'applicazione di questa tecnica prevede la sequenza di operazioni di seguito sinteticamente descritta.

1. Innanzitutto, devono essere rimossi, dal giunto che occorre risarcire, la polvere e i detriti, pulendone il fondo e le altre superfici di delimitazione, per eliminare eventuali patine che impedirebbero l'ancoraggio della nuova malta d'integrazione. I vecchi allettamenti possono essere puliti con stecche da stilatura e con scalpelli dentati da muratore, ma è bene evitare il ricorso a strumenti che li scalzino e provochino scheggiature.

L'impatto dello strumento sulla superficie del giunto deve avvenire con un angolo inclinato rispetto ad essa e non perpendicolarmente. Tutte le operazioni di pulitura devono tendere a lasciare l'interno del giunto privo di detriti o patine, ma con la superficie scabra, in modo da favorire un contatto efficace con la nuova malta (fig. 2).

2. Una volta preparato, il giunto deve essere ripassato con una spazzola e con un getto d'acqua pulita a bassa pressione, per fornire alla malta superstite e alle superfici contermini dei materiali la necessaria saturazione e l'inumidimento, essenziale per evitare che assorbano l'acqua della nuova malta pregiudicandone la presa.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

3. Nel caso in cui si esegua l'integrazione dei giunti di una muratura, la polvere e tutti i materiali incoerenti presenti sulle sue superfici devono essere rimossi, prima di ogni altra operazione, procedendo dalla sommità verso il piede dello stesso. Questo per evitare che detriti e polveri si depositino sulle parti già pulite. In presenza di alghe e licheni è necessario integrare la pulizia con un trattamento teso a eliminare le alterazioni di natura biologica (v. DSZ 04 - Eliminazione vegetazione inferiore mediante trattamenti chimici).

4. Prima di procedere all'integrazione dei giunti è necessario proteggere le superfici non trattate con una pellicola protettiva o con un telo, per evitare che esse siano sporcate. La protezione è necessaria soprattutto se vi sono serramenti, aree ornamentali, materiali non lapidei, ecc. adiacenti al punto in cui si interviene.

5. Una volta pulito e inumidito, con un getto d'acqua, il giunto da risarcire, si applica ad esso, per tutta la larghezza e la profondità, la nuova malta utilizzando una piccola cazzuola o ferri lunghi e stretti in grado di raggiungere tutti i vuoti esistenti nel giunto. La malta può essere spinta nelle fessure anche con un'asticella o, se la dimensione del giunto lo permette, con il frattazzo da muratore, esercitando la massima pressione possibile per facilitare la presa della nuova malta su quella antica. Se i giunti da risarcire sono ampi e profondi, possono essere riempiti anche a spruzzo o con iniezioni, e in seguito stilati. La stilatura, ossia la compressione della malta nel giunto, ha il compito di farla penetrare in modo uniforme in tutta la profondità dell'interstizio.

6. La superficie esterna del giunto può poi essere portata allo stesso piano esterno del paramento oppure lasciata "sottolivello", evitando che la sua superficie esterna sia complanare a quella del muro o, addirittura, che debordi rispetto a essa, causando un'alterazione dei contorni nei blocchi lapidei o fittili.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

7. Dopo che la malta ha iniziato il suo processo di presa, la si comprime e tira, con la punta della cazzuola o con la spatola, e si ripete l'operazione dopo 5-6 ore, d'estate, o dopo 24 ore, d'inverno, esercitando una leggera pressione con la punta della cazzuola piccola, per far uscire l'acqua in eccesso. Si ripete quest'operazione nell'arco di mezza giornata, fino a che il giunto appare compatto e senza crepe.

8. Appena la malta ha cominciato a indurirsi, ma quando è ancora modellabile, se richiesto dal progetto, la superficie esterna del giunto può ad esempio essere resa scabra con una spazzola di saggina, o con una leggera sabbiatura, oppure tamponandola con una tela di sacco ruvida. Si usa la spazzola di ferro quando la malta ha quasi terminato la presa.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

Figura 1 • Risarcitura dei giunti eseguita sottofilo.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

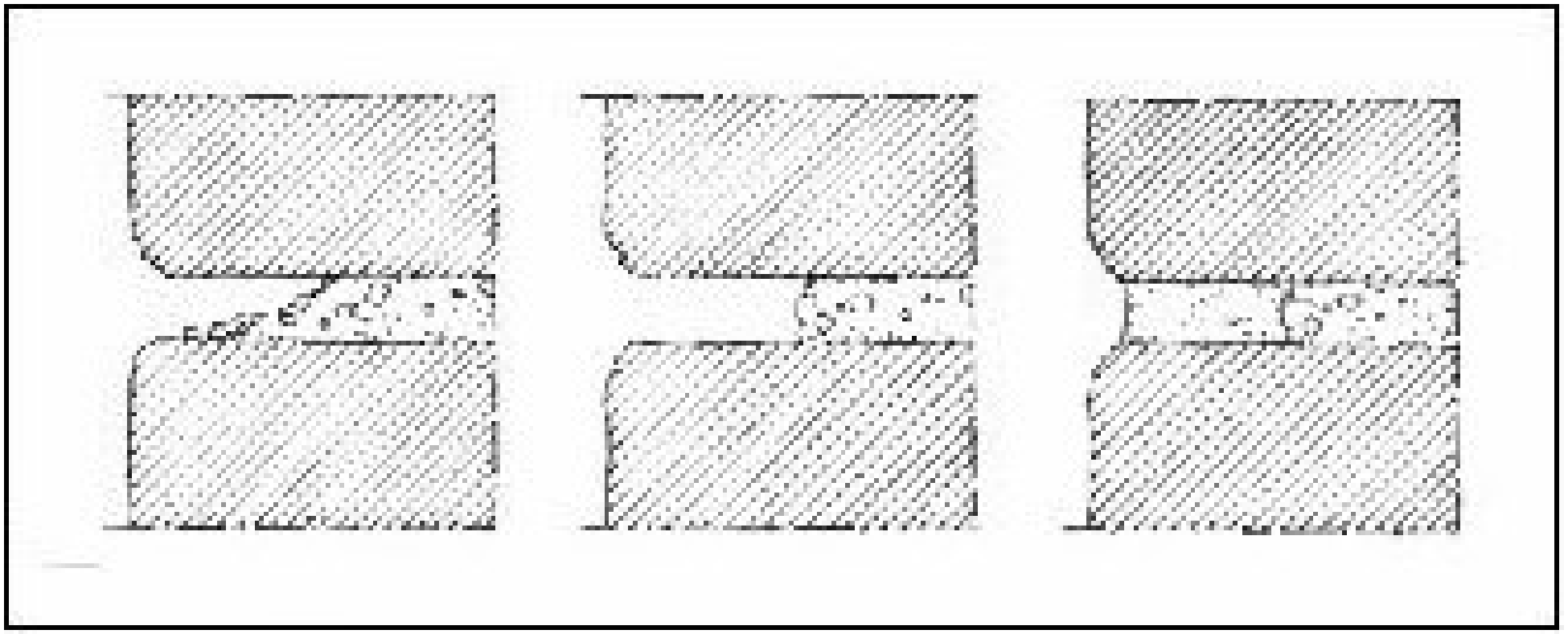

Figura 2 • Nel giunto da risarcire vanno rimossi la polvere e i detriti, raschiando il fondo e le altre superfici libere. Tutte le operazioni di pulitura devono tendere a lasciare l'interno del giunto con una faccia non lisciata per favorire il contatto efficace con la nuova malta.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

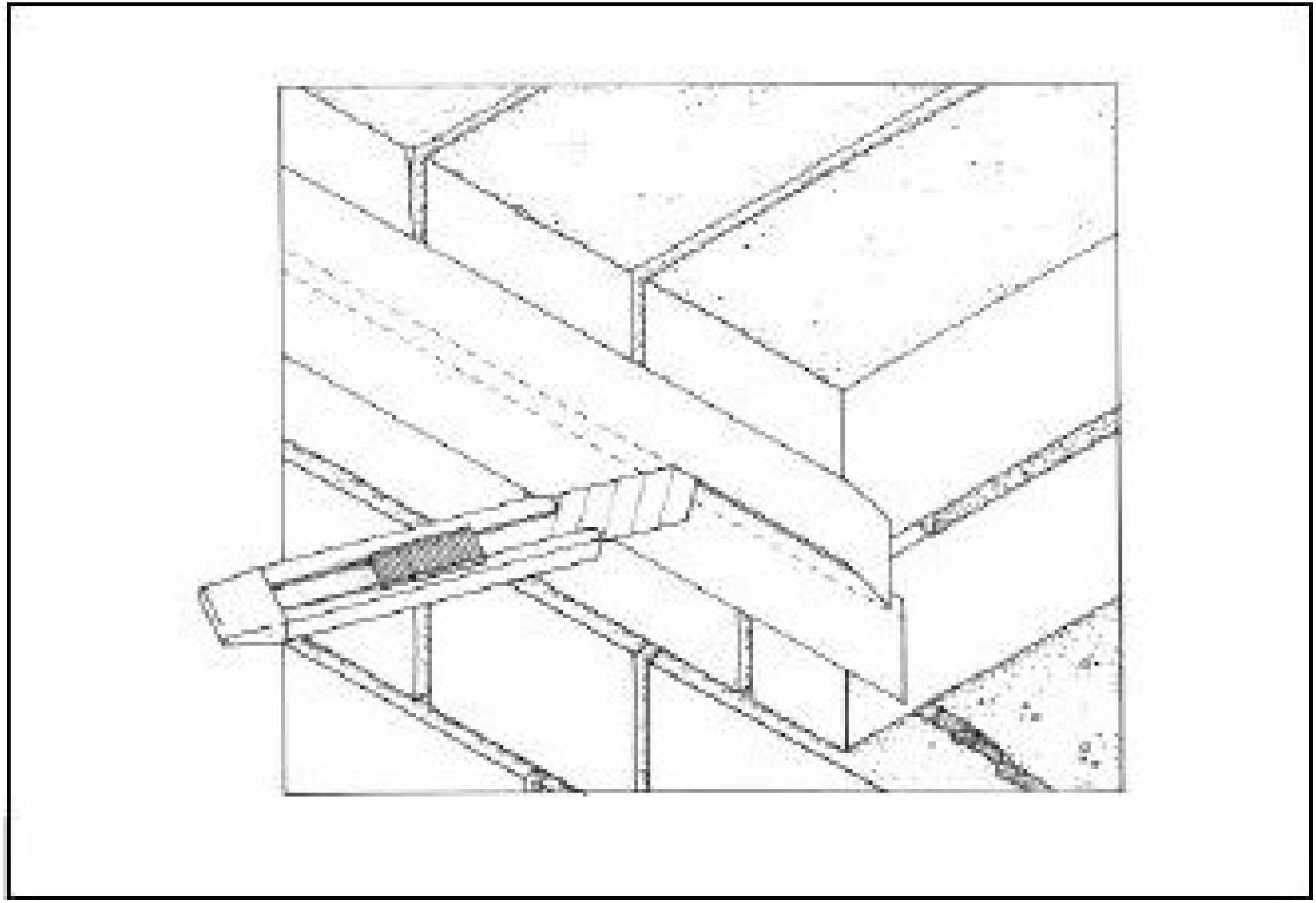

Figura 3 • Prima di procedere alla sigillatura dei giunti è necessario proteggere le superfici non trattate con un foglio di pellicola protettiva. Nella figura viene usato del nastro adesivo rifilato lungo i bordi del giunto con una lama affilata.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

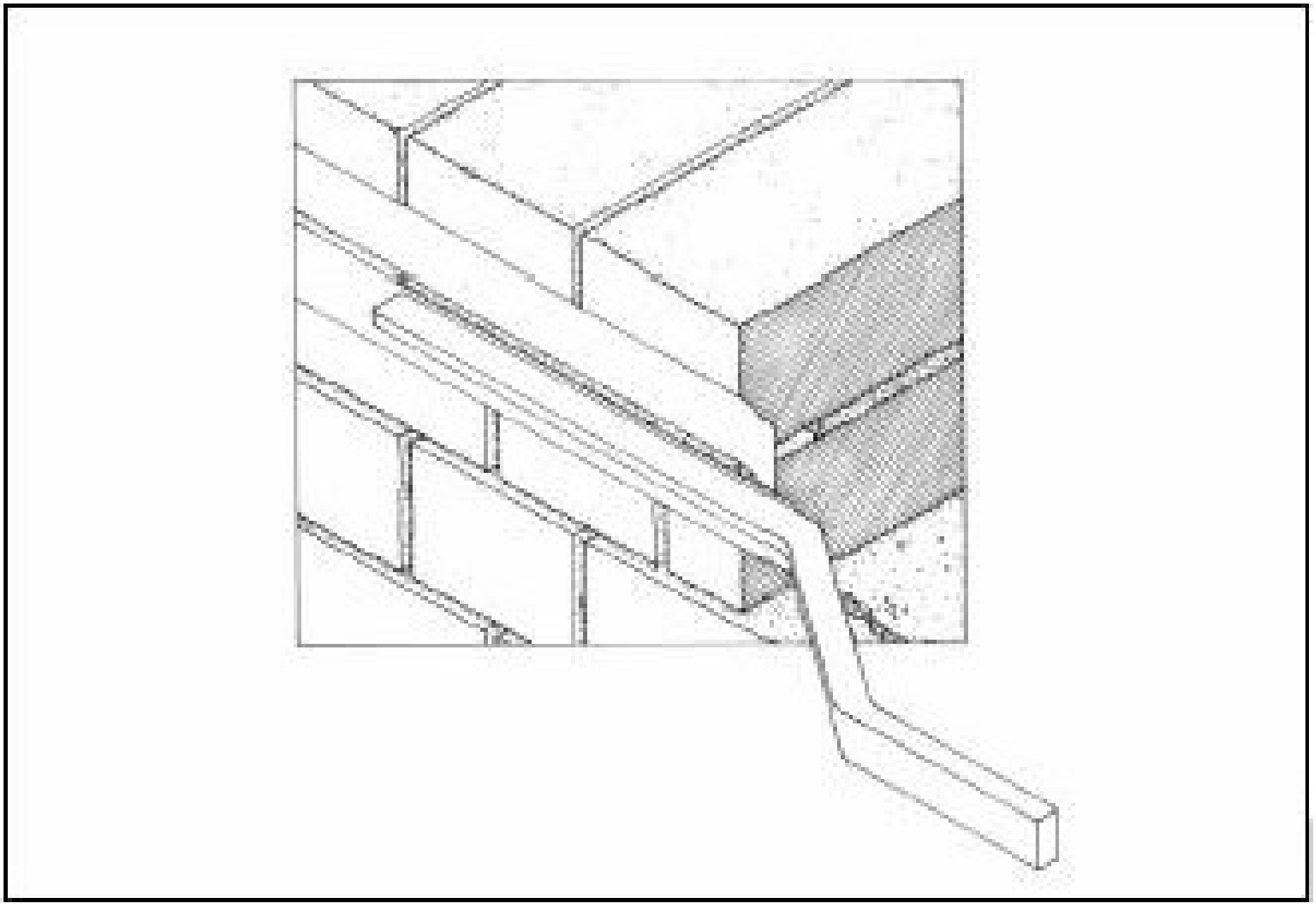

Figura 4 • Stilatura del giunto con un ferro adatto.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

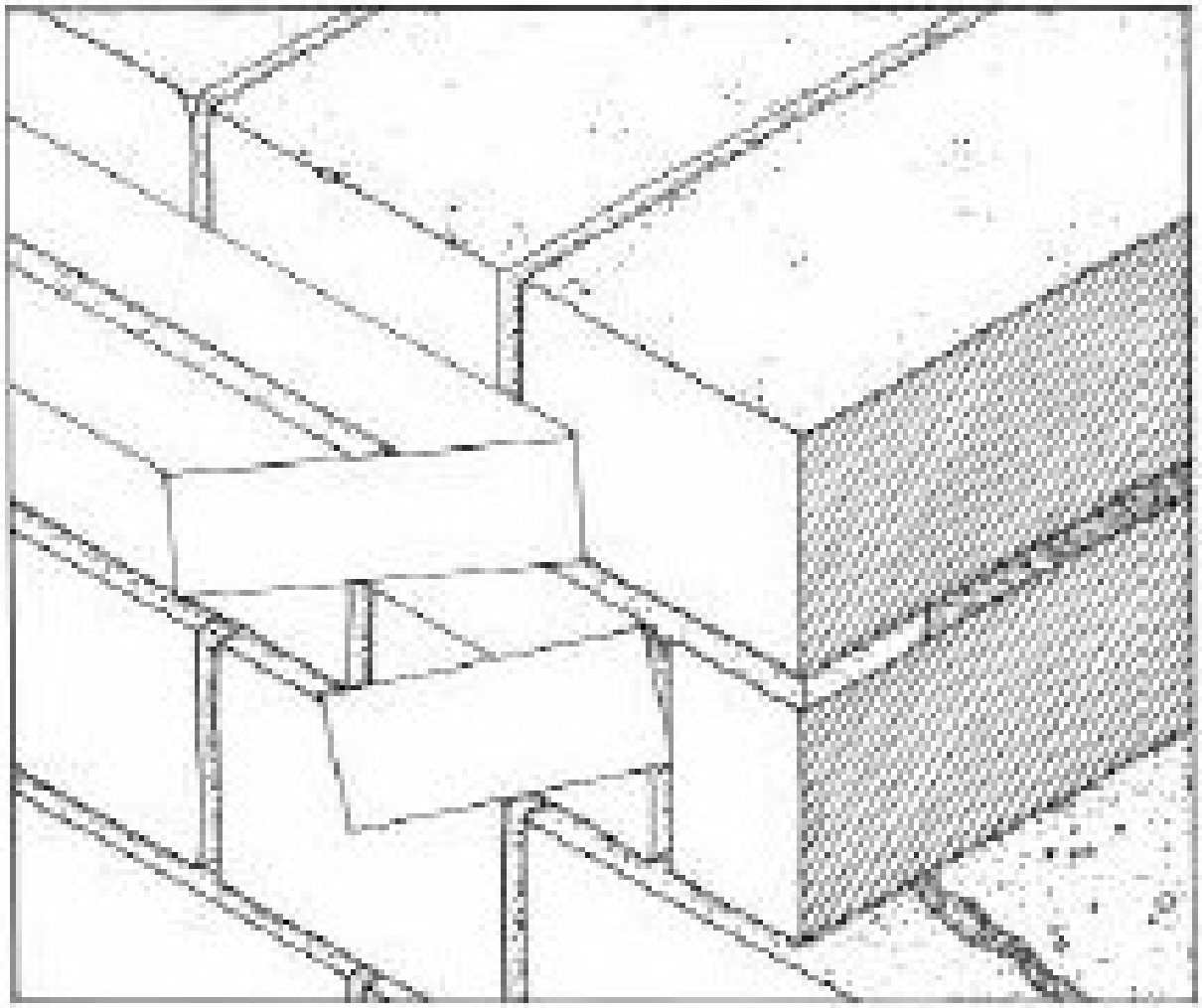

Figura 5 • Rimozione della protezione dei bordi.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

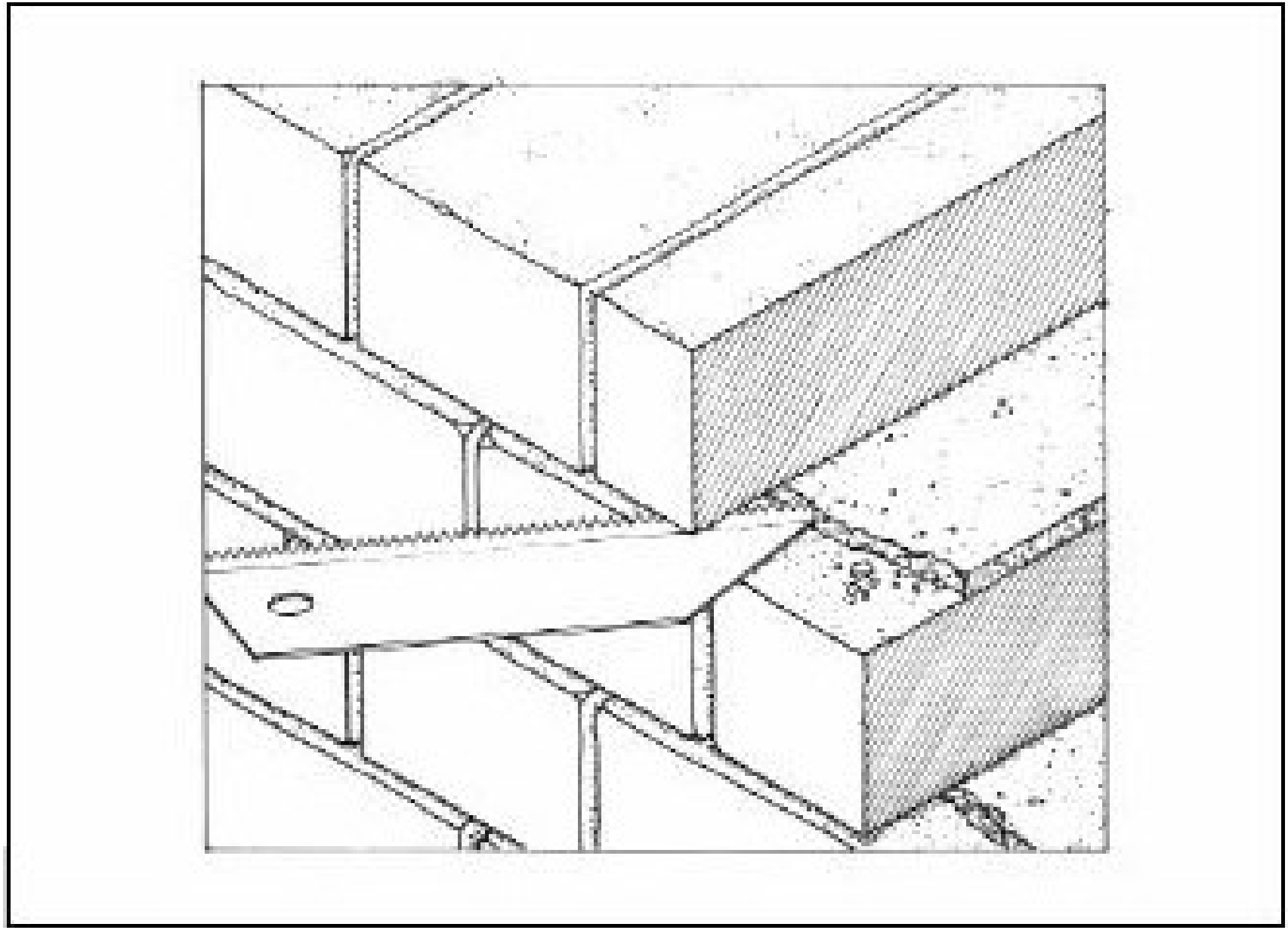

Figura 6 • Per la pulitura dei giunti di dimensioni particolarmente ridotte è necessario intervenire utilizzando lame sottili e dotate di denti.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

