



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**



Carlo Antonio Stival
via A. Valerio 6/1
34127 Trieste
+390405583489
cstival@units.it

ARGOMENTO

13

22 MARZO 2023

**Isolamento termico
Inerzia termica**

A. A. 2022-2023
Laboratorio di **Costruzione dell'Architettura**
Corso di **Tecnologie e soluzioni edilizie**
per la **sostenibilità ambientale**

Classificazione delle esigenze: URR

classe	esigenze	requisiti	
URR. Uso razionale delle risorse	Utilizzo razionale dei materiali da costruzione	URR.1.1	Utilizzo di materiali, elementi e componenti riciclati
		URR.1.2	Utilizzo di materiali, elementi e componenti aventi potenziale di riciclabilità
		URR.1.3	Utilizzo di tecniche costruttive per il disassemblaggio a fine vita
		URR.1.4	Utilizzo di materiali, elementi e componenti caratterizzati da un'elevata durabilità
	Utilizzo razionale delle risorse derivanti da scarti e rifiuti	URR.2.1	Raccolta differenziata dei rifiuti solidi urbani
	Utilizzo razionale delle risorse idriche	URR.3.1	Riduzione del consumo di acqua potabile
		URR.3.2	Recupero, per usi compatibili, delle acque meteoriche
	Utilizzo razionale delle risorse climatiche ed energetiche Salvaguardia dei sistemi naturalistici e paesaggistici	URR.4.1	Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per il riscaldamento
		URR.4.2	Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per il raffrescamento e la ventilazione igienico – sanitaria
		URR.4.3	Utilizzo passivo di fonti rinnovabili per l'illuminazione
		URR.4.4	Isolamento termico
		URR.4.5	Inerzia termica per la climatizzazione
		URR.4.6	Riduzione del fabbisogno d'energia primaria e sostituzione di fonti energetiche da idrocarburi con fonti rinnovabili

13.1

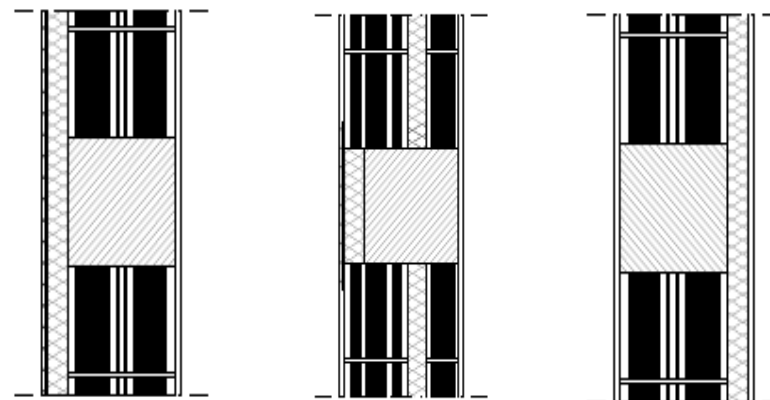
Isolamento termico

Isolamento termico

Le chiusure perimetrali **multistrato** sono caratterizzate dalla presenza di **strati** di **isolamento termico**; il soddisfacimento di quest'ultimo requisito è legato alla **configurazione complessiva** della chiusura.

Il posizionamento dello strato funzionale di isolamento termico nella soluzione tecnologica di una chiusura opaca porta all'individuazione di **quattro soluzioni**:

- isolamento termico all'**esterno**, involucro «**caldo**»;
- isolamento termico all'**esterno**, involucro «**freddo**»;
- isolamento termico in **intercapedine**;
- isolamento termico all'**interno**.



ISOLAMENTO TERMICO
ESTERNO

ISOLAMENTO TERMICO
INTERMEDIO

ISOLAMENTO TERMICO
INTERNO



Pareti monostrato isolate esternamente

Le pareti isolate all'esterno, secondo una soluzione definita di isolamento «a cappotto», sono usualmente delle pareti originariamente monostrato, interamente rivestite all'esterno di uno strato in **pannelli coibenti rigidi**, applicati direttamente sulla superficie esterna mediante **tassellatura** e **incollatura** (o una loro **combinazione**), oppure con un **sistema** di **montanti** e **traversi** applicato sulla faccia esterna della parete.

Sulla superficie esposta agli agenti atmosferici, il sistema è rivestito con un **intonaco plastico** apposto su una **rete portaintonaco**, realizzata in fibra di vetro ed avente funzione di sostegno allo spessore dell'intonaco.

In questo modo l'edificio risulta integralmente coibentato, risolvendo i problemi di condensa sulle pareti piane.

D'altro canto, la superficie esterna risulta più fragile e rende necessario una **doppia rete** in corrispondenza di **sporgenze** e **rientranze**, o in corrispondenza di **bucature**.

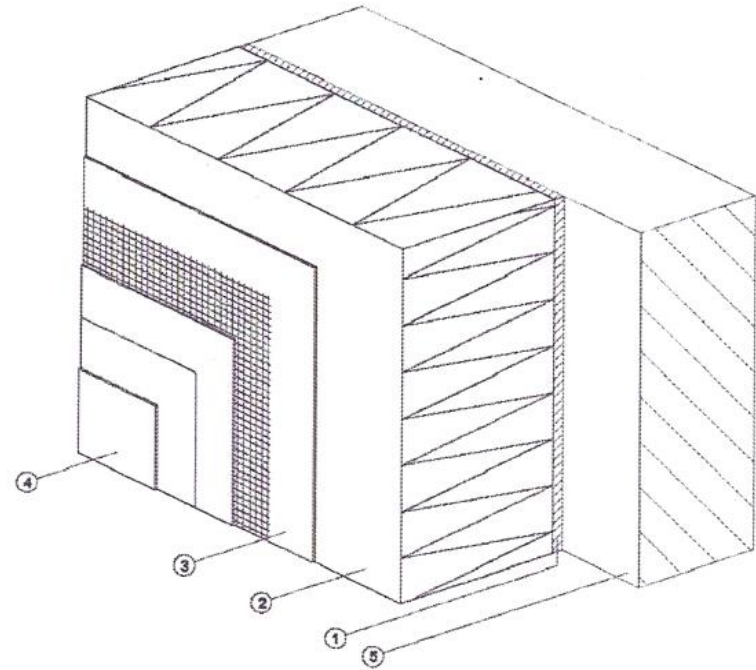


Pareti monostrato isolate esternamente

A questa categoria appartengono dunque quegli involucri edilizi in cui l'ultimo strato funzionale verso l'esterno è costituito dall'isolamento termico; inoltre, il rivestimento esterno aderisce completamente allo strato di isolamento termico.

L'isolamento termico posizionato all'esterno, detto anche "a cappotto", avvolge tutti gli elementi d'involucro rendendo così **minimi** i **ponti termici**, risolvendo al contempo le problematiche relative ai fenomeni di **condensa** negli elementi di chiusura.

Il sistema 'a cappotto', oggetto di una normativa specifica che ne disciplina componenti e prestazioni, è noto in ambito comunitario con l'acronimo ETICS (**External Thermal Insulation Composite System**).



Esempio di soluzione conforme per l'isolamento 'a cappotto' costituito dal collante (1) applicato al supporto portante (5), dal pannello termoisolante (2), dalla rasatura armata (3) e dallo strato di finitura superficiale (4).

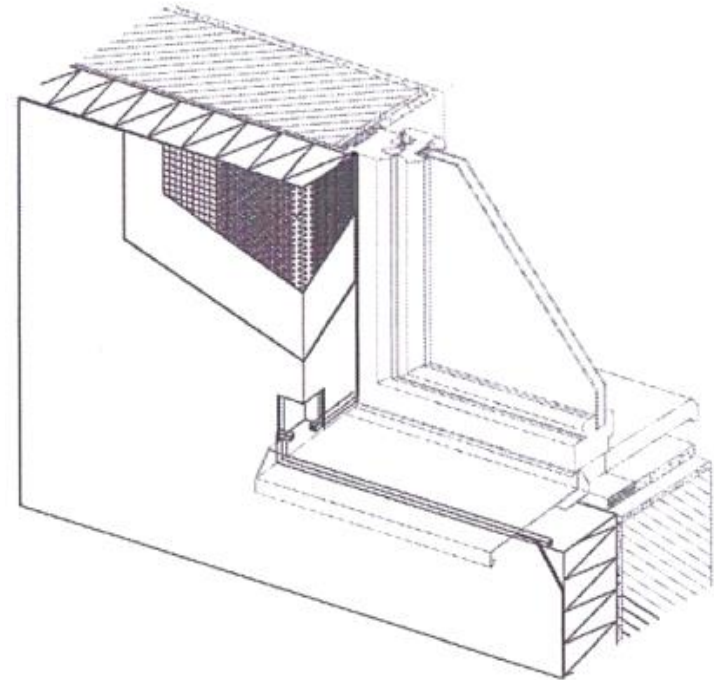
Pareti monostrato isolate esternamente

Esso è definito come un sistema composto, costituito da un materiale isolante incollato, o ancorato meccanicamente tramite **tasselli** o profili alla parete, rasato da uno o più strati direttamente sui pannelli isolanti con una rete d'armatura di rinforzo.

Lo strato termoisolante, non idrofilo, è fissato allo strato resistente tramite **collanti** o **ancoraggi** (se la natura dello strato di supporto lo consente) e rivestito con intonaco. Se lo strato termoisolante ha uno spessore superiore a 10 cm, è consigliata la tassellatura. Tale operazione (6÷10 tasselli / m²) è invece necessaria:

- su supporti **intonacati** e in **calcestruzzo**;
- in sistemi d'isolamento a cappotto la cui **massa** superficiale complessiva sia superiore a 30 kg/m²;
- in edifici di **altezza** superiore a 22 ml.

L'intonaco viene rinforzato con un'armatura in fibra di vetro o in materiali affini, coperta da una sottile rasatura; per tale motivo lo strato di finitura viene solitamente steso in due momenti diversi.

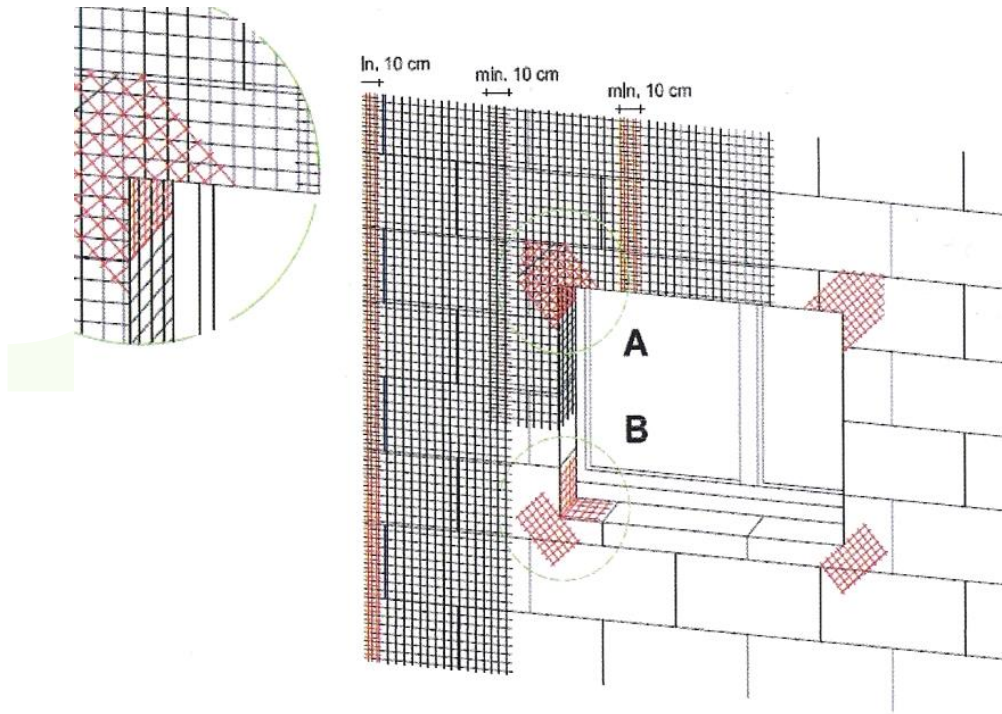


Raccordo della soluzione conforme con isolamento termico esterno in prossimità di una bucatura.

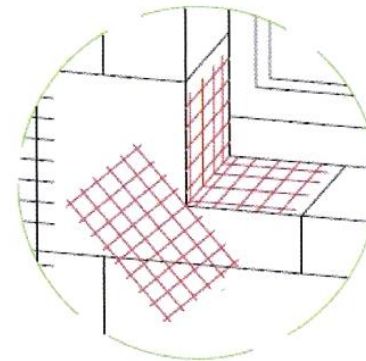
Pareti monostrato isolate esternamente

L'armatura funge da elemento di **resistenza meccanica** agli urti e controlla le **variazioni dimensionali** dell'intonaco. In prossimità di bucatore e discontinuità geometriche l'armatura deve essere **rinforzata** localmente per evitare la comparsa di fessurazioni.

In edifici esistenti, a vantaggio si ascrivono la maggiore stabilità termica della parete e l'eliminazione di molti ponti termici, ma si evidenzia anche la necessità di **riallineare cornicioni** e **davanzali** e di prevedere un'impalcatura esterna per l'applicazione del cappotto.



Posizionamento della rete d'armatura per i sistemi ETICS; particolari della posa in corrispondenza delle bucatore.



Pareti monostrato isolate esternamente

MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEGLI ISOLAMENTI TERMICI ALL'ESTERNO (1)

1

Controllo preliminare dell'omogeneità e della planarità del supporto

2

Tracciamento dei piani di posa dei pannelli e posa dei profili di partenza

3

Preparazione della malta per l'incollaggio dei pannelli

4

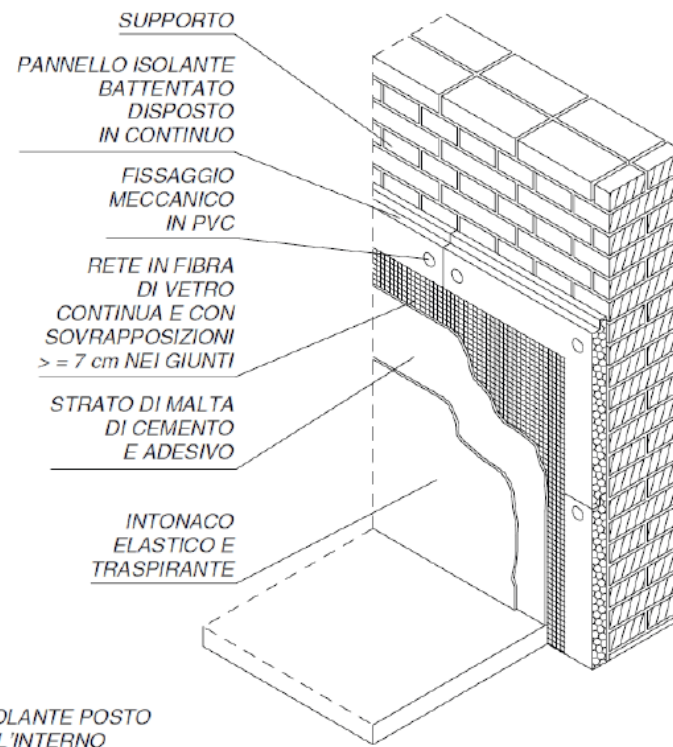
Posa in opera dei pannelli isolanti e di strisce di guarnizione verso elementi costruttivi quali serramenti e davanzali

5

Fissaggio meccanico dei pannelli coibenti

6

Preparazione della malta rasante e posa di profili di rinforzo localizzati



Pareti monostrato isolate esternamente

MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DEGLI ISOLAMENTI TERMICI ALL'ESTERNO (2)