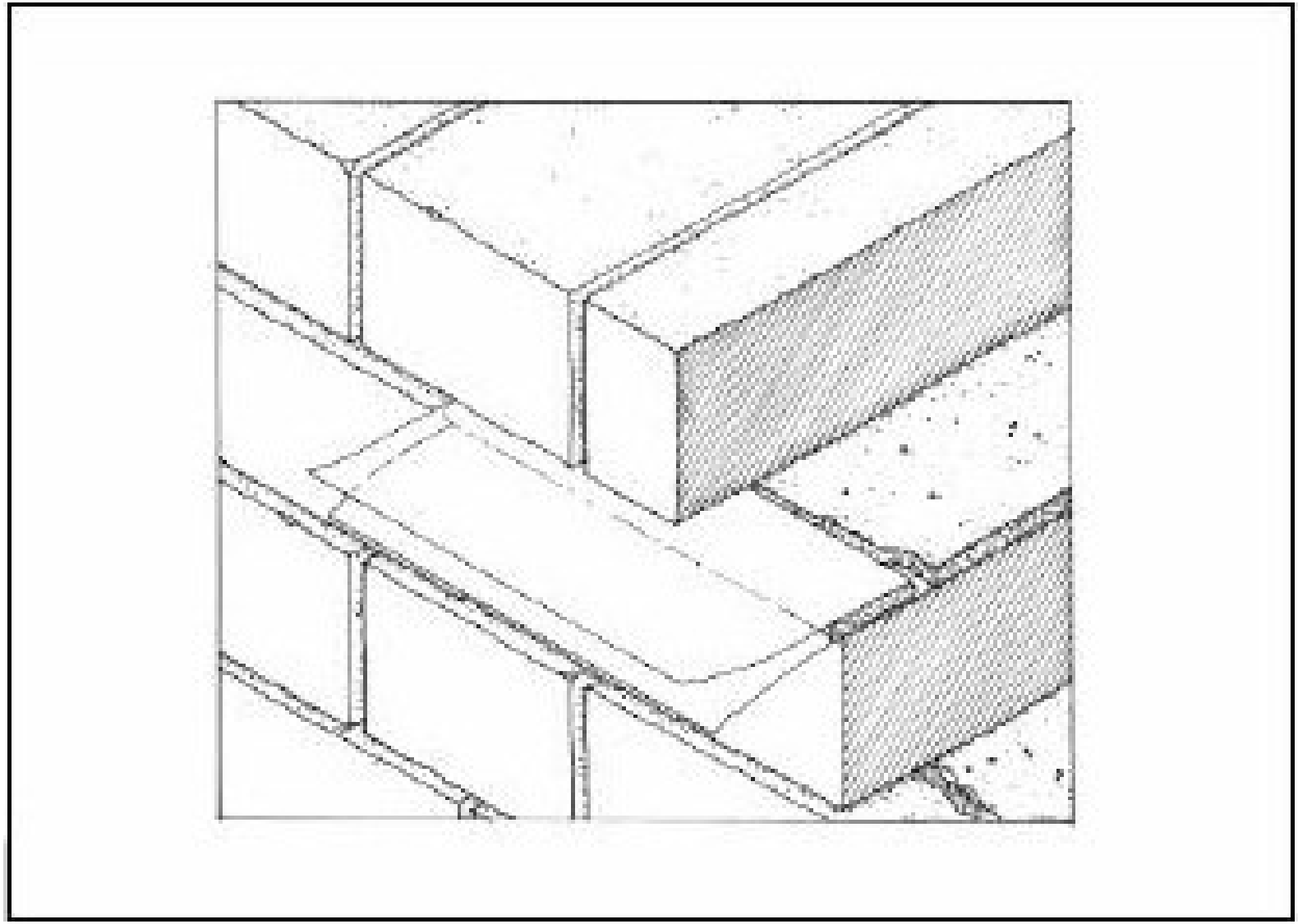

Figura 7 • In funzione della dimensione del giunto e dei materiali che costituiscono il paramento murario, possono essere impiegate diverse procedure. Qui è descritto il sistema detto a sandwich di stucco: due fogli di pellicola plastica contenenti la necessaria quantità di malta sono introdotti nel giunto da risarcire per mezzo di una lama piatta.

INT 01 RISARCIMENTO DEI GIUNTI DI MALTA

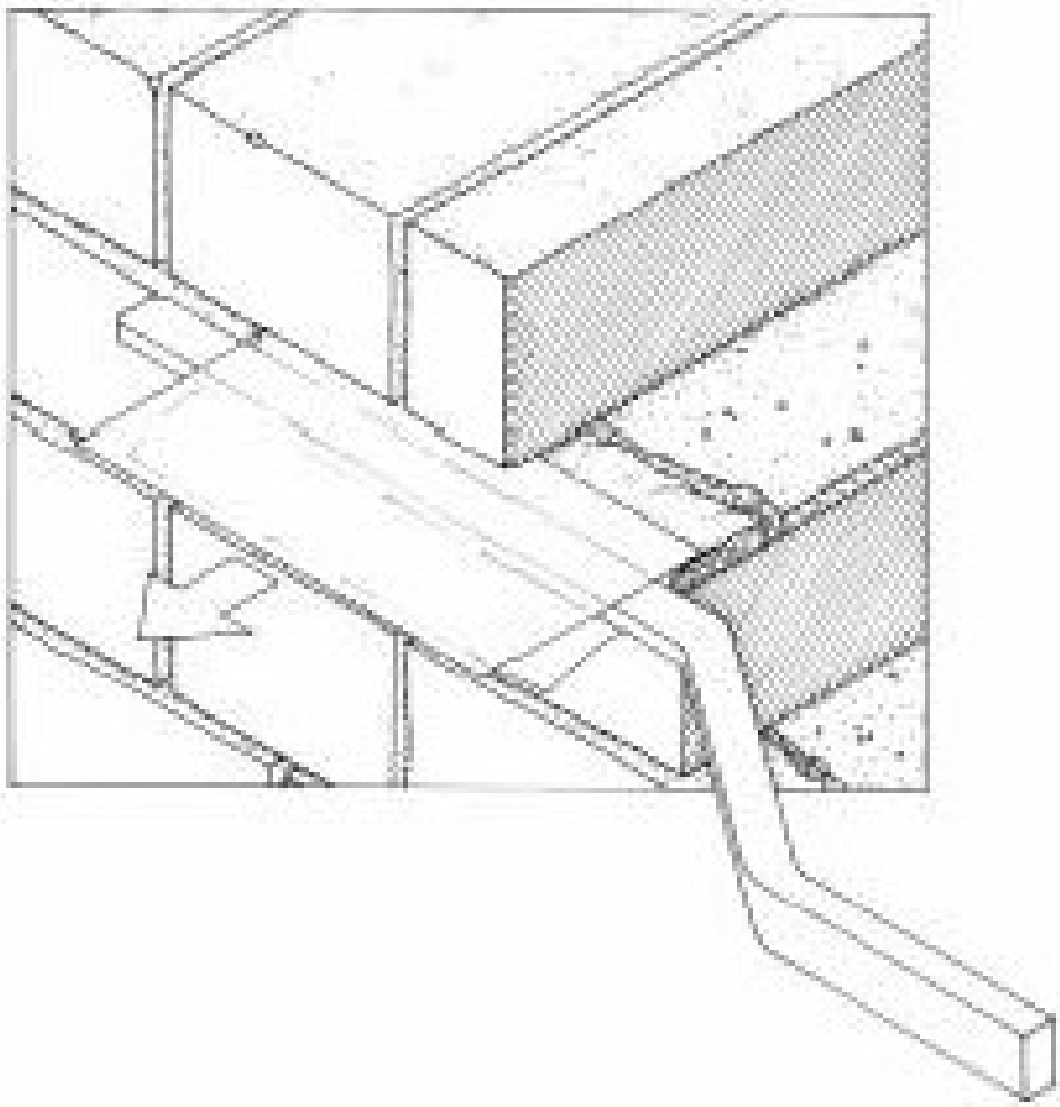

Figura 8 • Contemporaneamente all'operazione di inserimento della malta nel giunto, occorre sfilare i fogli di pellicola plastica. Il materiale in eccesso sarà rimosso con una cazzuola pulita.

INT 02 TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

La tassellatura consiste nell'integrazione di un manufatto lapideo lacunoso o interrotto, con elementi, generalmente prismatici, ricavati da un materiale analogo a quello della parte da integrare. Nella maggior parte dei casi, l'integrazione mediante tasselli si configura come una sostituzione parziale, in quanto spesso è preceduta dalla rimozione di una parte del materiale esistente. La rimozione può essere imposta da ragioni diverse tra le quali vi sono, ad esempio, la presenza di difetti congeniti o di fenomeni di degrado che compromettono le caratteristiche meccaniche del materiale e le sue prestazioni, indebolendo il manufatto, o mutandone in modi irreversibili l'aspetto.

Da quanto è dato sapere, nelle epoche passate, la tassellatura era una pratica corrente, sia per l'uso frequente di materiali inappropriati e fragili, sia perché quelli di buona qualità, nel tempo, si degradavano e i manufatti erano spesso interessati da rotture e alterazioni che le tassellature consentivano di riparare.

INT 02 TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Le tecniche di realizzazione delle tassellature sono assai varie, come diversi possono essere i materiali impiegati e le relative tecniche di taglio, preparazione, incollaggio e imperniatura di questi elementi alle parti sane dei manufatti lacunosi.

Citando, ad esempio, il caso della Toscana, troviamo che i materiali più diffusi per l'impiego monumentale e artistico sono i diversi tipi di arenaria locale, quali la cosiddetta pietra serena, le pietre forti, le bigie di diversa granulometria, per passare ai calcari bianchi, alla pietra Alberese, ai tufi, ai marmi pisani di san Giuliano, ai travertini, ai marmi senesi e ai marmi apuani, nelle loro innumerevoli tonalità e tessiture. Sappiamo che ogni tipo di pietra possiede un "verso" naturale, del quale occorre tenere conto durante la lavorazione e nella posa in opera. Un bravo maestro scalpellino, conoscendo il materiale su cui operava, era d'altra parte in grado di selezionare i pezzi lapidei da cui ricavare gli elementi più idonei alla realizzazione dei tasselli necessari per l'applicazione di questa tecnica integrativa.

INT 02 TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI

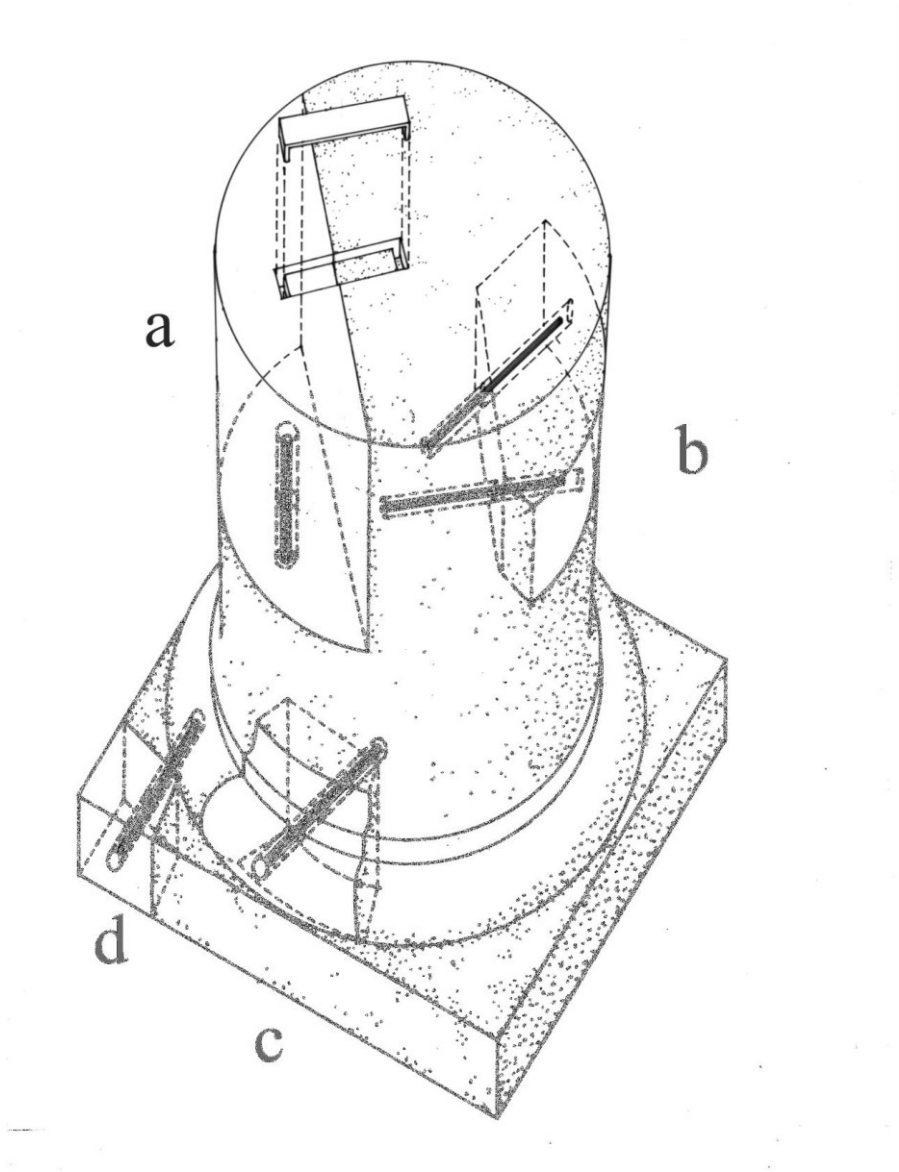

Figura 1 • Tasselli inseriti nel fusto e nella base di una colonna: a) tassello fermato con un perno verticale e, sulla sommità, con una grappa metallica incassata; b), c), d) tasselli in marmo, sagomati parzialmente fuori corpo, vincolati con malte e, dall'esterno, con perni annegati in piombo fuso successivamente stuccati.

INT 02 TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI

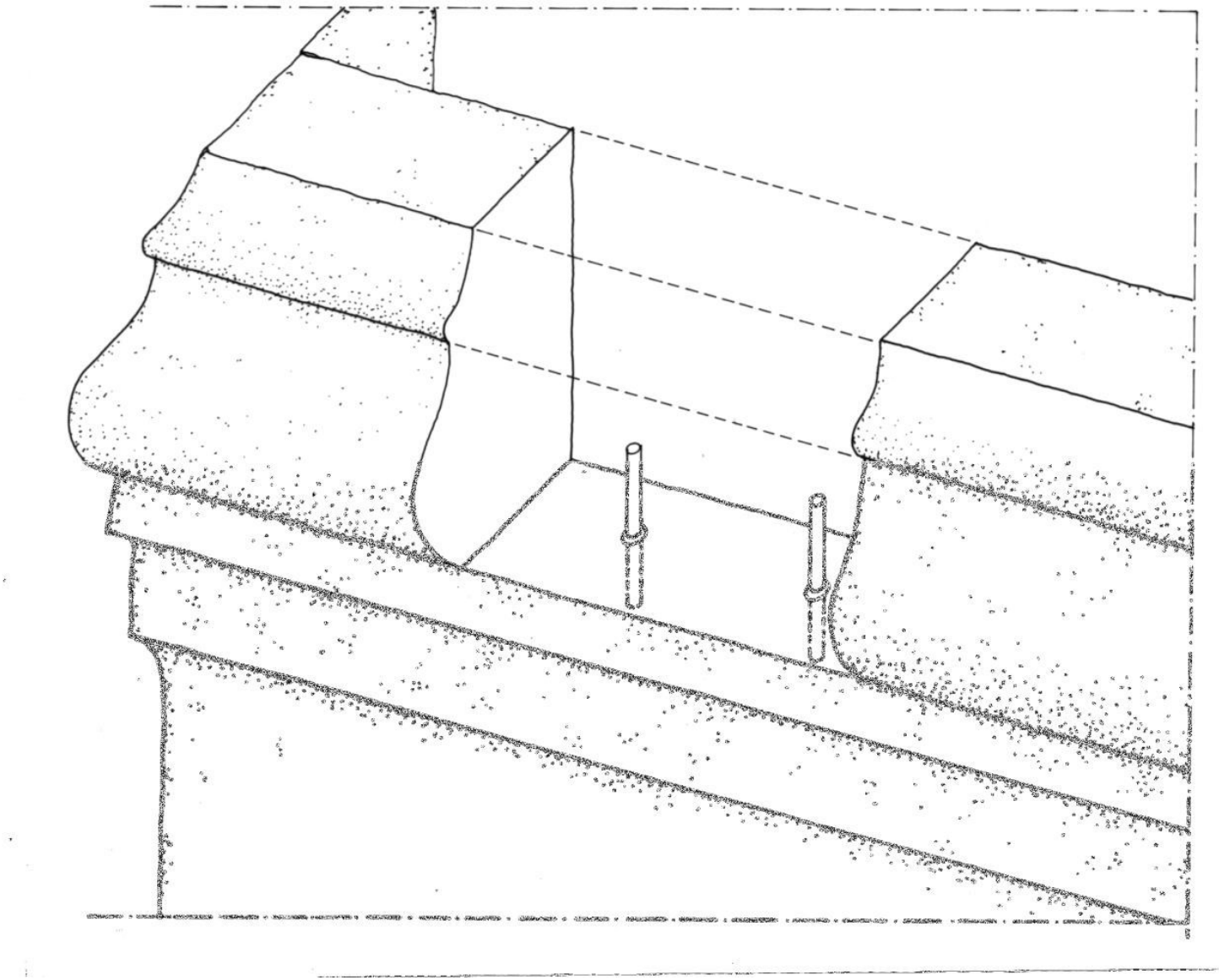

Figura 2 • Tassello per una cornice modanata, inserito dall'alto verso il basso. Il vincolo è realizzato con due perni metallici verticali e con l'impiego di resine epossidiche.

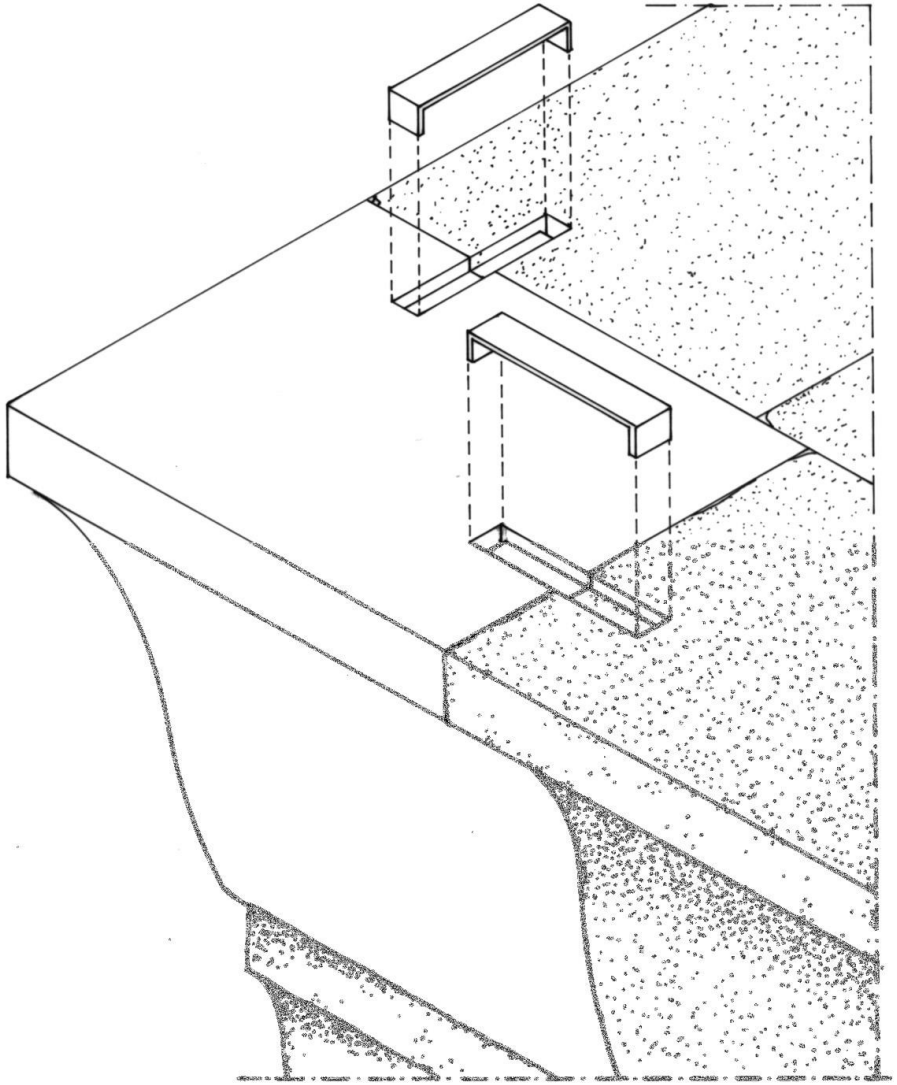

Figura 3 • Tassello di cantone con inserimento di grappe metalliche. Gli alloggi per le grappe sono realizzati con scalpello piano a taglio.