7

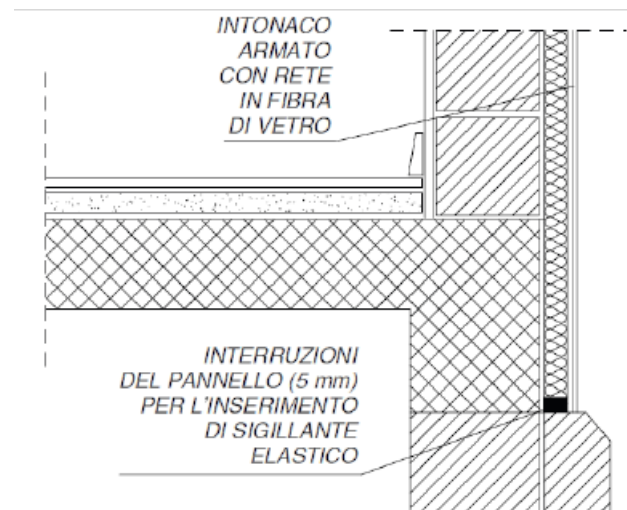
Realizzazione della rasatura armata sulla superficie esterna dello strato isolante

8

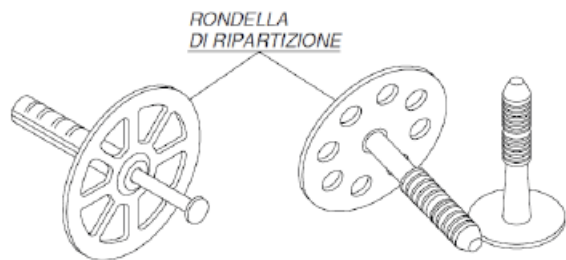
Sigillatura dei giunti tra rasatura armata ed elementi costruttivi singolari

9

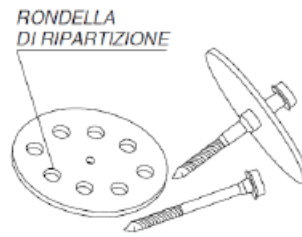
Applicazione dello strato esterno di finitura ed eventuale tinteggiatura



TASSELLI PER IL FISSAGGIO DI PANNELLI ISOLANTI



TASSELLO A ESPANSIONE
adatto alle murature vuote
o calcestruzzo alleggerito



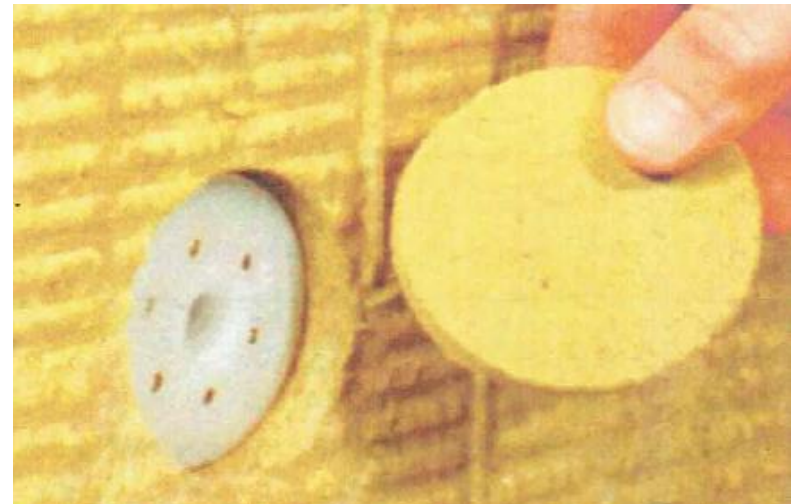
TASSELLO A PRESSIONE
adatto alle murature piene
e calcestruzzo

VITE adatta al fissaggio
dell'isolante su orditi
di metallo o legno

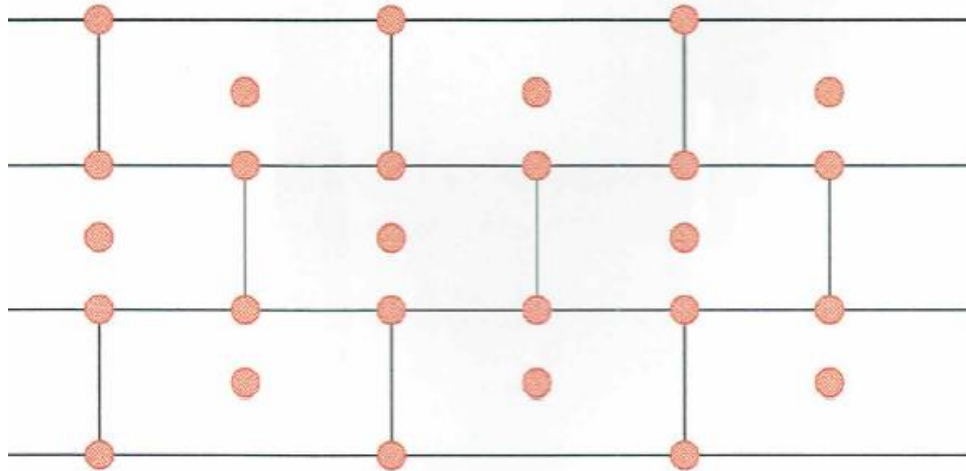
Pareti monostrato isolate esternamente



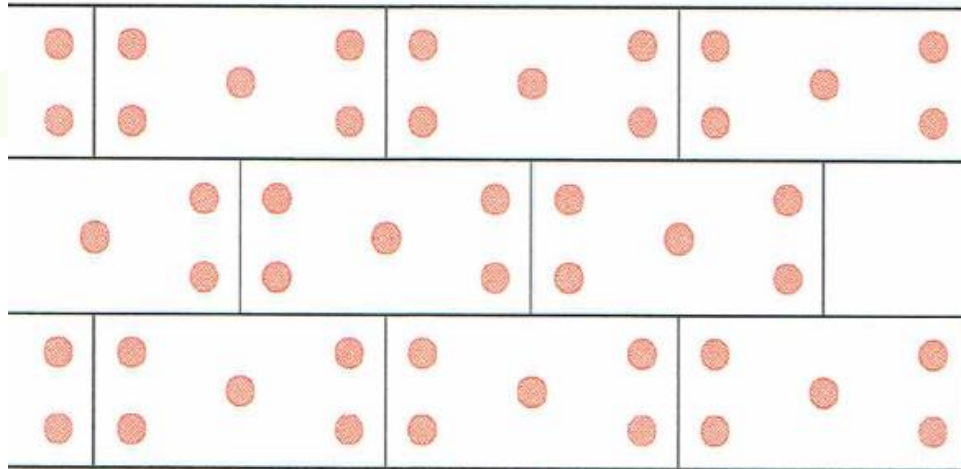
Particolari della tassellatura di pannelli coibenti.



Pareti monostrato isolate esternamente



Organizzazione della tassellatura per pannelli in coibente sintetico.



Organizzazione della tassellatura per pannelli in fibra di legno.

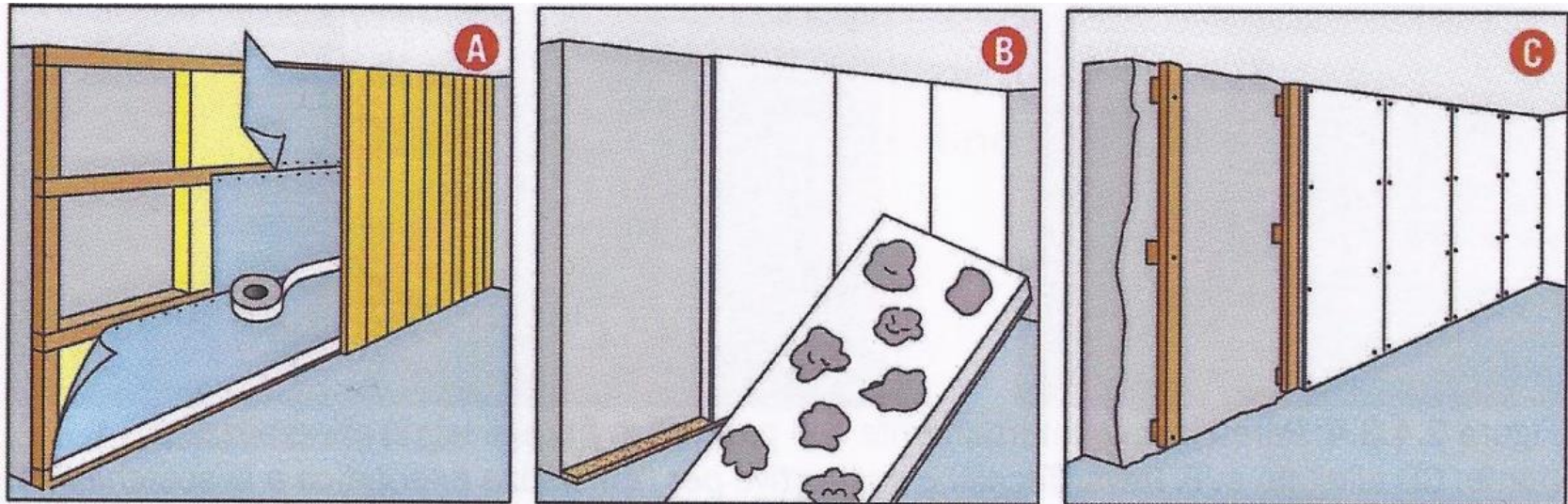
Pareti monostrato isolate internamente

L'isolamento termico **interno** è la soluzione scelta di solito nel caso di edifici preesistenti dove non è realizzabile (ad esempio se la facciata risulta vincolata) l'applicazione dello strato termoisolante all'esterno.

L'applicazione di questa soluzione non è mai del tutto efficiente poiché:

- le strutture dell'edificio rimangono esposte alle **variazioni** della **temperatura esterna**;
- i **ponti termici non** sono **evitabili**; la posizione dell'isolamento termico accentua tali effetti;
- il **rischio** di **condensazione** superficiale ed interstiziale è più elevato rispetto alle altre tipologie.

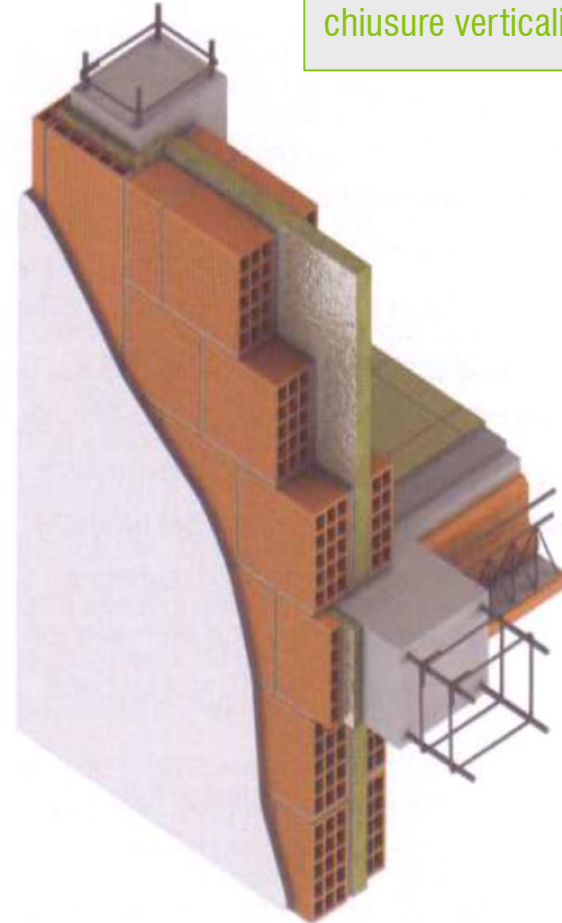
Modalità di realizzazione dello strato di isolamento termico interno: pannelli di lana minerale su orditura lignea, barriera al vapore e rivestimento con doghe in legno (A), pannelli prefiniti incollati per punti allo strato portante (B), pannelli inchiodati ad una struttura di sostegno in listelli lignei, con intercapedine d'aria.



Pareti ad isolamento intermedio

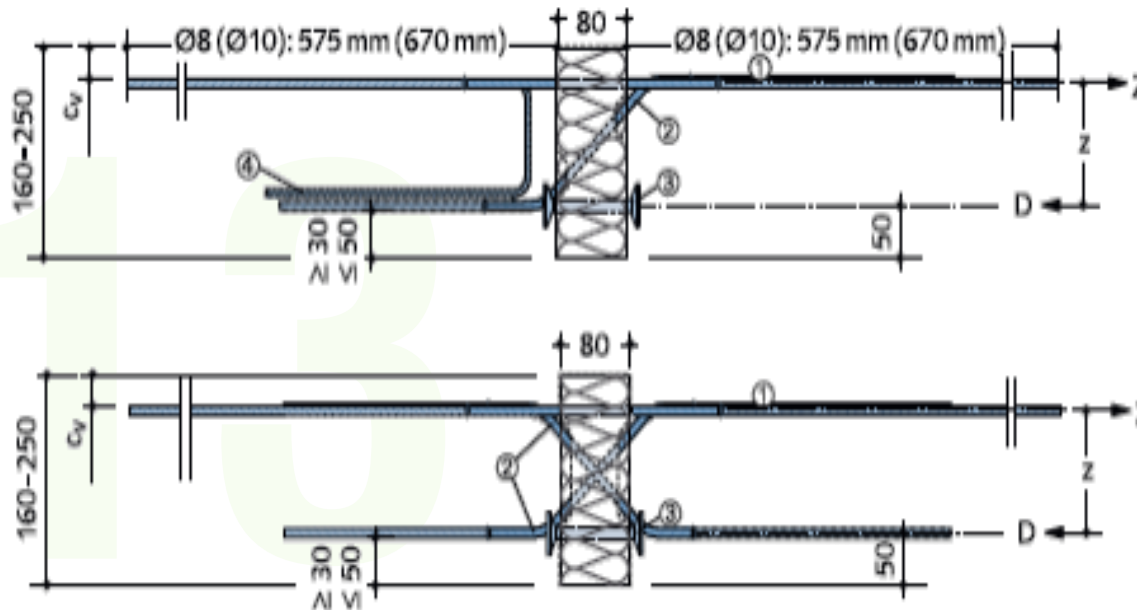
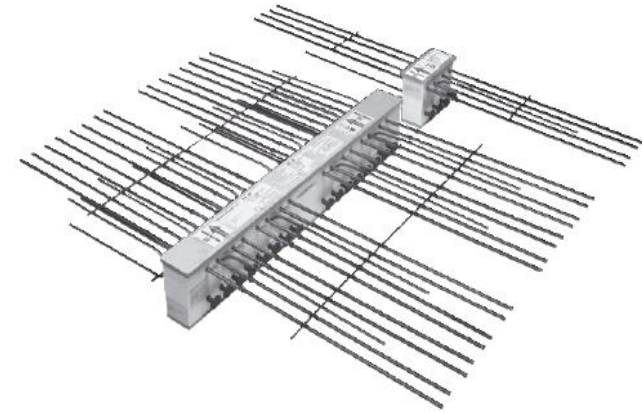
Una parete a due paramenti, dei quali in genere **uno** è **portante** e l'**altro** è **non portante**, rende disponibile un'**intercapedine** per l'**isolamento** termico **intermedio**; l'intercapedine può essere interamente occupata dallo strato termoisolante o rimanere in parte libera. La presenza di una lama d'aria di ridotte dimensioni (2÷5 cm) tra lo strato termoisolante ed il paramento esterno protegge la parete da fenomeni di **condensa interstiziale** e preserva l'integrità dello strato stesso in caso di infiltrazione d'acqua. Intercapedini di dimensioni maggiori di 5 cm inibiscono il **potere termoisolante** della lama d'aria, in quanto rendono possibili moti convettivi di trasmissione del calore. Lo strato termoisolante può essere realizzato con **pannelli rigidi** o **semirigidi** o con materassini non idrofili; in edifici esistenti, l'intercapedine d'aria può essere riempita con **isolanti sciolti**, soluzione che presenta alcune problematiche legate alla ridotta stabilità dimensionale dei materiali sfusi.