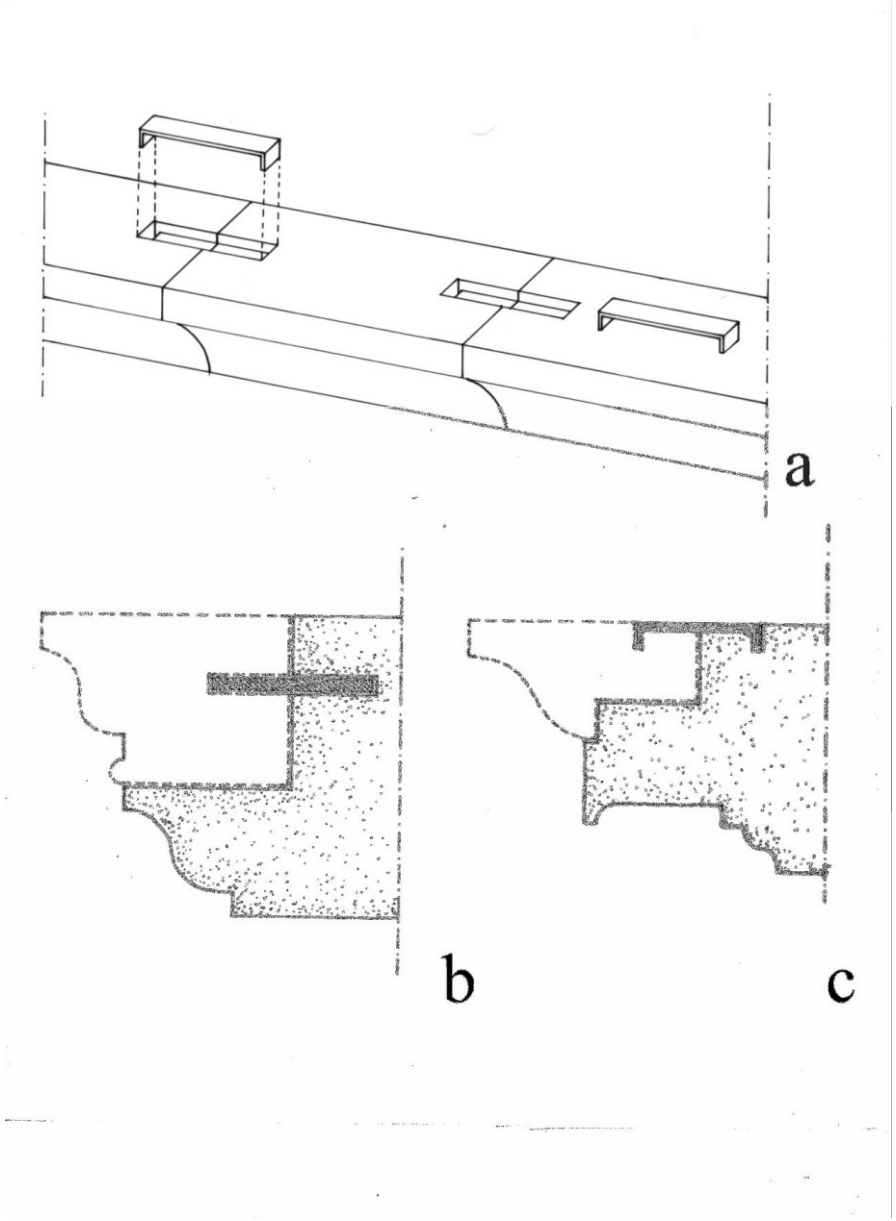

Figura 4 • Tasselli semplici: a) tassello inserito su cornice marcapiano con vincoli metallici (grappe) incassati a livello; b) tassello con tenuta a malta e perno metallico; c) tassello con tenuta a malta e grappa metallica.

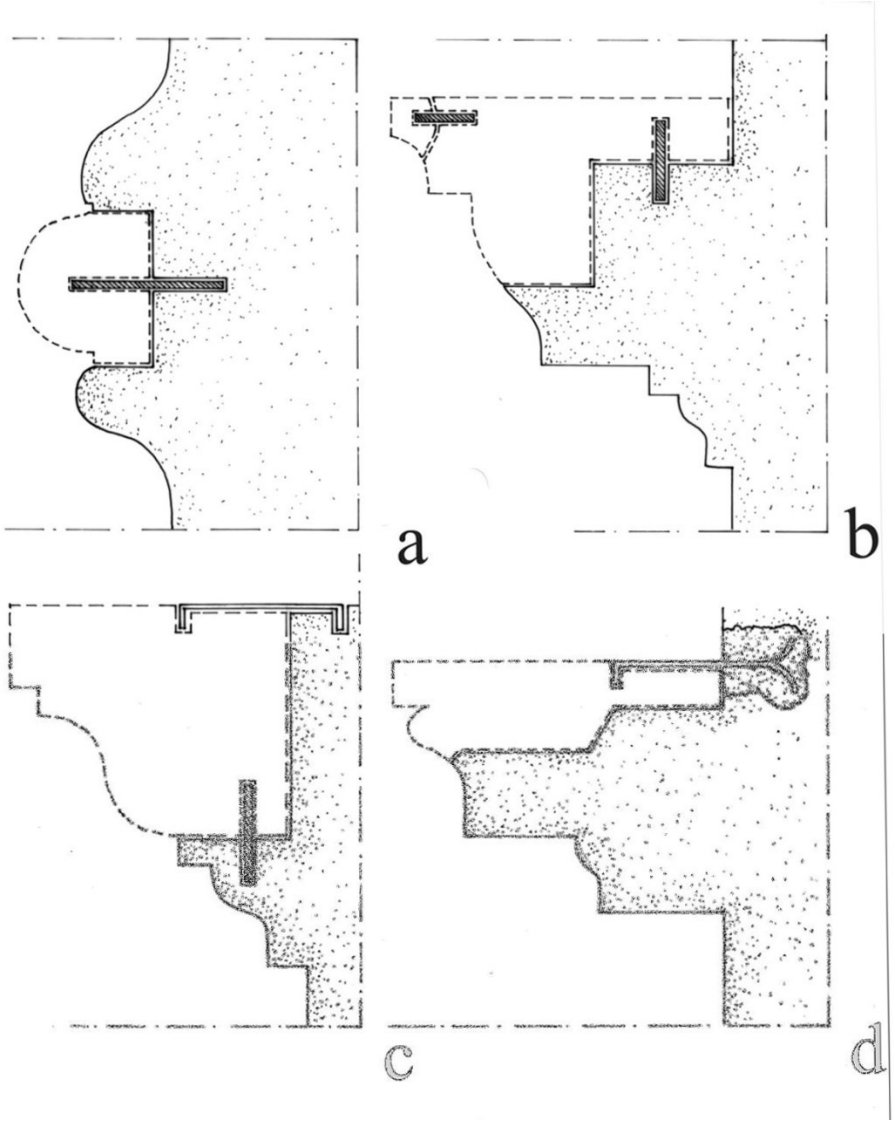

Figura 5 • Tasselli semplici: a) tassello con tenuta a perno metallico; b) rimontaggio di frammenti, con perni metallici di diversa dimensione; c) tassello con tenuta a malta e grappa metallica; d) in questo caso particolare, la grappetta ha, ad un estremo, una testa a squadra e, sull'altro, due lembi divaricati per essere murati.

INT 02 TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI

Figura 6 • Tassello dalla forma analoga alla cornice da sostituire, ma di materiale diverso.

INT 02 TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI

Figura 7 • Tassello realizzato con lo stesso materiale e con le stesse forme della cornice da sostituire.

INT 02 TASSELLATURA DEI MATERIALI LAPIDEI

Figura 8 • Tasselli realizzati con stesse forme e materiale delle parti da sostituire.
Firenze, Cappella Pazzi, base di parasta.

SEZ 08 PROTEZIONI

Introduzione. Le tecniche di protezione dei manufatti

PTZ 01 Impregnazione con prodotti a base di silicio
PTZ 02 Protezione e impregnazione della pietra con prodotti impermeabilizzanti e/o consolidanti
PTZ 03 Impregnazione con cere di marmi e pietre
PTZ 04 Rivestimento e protezione superficiale con prodotti polimerici: silani, resine poliacriliche, resine viniliche, resine alchidiche
PTZ 05 Protezione con il metodo del "ossalato di ammonio"
PTZ 06 Impregnazione con perfluoropolieteri
PTZ 07 Allontanamento dei volatili
PTZ 08 Trattamento all'acqua di calce
PTZ 09 Protezione antigraffiti
PTZ 10 Integrazione delle lacune pittoriche a velatura
PTZ 11 Protezione di creste di muri col metodo della foderature di malta
PTZ 12 Protezione di creste dei muri mediante spalmatura di malta e sassi infissi
PTZ 13 Protezione di creste dei muri mediante strati di sacrificio
PTZ 14 Protezione delle creste dei muri con bauletto di malta
PTZ 15 Protezione di cornici e aggetti
PTZ 16 Protezione del legno mediante applicazione di vernici o smalti
PTZ 17 Protezione mediante inserimento di vetrate esterne
PTZ 18 Protezione dei vetri con eteropolisilossani
PTZ 19 Protezione delle tessere vitree con resine

SEZ 08 PROTEZIONI

LE TECNICHE DI PROTEZIONE DEI MANUFATTI

Con il termine protezione si fa riferimento, nel restauro architettonico, alla difesa dell'edificio dall'aggressione degli agenti naturali o di origine antropica, con materiali e procedure approntati per tale scopo. I metodi di cui disponiamo si possono ricondurre essenzialmente a due differenti modi di intervento. Il primo, di tipo attivo, mette in campo tecniche atte a impedire l'innesco di un processo di degrado agendo sulle cause dello stesso. A questo gruppo appartengono i presidi che si avvalgono della costruzione di schermi, strutture o barriere – come nel caso delle vetrate poste a isolamento delle parti lapidee scolpite sulla facciata del duomo di Orvieto, o la copertura in plexiglas della gradinata del Teatro di Eraclea Minoa, tettoie o veri e propri nuovi tetti aggiunti alle rovine delle Domus pompeiane. La seconda modalità di intervento, di tipo passivo, comprende tecniche che mirano ad applicare, sui materiali da proteggere, altri materiali – solitamente di sintesi ma compatibili con i primi – che possiedono caratteristiche speciali e in grado di costituire un vero e proprio strato di sacrificio che si deteriora in luogo della materia protetta. L'applicazione investe comunemente le superfici esterne dei manufatti lapidei (nel senso ampio del termine lapideo inteso dalle Raccomandazioni Normal, che comprende, oltre alle pietre, anche i materiali fittili, gli intonaci, i calcestruzzi). Il principio è quello di difendere tali superfici dagli attacchi fisico-chimici degli agenti atmosferici e delle sostanze aggressive che essi veicolano, dalle azioni di organismi animali e vegetali, nonché dagli effetti indotti dall'uso. La funzione precipua di un prodotto protettivo è quindi soprattutto quella di impedire il passaggio dell'acqua all'interno del materiale, rendendolo impermeabile, e di costituire uno schermo contro gli inquinanti atmosferici. Ma vi sono forme di protezione che riguardano altri agenti di degrado, come i dissuasori antivolatili, gli strati contro l'usura, le impregnazioni contro gli ambienti ad atmosfera acida o secca, la creazione di ambienti ostili alla proliferazione di piante e animali parassiti ecc.

SEZ 08 PROTEZIONI

Le tecniche descritte in questa sezione si limitano ai procedimenti che riguardano l'intervento su singoli materiali, già definiti come metodi passivi, tralasciando quelli di tipo attivo, soprattutto perché comportano una partecipazione creativa del progettista (attraverso l'ideazione di ripari, tettoie, schermi protettivi e, a volte, vere e proprie strutture) che esula dalle finalità di questo lavoro. Fanno eccezione le barriere contro i volatili e alcuni dispositivi protettivi delle vetrate che, a rigore, farebbero parte dei sistemi attivi, ma che comportano la semplice adozione di tecniche già sperimentate e considerate come soluzioni standard. Inoltre, alcune tecniche descritte in altre sezioni (come, ad es., le disinfestazioni, le stuccature delle fessure, alcuni consolidamenti delle superfici e altro ancora) possono rientrare, almeno in parte, nella categoria delle protezioni, giacché tale funzione vi è compresa almeno come effetto collaterale, se non come obiettivo dichiarato.

È noto che, una volta terminato l'intervento di restauro, ricomincia immediatamente il ciclo di degradazione della materia a opera degli agenti aggressivi. Un ciclo che tende a riproporre i problemi appena risolti o circoscritti: depositi, croste, erosioni, infiltrazioni umide, formazioni di lacune, di distacchi ecc. Per questo motivo, la vecchia consuetudine di applicare uno strato che allontani il più possibile la necessità di un nuovo restauro (sempre traumatico, per quanto delicato e prudente) è una delle operazioni che tradizionalmente si è adottata come forma di manutenzione ordinaria, già da prima che il restauro fosse identificato come autonoma e organica pratica operativa che include i consolidamenti, le puliture e le eventuali integrazioni.

SEZ 08 PROTEZIONI

Le procedure tecniche descritte in questa sezione vanno, dunque, accolte in modo critico, tenendo conto dei requisiti or ora enunciati e delle avvertenze contenute nell'esposizione di ogni tecnica, soprattutto nel paragrafo "Accorgimenti, varianti, limiti". Le sostanze e le procedure previste di volta in volta sono da considerare un insieme di indicazioni esecutive che si collocano a valle delle decisioni e delle scelte progettuali. Vale a dire che la soluzione tecnica di un intervento discende dalle analisi e dalle valutazioni complessive che tengono conto delle numerose componenti tematiche e problematiche che caratterizzano un programma di restauro. Nessuna soluzione può essere adottata indipendentemente dalla chiara formulazione del problema che la reclama. E, in ogni caso, una volta definita la strategia dell'intervento in tutti i suoi aspetti, le opzioni tecnico-esecutive sono generalmente più d'una, mentre quelle disponibili vanno attentamente valutate per ciò che offrono di positivo e per gli eventuali rischi che comportano.

Le metodiche proposte nella sezione, in sostanza, cercano di fare il punto della situazione, ad oggi, di ciò che offre la scienza del restauro , tenendo conto, beninteso, che l'intera materia trattata è in costante mutamento e va aggiornata attraverso i contributi dei convegni, delle riviste specializzate e di una incessante sperimentazione.

PTZ 01 IMPREGNAZIONE CON PRODOTTI A BASE DI SILICIO

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

La protezione chimico-fisica consiste nell'applicazione sulla pietra di un film di sacrificio che separi il materiale dall'ambiente, al fine di opporre un'apprezzabile resistenza alla penetrazione dell'acqua, principale agente di degrado insieme ai composti inquinanti presenti nell'atmosfera e all'adesione di materiale particellato. Ciò avviene non tanto perché il protettivo può riempire spazi accessibili all'acqua ma soprattutto in quanto riduce l'idrofilia dei capillari e della superficie esterna del materiale lapideo, riducendo la possibilità di fenomeni alterativi legati all'acqua, come il trasporto e la cristallizzazione dei sali, i fenomeni di gelo-disgelo e le interazioni con gli inquinanti atmosferici.

Sull'azione dei protettivi un ruolo importante è svolto dal diluente o dal solvente col quale sono diluiti. È utile, perciò, chiarire il principio su cui si basa la loro azione.

Acqua (come solvente o diluente).
Molti metilmetacrilati, alcuni metilsiliconati, siliconi, fluorocarbonati e silicati alcalini sono solubili o diluibili in acqua. La profondità di penetrazione nella pietra dipende dall'assorbimento dell'acqua da parte dei minerali argillosi eventualmente presenti o dalla reazione di questi con l'acqua.

Assorbendo il liquido e rigonfiandosi, essi ostacolano l'ingresso di ulteriore acqua all'interno dei capillari, bloccandone l'apertura. La soluzione rimane allora sulla superficie formando una dura crosta, spesso lucida e scura che, se sottoposta alle tensioni interne dovute all'evaporazione dell'acqua, può portare a un'esfoliazione della superficie trattata. La facilità di applicazione, la sicurezza e la disponibilità del solvente costituiscono ovvi vantaggi.

PTZ 01 IMPREGNAZIONE CON PRODOTTI A BASE DI SILICIO

Kerosene e ragie minerali.
Molti oli e cere sono solubili e diluibili in questi solventi. Miscele d'olio di semi di lino e kerosene sono stati usati come protettivi di materiali lapidei per molti anni.
Il kerosene, avendo una bassa viscosità e non essendo assorbito dai minerali, ha il potere di penetrare in profondità in molti tipi di pietre, anche se poco porose. Inoltre esso rende idrorepellente il compatto caolino e diminuisce l'erosione delle rocce incoerenti. Anche la lenta evaporazione di questi solventi, che rimane minima in quasi tutte le condizioni di temperatura e umidità dell'ambiente, favorisce una profonda penetrazione e permette un buon contatto e una buona interazione con i granuli minerali. Tutte queste caratteristiche, unite alla limitata infiammabilità e alla non tossicità, rendono il kerosene e le ragie minerali migliori degli altri solventi.

Toluene, xilene, acetone ecc.
Alcuni polimeri acrilici e siliconici in commercio sono solubili in questa classe di solventi.
I modi e la profondità di penetrazione sono simili a quelle del kerosene e degli alcoli minerali.

Un buon protettivo deve possedere i seguenti requisiti:
— inerzia chimica verso il substrato lapideo;
— buona stabilità chimica in particolare rispetto agli inquinanti e all'ossigeno;
— assenza di sottoprodotti dannosi per il substrato anche a distanza di tempo;
— buona stabilità alle radiazioni U.V.;
— bassa permeabilità all'acqua liquida (idrorepellenza);
— buona permeabilità all'aria e al vapore acqueo;
— influenza minima sulle proprietà ottico-cromatiche della superficie lapidea;
— insolubilità in acqua (affinché non si abbia dilavamento del protettivo in seguito alla pioggia e sia garantita la permanenza del protettivo nel caso di lavaggi delle superfici marmoree;

PTZ 01 IMPREGNAZIONE CON PRODOTTI A BASE DI SILICIO

— buona solubilità in alcuni solventi organici anche dopo invecchiamento (tale da consentire l'eventuale rimozione e/o ripristino del trattamento);
— bassa volatilità (per evitare diminuzione dell'effetto protettivo per evaporazione);
— capacità di penetrazione all'interno della rete capillare (oltre che agire in superficie);
— facile applicabilità.

È difficile che uno stesso prodotto soddisfi in pieno tutti i requisiti richiesti. Difatti, a una buona idrorepellenza si accompagna solitamente una permeabilità al vapor d'acqua non molto alta, oppure un'inevitabile variazione del colore e della brillanza della pietra. L'importante è che la scelta del tipo di protettivo sia fatta caso per caso tenendo conto delle caratteristiche proprie del materiale e del manufatto da proteggere.

I protettivi a base di silicio, in particolare, sono poco sensibili alle variazioni di temperatura e questo li rende particolarmente resistenti agli stress termici; hanno inoltre una buona elasticità e soprattutto un'ottima idrorepellenza pur mantenendo una buona permeabilità al vapore. Anche la durabilità è soddisfacente (da 5 a 10 anni), mentre esistono pareri discordanti circa la resistenza agli inquinanti acidi e in particolare all'anidride solforica (SO_2).

PTZ 01 IMPREGNAZIONE CON PRODOTTI A BASE DI SILICIO

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Se la superficie da trattare è di dimensioni limitate è consigliabile l'applicazione a pennello procedendo per piccole aree o riquadri e controllando che la soluzione abbia coperto la pietra senza lasciare spazi non trattati. La protezione di superfici molto ampie si ottiene, invece, applicando il prodotto a spruzzo con pistole a bassa pressione.

Dopo aver verificato che i valori di temperatura, ambientale e di superficie (Ta, Ts), nonché di umidità relativa (U.R.), siano nella norma (Ta e Ts comprese tra 5 °C e 35 °C; U.R. non superiore al 70%), si procede nel modo seguente per l'applicazione a pennello:

a) distribuire uniformemente e in abbondanza il prodotto facendolo percolare per gravità e avendo cura di non lasciare sormonti e sovrapposizioni;
b) procedere dall'alto verso il basso per aree omogenee;
c) non lasciare asciugare il prodotto tra una ripresa e l'altra;
d) interrompere l'applicazione solo quando il supporto è saturo;
e) utilizzare sempre pennelli puliti (lavarli spesso) e prodotto non inquinato da residui rimasti sul pennello da lavorazioni sulle superfici limitrofe;
f) le eventuali eccedenze di prodotto rimaste dopo completamento dell'operazione devono essere asportate o fatte penetrare con l'applicazione del solo solvente di diluizione.

Per l'applicazione a spruzzo, dopo aver messo in funzione l'impianto di spruzzatura, controllare che l'ugello erogatore produca un getto molto nebulizzato, quindi procedere tenendo conto delle indicazioni fornite per l'applicazione a pennello.

PTZ 01 IMPREGNAZIONE CON PRODOTTI A BASE DI SILICIO

L'operazione finale, in entrambi i casi, è quella di proteggere opportunamente dalla pioggia e dall'umidità le zone trattate fino alla completa stabilizzazione del prodotto applicato.

Per ridurre effetti non graditi, come ad esempio la lucentezza superficiale, che talvolta tali protettivi comportano, può essere utile l'aggiunta di sostanze opacizzanti come la silice micronizzata o una blanda spazzolatura prima che la superficie sia completamente asciutta; oppure può essere efficace soffiare polvere di pietra sulla superficie ancora bagnata. Tali accorgimenti sono particolarmente utili nel caso di pietre poco porose.

Sempre nel caso di materiali a bassa porosità, come il marmo o calcari del tipo della pietra d'Istria o del rosso di Verona, esposti all'aperto, è soddisfacente l'impiego di miscele acrilsiliconiche nelle quali le buone caratteristiche di adesione della resina acrilica, che non è però molto stabile all'azione congiunta di acqua e raggi U.V. (v. PTZ 02 - Protezione e impregnazione della pietra con prodotti impermeabilizzanti e/o consolidamenti), vengono per così dire protette dall'elevata idrorepellenza del polimero siliconico. Nel caso di applicazioni in climi caldi e secchi è necessario valutare con attenzione la velocità di evaporazione dei solventi, nonché la loro infiammabilità e tossicità. Oltre al rischio di formazione di una crosta superficiale, un altro inconveniente nell'utilizzo di solventi a rapida evaporazione è l'ostruzione delle bocchette degli spruzzatori da parte del protettivo reso viscoso dall'evaporazione del solvente.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Le tecniche di allontanamento dei volatili fanno parte di una complessa strategia per il controllo delle popolazioni urbane di varie specie, in particolare del colombo (o piccione), che rappresenta oggi la specie più inurbata. Schematizzando, il sistema di controllo può essere suddiviso in metodi di tipo preventivo, nel senso che agiscono sulle risorse ambientali, e metodi diretti, in quanto intervengono sulle popolazioni già esistenti.

L'ultima categoria non rientra nell'ambito del presente lavoro, in quanto non ha connessioni con l'edificato e consiste in catture, sterilizzazioni, incremento dei predatori naturali e così via, mentre i metodi indiretti contemplano una serie di interventi sulle strutture edificate, o nelle loro vicinanze.

L'avifauna della città, infatti, è favorita da una serie di fattori ambientali (clima più caldo, maggiore illuminazione, scarsezza di predatori, cibo a disposizione), ma anche dalla disponibilità di luoghi ove sostare e costruire i nidi.

Una soluzione è ridurre le opportunità di sosta e di nidificazione, con dissuasori che possono essere di tipo meccanico (punte metalliche, fili ecc.), chimico (sostanze naturali o artificiali repellenti), elettrici (sistemi elettrostatici), in grado di scoraggiare l'atterraggio dei volatili (fig. 1).

Esistono anche metodi che utilizzano gli ultrasuoni o la radiofrequenza per emettere segnali non sopportati dai volatili, o che li fanno sentire in pericolo ("grido d'angoscia"), in modo da provocarne l'allontanamento. Inoltre si possono realizzare barriere che impediscano fisicamente l'accesso dei volatili (reti di protezione, fili ecc.).

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

Tutti i metodi, anche se basati su principi operativi diversi, devono perseguire la finalità di respingere le specie non desiderate, senza provocare escoriazioni o danni agli animali.

Questi devono pertanto essere approvati da enti protezionistici quali la Lipu (Lega Italiana Protezione Uccelli) o l'Enpa (Ente Nazionale Protezione Animali).

L'allontanamento dei volatili in genere, e dei piccioni in particolare, è necessario per intervenire a tutela del patrimonio architettonico, in quanto il guano degli uccelli contiene composti chimici di varia natura quali acido urico, fosforico e nitrico, che provocano un'azione distruttrice del materiale su cui viene depositato.

Oltre a questo attacco chimico diretto, il guano costituisce anche un ottimo sottostrato nutritivo per la microflora eterotrofica. Infatti, si rilevano rilevanti incrementi di popolazioni nitrofile proprio in fabbricati dove è diffuso lo stazionamento di volatili.

Sulle murature in precario stato di conservazione, inoltre, la deambulazione e l'atterraggio dei volatili provoca danni di tipo meccanico con caduta e perdita di frammenti.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Pur essendo i sistemi utilizzati per l'allontanamento dei piccioni di diverso tipo, alcune fasi preliminari vanno seguite per tutti i metodi, soprattutto per quelli che prevedono la posa diretta di apparecchiature sulle superfici.

Innanzitutto, bisogna analizzare attentamente le caratteristiche del manufatto che si intende proteggere, e individuare, mediante sistematiche osservazioni, il tipo di volatili e il loro comportamento (punti di atterraggio, di sosta e di nidificazione preferenziali, di deambulazione ecc.). Inoltre, sarà necessario provvedere alla pulitura accurata delle superfici, resa più difficoltosa dal fatto che generalmente, essendo luogo di stazionamento abituale dei volatili, sono interessate da depositi piuttosto consistenti di guano frammisto a polvere, particellato ecc. È utile indicare che il guano può essere usato come concime, con un recupero almeno parziale delle spese di asporto.

Pertanto è necessario effettuare l'asportazione meccanica di queste incrostazioni e la spazzolatura con spazzole non graffianti, per poi procedere con altri metodi più accurati secondo il tipo di supporto.

Per ognuno dei metodi di allontanamento, soprattutto per quelli più frequentemente utilizzati, si riportano di seguito le procedure applicative.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

a - Dissuasori meccanici ad aghi

Il sistema di allontanamento è composto essenzialmente da elementi metallici filiformi inseriti in appositi alloggiamenti o incastri posti su fasce in polibicarbonato (Bisfenolo A).

Alcune case produttrici producono anche punte in materiale plastico.

In entrambi i casi gli elementi sono estremamente flessibili, tanto che se il volatile prova ad appoggiarsi, fungono da ostacolo senza ferirlo, ritornando nella loro posizione originaria.

Le punte metalliche devono essere in materiale inossidabile, ed essere smontabili per lavori di pulizia o per la loro sostituzione, qualora si rivelino necessari elementi di dimensioni diverse (ad es. nel caso sopraggiungano nuove colonizzazioni). Generalmente gli sproni sono in acciaio inox opacizzato in modo da essere pressoché invisibili.

Anche le fasce devono resistere agli agenti chimici (soluzioni di sali alcalini, saturi ecc.) e agli agenti atmosferici, mantenendo la trasparenza inalterata nel tempo. Sono, infatti, assolutamente da evitare i fenomeni di ingiallimento delle fasce stesse (fig. 4).

b - Dissuasori meccanici a “filo”

Una variante dei dissuasori meccanici è rappresentata dal sistema “a filo”, (chiamato bird-wire), utilizzato per evitare la posa di volatili quali piccioni, tortore, storni. Il sistema è composto da un filo di acciaio inox, eventualmente rivestito in nailon, tenuto in tensione da molle e sostenuto da piccoli sproni di acciaio inox, da fissare alla struttura muraria mediante tassellature o incollaggio con siliconi.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

Anche in questo caso tutti i componenti devono essere in acciaio inox 316 anticorrosione.

I supporti sono disponibili in varie dimensioni e forme e si adattano anche a forme complesse.

Utilizzando dei morsetti come supporti degli sproni, il sistema può essere anche applicato alle grondaie.

Questo metodo ha il vantaggio di essere poco visibile ma presenta l'inconveniente di richiedere l'esecuzione di fori per il fissaggio degli sproni con viti o tasselli, in quanto spesso, l'incollaggio con il silicone non è sufficiente. In generale, inoltre, rivela una certa fragilità d'insieme.

c - Reti di protezione

Le reti di protezione possono essere utilizzate per impedire l'accesso a bucature piuttosto ampie o alte (bocche di lupo, feritoie, torri campanarie ecc.), oppure nei casi in cui le superfici di appoggio non siano adeguate per la posa di altri sistemi (aggetti sono troppo ridotti, articolati ecc.). Possono essere adottate anche per la copertura di spazi piuttosto ampi (terrazze, cavedi, cortili ecc.). Di volta in volta, bisognerà analizzare la maniera ottimale per il loro fissaggio alla struttura.

Le protezioni vanno realizzate con reti metalliche zincate, con maglie di ampiezza diversa, e comunque non troppo grandi, in modo da ostacolare anche il passaggio di volatili di piccole dimensioni, quali passeri, fringuelli, storni, tortore (fig. 9, fig. 10).

Questo sistema nella quasi totalità dei casi comporta l'inconveniente di dover essere agganciato alle superfici con metodi che prevedono fori, non essendo possibili incollaggi di alcun tipo. Inoltre, rispetto ad altri metodi (dissuasori meccanici o di tipo elettrostatico), ha un maggiore impatto visivo (fig. 11).

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

d - Sistemi elettrostatici

I sistemi di allontanamento basati sugli impulsi elettrostatici sono impiegabili in maniera limitata e mirata su singole strutture di pregio, in quanto sono i sistemi più costosi e complessi da installare.

Essi si attivano quando qualunque oggetto si appoggia alla rete di conduttori stesa sulle superfici da proteggere.

e - Sistemi repellenti

I sistemi ornitorepellenti consistono nell'applicare nelle aree di sosta preferenziali alcuni prodotti di origine chimica, liquidi o dalla consistenza gelatinosa, che risultano sgradevoli ai volatili.

I gel repulsivi sono repellenti chimici derivati dal naftalene, tintura di capsico, cloruro di calcio, materie grasse come olio di castoro o saponi industriali. Tali sostanze risultano deterrenti al tatto e piuttosto appiccicose, per cui, dopo un primo contatto, scoraggiano l'atterraggio sulle zone trattate.

Sono di facile applicazione in quanto si stendono a pennello o con appositi applicatori, ma hanno scarsa durata e vanno continuamente rinnovati. Inoltre tendono ad annerirsi, e per la loro origine chimica devono essere usati con cautela sulle opere di interesse storico-artistico.

Tra l'altro non sono ammessi dalle associazioni protezionistiche in quanto spesso le componenti appiccicose danneggiano il piumaggio impedendo ai volatili di riprendere il volo.

In commercio esistono anche alcuni spray a base di essenze repellenti da applicare mediante nebulizzazione sulle superfici. Queste sostanze si rivelano nella quasi totalità dei casi inefficaci.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

f - Emissione di ultrasuoni

Gli ultrasuoni sono delle onde elastiche di frequenza superiore al limite di udibilità umana che risultano fastidiosi agli uccelli in quanto fanno vibrare le ossa della cassa cranica. Sono emessi da particolari dispositivi (oscillatori al quarzo, speciali diapason ecc.) che devono essere installati nelle vicinanze dei punti di stazionamento e nidificazione.

Per l'allontanamento dei piccioni l'efficacia di questo sistema è relativa in quanto limitata a brevi distanze e ad aree ristrette e poiché i volatili tendono ad abituarsi. Si sono dimostrati invece efficaci nell'allontanamento dei pipistrelli.

I dispositivi a ultrasuoni, inoltre, sono piuttosto costosi e possono risultare pericolosi per la salute umana.

g - Diffusione di versi d'allarme

Sono stati sperimentati sistemi di altoparlanti, installati nei pressi degli edifici interessati, che diffondono a determinati intervalli la registrazione del verso di uccelli predatori, e "distress call" (gridi di angoscia) emessi dagli uccelli catturati e il cui significato è di avvisare i compagni della presenza di uccelli predatori.

Tale metodo è risultato uno dei più efficaci per allontanare gli storni, mentre con i piccioni sono stati ottenuti scarsi risultati.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

h - Sagome

Attualmente sono allo studio alcuni sistemi sperimentali per l'allontanamento di alcune razze, il cui comportamento nocivo sta richiedendo la messa a punto di rimedi specifici.

In particolare, sono stati segnalati danni provocati da picchi che, alla ricerca di larve, distruggono gli scuri delle finestre e i cappotti di isolamento degli edifici moderni.

Questi sistemi prevedono l'utilizzo di sagome di uccelli predatori che vengono percepite come un pericolo da tali animali, costringendoli ad allontanarsi.

i - Nastro olografico repellente

Si tratta di un sistema molto semplice che consiste nell'utilizzare dei nastri la cui superficie olografata scompone e riflette la luce con particolari bagliori. I nastri producono anche un suono leggero, il quale, unito ai bagliori, determina l'allontanamento dei volatili, insospettiti da effetti non consueti in natura.

Questo sistema, pur essendo poco invasivo in quanto è sufficiente legare con un semplice nodo i nastri a qualche appiglio (ringhiere, infissi, ecc.), nei pressi delle zone di sosta dei volatili, è caratterizzato da un forte impatto visivo, per cui non è utilizzabile su edifici di particolare pregio storico artistico.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

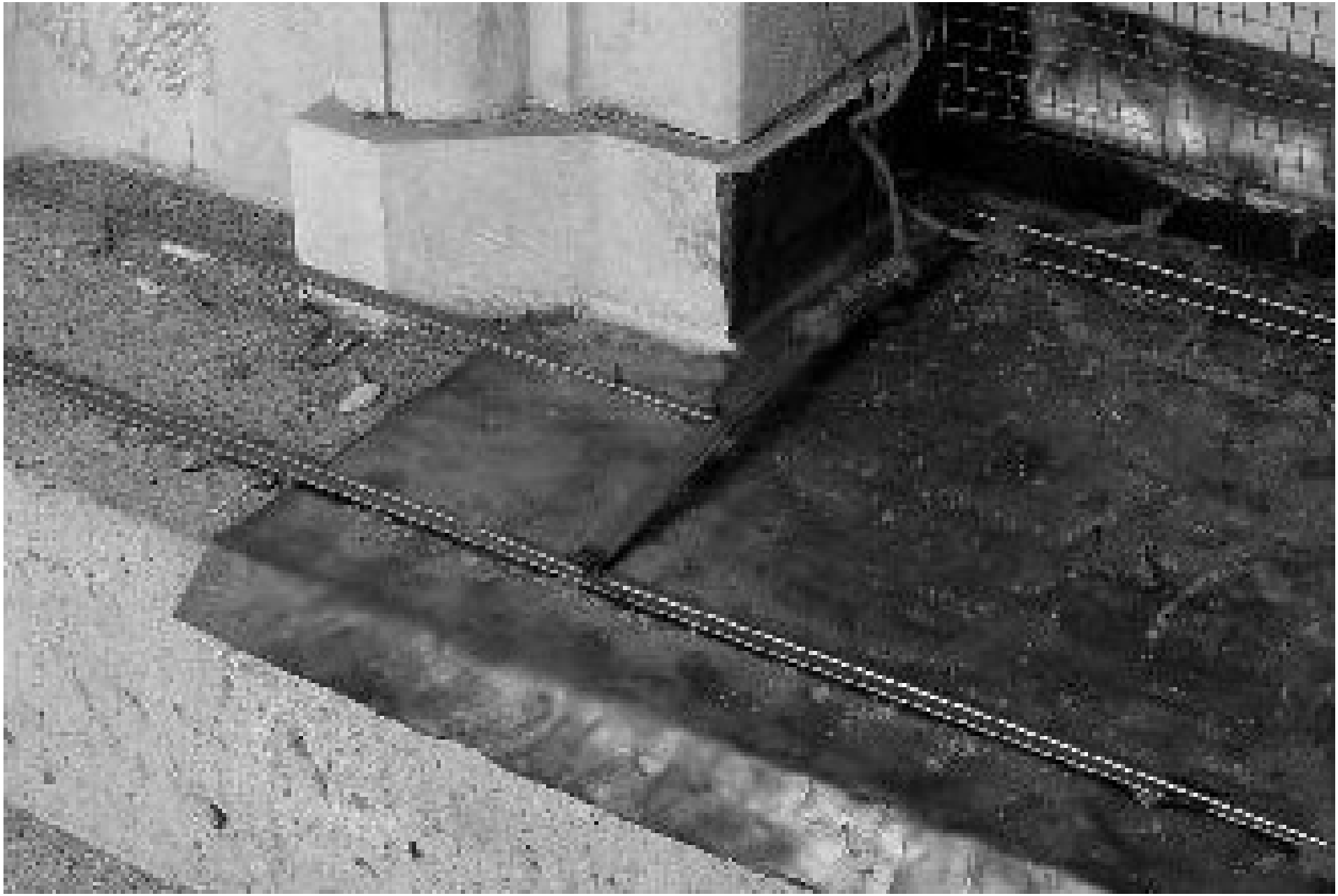

Figura 1 • Sistema elettrostatico per l’allontanamento di volatili: protezione di un marcadavanzale.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

Figura 2 • Protezione della base di una parasta con sistema elettrostatico.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

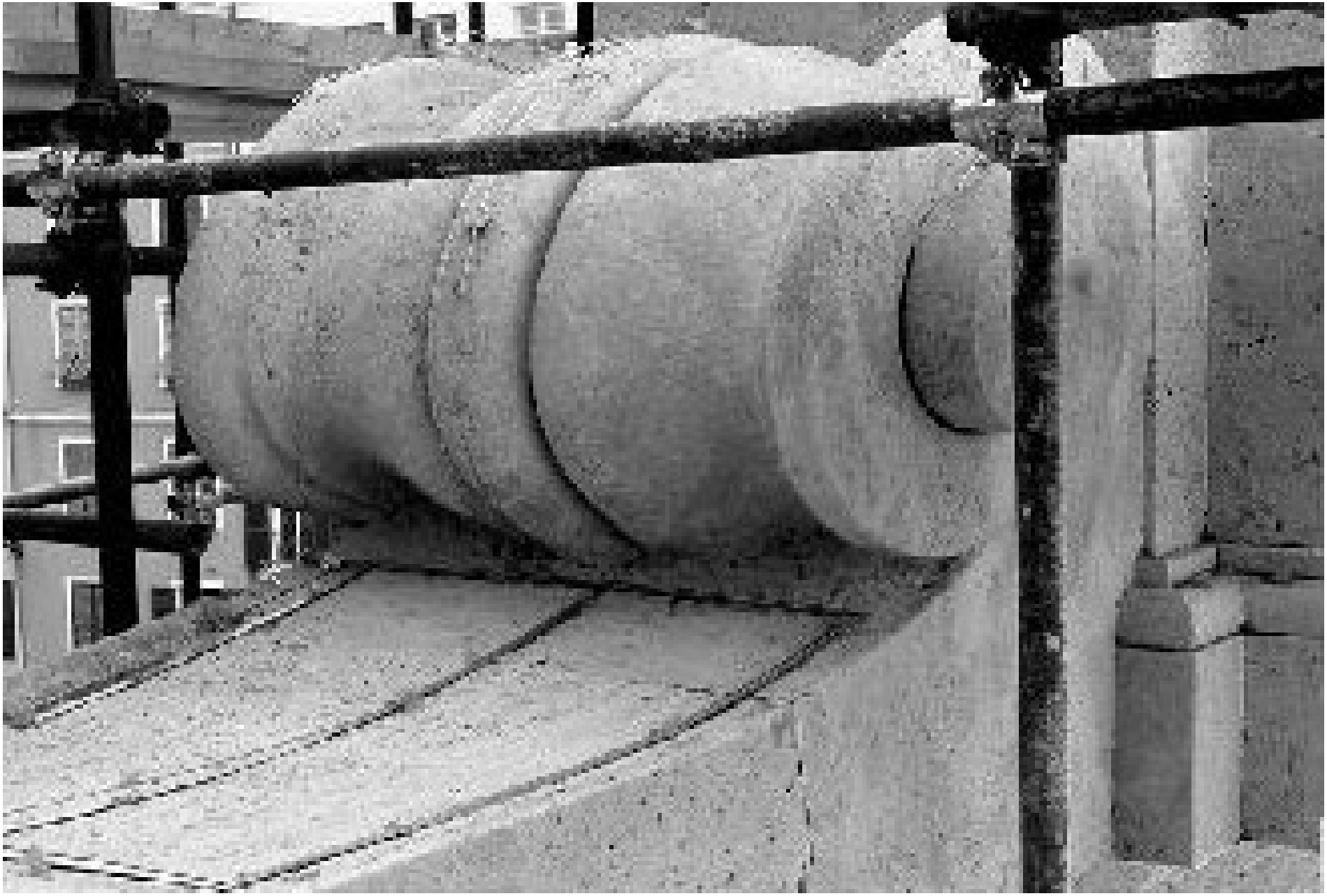

Figura 3 • Protezione, con sistema elettrostatico, dell’estradosso di una voluta.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

Figura 4 • Protezione di un capitello mediante il posizionamento di dissuasori ad aghi.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

Figura 8 • Allontanamento di volatili con sistemi misti: mentre sulle volute sono stati applicati dei dissuasori ad aghi, sull'abaco del capitello si può vedere la linea del sistema elettrostatico.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

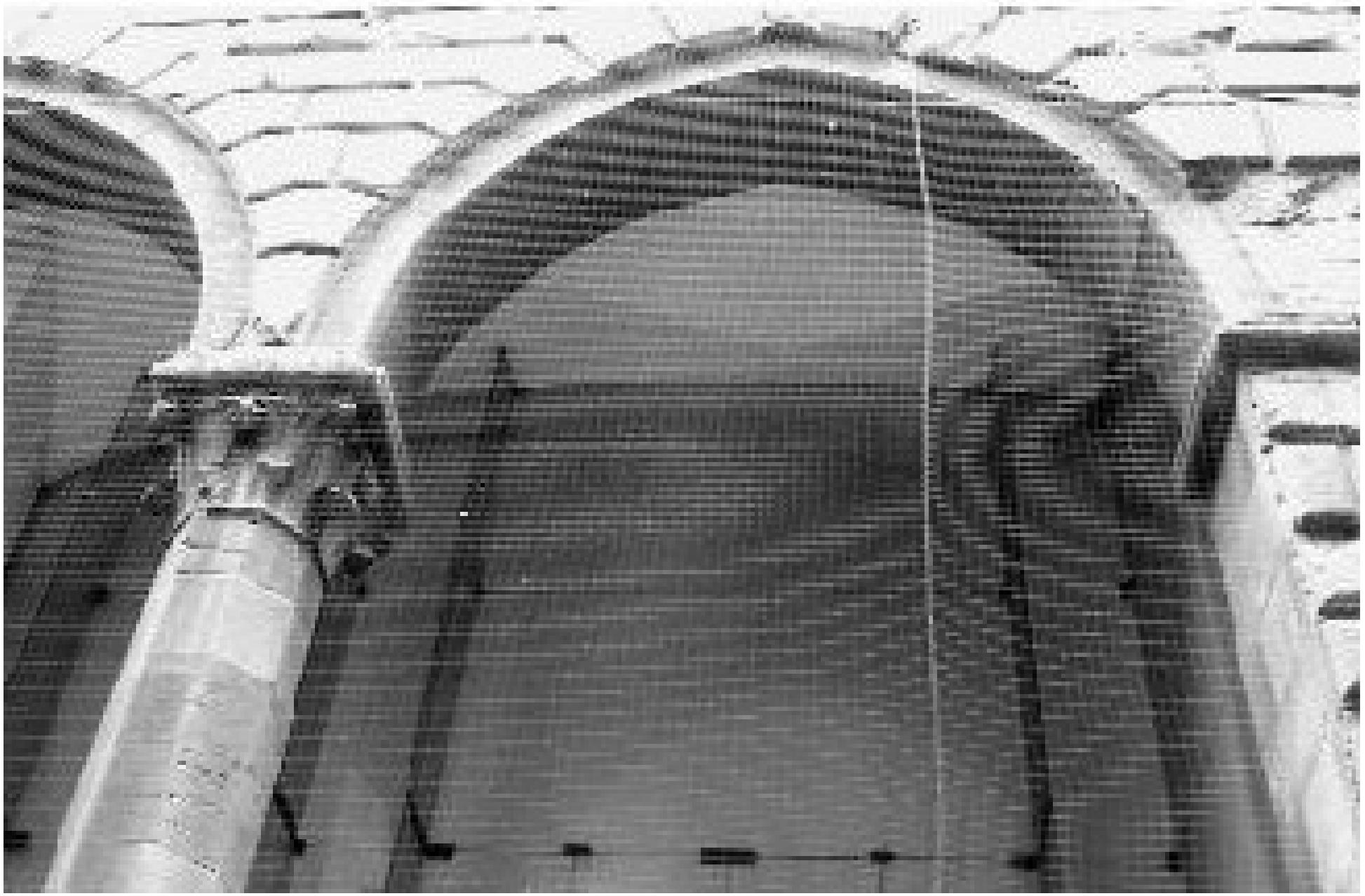

Figura 9 • Reti antivolatili alla loggia degli Abati di palazzo Ducale a Genova.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

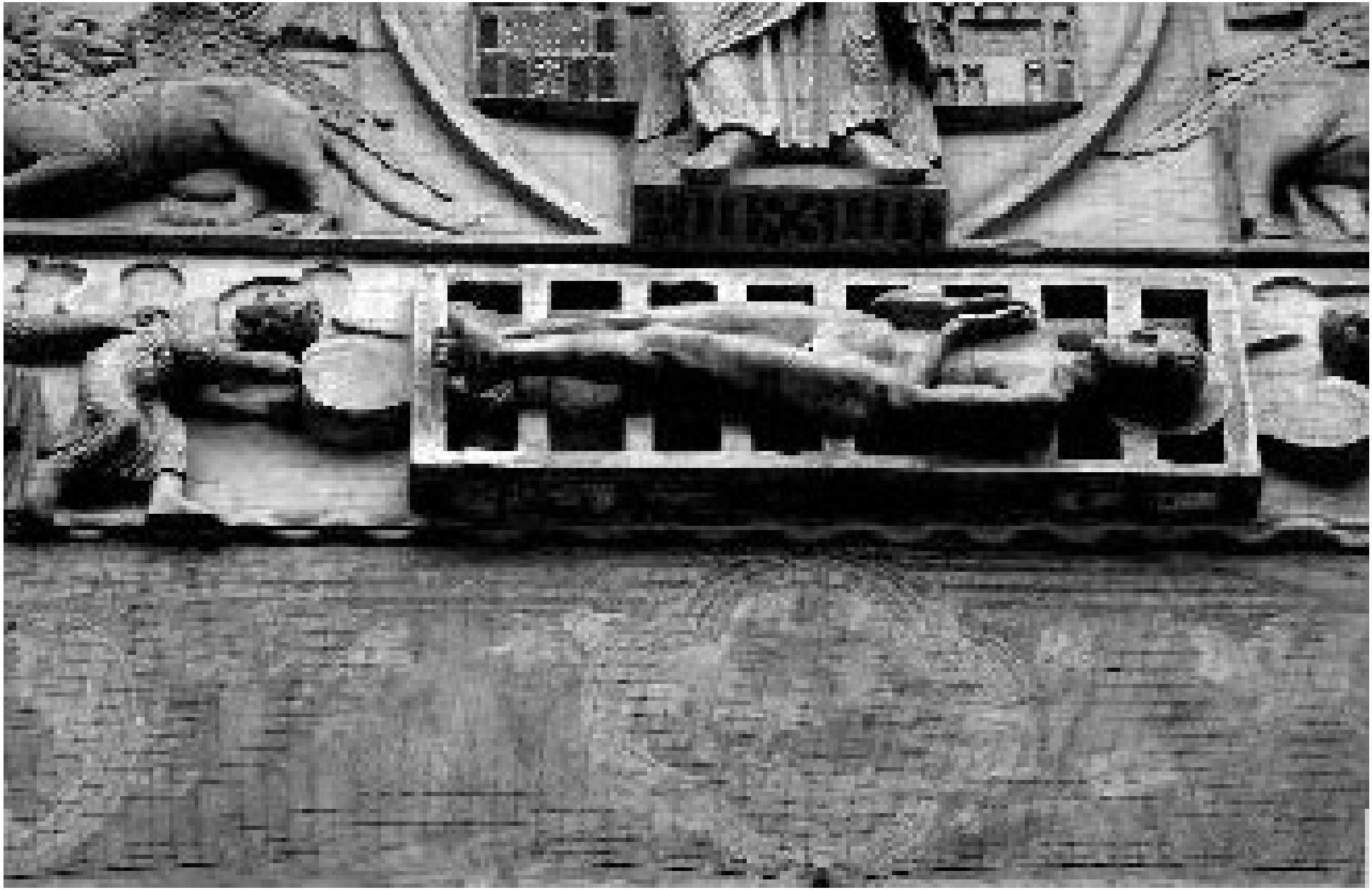

Figura 10 • Rete di protezione, pressoché invisibile, al portale della cattedrale di S. Lorenzo a Genova.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

Figura 12 • I conduttori del sistema elettrostatico collocati in una zona non visibile, a protezione di un elemento scultoreo.