Problema della continuità dell'isolamento termico per chiusure verticali doppie



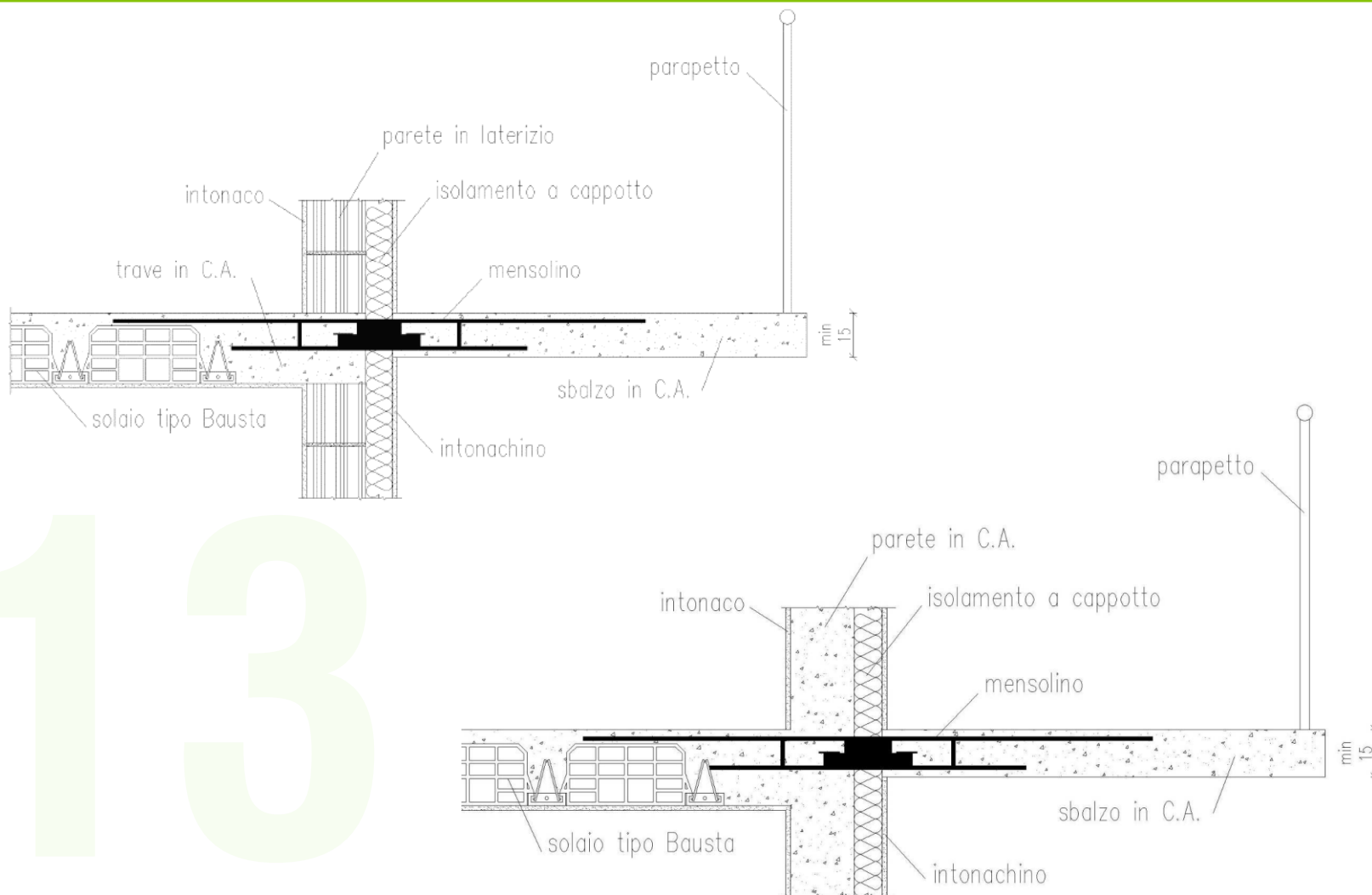
Pareti ad isolamento intermedio

In prossimità di cordoli perimetrali e in corrispondenza di aggetti, la realizzazione della continuità dello strato coibente è possibile ricorrendo a speciali **elementi di raccordo**. Queste soluzioni tecnologiche sono applicabili su tutti gli involucri opachi che presentano il medesimo problema di **continuità d'isolamento** in corrispondenza di aggetti.



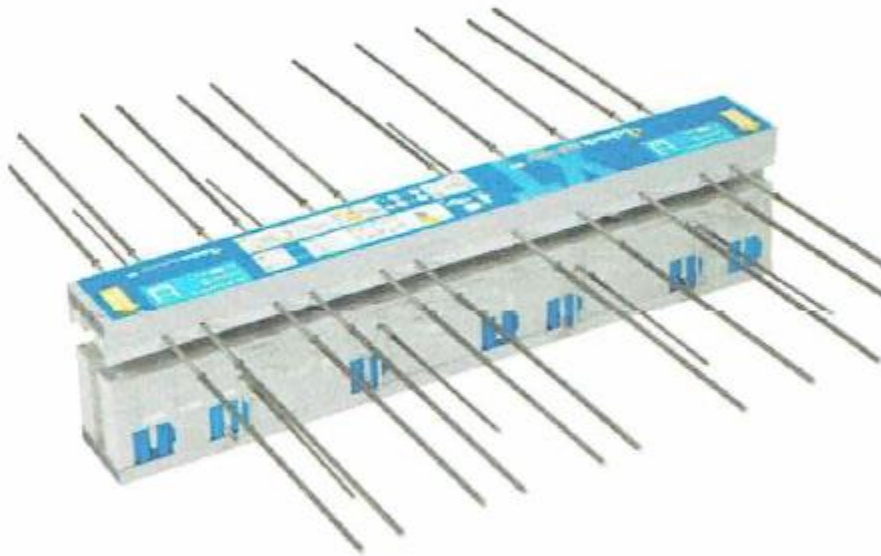
Realizzazione della continuità dell'isolamento all'aggetto con l'impiego di elementi metallici di raccordo innestati all'orizzontamento: assonometria dell'elemento tecnico (moduli da 1 ml e moduli di completamento da 20 cm) ed armatura per la ripresa delle sollecitazioni flessionali.

Pareti ad isolamento intermedio

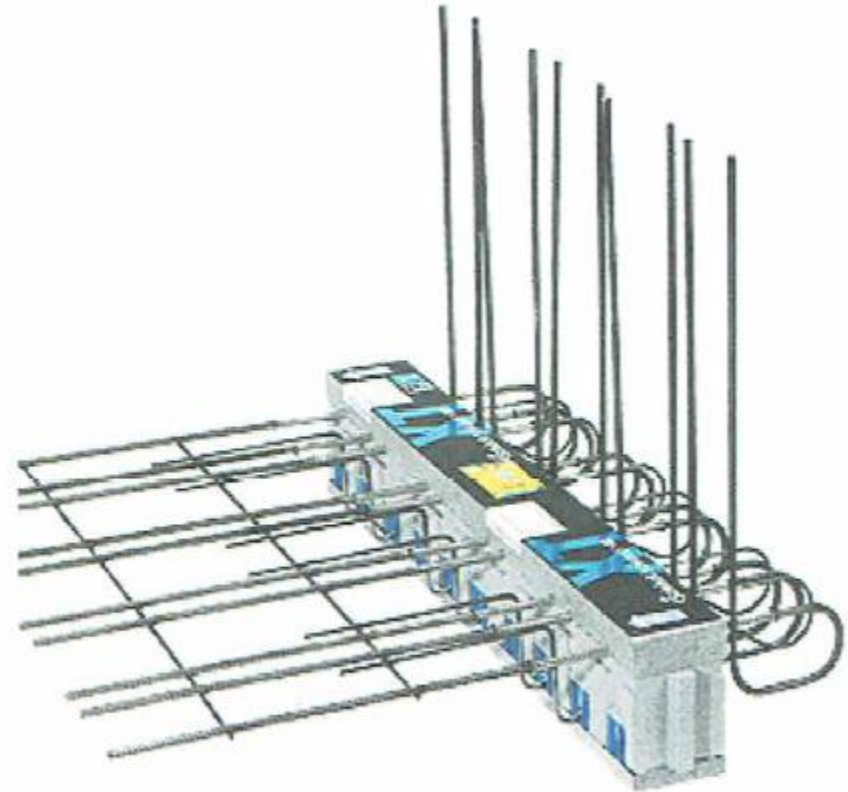


13

Pareti ad isolamento intermedio



Disgiuntore strutturale per il getto di un elemento a sbalzo orizzontale.



Disgiuntore strutturale per il getto di un elemento a sbalzo a sviluppo verticale.

Pareti ad isolamento intermedio

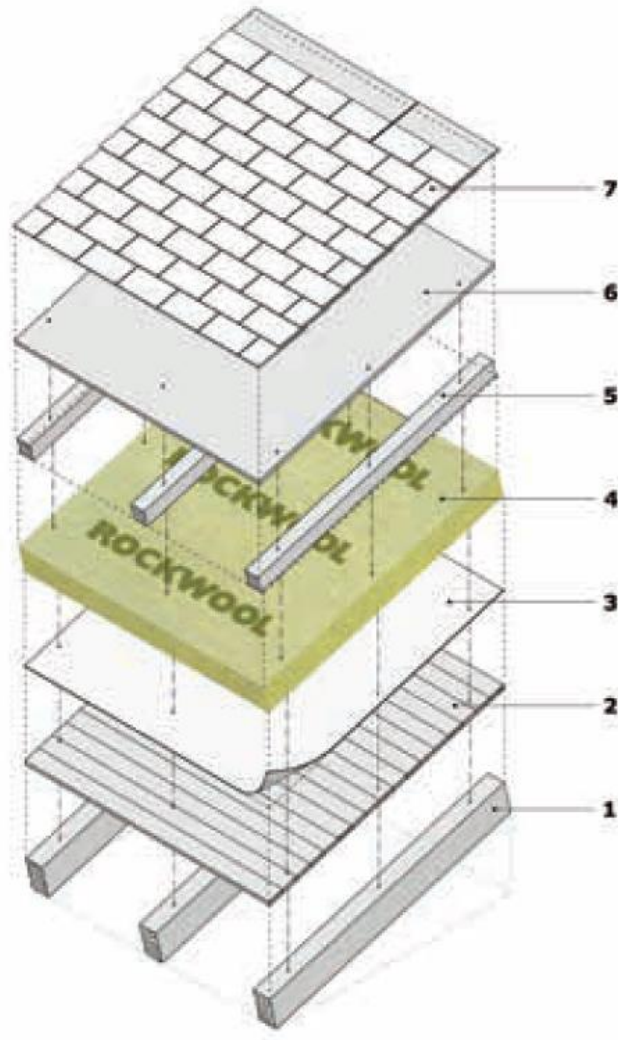


A sinistra, armatura della trave di bordo.
A destra, armatura di ripresa per soletta a sbalzo.



A destra, struttura provvisoria per il getto della soletta a sbalzo, con tavola di chiusura.

Coperture inclinate - Soluzioni tecnologiche



SOLUZIONE CON TEGOLE BITUMINOSE

Elemento portante in travi lignee e tavolato sovrapposto

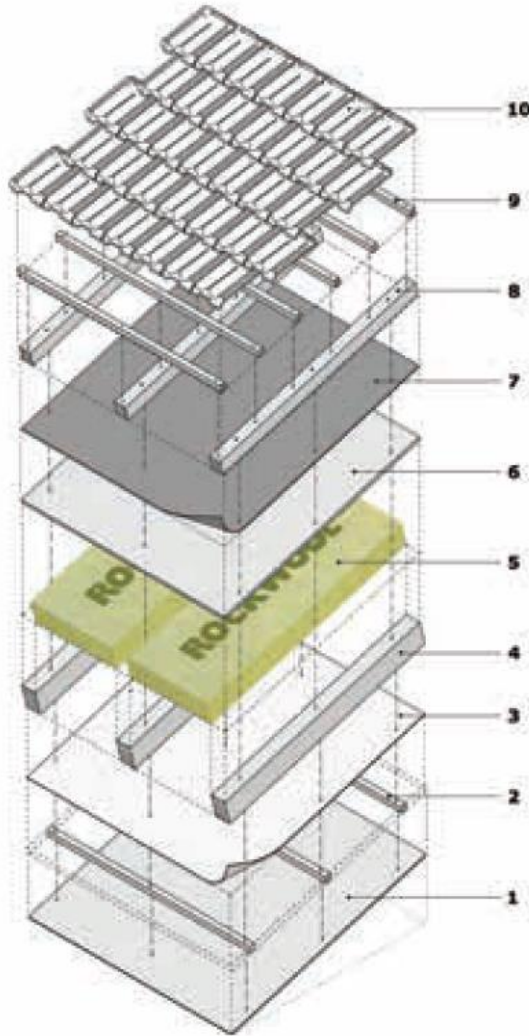
Foglio di polietilene con sovrapposizione a tenuta d'aria

Coibentazione in lana di roccia a doppia densità

Strato di supporto al manto in pannelli lignei

Tegole bituminose saldate a fiamma

Coperture inclinate - Soluzioni tecnologiche



SOLUZIONE ISOLATA INTERNAMENTE

Rivestimento interno in cartongesso rivestito o gessofibra

Strato di supporto in listelli lignei

Foglio di polietilene con sovrapposizione a tenuta d'aria

Elemento portante in travi lignee con coibente interposto

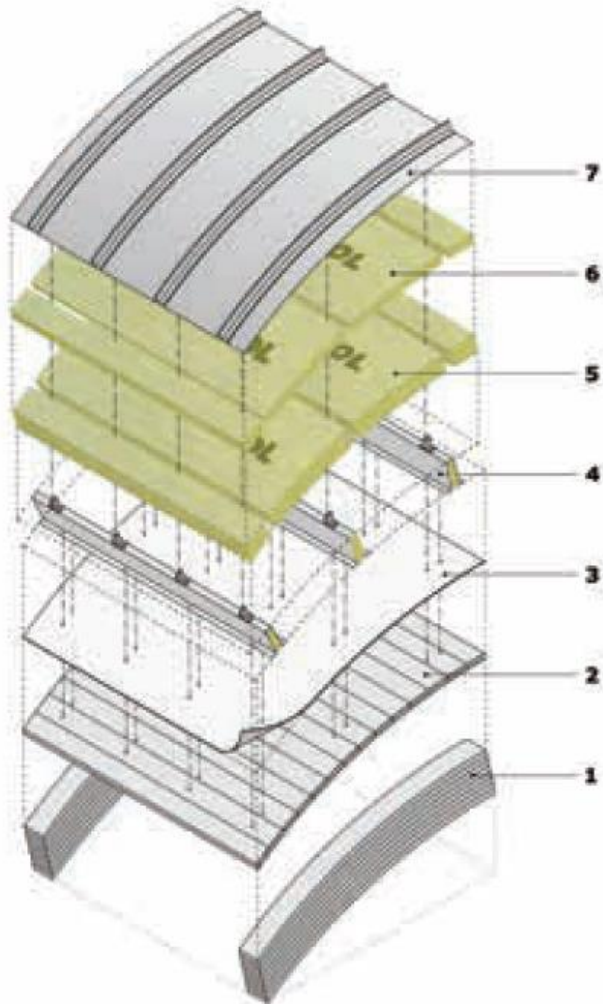
Strato di supporto in tavolato ligneo

Geotessile non tessuto per tenuta all'acqua

Strato di supporto al manto in pannelli lignei

Tegole in laterizio

Coperture inclinate - Soluzioni tecnologiche



COPERTURA DISCONTINUA IN LASTRE METALLICHE (ZINCO / ZINCO-TITANIO)

Elemento portante in travi lignee e tavolato sovrapposto

Foglio di polietilene con sovrapposizione a tenuta d'aria

Strato di supporto in elementi metallici staffati...