PTZ 07 ALLONTANAMENTO DEI VOLATILI

Figura 13 • Protezione di un elemento cuspidale in marmo con sistema elettrostatico.

SEZ 09 MANUTENZIONI

Introduzione. Manutenzione e restauro

MNT 01 Manutenzione di pavimenti alla veneziana
MNT 02 Manutenzione di pavimenti in cotto
MNT 03 Manutenzione dei pavimenti e dei rivestimenti lignei
MNT 04 Manutenzione di pavimenti di marmo, ardesia, pietra
MNT 05 Manutenzione di tetti e coperture
MNT 06 Riparazione e manutenzione di infissi lignei
MNT 07 Restauro e manutenzione di elementi metallici

SEZ 09 MANUTENZIONI

MANUTENZIONE E RESTAURO

Il concetto di manutenzione applicato al restauro si è nel tempo prestato a numerose definizioni mutuate spesso dal campo industriale e tecnico-impiantistico.

I dizionari definiscono la manutenzione come “il complesso delle operazioni necessarie a conservare la conveniente funzionalità ed efficienza [...]” di qualcosa. Si configura, così, un primo aspetto del problema: la manutenzione non è un’operazione semplice, elementare, ma implica un complesso di azioni diverse. Qual è il rapporto tra conservazione ed efficienza nel campo del restauro architettonico?

Il termine, dal latino medievale manutentio-onis, derivato di manu tenere “mantenere”, apre l’orizzonte dei significati e arricchisce gli spunti di riflessione, poiché emerge il rapporto tra la nozione di conservazione, intesa anche come “tenere una cosa in modo che duri a lungo” (cioè mantenere) e l’idea di convenienza, vantaggio.

Se dalle definizioni generiche si passa al significato che il concetto di “manutenzione” ha assunto nel campo dell’architettura e in particolare in quello del restauro, allora la parola si arricchisce di contenuto semantico per assumere il senso di una cura costante del costruito e indicare il complesso degli atti necessari a rallentare e impedirne il decadimento, conservandone non soltanto l’efficienza, ma anche il messaggio di cultura che custodisce e trasmette.

SEZ 09 MANUTENZIONI

Tuttavia, nel pensiero comune, i presupposti per l'attuazione della manutenzione sembrano essere, oltre all'assiduità, soprattutto l'esistenza di uno stato di "efficienza" da conservare. Ciò comporterebbe che la manutenzione si possa attuare su manufatti "funzionanti", in altre parole su oggetti le cui componenti siano in buono stato di conservazione e soddisfino ancora, almeno in parte, le esigenze per le quali sono stati progettati, e che si trovino ancora in uno stato di "quasi-equilibrio" con l'ambiente che li circonda, oppure su edifici già passati attraverso un intervento, nei quali il "quasi-equilibrio"– che non sarà in ogni caso più quello precedente – è stato ristabilito.

Su tali presupposti, la manutenzione sarebbe costituita da un insieme di operazioni utili a rallentare e tenere sotto controllo i processi di usura e ad impedire che i manufatti raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di riparazione, se non la loro rimozione o sostituzione. Tale manutenzione preventiva può inoltre essere programmata, ossia ripetuta a intervalli di tempo prestabiliti. Oppure la manutenzione può essere attuata a guasto avvenuto o in stato di emergenza, in seguito ad avarie non previste, ed è volta a riportare un manufatto nello stato in cui possa svolgere la funzione richiesta.

La manutenzione andrebbe inoltre considerata, in analogia con quanto avviene in campo industriale, come una prassi, ossia come un insieme di comportamenti frutto di una consuetudine consolidata, finalizzata a mantenere o ristabilire il livello di efficienza e di prestazioni delle componenti di un edificio entro valori determinati, in modo che il loro invecchiamento sia complessivamente equilibrato. Per inciso, occorre prendere atto che dal punto di vista operativo non sembrano esserci più la manodopera, i tempi e i mezzi, anche economici, per praticare le operazioni minute e ripetitive che consentivano di fare della manutenzione una pratica consolidata, così come avveniva in epoca preindustriale e fino ai primi decenni del Novecento.

SEZ 09 MANUTENZIONI

Andrebbe anche considerato il grado d'invasività concesso alla manutenzione, almeno a quella cosiddetta ordinaria, per definirne i limiti rispetto a interventi più radicali che comportano rifacimenti o sostituzioni più o meno estese.

Così, il concetto di "manutenzione" ha assunto, in architettura e nel restauro, un "connotato di limitata incisività, quasi di innocuità, benché sotto tale etichetta passi poi di tutto, e talvolta la si identifichi con la ciclica sostituzione dei componenti". La manutenzione è vista, infatti, come rimedio "leggero" atto a evitare l'intervento di restauro "pesante" come soluzione estrema, secondo una scala di valutazione esclusivamente quantitativa ed economica, mentre la ciclicità implicita al mantenimento dell'efficienza è spesso utilizzata nella prospettiva di mantenere una forma "originaria" riguadagnata a seguito di un intervento di restauro.

Talvolta la manutenzione è intesa come restauro senza pretese "artistiche", tramite la periodica sostituzione dei materiali, soprattutto quelli tradizionalmente considerati di sacrificio, come ad esempio gli intonaci, nella convinzione di non intaccare la "autenticità" dell'opera, che risiederebbe nella sua immagine e non nella materia.

Da queste considerazioni emerge che la differenza concettuale tra le diverse accezioni di manutenzione sembra corrispondere alla distanza che separa nel dibattito disciplinare l'idea di "restauro" da quella di "conservazione".

SEZ 09 MANUTENZIONI

MANUTENZIONE E RESTAURO

Viollet-le-Duc alla voce Restauration afferma che “restaurare un edificio non è mantenerlo, ripararlo o rifarlo, è ricondurlo in uno stato di completezza che può non essere mai esistito in un dato tempo”, sottolineando che “mantenere” un edificio è cosa diversa dal restaurarlo.

Più recentemente, la Carta del Restauro del 1987 ha definito la manutenzione come “l’insieme degli atti programmaticamente ricorrenti rivolti a mantenere le cose di interesse culturale in condizioni di integrità e funzionalità, specialmente dopo che abbiano subito interventi eccezionali di conservazione e/o restauro”, ossia come un complesso di azioni atte a impedire il mutamento di oggetti ancora “integri”, oppure ritornati tali dopo un intervento “eccezionale”.

Il problema che emerge sembra essere l’individuazione delle differenze tra pratiche manutentive e restauro vero e proprio, oltre che del limite tra queste due azioni. In altre parole, la domanda è: dove finisce la manutenzione e inizia il restauro e quali sono le operazioni che le caratterizzano?

Per alcuni, la differenza sembra essere solo un problema quantitativo. Piero Sanpaolesi, ad esempio, nel “Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti”, afferma che “Si può fare soltanto una generica distinzione fra le opere di manutenzione e quelle di restauro riferendosi a un criterio quantitativo, giacché possono essere considerate opere di manutenzione quelle di ogni giorno, intese appunto a mantenere sistematicamente in efficienza e in condizioni di uso normale gli edifici monumentali che hanno già una destinazione e la conservano, ivi compresi i lavori di manutenzione straordinaria di qualche struttura, dei tetti, affissi, impianti vari ecc. e quelle similari che possono assumere entità di una certa portata tecnologica e dimensionale”.

SEZ 09 MANUTENZIONI

Per altri studiosi, oltre che di quantità, la manutenzione sembra essere anche un problema di tempi d'intervento. Essa diviene allora semplicemente un restauro differito nel tempo e trova la propria legittimazione nella logica della sistematica sostituzione delle parti, una per una, man mano che si degradano. I sostenitori di tale posizione vedono la manutenzione come grado minimo d'intervento, e cioè come momento nel quale non è ancora coinvolto il restauro come azione che può modificare radicalmente l'aspetto e la materia dell'edificio. L'intervento sui manufatti è visto, in questa prospettiva, come un paesaggio in "continua mutazione, continuamente esposto a trasformazioni di ogni genere [...] da parte di una collettività di addetti ai lavori che hanno tenuta ferma, almeno fino all'inizio di questo secolo e spesso fino alla metà di esso, la norma di non voler trasformare il lessico di base, alla ricerca di una concinnitas linguistica che era contemporaneamente omaggio alla convenzione linguistica tradizionale, e omaggio alle risorse tecniche, ai materiali, alla cultura materiale locale". L'intervento di manutenzione diviene così un restauro "diluito" nel tempo, che procede per piccole differenze. Va osservato, però, che tale prassi arriva a coinvolgere progressivamente e tacitamente l'intero edificio in una spirale di successive sostituzioni per parti, "[...] ognuna munita di un minimo scarto linguistico rispetto al contesto, frutto a sua volta degli scarti tecnologici, di risorse naturali e di caratteristiche della manualità che emergono volta a volta dalla storia locale per andare a costruire la storia generale". Il che, molto spesso, finisce per cambiarne i connotati.

SEZ 09 MANUTENZIONI

MANUTENZIONE E CONSERVAZIONE PROGRAMMATA

Per altri, la manutenzione sembra corrispondere e addirittura coincidere con una conservazione integrale, e già la Carta di Atene del 1931 costatava l'abbandono delle "restituzioni integrali in favore di manutenzioni regolari e permanenti atte ad assicurare la conservazione degli edifici".

Inoltre, per la Carta di Venezia, "La conservazione dei monumenti impone innanzitutto una manutenzione sistematica", dove per "manutenzione sistematica" si intende un'attività "complessiva, organica, applicata con uguale attenzione e unità di metodi ai singoli componenti e non nel senso di 'drastica', radicale volta ad azzerare l'usura esercitata dal tempo sulla fabbrica e dunque insensatamente verso stravolgenti ripristini (sia materici che formali)".

In tempi relativamente più vicini a noi, Giovanni Urbani nel suo Piano pilota per la conservazione programmata dei beni culturali in Umbria (1976), su questo tema anticipa molti dei temi disciplinari considerati oggi all'avanguardia, partendo dalla convinzione che gli edifici sono oggetti complessi da valutare in relazione all'ambiente che li circonda. Tale visione presuppone di pensare alla manutenzione come a una serie programmata di interventi pianificati e attivati a partire da un rilevamento generale dei fattori di rischio. In questo senso negli ultimi anni la Regione Lombardia ha attivato alcune importanti attività di studio con l'istituzione del Polo Regionale della Carta del Rischio del patrimonio culturale e con la stesura delle linee guida per la Conservazione Preventiva e Programmata.

La manutenzione diviene, allora, una strategia d'intervento che per la sua assiduità e programmabile periodicità consente la conservazione dello stato, anche materiale, in cui la fabbrica ci è pervenuta.

SEZ 09 MANUTENZIONI

MANUTENZIONE, NORME E LEGGI

In generale, il settore edilizio sembra aver mutuato le terminologie e le prescrizioni relative alla manutenzione provenienti dal settore impiantistico e industriale, tentando di adattarle alle costruzioni. La conseguenza di tale atteggiamento è la presenza, nell'apparato normativo e legislativo, di definizioni e norme spesso generiche e difficilmente applicabili agli interventi sull'architettura.

Parallelamente alle riflessioni di natura teorico-disciplinare e ai problemi definitori, occorre rilevare che il tema della manutenzione è oggi di notevole attualità. Il nostro paese ha un volume complessivo di metri cubi edificati tra i più alti in Europa, rispetto al fabbisogno di vani residenziali. È dunque evidente – e i dati di mercato lo confermano – che il problema centrale per il settore non è più quello della nuova edificazione ma quello della manutenzione e gestione di quanto già costruito.

A ciò si aggiunga che le recenti nuove norme per il comparto dei lavori pubblici prescrivono la manutenzione programmata per le opere pubbliche.

Già la legge quadro in materia di lavori pubblici (l. 109/94) introduceva, inoltre, la responsabilità del progettista sul comportamento "in servizio" della sua opera, descrivendo la progettazione come "l'attività professionale e intellettuale che ha come fine fondamentale la realizzazione di un intervento di qualità tecnicamente valido nel rispetto del miglior rapporto tra benefici e costi globali di costruzione, manutenzione e gestione". Di fatto, quindi, la legge evidenzia che il costo di un intervento, sia esso di nuova edificazione, di recupero o di restauro, non è semplicemente determinato dalla sua realizzazione, ma anche dalla manutenzione e gestione del bene.

SEZ 09 MANUTENZIONI

In analogia con i modelli europei, la normativa italiana in materia di opere pubbliche introduce, a questo scopo, l'obbligo di corredare ogni progetto di un Piano di Manutenzione che riguardi l'opera e le sue parti.

Tale piano è un documento, complementare al progetto esecutivo, che pianifica e programma le attività volte a mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza e il valore economico di un manufatto.

Il piano si dovrebbe comporre di tre documenti operativi:
a) il manuale d'uso che dovrebbe contenere tutte le indicazioni atte a consentire un utilizzo corretto del bene, nonché tutti gli elementi necessari per limitare il più possibile i danni derivanti da una utilizzazione impropria, per consentire di eseguire tutte le operazioni atte alla sua conservazione che non richiedono conoscenze specialistiche e per riconoscere tempestivamente fenomeni di deterioramento anomalo;

b) il manuale di manutenzione che dovrebbe fornire le indicazioni per un corretto utilizzo, in particolare degli impianti tecnologici;

c) il programma di manutenzione che prevede un sistema di controlli e di interventi da eseguire, a cadenze prefissate, al fine di una corretta gestione del bene.

SEZ 09 MANUTENZIONI

Infine il Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio (D .Lgs 42/2004) in particolare, per i manufatti di interesse storico artistico, definisce all'art. 29 la manutenzione come "il complesso delle attività e degli interventi destinati al controllo delle condizioni del bene culturale e al mantenimento dell'integrità, dell'efficienza funzionale e dell'identità del bene delle sue parti".

Secondo la legislazione vigente, la manutenzione è vista, dunque, come intervento caratterizzato dalla continuità e dall'assiduità e soprattutto caratterizzata da attività di controllo. La manutenzione sembra non essere più attività di routine ma diventa attività di notevole importanza che comporta osservazione, valutazione, registrazione e perciò richiede esperienza e competenze specialistiche.

SEZ 09 MANUTENZIONI

LE TECNICHE PER LA MANUTENZIONE

Da quanto esposto, appare evidente che il settore della manutenzione presenta, rispetto ad altri le cui tecniche sono più facilmente individuabili, limiti operativi piuttosto incerti. Da questa incertezza scaturisce una difficoltà a individuare metodiche di intervento specifiche che riguardano esclusivamente tale materia. Anche perché è forse più corretto parlare di una "prassi manutentiva", più che di "tecniche di manutenzione". Come dire che la manutenzione investe un insieme di azioni che ricadono anche in altri settori d'intervento o sono parte di altre tecniche che, ripetute periodicamente, assumono carattere di manutenzione.

Le tecniche raccolte in questa sezione riflettono, pertanto, un'impostazione che vede la manutenzione di un edificio attuata soprattutto operando su quegli elementi che più sono soggetti a consueti interventi di riparazione, pulitura e controllo, come le facciate (grondaie, pluviali), i tetti e i solai, i pavimenti, gli infissi (porte, finestre, persiane), gli elementi accessori in metallo come inferriate, ringhiere, grate. Alcune tecniche descritte, perciò, possono riguardare azioni talvolta invasive, com'è ad esempio per il ripasso dei tetti, con smontaggi e sostituzioni parziali che puntano ad assicurare una funzionalità compromessa, ma alcune avvertenze contenute nel paragrafo "Accorgimenti, varianti, limiti", dovrebbero bastare per mettere sull'avviso circa la pericolosità di un impiego puramente strumentale e imprudente.

Alle schede riportate nella sezione si potrebbero aggiungere una serie quasi illimitata di consigli per piccoli interventi atti a impedire l'accelerazione di alcuni processi di degrado.

MNT 03 MANUTENZIONE DEI PAVIMENTI E DEI RIVESTIMENTI LIGNEI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Il legno è materiale deperibile. Recupero e riparazione dei manufatti lignei sono basati su una tradizione di sostituzione e riuso ben radicata nel processo manutentivo, alla quale generazioni di ebanisti, falegnami e carpentieri hanno preso parte. La manutenzione è a oggi l'operazione preventiva più utile a rallentare e mantenere sotto controllo periodico il processo di usura, e ad impedire che questi manufatti, soprattutto se dotati di qualità storiche o artistiche, raggiungano una condizione di degrado tale da imporre un intervento di restauro, se non la loro rimozione e la sostituzione. Essa può essere considerata una prassi finalizzata a mantenere le prestazioni dei manufatti entro una fascia predeterminata di valori concordati, in modo che il loro invecchiamento sia complessivamente equilibrato.

MNT 03 MANUTENZIONE DEI PAVIMENTI E DEI RIVESTIMENTI LIGNEI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La procedura di intervento per realizzare una manutenzione sistematica – secondo un piano di scadenze prestabilite – dei pavimenti e dei rivestimenti lignei consiste in una sequenza di azioni finalizzate da un lato a migliorarne le prestazioni di durata e di resistenza agli agenti di degrado, dall'altro a riportare i manufatti in condizioni di utilizzo soddisfacenti.

Innanzitutto, è necessario che le condizioni ambientali siano tali da garantire le condizioni in cui la sopravvivenza dei manufatti sia possibile. A titolo di esempio, si consideri che il materiale utilizzato negli interni possiede comunemente una percentuale d'acqua variabile tra l'8 ed il 12% e che per valori compresi tra 7 e 15% esso è attaccabile dagli insetti. Ciò rende evidente come spesso i parametri ambientali tipici dell'edilizia civile possano indurre la proliferazione degli xilofagi.

Esistono semplici accorgimenti per il mantenimento in efficienza dei manufatti lignei:
— esposizione moderata alla radiazione solare – per contrastare gli effetti termici e i raggi U.V.;
— adeguata combinazione di temperatura e umidità relativa;
— adeguato ricambio d'aria – per evitare la formazione di condensa sulle superfici;
— adeguata ventilazione– per evitare gli attacchi di funghi e muffe;
— sterilizzazione periodica dei filtri del condizionamento – per evitare la diffusione delle spore fungine.

Garantite le condizioni ambientali di temperatura, umidità relativa, ventilazione, ricambio e salubrità dell'aria, il problema da affrontare è l'intervento per il ripristino delle condizioni di continuità ed efficienza dei manufatti. Le fasi operative che seguono sintetizzano una gamma vasta e articolata dei possibili interventi di manutenzione.

MNT 03 MANUTENZIONE DEI PAVIMENTI E DEI RIVESTIMENTI LIGNEI

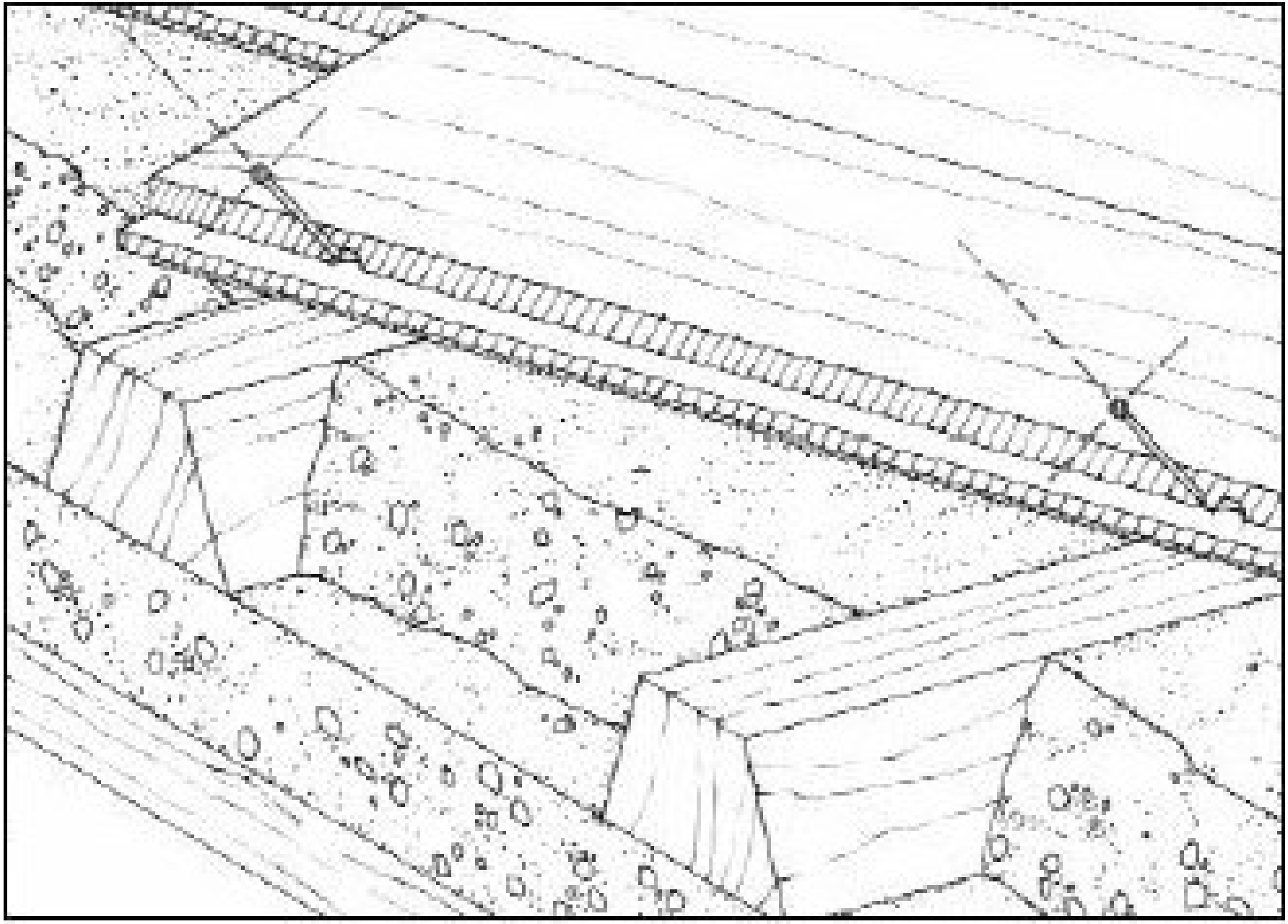

Figura 1 • Pavimentazione lignea inchiodata su un’orditura di listelli.

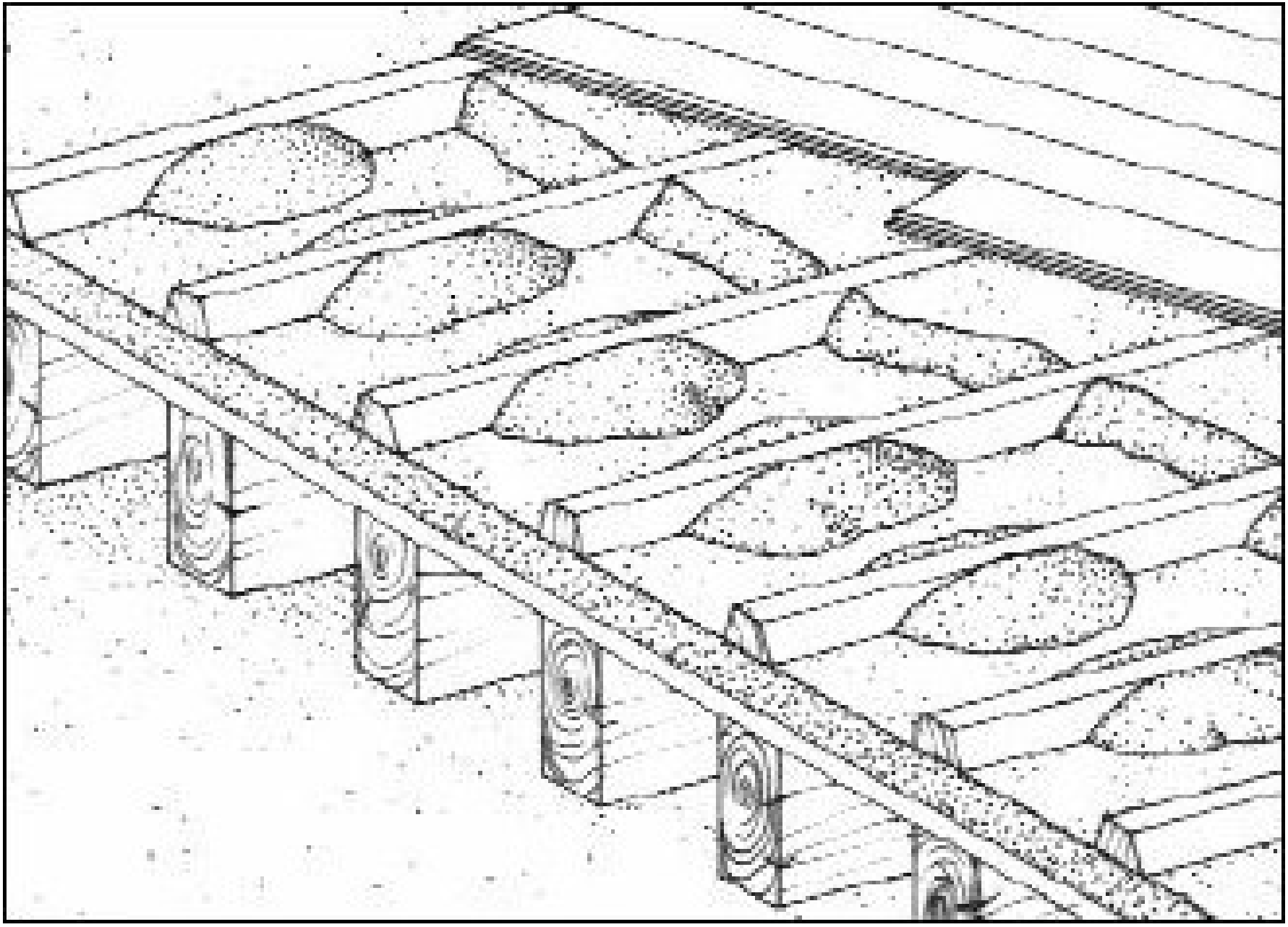

Figura 2 • Pavimentazione lignea inchiodata su un’orditura di listelli (dettaglio).

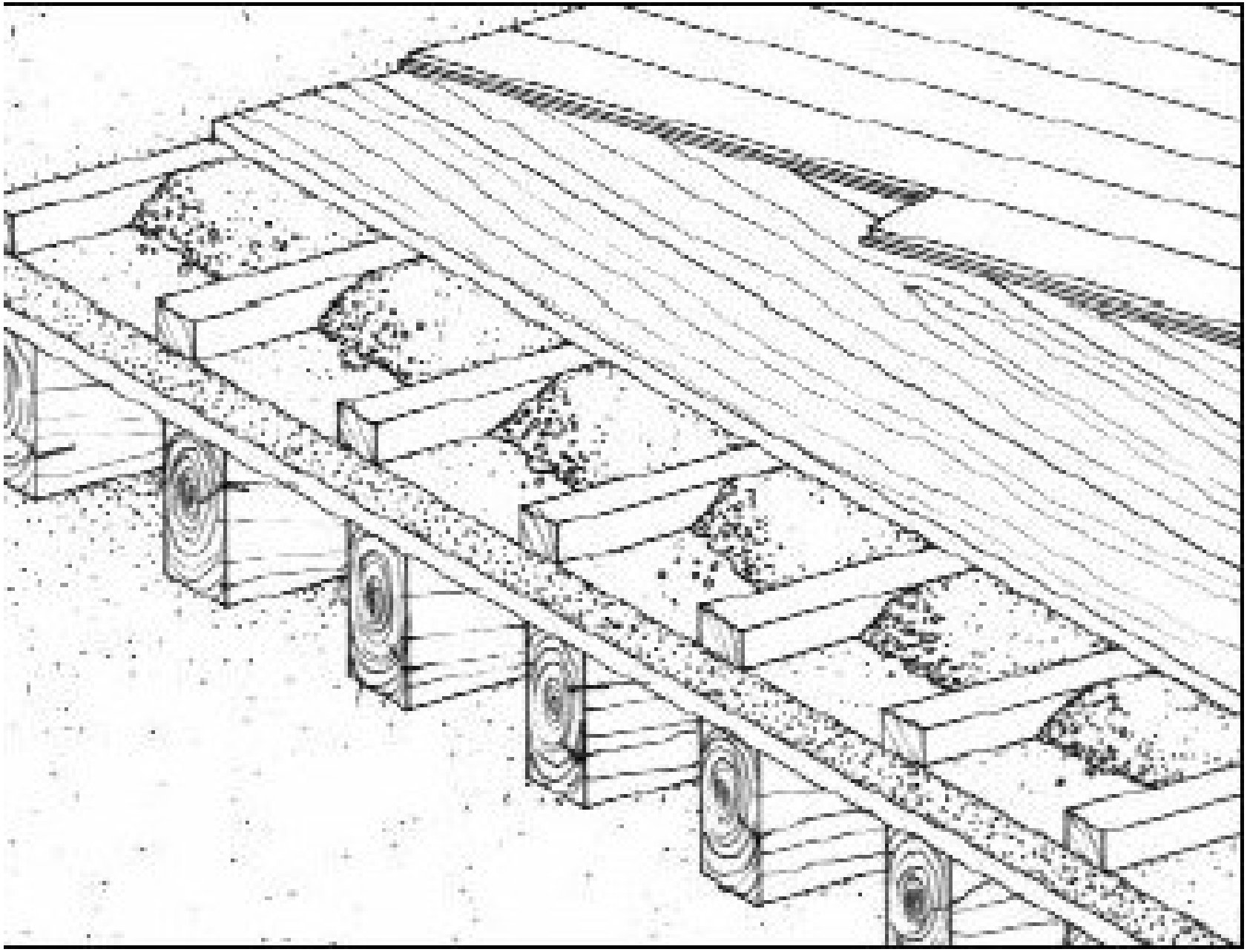

Figura 3 • Pavimentazione lignea inchiodata su tavolato posto in opera su travetti.

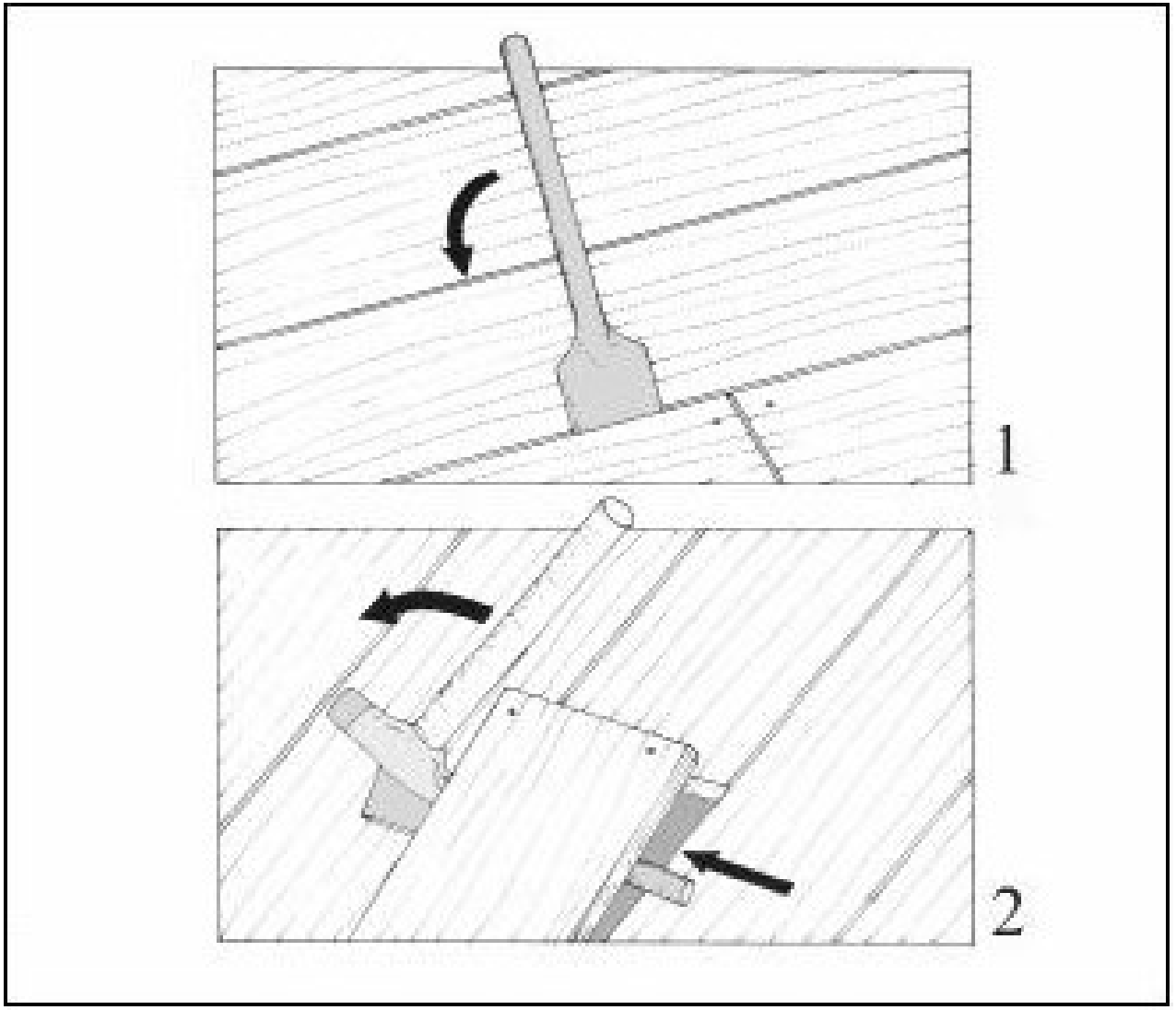

Figura 4 • Sollevamento delle tavole. 1) S'inserisce la punta dello scalpello nella fessura tra due tavole e si procede i modo analogo sull'altro lato della tavola fino a liberarne la testa dai chiodi; 2) si inserisce la penna biforcata del martello sotto la parte sollevata della tavola per consentire l'inserimento dello scalpello. Si avanza lungo la tavola sino alla coppia successiva di chiodi.

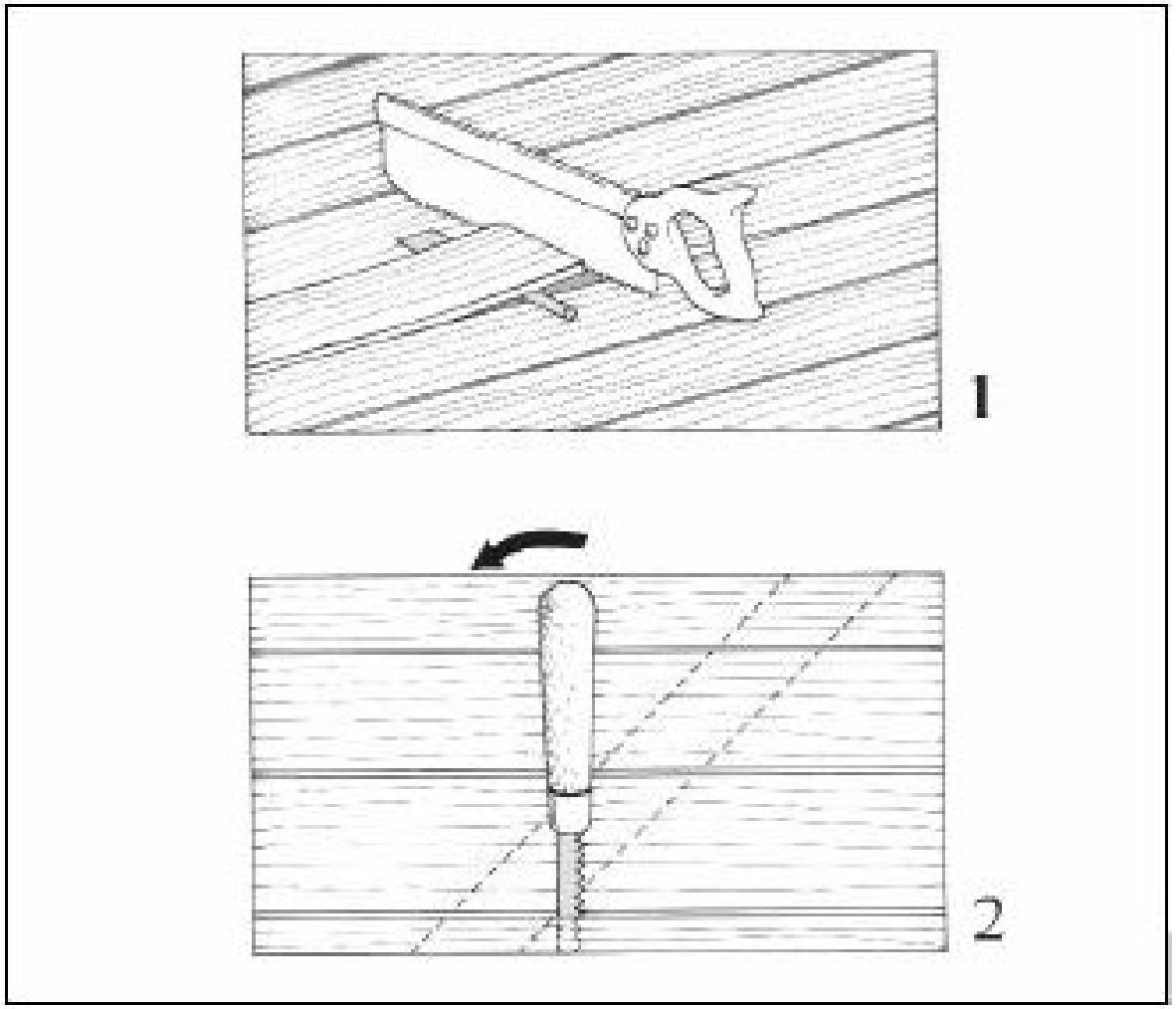

Figura 5 • Sollevamento di tavole continue. 1) Con lo scalpello a lama larga si solleva la tavola al centro, poi si fa scivolare lo scalpello sotto la tavola incurvata. Dopo aver rimosso i chiodi, con la sega per tenoni, si taglia la tavola in asse col travetto e si procede al sollevamento come in figura quattro; 2) se le tavole sono troppo rigide perché siano incurvate, o con bordi a maschio e femmina, devono essere tagliate sul posto. Ciò comporta la necessità di segarle a raso del lato del travetto invece che sull'asse. Si individua il travetto passando verticalmente la lama del gattuccio.

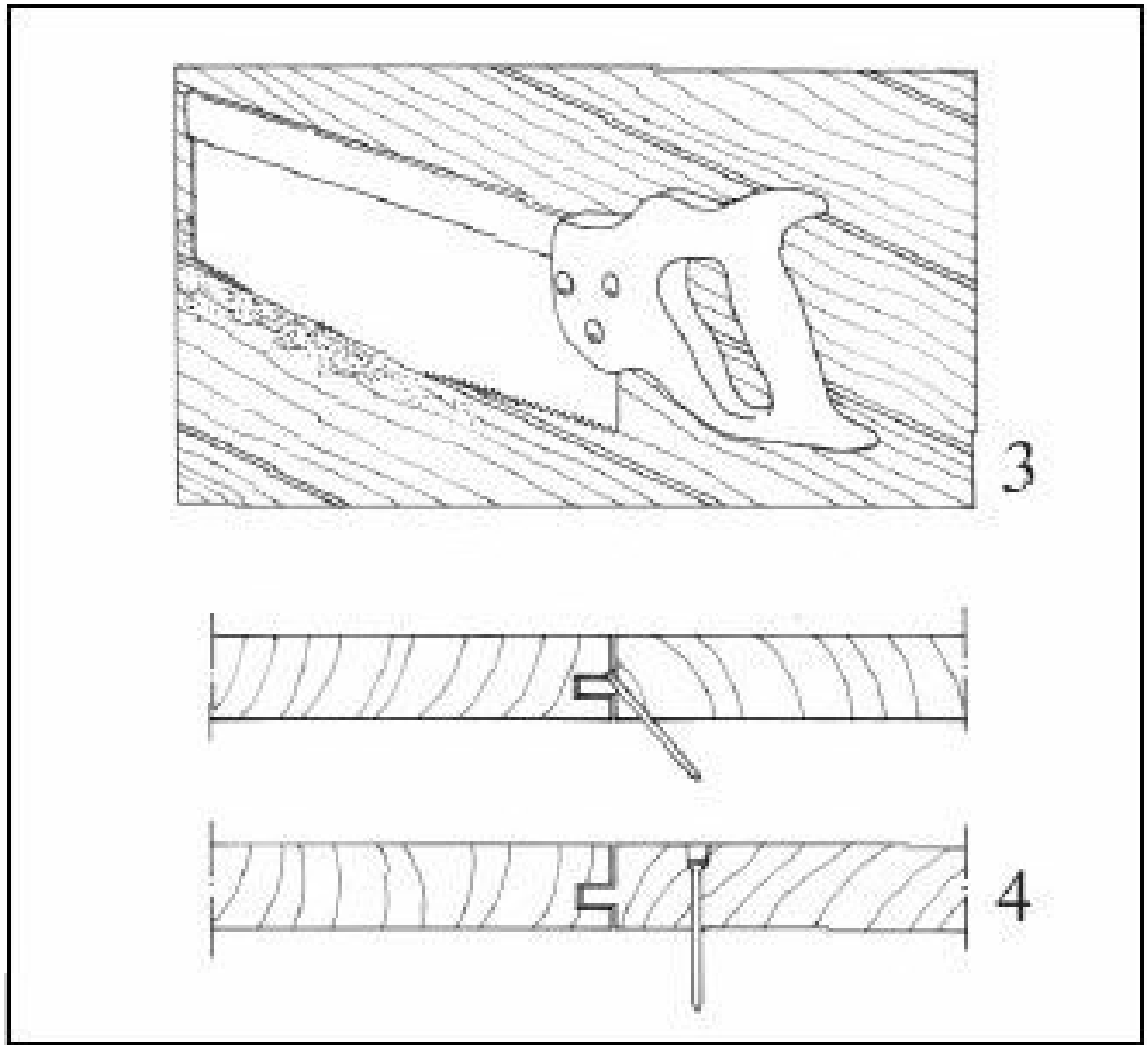

Figura 6 • Sollevamento di tavole continue connesse con incastro a maschio e femmina. 3) I giunti delle tavole a maschio e femmina devono essere tagliati con una sega per tenoni o con il gattuccio; 4) nelle giunzioni a maschio e femmina le chiodature possono essere nascoste o in vista.