...con interposizione di pannelli isolanti

Elemento di tenuta in lastre metalliche UNI 10372

13.2

Ponti termici

Ponti termici

In organismi edilizi ad elevato isolamento termico, le **dispersioni** di energia termica si concentrano in prossimità dei **ponti termici**, ossia in **singolarità** lineari e puntuali in cui il flusso termico scambiato per conduzione è **non monodimensionale**.

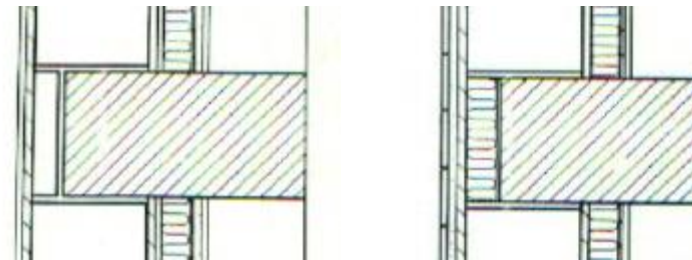
I ponti termici, che insorgono in presenza di una delle seguenti situazioni:

- **discontinuità tra i materiali**, o ponti termici di struttura (ad esempio, l'inserimento di un pilastro in cemento armato all'interno di una parete in laterizio);
- **discontinuità geometriche**, o ponti termici di forma (ad esempio angoli, rientranze, sporgenze);
- **discontinuità** o **interruzioni** dello **strato isolante** (ad esempio raccordo con serramenti, aggetti).

In corrispondenza del ponte termico si instaura una **via preferenziale** per il **passaggio** del **calore**, manifestata da un **abbassamento** locale della **temperatura superficiale**.

La disomogeneità della temperatura degli elementi d'involucro in punti diversi comporta due ordini di effetti:

- la possibilità di sensazioni di **discomfort termico** per asimmetria della temperatura media radiante;
- con elevate concentrazioni di umidità all'interno dei locali, la possibile **insorgenza** di macchie d'**umidità**, o **distacchi** dell'**intonaco** interno.



ponte termico

correzione

Ponti termici



Striscia perimetrale per la correzione del ponte termico solaio – parete perimetrale

Ponti termici ricorrenti

ISOLAMENTO TERMICO

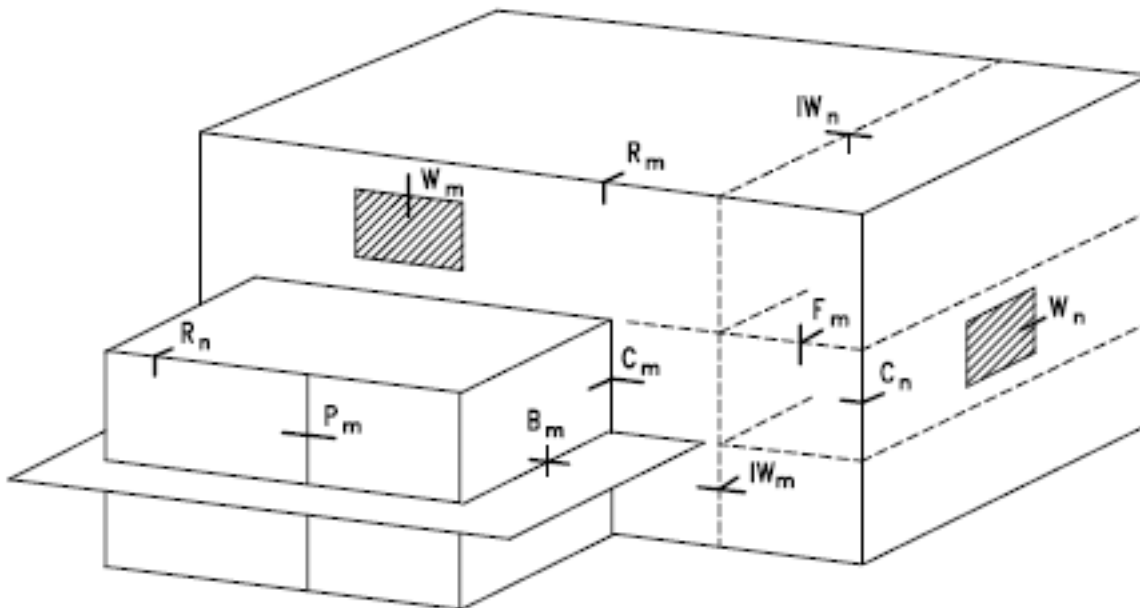
nodi di continuità

intersezione partizione-chiusura

raccordo infisso-chiusura

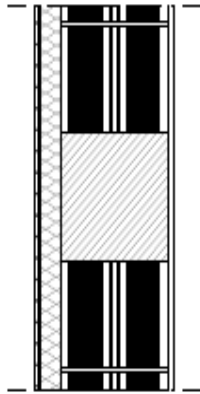
discontinuità di materiale

angoli e rientranze

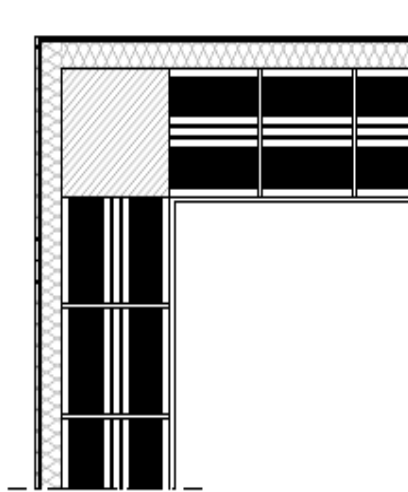


Ponti termici con isolamento esterno

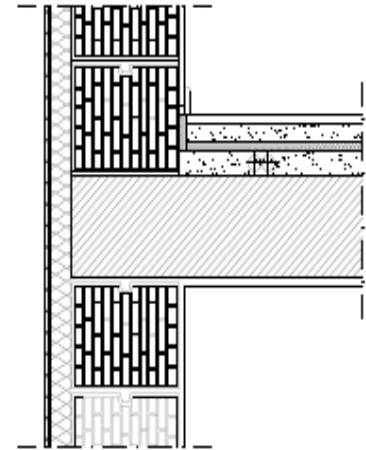
PILASTRO
– PARETE CORRENTE



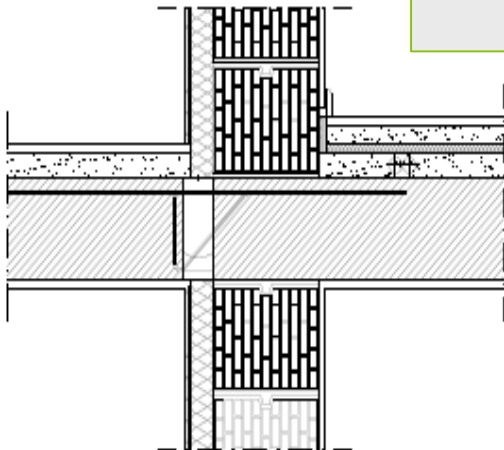
PILASTRO D'ANGOLO –
PARETE



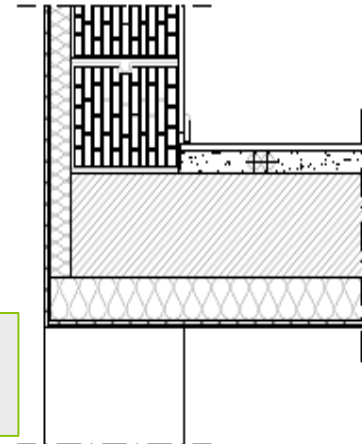
PARETE
– SOLAIO D'INTERPIANO



PARETE – AGGETTO

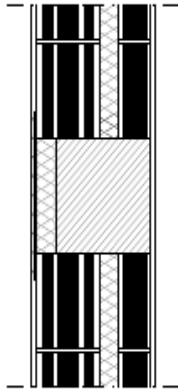


PARETE –
SOLAIO SU PORTICATO

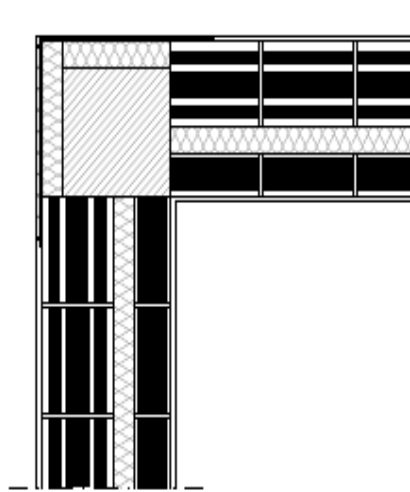


Ponti termici con isolamento intermedio

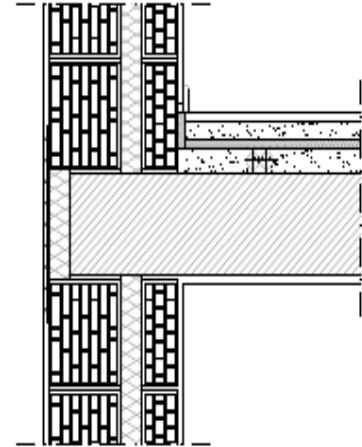
PILASTRO
– PARETE CORRENTE



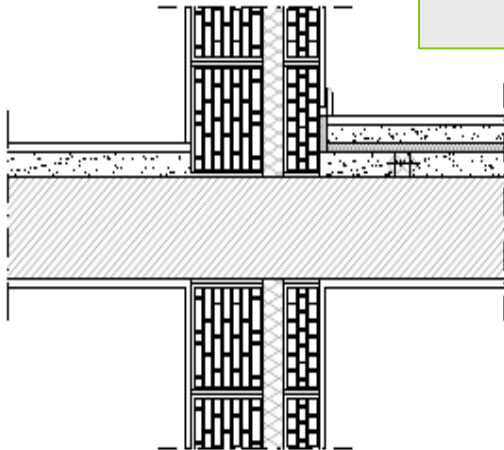
PILASTRO D'ANGOLO –
PARETE



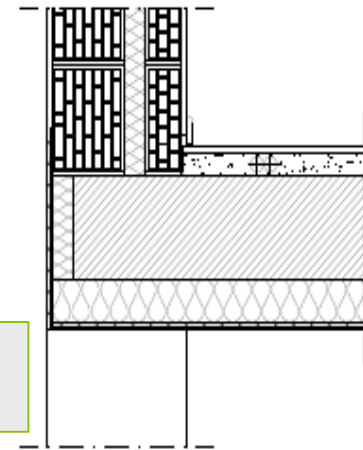
PARETE
– SOLAIO D'INTERPIANO



PARETE – AGGETTO

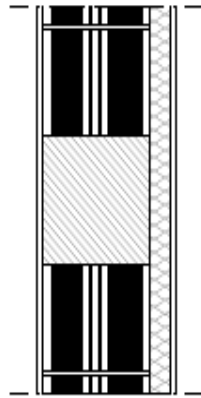


PARETE –
SOLAIO SU PORTICATO

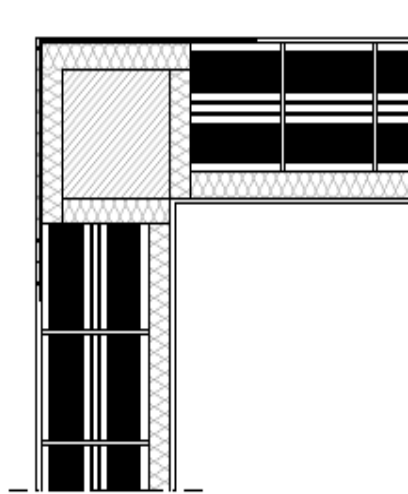


Ponti termici con isolamento interno

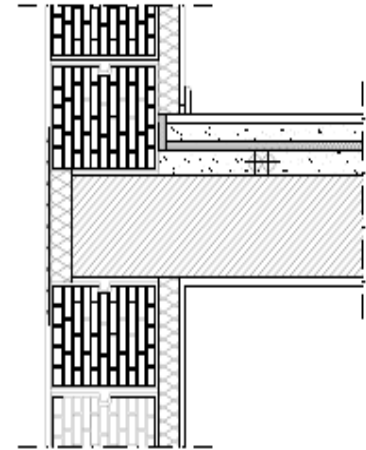
PILASTRO
– PARETE CORRENTE



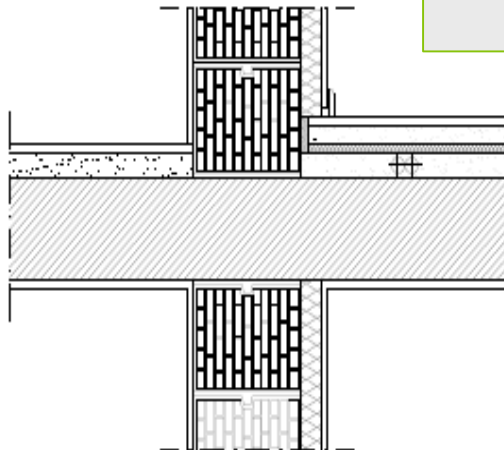
PILASTRO D'ANGOLO –
PARETE



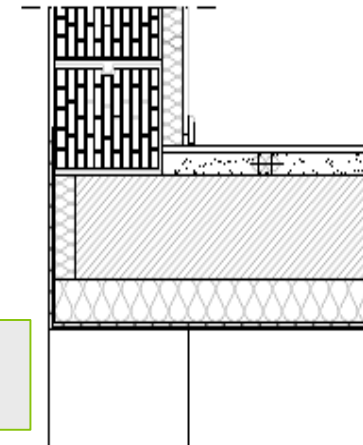
PARETE
– SOLAIO D'INTERPIANO



PARETE – AGGETTO

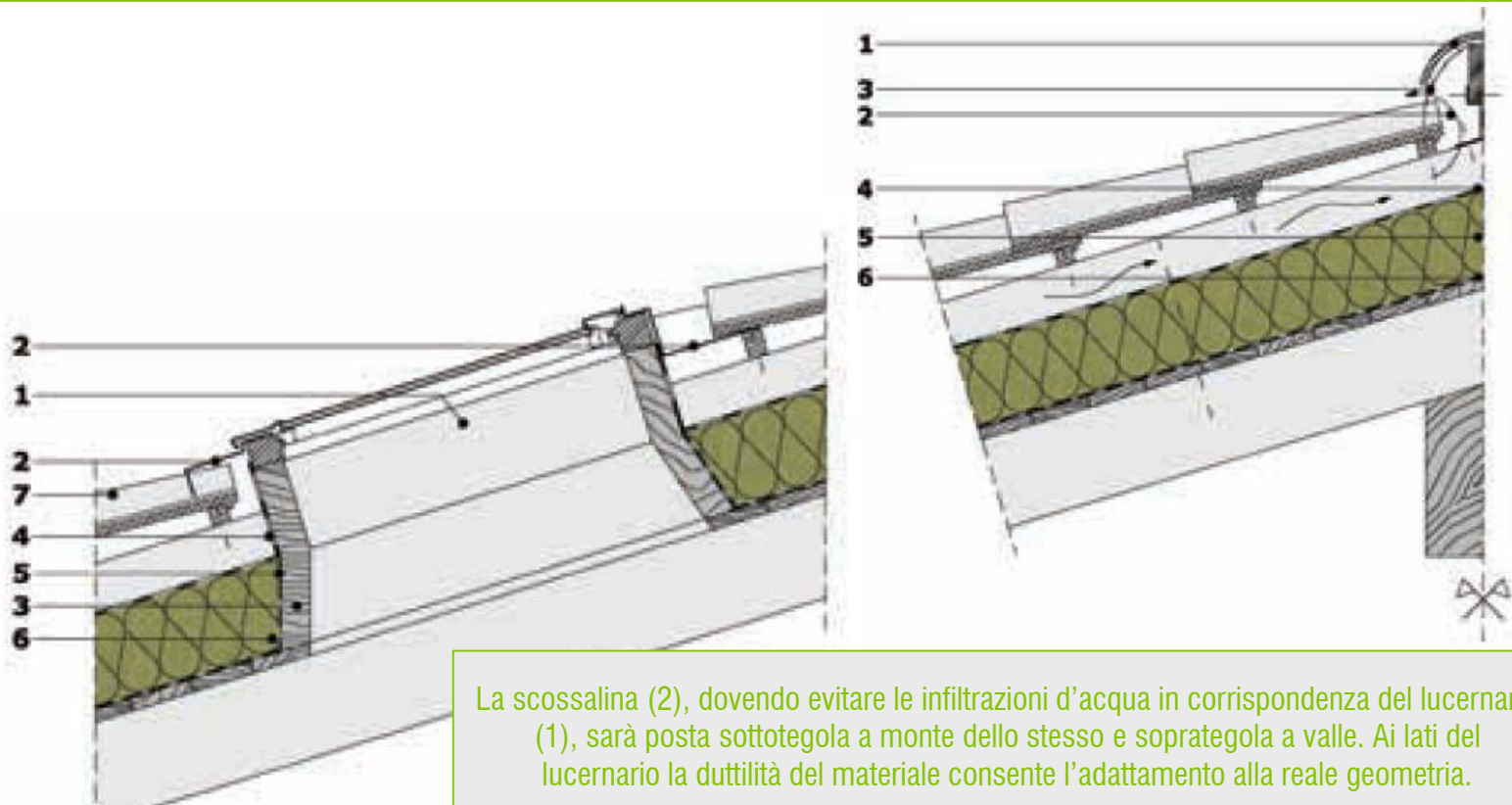


PARETE –
SOLAIO SU PORTICATO



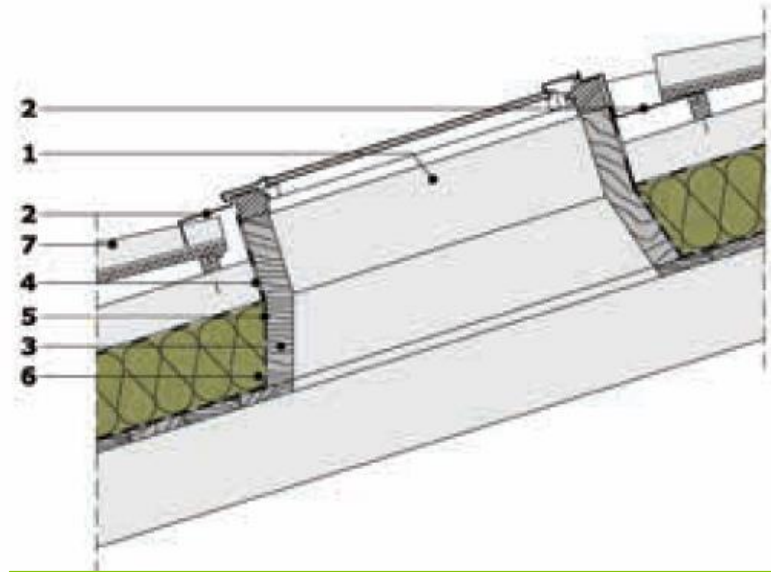
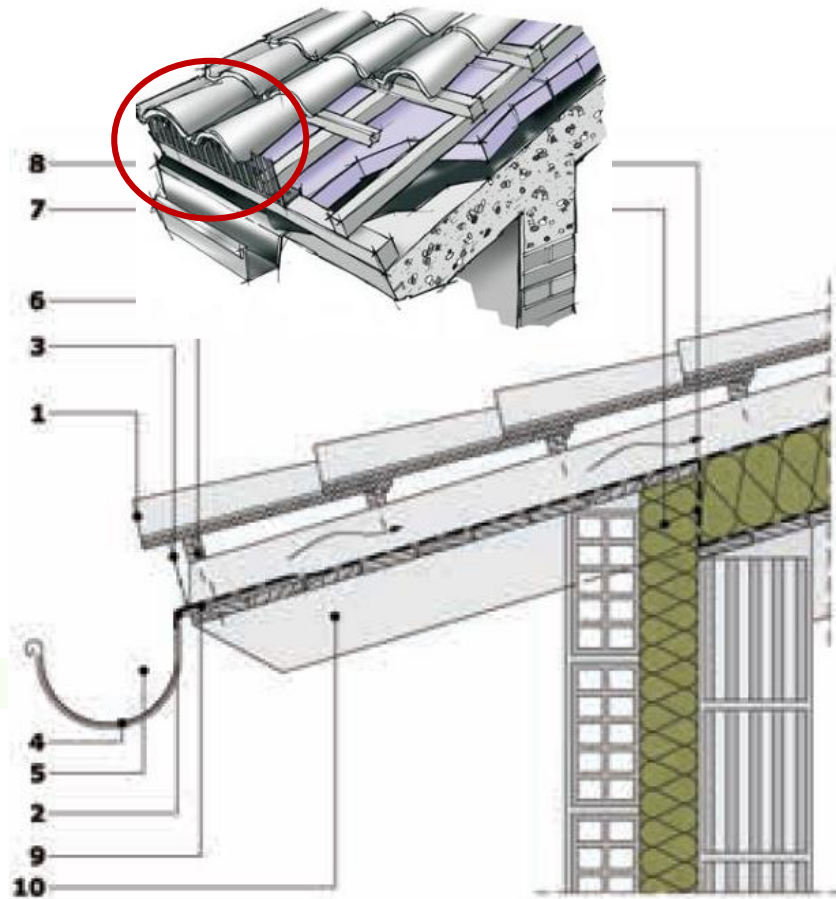
Punti singoli nelle coperture inclinate

L'elemento di aerazione (1) è fissato ad un supporto ligneo solidale con la struttura principale e provvisto di rete parapasseri (3); la sezione di aerazione al colmo (2) non deve presentare restrizioni rispetto al canale di falda.



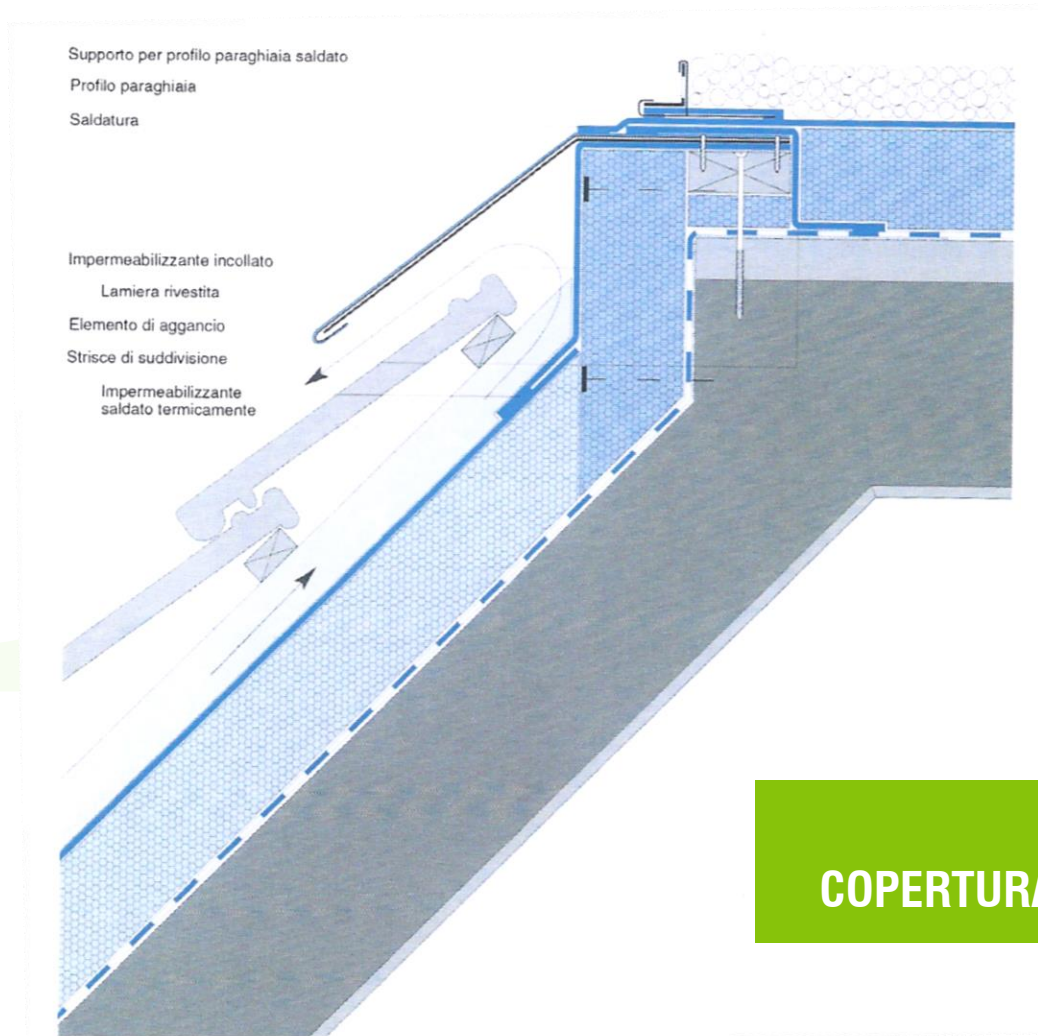
La scossalina (2), dovendo evitare le infiltrazioni d'acqua in corrispondenza del lucernario (1), sarà posta sottotegola a monte dello stesso e soprattegola a valle. Ai lati del lucernario la duttilità del materiale consente l'adattamento alla reale geometria.

Punti singolari nelle coperture inclinate



Il manto di copertura (1) deve sporgere per circa 1/3 della larghezza del canale di gronda (5) per consentire la caduta dell'acqua meteorica. Lo strato di tenuta all'acqua (2) deve raggiungere il canale di gronda; nella stessa sezione, la bocca dei canali di ventilazione (3) deve possedere una rete parapasseri. Il primo listello (6) presenta un'altezza maggiore rispetto alle altre per uniformare la pendenza delle tegole. Lo strato di tenuta all'aria deve raggiungere la chiusura perimetrale.

Punti singolari nelle coperture inclinate

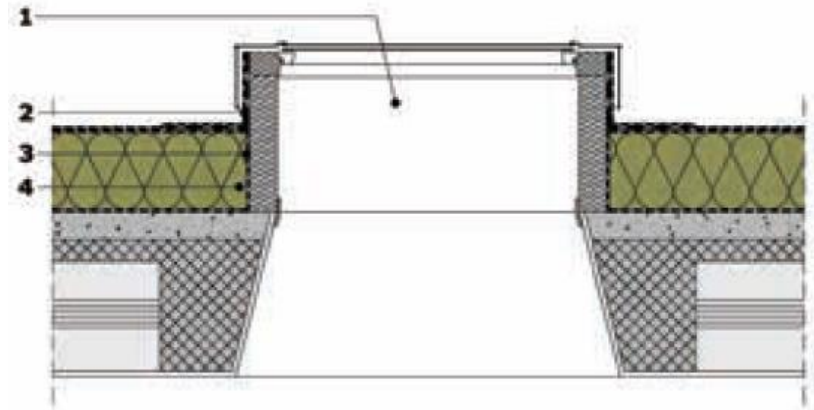
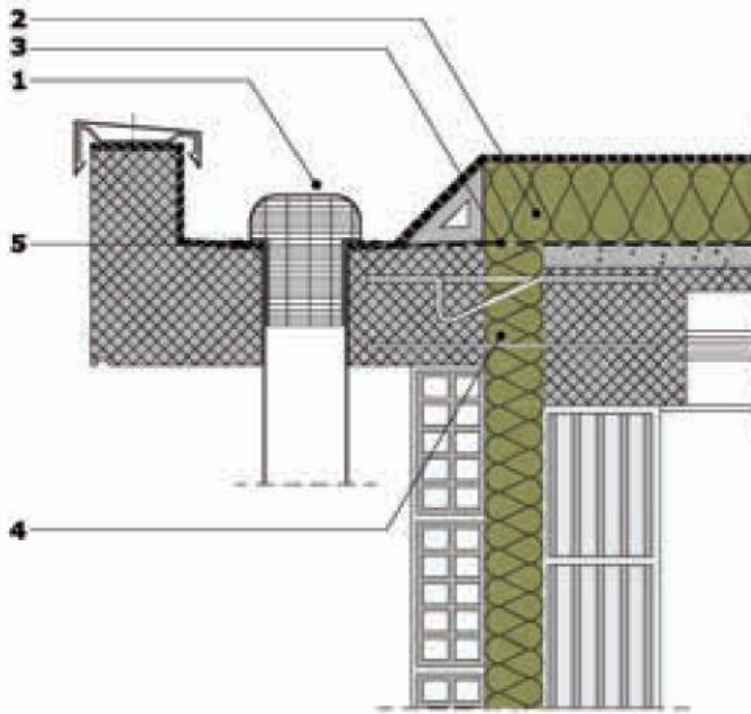


**RACCORDO
COPERTURA PIANA - FALDA VENTILATA**

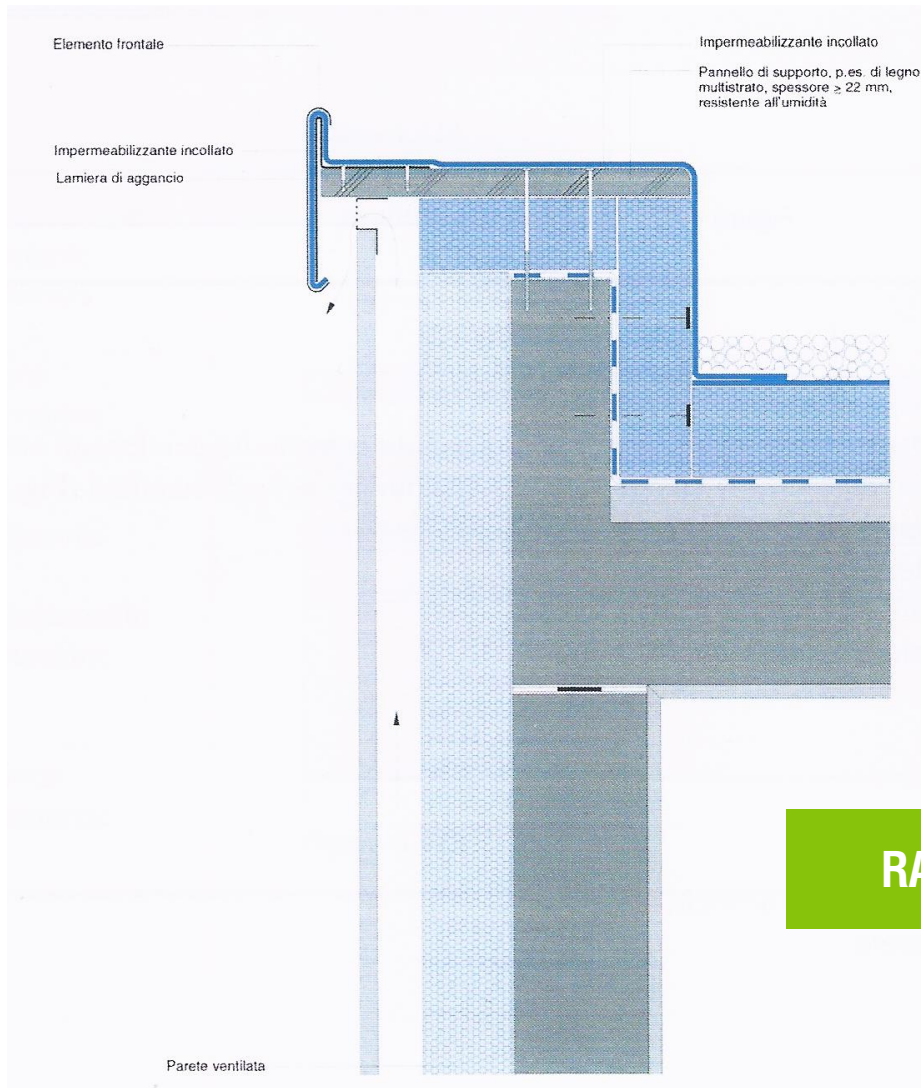
Punti singolari nelle coperture piane

La continuità dell'elemento termoisolante (2) è garantita mediante elementi prefabbricati di ripresa dell'armatura. Lo strato di controllo vapore (3) prosegue fino allo strato di tenuta.