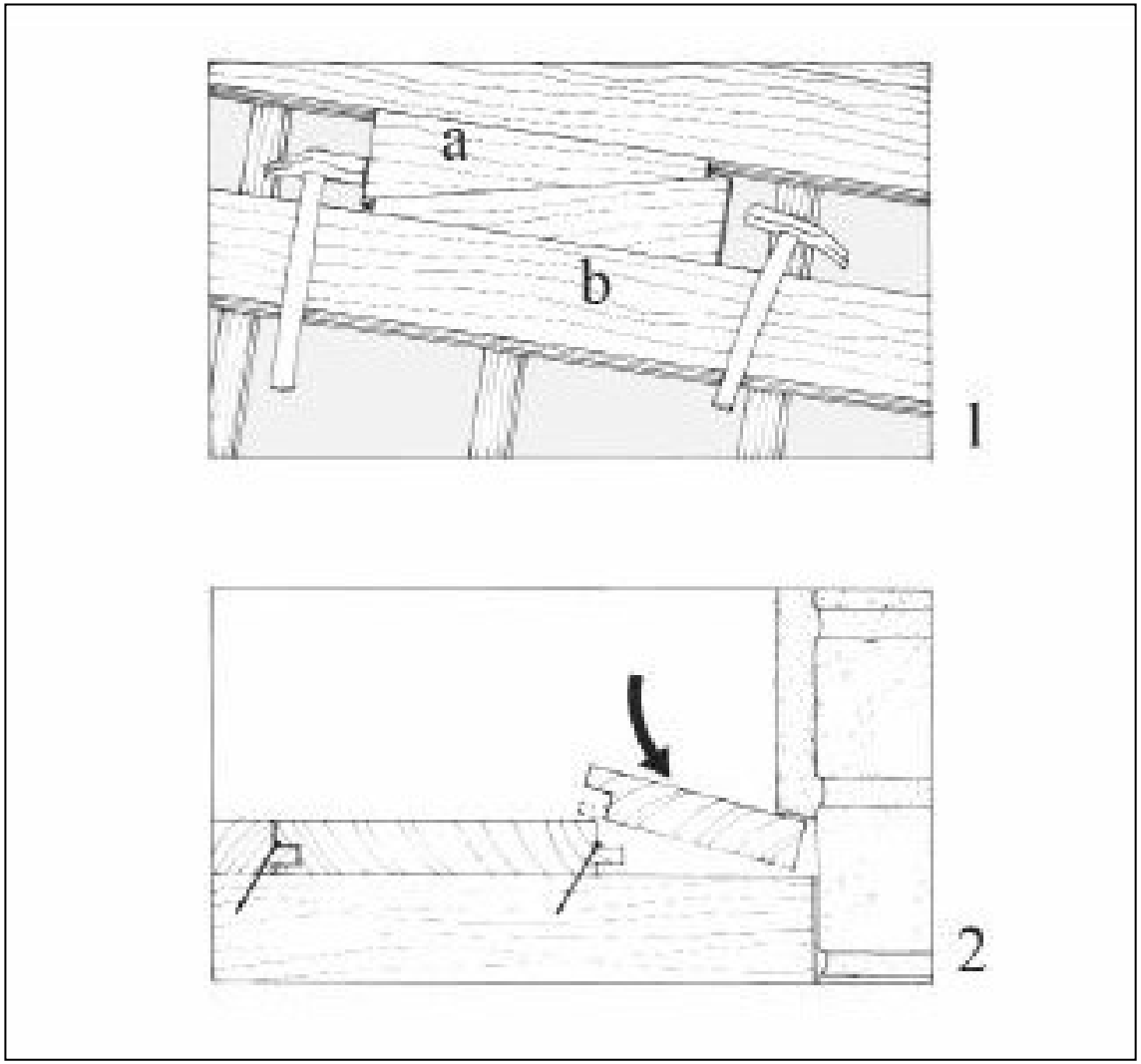

Figura 7 • Posa di nuove tavole. 1) Posata e inchiodata la prima tavola, sono posate le successive. Per serrarle si utilizzano cunei di legno duro (a) che fanno forza appoggiandosi a una tavola provvisoriamente inchiodata (b); 2) L'ultima tavola va tagliata in modo tale da lasciare un vuoto uguale alla larghezza del dente. Se non si riesce a infilare l'ultima tavola si rimuove il labbro inferiore della scanalatura per poterla inserire in posizione.

MNT 07 RESTAURO E MANUTENZIONE DI ELEMENTI METALLICI

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

I metalli, una volta esposti agli agenti ambientali, sono soggetti a fenomeni degradativi che consistono nella tendenza a ripristinare la forma ossidata, che è quella nella quale sono naturalmente stabili, attraverso la formazione di patine. Queste possono essere protettive o, al contrario, porose e solubili, nel qual caso il degrado delle superfici progredisce con sempre maggiore intensità sino ad arrivare, talvolta, alla dissoluzione del metallo stesso.

Per contrastare la tendenza all'ossidazione, pertanto, i manufatti metallici devono innanzitutto essere messi in opera nella maniera corretta, ed essere poi sottoposti a interventi di manutenzione in grado di renderli quanto più possibile resistenti ai fattori ambientali.

Attualmente, l'ossidazione è trattata isolando le superfici esposte dei metalli con uno o più film protettivi sovrapposti. Tali protettivi, in genere di natura sintetica, possono essere trasparenti o coprenti, secondo i casi. Generalmente ciò dipende dalle categorie dei manufatti, nel senso che di alcuni si valorizza la patina, utilizzando prodotti trasparenti, in altri invece le superfici sono trattate con film coprenti.

Generalmente, nel primo caso rientrano i manufatti artistici e, nel secondo, i manufatti ferrosi più comuni, quali ringhiere, inferriate, cancelli, elementi decorativi, serramenti, ecc., oggetto della presente trattazione.

La semplice applicazione dei film protettivi, tuttavia, non è sufficiente. Per ottenere i risultati migliori, soprattutto per quanto riguarda la durata del trattamento, è necessaria una preparazione accurata delle superfici, che varia secondo il materiale, il grado di corrosione e il tipo di manufatto.

MNT 07 RESTAURO E MANUTENZIONE DI ELEMENTI METALLICI

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Prima di intraprendere il trattamento su un manufatto metallico è necessario individuare le cause di degrado e identificare i prodotti di corrosione, in quanto è su di essi, di fatto, che s'interviene.

Una superficie metallica può essere corrosa in maniera generalizzata (attacco uniforme), o soltanto in determinate porzioni (fenomeni di pitting). Raramente, tuttavia, i fenomeni della corrosione si diffondono in maniera omogenea e con spessori di attacco costanti, anzi spesso l'attacco non si allarga molto in superficie ma entra in profondità producendo cavità, cricche, crateri che determinano una fragilità progressiva alla corrosione.

È necessario inoltre eseguire l'analisi puntuale di alcuni tipi di lavorazione degli elementi che compongono il manufatto, in quanto i siti preferenziali di attacco sono costituiti dalle giunzioni, dalle saldature, dalle fusioni, e da tutte le disomogeneità in genere, che pertanto vanno individuate per essere trattate durante il trattamento manutentivo con particolare attenzione.

Anche nei casi in cui si riscontra un decadimento tecnologico, prima di procedere con l'intervento di manutenzione, bisognerà individuare le cause che lo hanno provocato, e operare saldature, sostituzioni e quant'altro si ritenga necessario per ogni caso specifico.

Una necessità importante è anche quella di determinare la consistenza del nucleo metallico, in quanto più è intensa la corrosione, più si riscontra un assottigliamento del metallo.

MNT 07 RESTAURO E MANUTENZIONE DI ELEMENTI METALLICI

Le tecniche di pulitura, possono essere eseguite, secondo i casi, con mezzi manuali o meccanici, con detergenti, con sabbiatura di precisione, con prodotti chimici neutri tixotropici (fig. 1, fig. 2).

Il ciclo di protezione, generalmente, comprende un trattamento anticorrosivo e la stesura di un film protettivo finale (fig. 3) anche se esistono in commercio prodotti in grado, in una sola mano, di assolvere a entrambe le funzioni, come sarà chiarito più avanti. Prima di procedere all'applicazione del ciclo manutentivo può essere opportuno eseguire un'operazione di sgrassaggio e disidratazione, utilizzando cotone idrofilo, panni morbidi, pennelli e acetone.

È fondamentale, prima dell'applicazione dello strato protettivo a diretto contatto con i materiali ferrosi (ferro dolce, ferro forgiato, acciaio, ghisa), assicurarsi che il metallo contenga la minima quantità di acqua possibile, disidratandolo con acetone puro o con getti di aria calda e deumidificata. Infatti, la presenza di acqua nell'interfaccia tra metallo e protettivo, può portare alla ripresa dei fenomeni corrosivi anche al di sotto del protettivo, a causa dell'inevitabile accesso di ossigeno il quale, in presenza di acqua, è in grado di far avvenire la maggior parte delle reazioni chimiche. Il trattamento deve essere applicato immediatamente dopo la fase di rimozione degli ossidi di ferro, in quanto questi tendono a riformarsi subito, in sottilissimi strati anche non visibili ad occhio nudo. La presenza di strati ossidativi del ferro, per la caratteristica idratazione di questi composti e per la loro igroscopicità, è paragonabile alla presenza di acqua.

L'ultimo passaggio, infine, consiste nella stesura della pitturazione finale, che oltre alla funzione decorativa funge anche da strato protettivo di sacrificio (fig. 6, fig. 7).

MNT 07 RESTAURO E MANUTENZIONE DI ELEMENTI METALLICI

Sino ai primi anni del Novecento, le vernici erano costituite da materie prime naturali, il cui legante principale era costituito dall'olio di lino.

Ai leganti tradizionali sono stati progressivamente sostituiti moderni materiali di sintesi, soprattutto le resine alchidiche, che forniscono però prestazioni inferiori rispetto ai prodotti tradizionali. Le moderne pitture oleoalchidiche, infatti, producono generalmente pellicole più sottili e con minore elasticità e adesività rispetto ai prodotti a base di olio di lino.

Rispetto a questi ultimi, però, richiedono tempi notevolmente inferiori di essiccazione, e sono più brillanti. Inoltre, sono disponibili in molte tinte e in versione satinata o brillante.

Utilizzando i prodotti di ultima generazione, gli smalti antiruggine in gel, di fatto si eliminano tutte le fasi precedenti, perché manifestano contemporaneamente proprietà di antiruggine e di smalto fine. Di regola, questi smalti sono a base di pigmenti lamellari e ossidi di ferro micaceo e prevedono l'impiego contemporaneo di fosfato di zinco con funzioni di pigmento passivante.
Sono anche di facile applicazione per la consistenza gelatinosa, e perché pronti, seguendo varie accortezze, a essere applicati.

L'applicazione diretta sulla ruggine è prevista, però, solo se questa è compatta e ben aderente alla superficie. In presenza di scaglie o parti friabili, di corrosioni profonde, vaiolature, croste di laminazione ecc., è necessaria una preventiva preparazione dei supporti.

Tutte queste operazioni valgono soprattutto per gli elementi ferrosi consuetamente utilizzati nell'edificazione storica, e per le strutture di ghisa.

Figura 1 • Palazzo Nobile di Villa Torlonia (Roma).
Particolare di un balaustrino con evidente accumulo di particellato.

Figura 2 • Particolare del balaustrino dopo la pulitura effettuata tramite spazzolini con setole sintetiche a microtrapano e a mano, avendo cura di preservare la patina originale.

Figura 3 • Palazzo Nobile di Villa Torlonia (Roma). Particolare di una formella della ringhiera durante la stesura del protettivo a base di resina acrilica e benzotriazolo. Il protettivo oltre a proteggere il metallo dalla corrosione, esalta le decorazioni.

Figura 4 • Parco di Racconigi. Cancellata del Giardino dei Principini: fasi del ciclo di protezione e verniciatura su superficie sabbiata. Prima mano di minio arancione, seconda mano di minio marrone (per distinguere le mani durante l'applicazione e la verifica), campionatura con due mani di smalto verde alchilico lungo olio.

Figura 5 • Particolare della prima mano di minio su superficie sabbiata di una palmetta della cancellata.

Figura 6 • Castello di Racconigi. Cancellata monumentale: parte superiore con una mano di minio su superficie sabbiata, parte inferiore con campionature colore realizzate con velature verdi su due mani di fondo marrone/bronzo ad interpretare le indicazioni dei documenti di calcolo e misura redatti nel 1843 da Ernest Melano che riportavano la dicitura “coloritura verde bronzo” o “coloritura in due riprese tinta bronzo”.

Figura 7 • Castello di Racconigi. Cancellata monumentale: porzione di campata con velatura verde su fondo marrone/bronzo .

Figura 8 • Villa Barbaro a Maser. Cancello seicentesco pulito impropriamente con sabbiatura a secco e bagno acido e successivamente sottoposto a zincatura a caldo. Tali trattamenti hanno alterato in modo irreversibile le caratteristiche fisiche e chimiche della superficie metallica. Il cancello, inoltre, è stato rimosso dalla collocazione originaria mediante tagli che hanno lasciato monconi residui delle volute decorative alle estremità superiori destra e sinistra.

Figura 9 • Villa Barbaro a Maser. Cancello seicentesco. Particolare della discontinuità della zincatura. Il ferro preindustriale è incompatibile con la zincatura che si stacca a scaglie lasciando scoperto il vecchio metallo.

SEZ 10 DOCUMENTAZIONE

Introduzione. La documentazione di cantiere e la pratica del restauro

DOC01 Documentazione fotografica dei lavori
DOC02 Rilievi e misurazioni in corso d'opera
DOC03 Resoconti, annotazioni, diario dei lavori
DOC04 Prelievi, analisi e monitoraggi nel corso dei lavori
DOC05 Collaudi, prove e controlli in corso d'opera
DOC06 Simulazione degli interventi di restauro

SEZ 10 DOCUMENTAZIONE

LA DOCUMENTAZIONE DI CANTIERE E LA PRATICA DEL RESTAURO

Il cantiere è il luogo delle operazioni tecnico-esecutive del progetto, ma la sua gestione è legata a numerosi atti contabili e amministrativi che incidono anche materialmente sull'andamento dei lavori e sui loro risultati. Anche i rapporti tra l'impresa e la direzione dei lavori e tra questi e il committente, pubblico o privato, sono regolati da documenti che fissano forme di controllo qualitativo e quantitativo, e puntano ad assicurare anche la loro corrispondenza economica al programma tracciato dal progetto.

Il documento principe è il capitolato speciale che, oltre a regolare i rapporti con i soggetti coinvolti nell'appalto, contiene prescrizioni che fissano la qualità e la provenienza dei materiali, la successione e l'ordine dei lavori, le procedure esecutive delle opere, gli accorgimenti particolari che devono essere rispettati in casi speciali per raggiungere i livelli di qualità previsti dal progetto o contemplati dalle buone "regole dell'arte". Ma già nel corso dei lavori possono presentarsi situazioni non previste oppure ragioni di opportunità che spingono ad apportare variazioni nella quantità e nel genere delle opere progettate, magari per raggiungere risultati migliori o per far fronte a situazioni non contemplate. C'è da considerare, poi, che la normale conduzione dei lavori deve obbedire fedelmente alle prescrizioni del progetto e questa fedeltà va accuratamente registrata in documenti che fanno parte integrante del corredo degli atti di cantiere. Questi atti, come è noto, sono numerosi e comprendono, tra quelli che possiamo definire "ordinari", il Giornale dei lavori, il Libretto di misura dei lavori, il Registro di contabilità, i Collaudi in corso d'opera e finali e così via. A questi se ne possono aggiungere altri resi necessari da eventi che inducono variazioni impreviste, come la Revisione dei prezzi, le Perizie di varianti in corso d'opera, le cosiddette Perizie suppletive, oltre ai documenti concernenti le proroghe, le sospensioni e le riprese dei lavori, la formazione e la pattuizione di prezzi non compresi nel contratto e altro ancora.

SEZ 10 DOCUMENTAZIONE

Questo apparato dovrebbe costituire un sistema di controllo capillare e continuo, sia sotto il profilo della trasparenza e della regolarità contabile e amministrativa, sia sotto quello della qualità tecnica dei lavori.

Nel cantiere di restauro le cose si complicano, perché l'intervento si prefigge principalmente l'obiettivo di conservare la permanenza fisica e figurale di un manufatto – l'opera architettonica – che già esiste in quanto oggetto fisicamente determinato e trasmessoci con tutte le sue stratificazioni costruttive, materiali e figurali. Ogni intervento, tuttavia, per quanto accorto e poco invasivo, comporta sottrazioni, aggiunte o modificazioni che si traducono in alterazioni più o meno profonde dei segni che connòtano tutta l'apparecchiatura indiziaria. Inoltre, la stessa efficacia tecnica degli interventi, la loro durata nel tempo e gli effetti collaterali eventualmente provocati si collocano in un campo d'incertezza che va tenuto sotto controllo con la massima cura e in modo permanente. Questa sezione comprende, perciò, un gruppo di tecniche che non sono ascrivibili alle forme di intervento e di trattamento diretto dei manufatti da restaurare ma sono da considerare come mezzi indiretti, ma altrettanto efficaci, di tutela. Si può affermare, anzi, che queste tecniche, diversamente dalle altre la cui scelta dipende dalle situazioni specifiche dei diversi interventi di restauro, sono da adottare in ogni cantiere e in ogni circostanza.

DOC 05 COLLAUDI, PROVE E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

Nei progetti di restauro le norme di capitolato prevedono, in genere, una descrizione accurata delle tecniche di cui si prevede l'impiego e dei modi d'esecuzione dei diversi lavori. Tali prescrizioni sono compilate sulla scorta delle competenze e dell'esperienza del progettista, il quale, dopo aver svolto le analisi e gli accertamenti preliminari sull'opera, procede per analogia con altre esperienze e con le "regole dell'arte" a lui note. Tuttavia, il criterio dell'analogia e quello delle esperienze maturate non sono sempre sufficienti a garantire i risultati cercati. Ciò dipende dalla grande varietà delle situazioni nelle quali si attuano gli interventi, vale a dire dai diversi comportamenti dei materiali costruttivi, dalle particolari forme evolutive dei processi d'alterazione, dallo sviluppo della produzione tecnologica che offre materiali e procedure sempre migliori, e da altre cause più o meno accidentali che fanno di ogni cantiere un caso singolare. Inoltre, durante le indagini preliminari non sempre (anzi, per la verità, raramente) è possibile un accertamento completo ed esauriente dello stato della fabbrica, se non altro perché sfuggono alle analisi tutte le parti inaccessibili o nascoste.

Per ovviare alle possibili conseguenze negative di un procedere tecnico troppo rigido, è sempre opportuno testare i prodotti e le metodiche di esecuzione, prima di una loro applicazione estensiva.

DOC 05 COLLAUDI, PROVE E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Va considerato, poi, che mentre alcuni lavori di restauro sono prevedibili nei risultati tecnici e nell'impatto visivo che determinano, altri vanno calibrati dopo opportune prove. Ad esempio, una coloritura decisa in sede di progetto non può essere eseguita senza idonei test; oppure, una pulitura con acqua nebulizzata o con idrosabbiatura non può essere immediatamente estesa a tutte le superfici da trattare, senza alcune prove orientate a studiarne gli effetti in funzione della durata dell'applicazione, del tipo di inerti impiegati e degli altri parametri che concorrono al conseguimento del risultato; e ancora, la stesura di una sostanza impregnante, data a pennello o a spruzzo o con altra tecnica, va attentamente collaudata su aree campione e su queste andranno eseguite prove di laboratorio per accertare la profondità di penetrazione del prodotto, l'omogeneità di diffusione e l'effetto consolidante o protettivo cercato.

È sempre opportuno, di conseguenza, includere nel programma dei lavori un certo numero di prove, talvolta anche in forma di monitoraggio, con lo scopo di studiare preventivamente gli effetti di determinati interventi o trattamenti e di poter ricorrere agli aggiustamenti o alle varianti del caso.

DOC 05 COLLAUDI, PROVE E CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La varietà delle situazioni che si possono creare in un cantiere di restauro non permette di formulare un elenco esaustivo delle prove e dei controlli da eseguire durante i lavori. Ci si limita, in questa sede, a fornire alcune indicazioni che vanno intese essenzialmente come criteri di orientamento. Lo schema che segue ha il fine di delineare, a titolo esemplificativo, alcune delle possibili occasioni in cui è opportuno procedere con prove, collaudi parziali e controlli.

1) Alcuni fenomeni di degrado hanno carattere evolutivo e si presentano con aspetti che possono variare anche nel breve tempo di svolgimento del cantiere. È il caso, ad esempio, della flora infestante macro e microvegetale il cui ciclo vitale si svolge nell'arco delle quattro stagioni, oppure degli insetti parassiti che attaccano i legni e che hanno cicli riproduttivi e di sviluppo in tempi noti. I trattamenti disinfestanti devono essere, allora, sottoposti a una serie di osservazioni periodiche per valutarne l'efficacia e prendere le misure conseguenti ai risultati man mano acquisiti. Naturalmente, la serie dei test eseguibili è ben più lunga, ma i casi richiamati servono, appunto, a delineare l'orizzonte delle circostanze che possono richiedere un attento controllo degli interventi, prima, durante e dopo la loro attuazione.

2) Il controllo delle metodiche che aggiungono materia a quella esistente riguarda le impregnazioni, le applicazioni a tasche o con iniezioni, le velature protettive e simili. In questi casi occorre procedere in due modi: con esami di laboratorio che accertino l'adesione o la penetrazione delle sostanze aggiunte o con prove in situ, anche se queste ultime sono spesso di difficile esecuzione e danno risultati incerti. Ciò avviene, soprattutto nei trattamenti a iniezione o a tasche.

3) Un altro gruppo di interventi riguarda le operazioni di sottrazione di materiale e comprende le puliture, le disincrostazioni, le disinfestazioni da piante o microvegetali ecc. Qui, le prove riguardano in parte minore gli effetti visivi dell'intervento, coinvolgendo invece la sua efficacia. Ad ogni modo, il controllo delle diverse tecniche operative va eseguito su campioni rappresentativi delle diverse aree degradate.

4) Infine c'è una categoria di lavori, il cui risultato è legato all'impatto visivo dell'intervento, oltre che all'efficacia tecnica. Vi rientrano talune opere di finitura, come le tinteggiature, le scialbature, le velature, l'eliminazione di macchie deturpanti e simili. In alcuni casi, come quello delle coloriture, la prova eseguita su un campione ridotto non è sempre probante, perché la percezione di una piccola superficie di colore è ben diversa da quella di una grande estensione del medesimo colore. In questi casi può essere più utile ricorrere a tecniche di simulazione (v. DOC06 - Simulazione degli interventi di restauro).