La membrana bituminosa (tenuta all'acqua, 2) e il foglio in polietilene (controllo vapore acqueo, 3) devono essere risvoltati fino alla scossalina del lucernario



Punti singoli nelle coperture piane

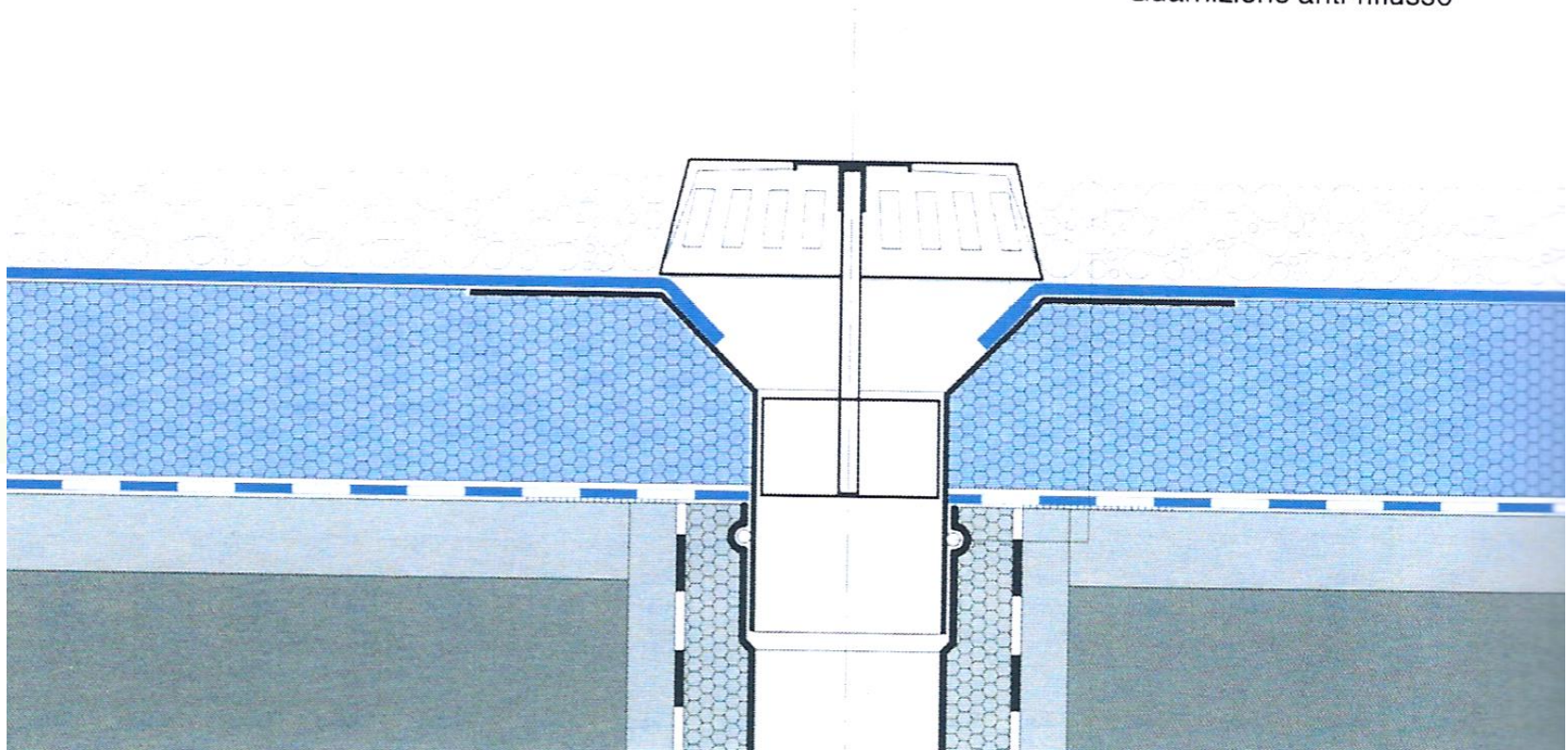


RACCORDO CON PARETE VENTILATA

Punti singolari nelle coperture piane

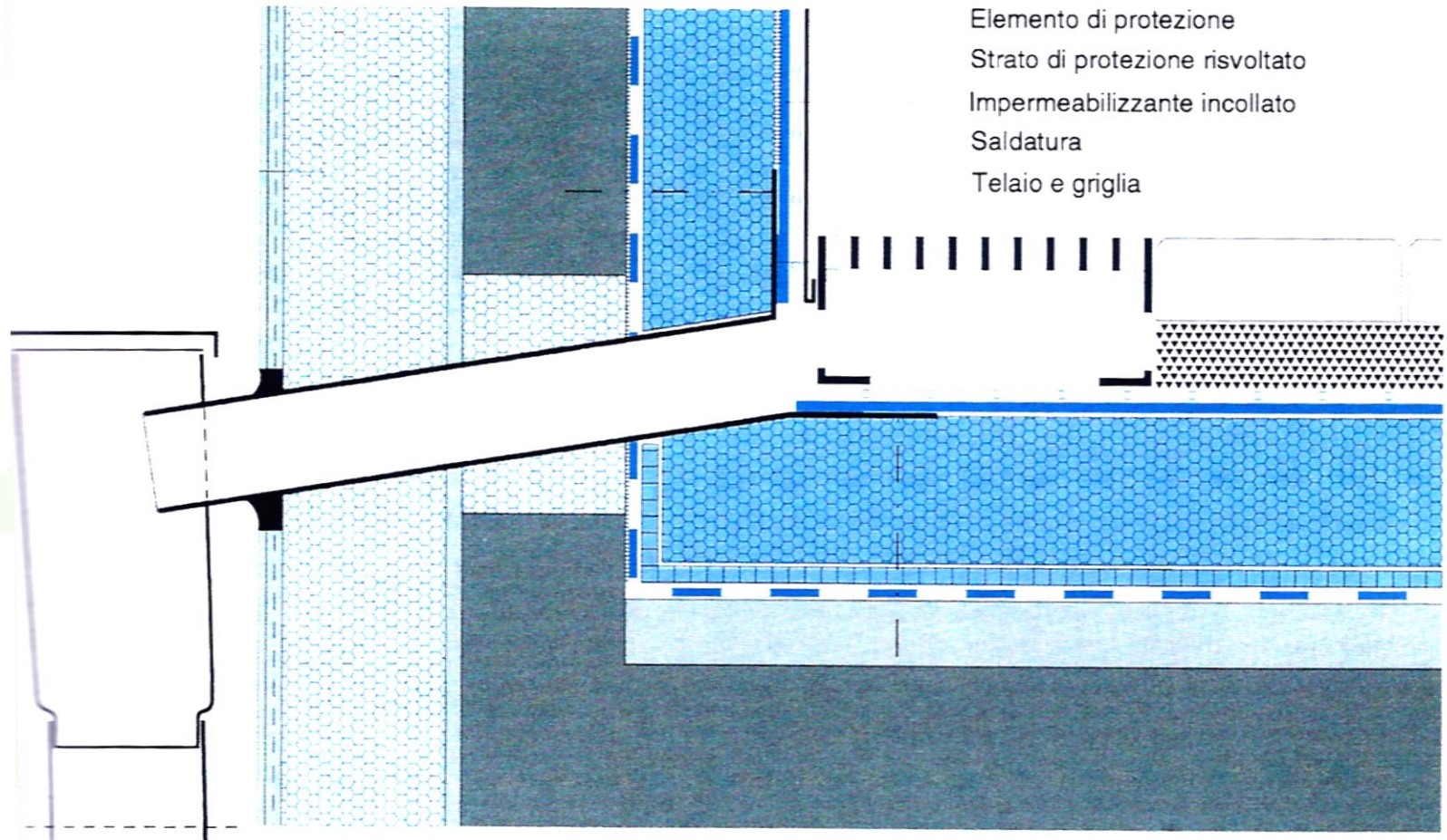
RACCORDO CON BOCCHETTA DI SCARICO

- Paraghiaia
- Saldatura
- Bocchetta di scarico plastificata
- Guarnizione anti-riflusso



Punti singolari nelle coperture piane

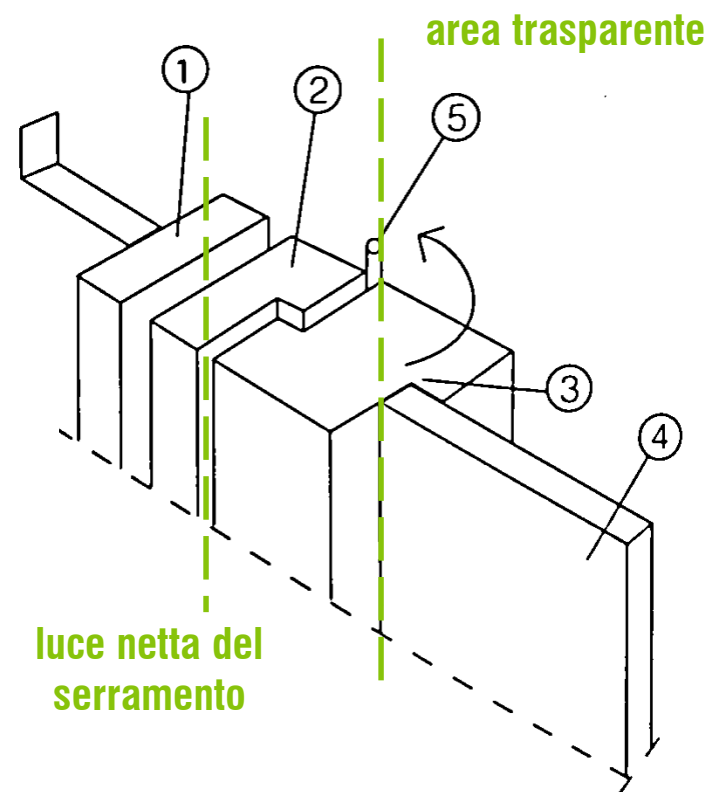
RACCORDO DI SCARICO VERSO PLUVIALE



Elementi costituenti il serramento

Le parti funzionali di un serramento sono schematicamente definibili come segue:

1. **Controtelaio**, che realizza l'interfaccia e la connessione con la parete d'inserimento e delimita la superficie pertinente al serramento. Esso è vincolato lateralmente alla muratura d'ambito;
2. **Telaio fisso**, rigidamente connesso al controtelaio, costituisce al suo perimetro esterno il vano netto del serramento (foro finestra) e configura la geometria degli elementi di tenuta con la parte mobile;
3. **Telaio mobile**, incernierato al telaio fisso e consistente nella parte mobile del serramento. L'apertura può avvenire anche per scorrimento delle ante sul telaio;
4. **Vetratura** (o specchiatura), eventualmente suddivisa in ante e, per porte-finestra, in parte sostituibile da pannelli opachi;
5. **Ferramenta**, insieme degli elementi metallici per l'articolazione e la mobilità del serramento.



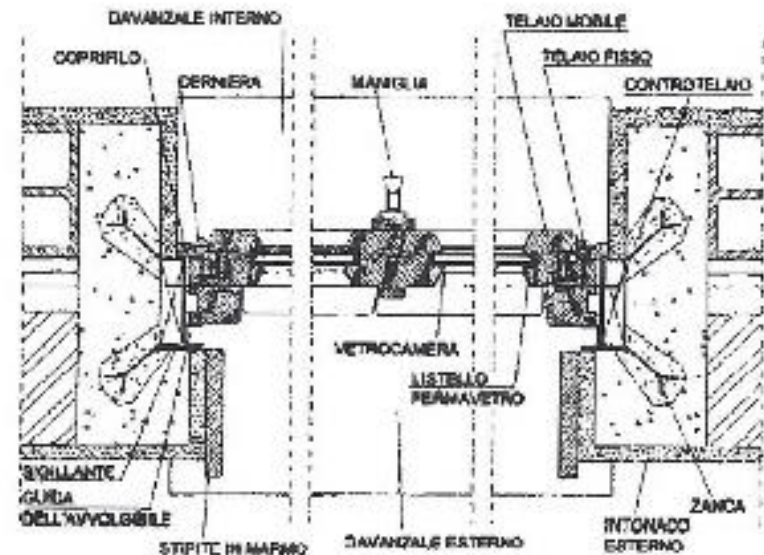
1. Controtelaio
2. Telaio fisso
3. Telaio mobile
4. Vetratura
5. Cerniera

Elementi costituenti il serramento

Il **telaio**, oppure una delle ante del serramento, a sua volta è suddiviso in **montanti**, **traversi** superiore e inferiore; nel caso di porte-finestre può essere previsto un **traverso intermedio**.

Sono inoltre individuabili altri elementi tecnici:

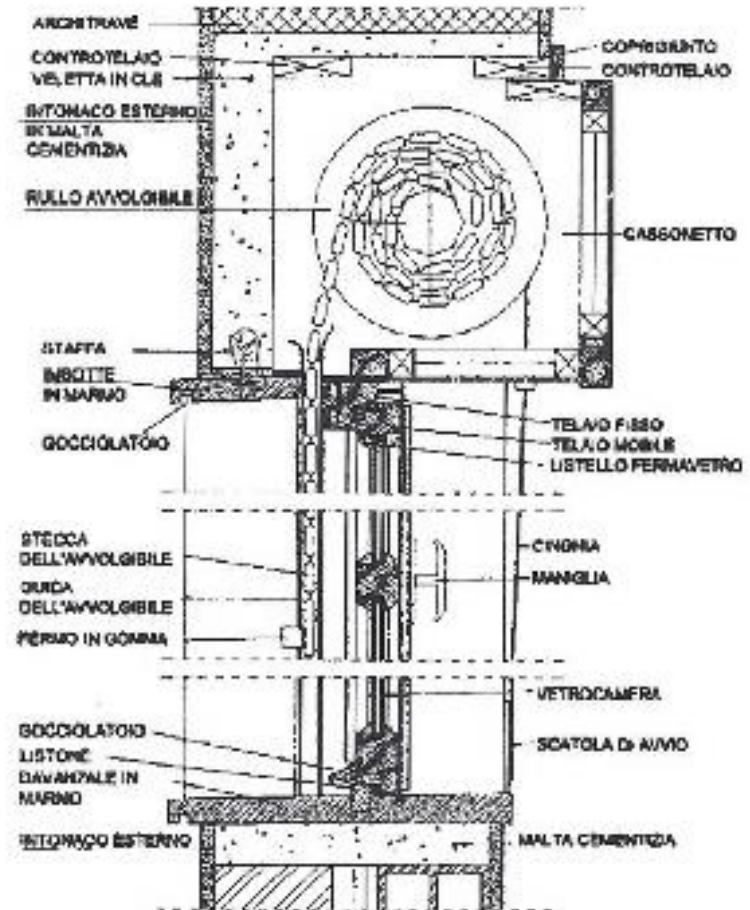
- **coprifili**, che proteggono la giunzione tra il controtelaio ed il telaio fisso;
- **battuta**, superficie a perimetro di interfaccia, ricavata per sagomatura, tra il telaio fisso ed il telaio mobile, atta a contenere le perdite per tenuta all'aria e ad ospitare le giunzioni;
- **gocciolatoio**, scanalatura o rivestimento sagomato, applicato all'elemento inferiore del telaio per il deflusso dell'acqua meteorica senza possibilità di infiltrazione all'interno del serramento;
- **guarnizioni**, elementi elastici che migliorano le prestazioni di isolamento termoacustico e di tenuta all'aria del serramento contenendone la permeabilità agli agenti atmosferici.



Elementi costituenti il serramento

In corrispondenza del serramento è possibile definire diversi tipi di elementi tecnici di oscuramento:

- **persiana**, un'anta costituita da un telaio che ingloba una serie di lamelle inclinate e parallele, ad esso solidali; se montata esternamente al serramento può essere incernierata al telaio fisso o resa scorrevole;
- **scuro o scuretto**, anta cieca incernierata internamente sul telaio mobile per impedire l'ingresso della radiazione solare;
- **avvolgibile**, realizzato in elementi modulari in legno, plastici o metallici, collegati o incernierati tra loro, mossi da sistemi manuali o motorizzati ed alloggiati in un apposito vano (cassonetto) che sostituisce l'architrave del serramento;
- **veneziana**, insieme di lamelle installato perlopiù verso l'interno del serramento, movibili verticalmente e modulabili per inclinazione.



Connessione alla parete verticale opaca

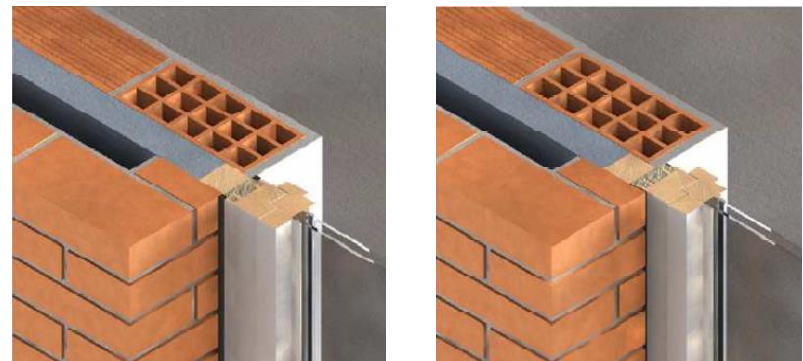
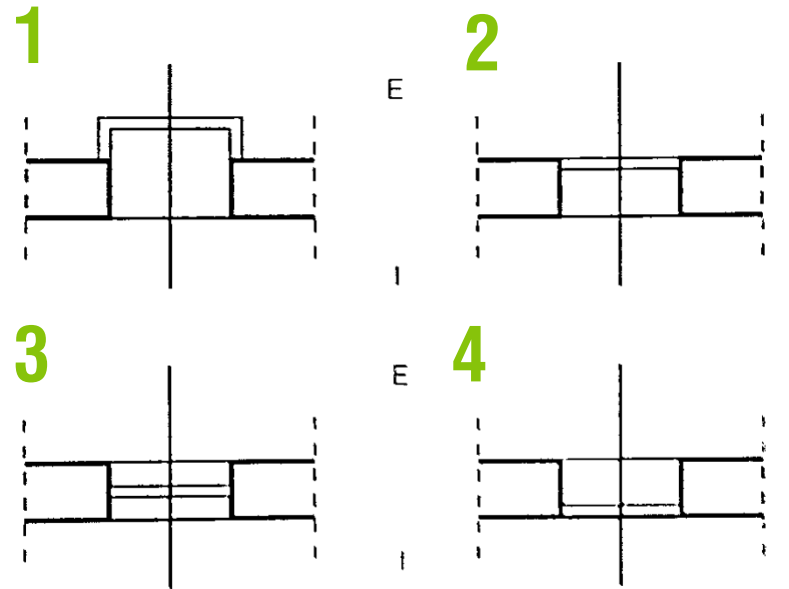
Rispetto allo spessore della parete opaca, la posizione del serramento può essere:

1. **avanzata** (serramento detto a bow-window);
2. a **filo esterno**;
3. a filo **intermedio**;
4. a filo **interno**.

Diversi sono i fattori influenzanti, o derivanti, dalla scelta del posizionamento del serramento rispetto alla parete opaca su cui si intesta:

- **presenza** di **elementi strutturali** soprastanti;
- **protezione** dagli **agenti atmosferici**;
- presenza di **sistemi oscuranti esterni** al serramento;
- **percezione visiva** della **facciata** in base all'arretramento rispetto al filo della stessa,
- quantità di **radiazione solare ricevuta** dall'ambiente e qualità dell'illuminazione naturale dei locali interni.

Particolari effetti tecnologici sono legati alla realizzazione del serramento in luce (a sinistra) o in battuta (a destra), montato dietro le mazzette del vano.

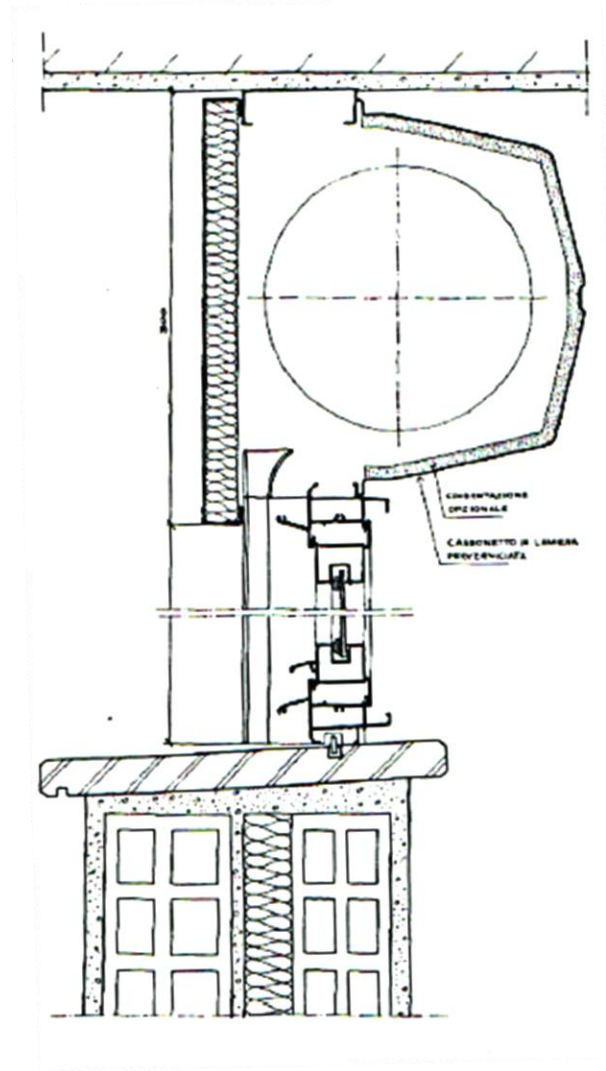


Connessione alla parete verticale opaca

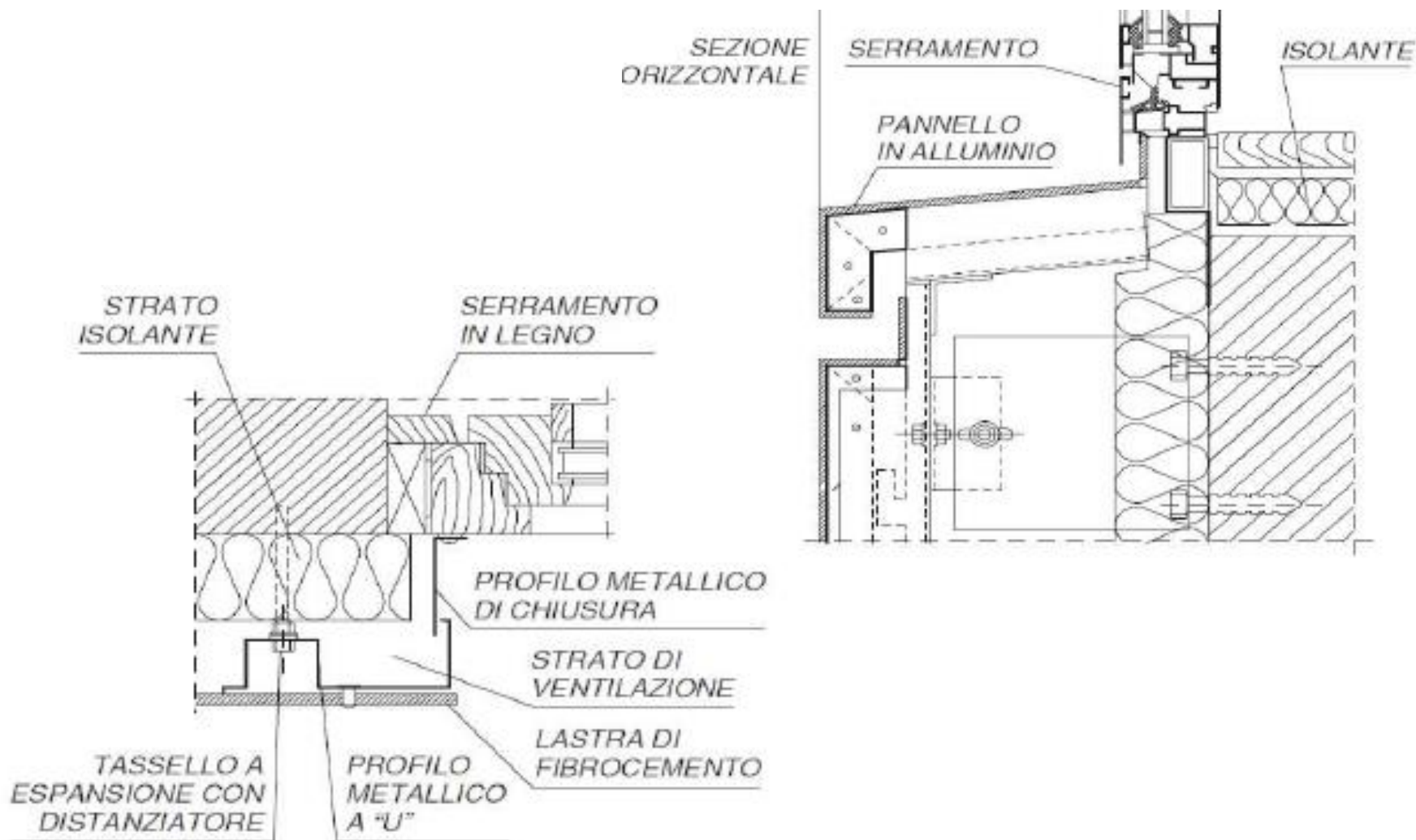
L'**architrave** costituisce l'elemento orizzontale che chiude **superiormente** il **foro finestra**, avente funzione di **sorreggere** il **pannello murario soprastante** la **bucatura**; oltre ai materiali più tradizionali (pietra, calcestruzzo, laterizio), può essere sostituito da un **cassonetto** di alloggiamento avvolgibile, protetto esternamente da una veletta.

La mazzetta, o spalletta, è lo spessore di muro corrispondente all'arretramento della finestra rispetto al filo esterno. Sono definiti stipiti le parti verticali poste lateralmente al foro finestra. Se essi non sono ortogonali al filo interno della parete, si è in presenza di uno **sguincio** (svasatura continua) o di una **strombatura** (per quantità discrete), il cui scopo è incrementare l'afflusso di luce all'interno.

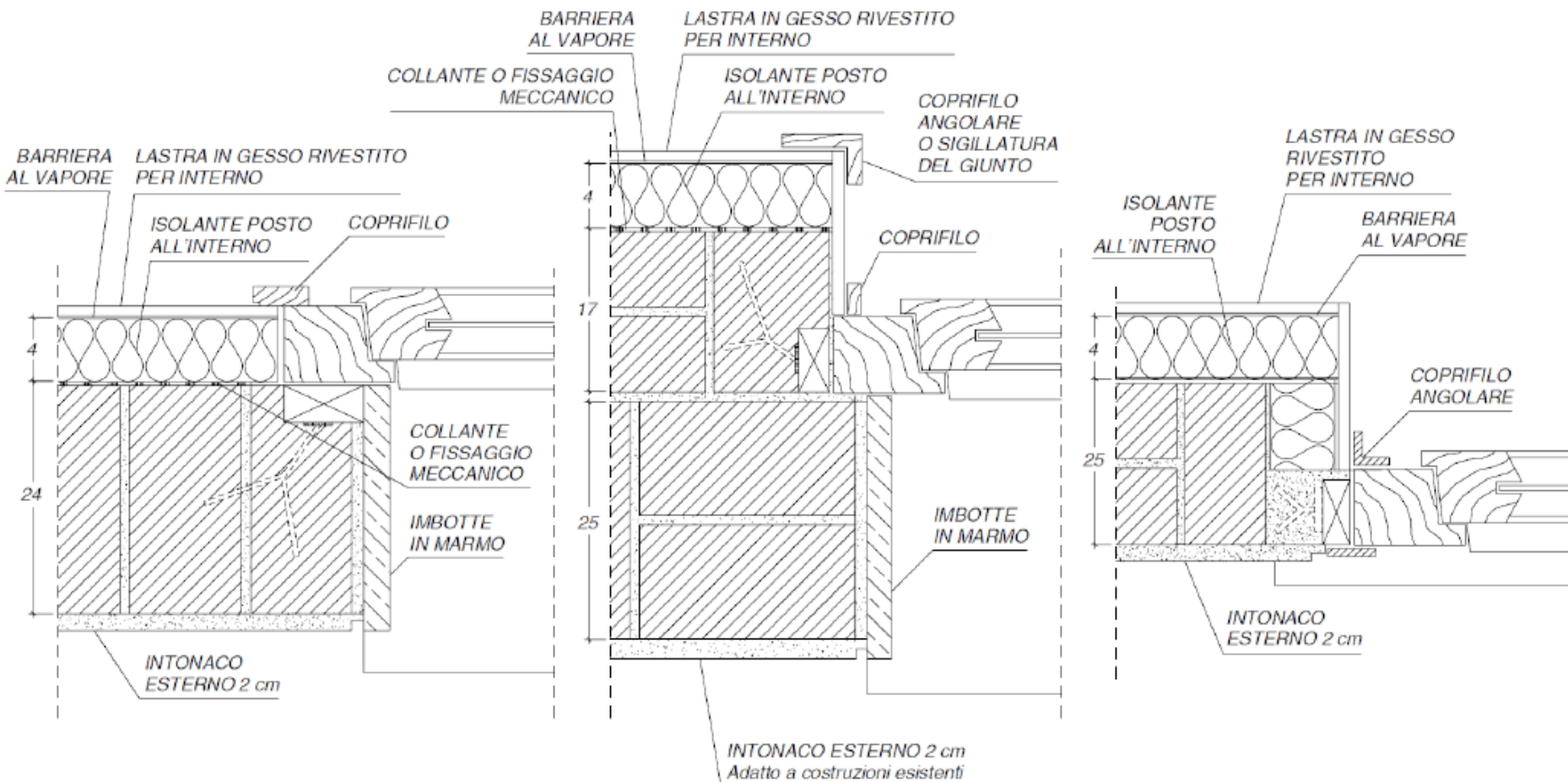
Il serramento è chiuso inferiormente da un **davanzale** (soglia nel caso di una porta) realizzabile in **pietra**, **calcestruzzo**, oppure in cotto, dotato sul bordo esterno di un **gocciolatoio** a protezione del sottofinestra.