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

S’intende per simulazione degli interventi di restauro la costruzione virtuale dei risultati esecutivi degli interventi mediante l’elaborazione d’immagini digitali. Questa metodica consente una visualizzazione realistica delle superfici del manufatto prima e dopo il restauro, grazie alla quale è possibile sottoporre ad esame e a confronto visivo soluzioni diverse, riducendo il rischio di scelte che potrebbero rivelarsi del tutto o parzialmente inadeguate una volta realizzate sul corpo del manufatto.

Il prefigurare gli effetti finali dell’intervento, prima di agire direttamente sull’opera, costituisce uno dei caratteri peculiari di questo procedimento. La simulazione va intesa, pertanto, non come un semplice metodo di rappresentazione, ma come il risultato visivo di un procedimento di analisi teso a ridurre lo scarto tra le previsioni e i risultati finali dell’intervento.

Schematicamente, si può affermare che le simulazioni assolvono un ruolo predittivo e prescrittivo, in quanto possono avere sia la funzione di prevedere e indirizzare gli esiti dell’intervento, sia quella di prescrivere procedimenti esecutivi, indicando, attraverso l’immagine virtuale, il risultato che s’intende raggiungere.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

La pratica delle simulazioni si rivela, in sostanza, come un mezzo che può essere utilizzato lungo tutto l'iter dell'intervento di conservazione.

a) In fase di orientamento e definizione delle varie proposte di intervento, sino a optare per la più idonea, verificandone i possibili effetti in una dimensione assolutamente "indolore" per il manufatto.

b) Come mezzo di comunicazione (ad esempio verso la committenza), in quanto l'immediatezza dell'immagine fotografica ne consente la lettura anche a soggetti non particolarmente preparati alla comprensione dei canonici elaborati grafici.

c) Per trasmettere con chiarezza i contenuti tecnici, giacché riduce la possibilità di interpretazioni arbitrarie o riduttive. La simulazione, infatti, integra e chiarisce visivamente prescrizioni tecniche che si presentano talvolta ambigue e generiche, e a tal fine può essere utilizzata anche nei capitolati.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

La simulazione su base fotografica di un restauro si basa, come si è detto, sull'elaborazione d'immagini digitali di un manufatto. Pertanto, bisogna disporre innanzitutto di una o più immagini dello stato di fatto del manufatto, e poi, in base agli interventi che s'intendono analizzare virtualmente, delle riprese fotografiche dei materiali necessari per la simulazione.

Tali materiali sono costituiti essenzialmente da una serie di campioni realizzati ad hoc (malte, intonaci, velature, ecc.) necessari per elaborare le integrazioni di materia, e dai provini dei trattamenti che si intendono valutare, in primo luogo le puliture.

L'intervento digitale, pur essendo "immateriale", deve infatti entrare nel merito della esecuzione reale, costringendo ad un controllo preliminare delle tecniche e dei materiali che si intendono adottare.

Gli interventi possono essere simulati a diversa scala di approfondimento, secondo le finalità di ogni elaborazione specifica, ed essere circoscritti a determinati dettagli o interessare l'intero manufatto. È comunque opportuno che il procedimento sia impostato secondo una successione di fasi che vanno dal particolare al generale, in modo da analizzare prima gli effetti puntuali degli interventi per poi studiarne le conseguenze sull'insieme del manufatto.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

Figura 1a • Lacuna in un dipinto murale. Accanto alla lacuna è visibile il campione di intonaco con il quale si intende elaborare la simulazione.

Figura 1b • Simulazione della integrazione della lacuna effettuata utilizzando il campione di intonaco fotografato contestualmente.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

Figura 1c • Integrazione reale della lacuna effettuata con il medesimo intonaco del campione utilizzato nella simulazione. Come si può verificare confrontando le due immagini, la simulazione della integrazione è sufficientemente “realistica”.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

Figure 2a -2b • Simulazione dell'integrazione di una lacuna in un mosaico con due tipi di malta. Le immagini dei campioni di malta, una volta importate nel file generale, sono state scalate in modo da far coincidere i due riferimenti metrici, per cui le immagini sono nella stessa identica scala.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

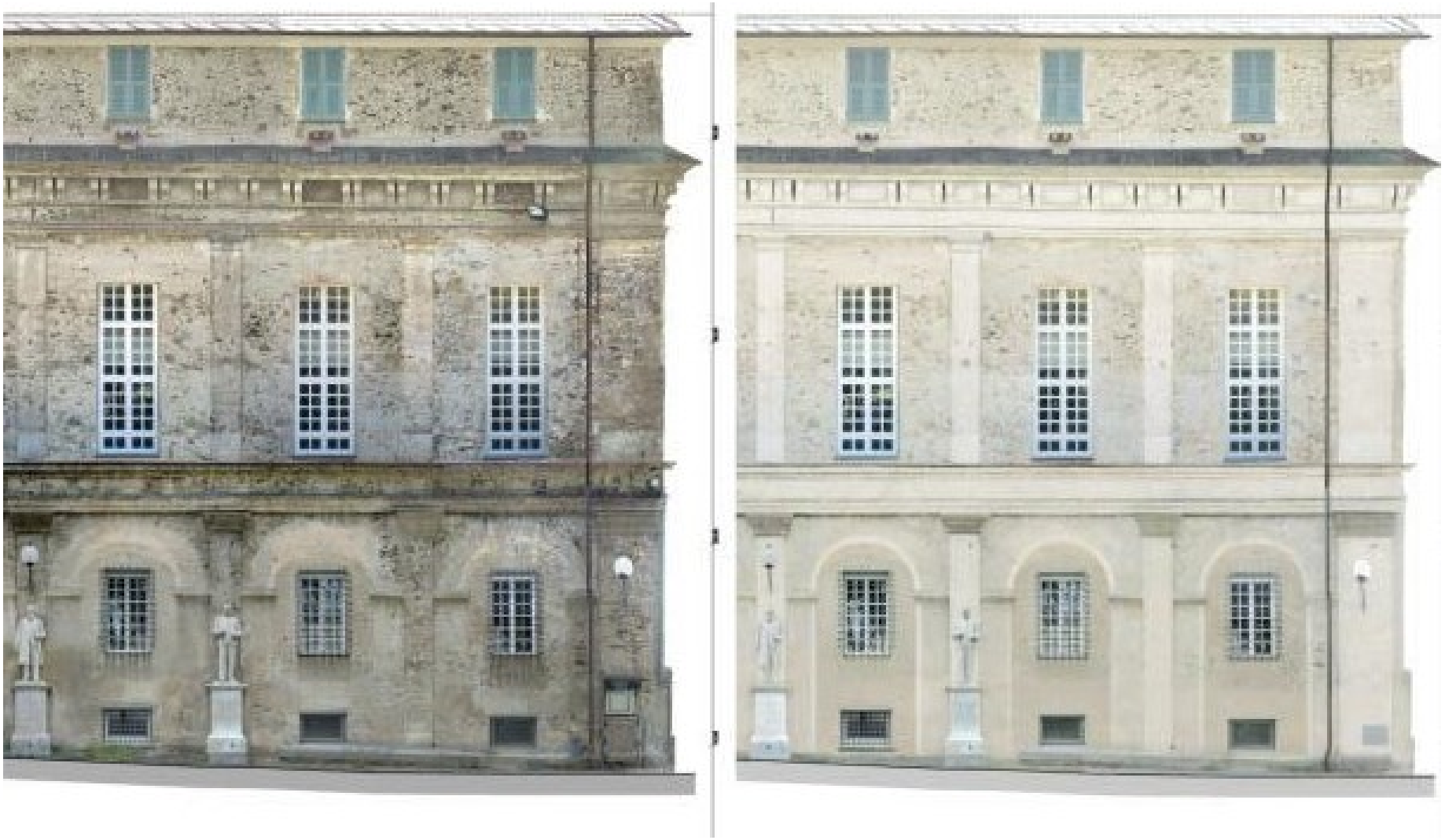

Figura 3 • Simulazione realizzata elaborando il fotopiano ad alta risoluzione di una facciata. A sinistra: porzione della facciata prima della elaborazione; a destra la stessa porzione dopo la simulazione.
In particolare sono stati elaborati gli interventi di: rimozione di elementi vari, pulitura delle superfici, risarcitura dei giunti, stesura di una velatura a calce, stesa più accentuata sulle modanature.
I vari interventi sono stati prima simulati a livello locale per poi essere estesi a tutta la facciata.

Figura 5 • “Materiali virtuali”: campioni di malta, di intonaco e di velature di diversa composizione e finitura superficiale utilizzabili per la simulazione delle integrazioni delle lacune, delle risarciture della malta di allettamento, della stuccatura di lesioni, rotture, mancanze, ecc.

Figura 6 • Fase di esecuzione della pulitura di un basamento in pietra artificiale.

Figura 7 • Saggio di pulitura reale della superficie in pietra artificiale.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

Figura 8 • Simulazione della pulitura dell'intero basamento elaborata schiarendo i valori cromatici in base al risultato ottenuto con la pulitura reale.

Figura 9 • Particolare di mosaico parietale prima della simulazione della pulitura (desalinizzazione). La superficie delle tessere si presenta opaca e biancastra per la presenza di sali.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

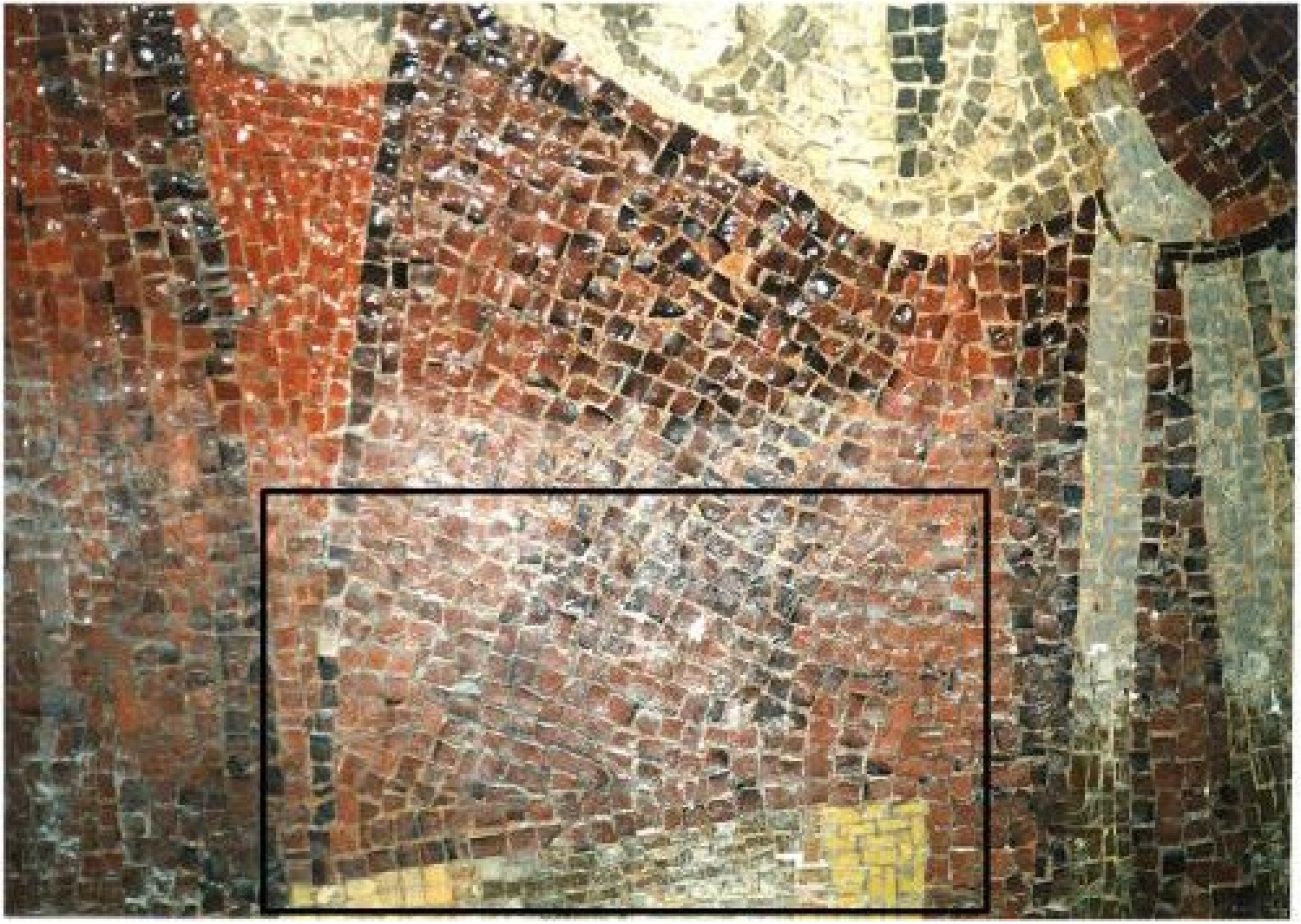

Figura 10 • Simulazione della pulitura elaborata utilizzando come riferimento le superfici realmente trattate con impacchi di fogli di carta giapponese e acqua deionizzata. In questo caso, a differenza di quanto accade con la maggior parte dei trattamenti di pulitura che determinano uno schiarimento più o meno accentuato delle superfici, la desalinizzazione, rimuovendo la patina biancastra, rende le tessere complessivamente più scure e brillanti, effetto che la simulazione cerca di riprodurre.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

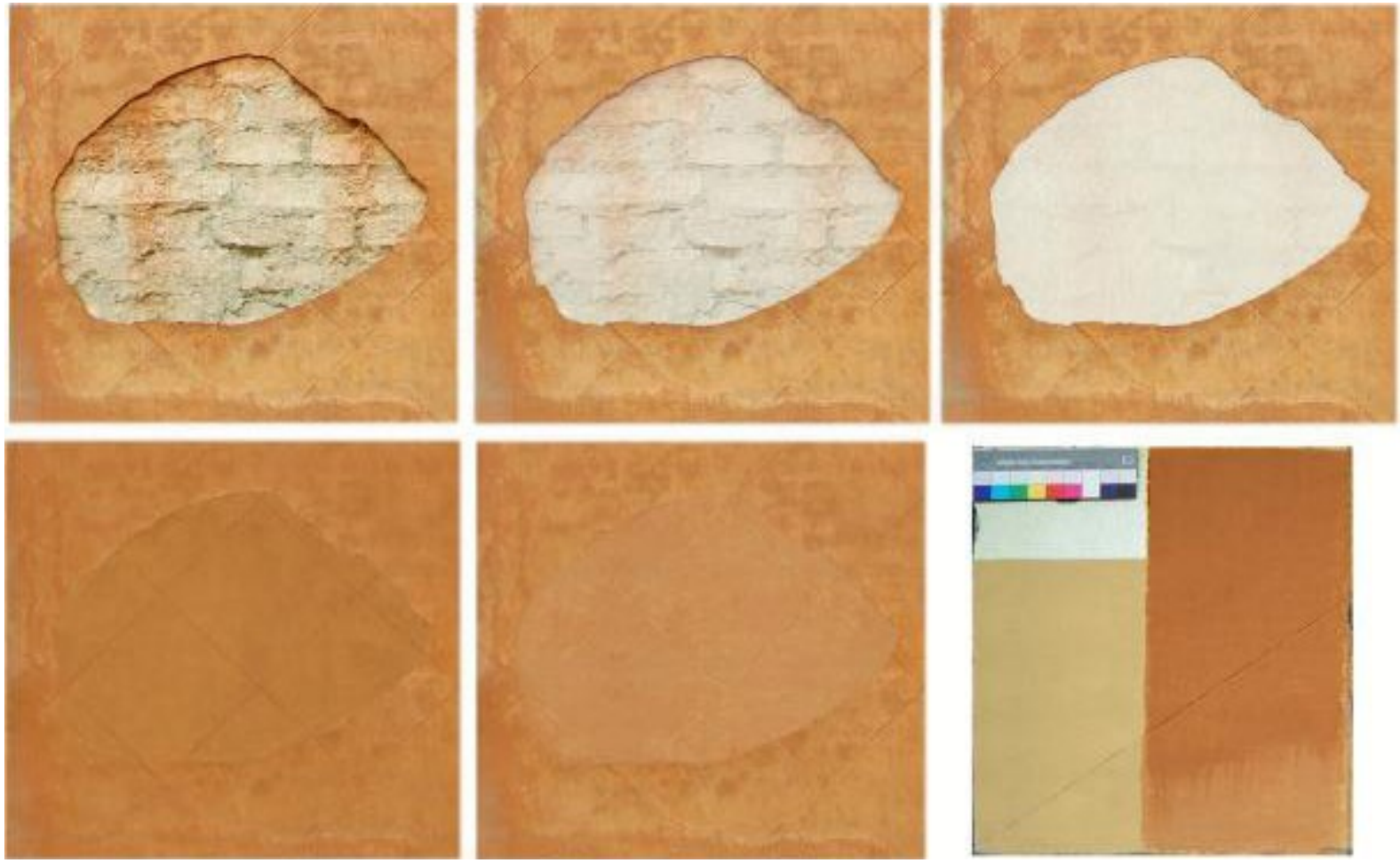

Figura 11 • Simulazione della integrazione della lacuna con le finiture importate dal pannello in basso a destra e realizzate in base allo studio cromatico della facciata. Da sinistra in alto: riquadro con la lacuna di intonaco; stesura di uno “strato non strato”; integrazione con intonaco steso leggermente sottolivello; velatura realizzata con due stesure a pennello di ocra rossa sullo sfondo di ocra gialla (parte alta della fascia rossa del pannello); velatura realizzata con una stesura a pennello di ocra rossa sullo sfondo di ocra gialla (parte in basso più chiara della fascia rossa). Negli ultimi due casi è stata simulata l’incisione del motivo a rombi e una leggera velatura rossa dell’intonaco originale.

Figura 15 • Mancanze in un basamento in pietra artificiale.

Figura 16 • Simulazione della integrazione delle mancanze elaborata con un impasto Distinguibile dall'originale, con una tonalità leggermente più rosata.

Figura 17 • Simulazione della integrazione delle mancanze elaborata con un impasto simile all'originale, ma applicata con un leggerissimo sottolivello.

Figura 18 • Simulazione della stesura di una malta di protezione di tonalità simile all'impasto originale, senza la ricostruzione dei volumi.

Figura 19 • Castel del Monte, sala VIII, primo piano, parete in conci lapidei con tracce del rivestimento parietale originale in lastre marmoree (alloggiamenti per le grappe di fissaggio delle lastre, grappe intere o spezzate, piombo ecc.).

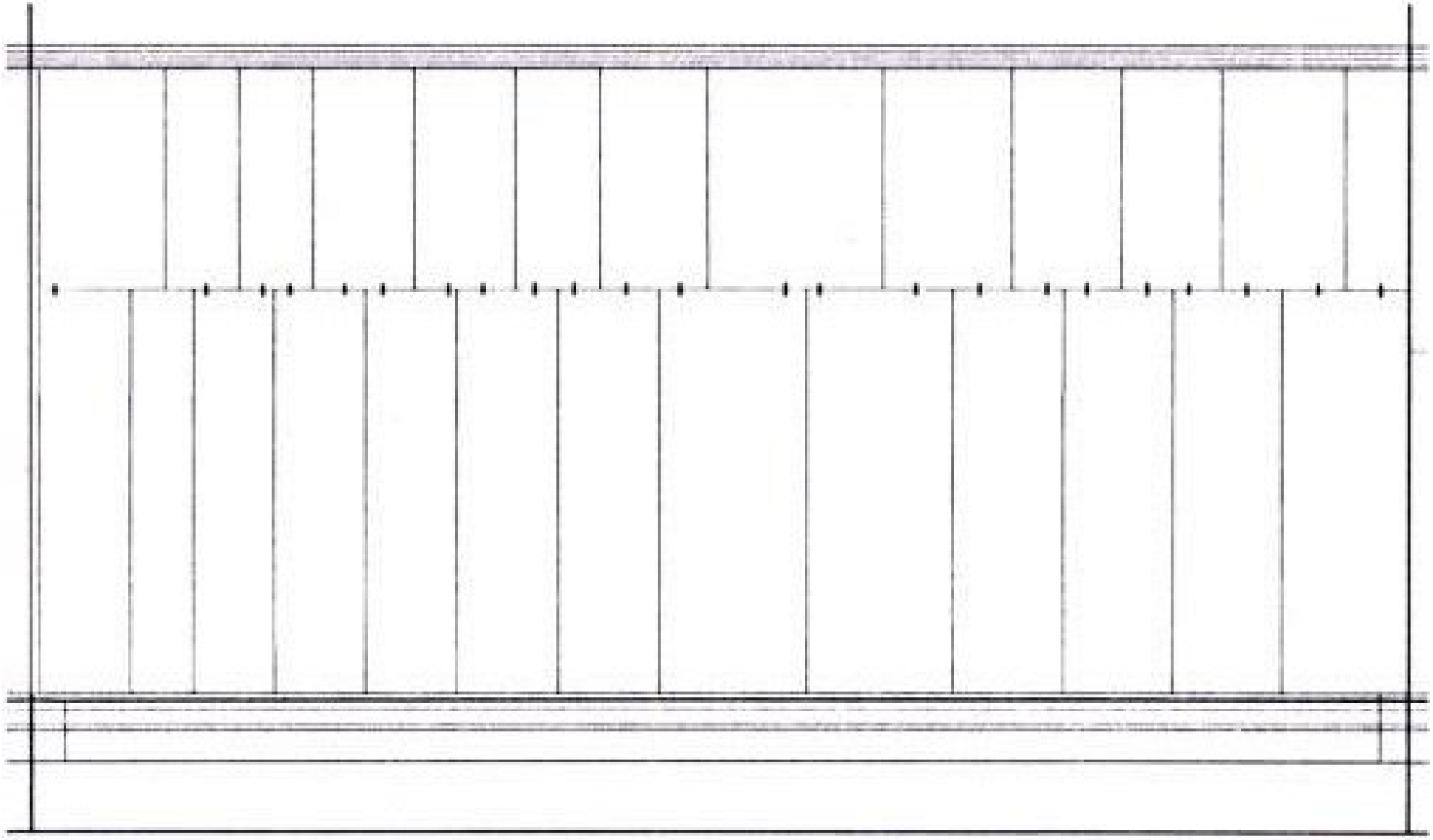

Figura 20 • Rappresentazione grafica di tipo vettoriale dell’ipotesi ricostruttiva del rivestimento parietale in lastre marmoree effettuata in base alle tracce presenti sulla parete.

DOC 06 SIMULAZIONE DEGLI INTERVENTI DI RESTAURO

Figura 21 • Simulazione fotografica della medesima ipotesi ricostruttiva del rivestimento in lastre marmoree raffigurata nell'immagine precedente. L'elaborazione digitale, oltre a essere di più immediata comprensione, fornisce una serie di informazioni sui materiali (venature, caratteristiche cromatiche, effetti chiaroscurali ecc.) che non è possibile trasmettere con un elaborato grafico, necessariamente più schematico.