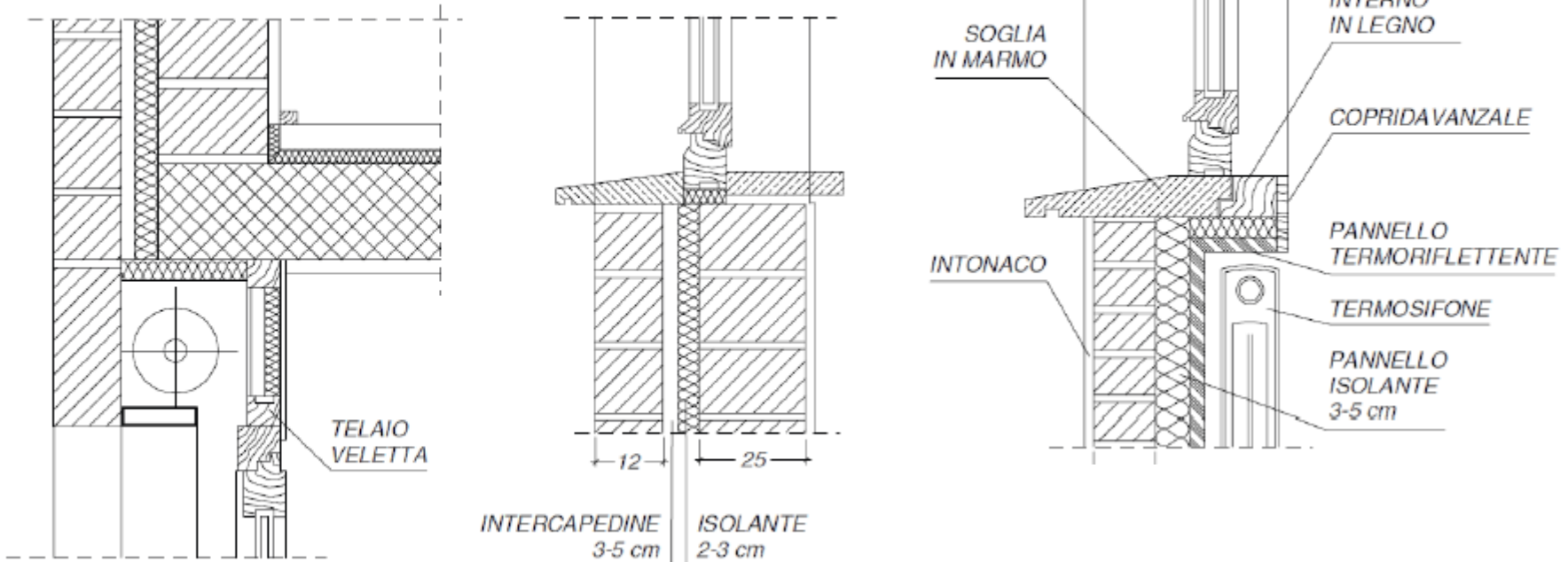
Punti singolari nei serramenti



Punti singoli nei serramenti



Punti singoli nei serramenti



Connessioni vetro - telaio

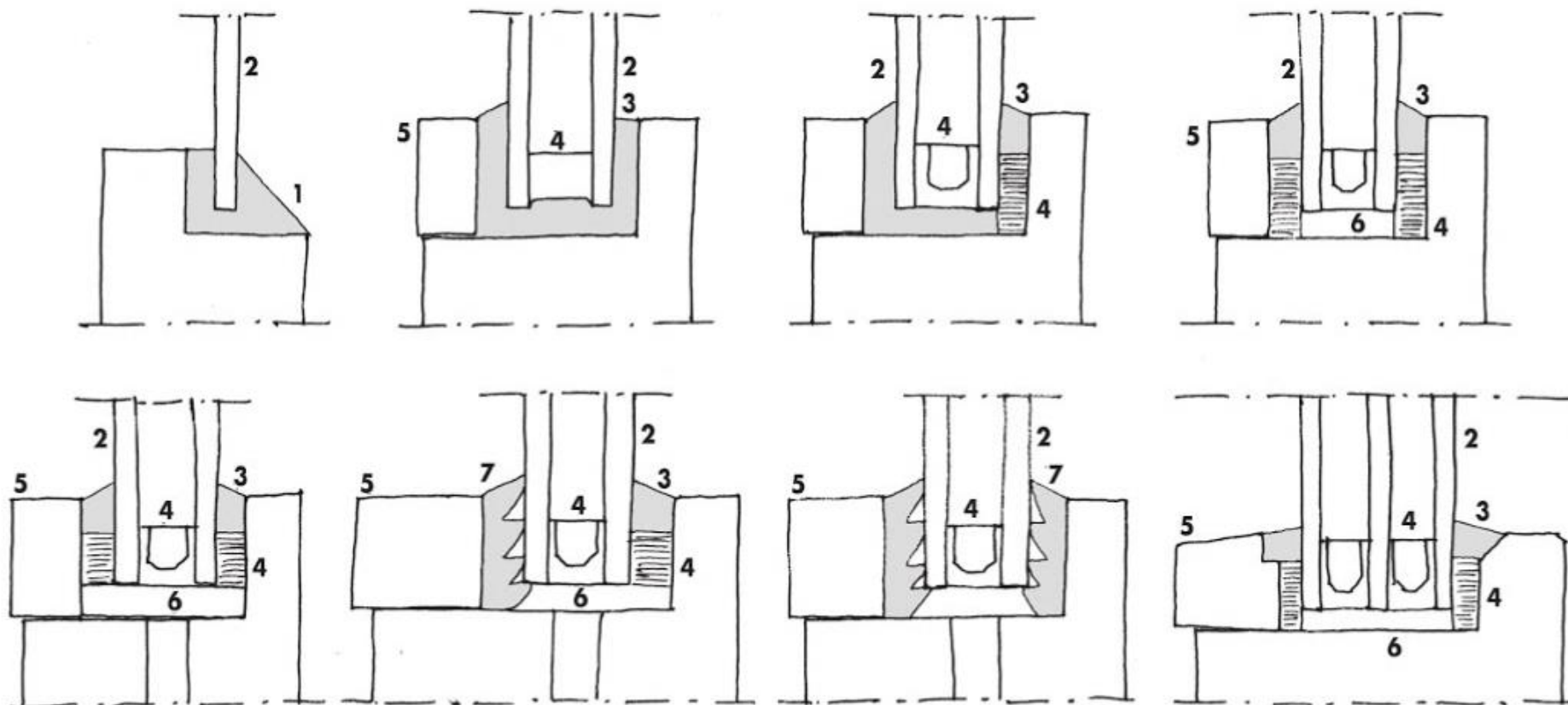


Fig. 1.22 Tipi di giunto tra vetrazioni e telai. *Legenda: 1. sigillante costituito da mastice o stucco, avente anche funzione di coercizione strutturale del vetro; 2. lastra di vetro; 3. sigillante; 4. spaziatore; 5. fermavetro; 6. tassello distanziatore; 7. guarnizione a pressione.*

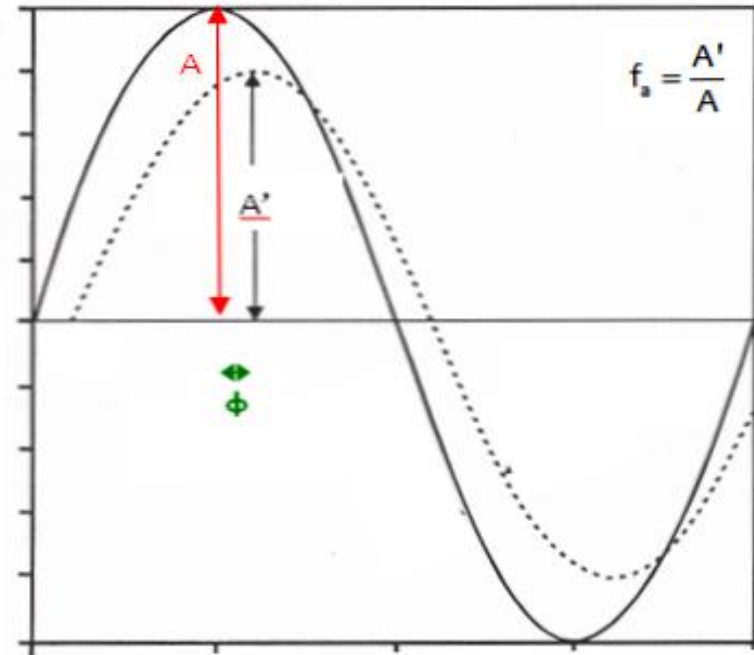
13.3

Inerzia termica

Inerzia termica

Un ottimale comportamento termico di una chiusura perimetrale è garantito, oltre che da un congruo livello di isolamento termico, anche da una adeguata **inerzia termica** della chiusura opaca stessa; i parametri che definiscono la trasmittanza termica degli elementi tecnici d'involucro non sono sufficienti a definirne le prestazioni termiche estive. Si richiedono dunque materiali e tecnologie ad **elevata capacità termica** e di congruo **spessore** e **peso specifico**.

L'adozione di un'adeguata stratigrafia delle chiusure perimetrali permette quindi di ottenere condizioni ottimali di **comfort** negli **ambienti interni** durante la stagione estiva, il periodo dell'anno più importante per la valutazione dell'inerzia termica di una chiusura: è possibile infatti ridurre il fenomeno di surriscaldamento dell'aria negli ambienti confinati **diminuendo**, di conseguenza, il **carico termico** gravante sull'impianto di condizionamento.



Rappresentazione dell'attenuazione e dello sfasamento dell'onda termica. La curva continua rappresenta l'andamento della temperatura superficiale nel tempo, quella tratteggiata l'andamento della temperatura in un punto interno della parete

Inerzia termica

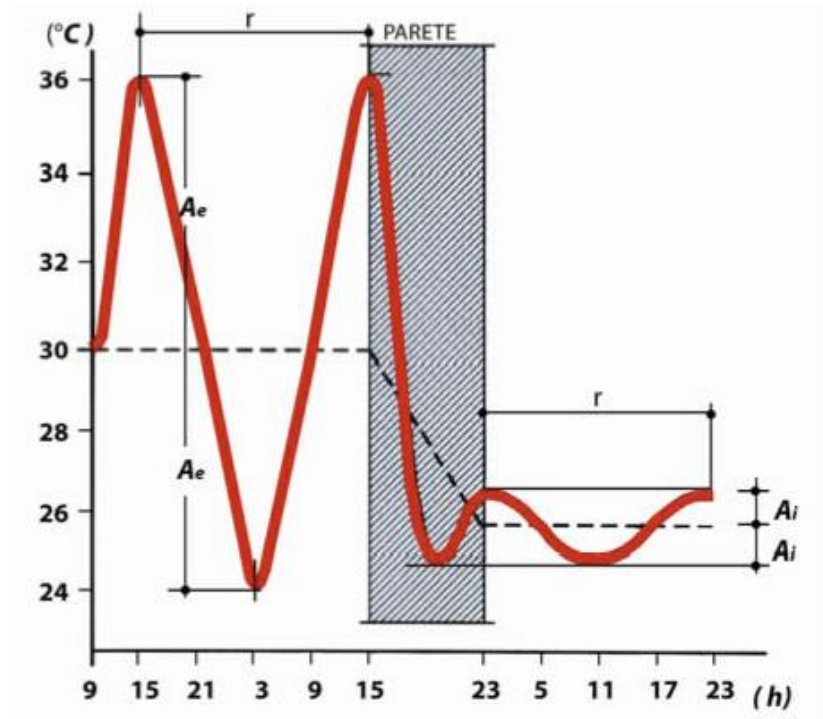
Per diminuire la velocità **a** di diffusione del calore all'interno di un elemento tecnico, è opportuno quindi:

- optare per materiali componenti dalla **ridotta conducibilità termica** λ ;
- scegliere materiali dotati di elevato **peso specifico** o di **capacità termica elevata** (materiali ad elevato accumulo).

L'inerzia termica di un elemento tecnico definisce allora la capacità dell'elemento di **sfasare** nel **tempo** ed **attenuare** i **picchi** dell'onda termica esterna. Dal punto di vista fisico, l'elemento tecnico manifesta quindi una propensione più o meno spiccata ad **accumulare** il **calore** e a cederlo allo spazio confinato che delimita.

Il positivo soddisfacimento di questo aspetto non può quindi essere garantito da uno strato costituito da un solo materiale, ma deve risultare dalla **soluzione tecnologica** di chiusura complessivamente adottata, in cui diversi strati funzionali concorrono sinergicamente a definirne il comportamento.

$$a^2 = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

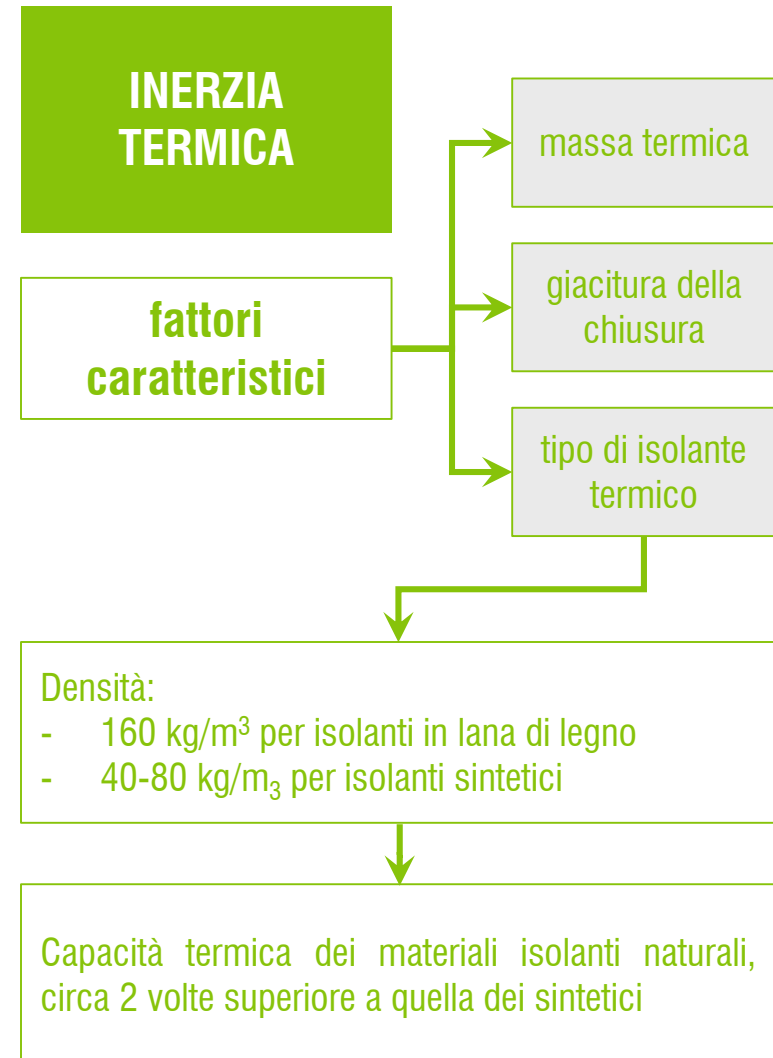


Inerzia termica

Per chiusure **prive di isolamento termico**, lo **sfasamento** dell'onda termica **augmenta** in proporzione all'**incremento** della **massa superficiale** della chiusura; il fattore di attenuazione dell'onda termica subisce inoltre una riduzione anche più accentuata. Poiché l'inerzia termica deriva da una elevata densità e da un elevato calore specifico, lo strato di **accumulo termico**, responsabile degli effetti d'inerzia, è associato allo strato funzionale di **resistenza termica**, la cui **massa** svolge dunque una **doppia funzione**.

La disposizione di uno strato di isolamento termico influisce principalmente sul fattore di attenuazione e rendendone più pronunciato l'abbattimento.

L'impiego di uno **strato isolante ad elevata densità** (ad esempio, in lana di legno o in sughero) può conferire all'intero pacchetto prestazioni inerziali decisamente migliori rispetto a isolanti sintetici ed è quindi ben associabile ad elementi d'involucro realizzati in legno e, quindi, dotati di una ridotta massa superficiale.



Phase Change Materials

La prestazione di inerzia termica è realizzabile anche attraverso l'impiego di **materiali innovativi** ad **accumulo variabile**, noti commercialmente come **PCM**.

Questi materiali fondano le loro proprietà sulla capacità di alcuni materiali, come la paraffina, di **cambiare** il proprio **stato** da solido a liquido, e viceversa, in prossimità delle temperature vicine a quelle raggiunte da un componente in opera (generalmente **26 °C**). Il passaggio di fase dallo stato solido a quello liquido comporta un trasferimento di calore dall'ambiente circostante al materiale. La riduzione della temperatura superficiale sotto i 26 °C innesca il cambiamento di fase opposto, che solidifica il PCM e rende all'ambiente il calore precedentemente accumulato.

Il principale vantaggio offerto da questa tecnologia è la possibilità di ottenere, con ridotti spessori di intonaco interno (20 mm) un accumulo termico paragonabile a quello di chiusure tradizionali.

