

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

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 presidi 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'innescò 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.

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.

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 poliuretatiche, 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).

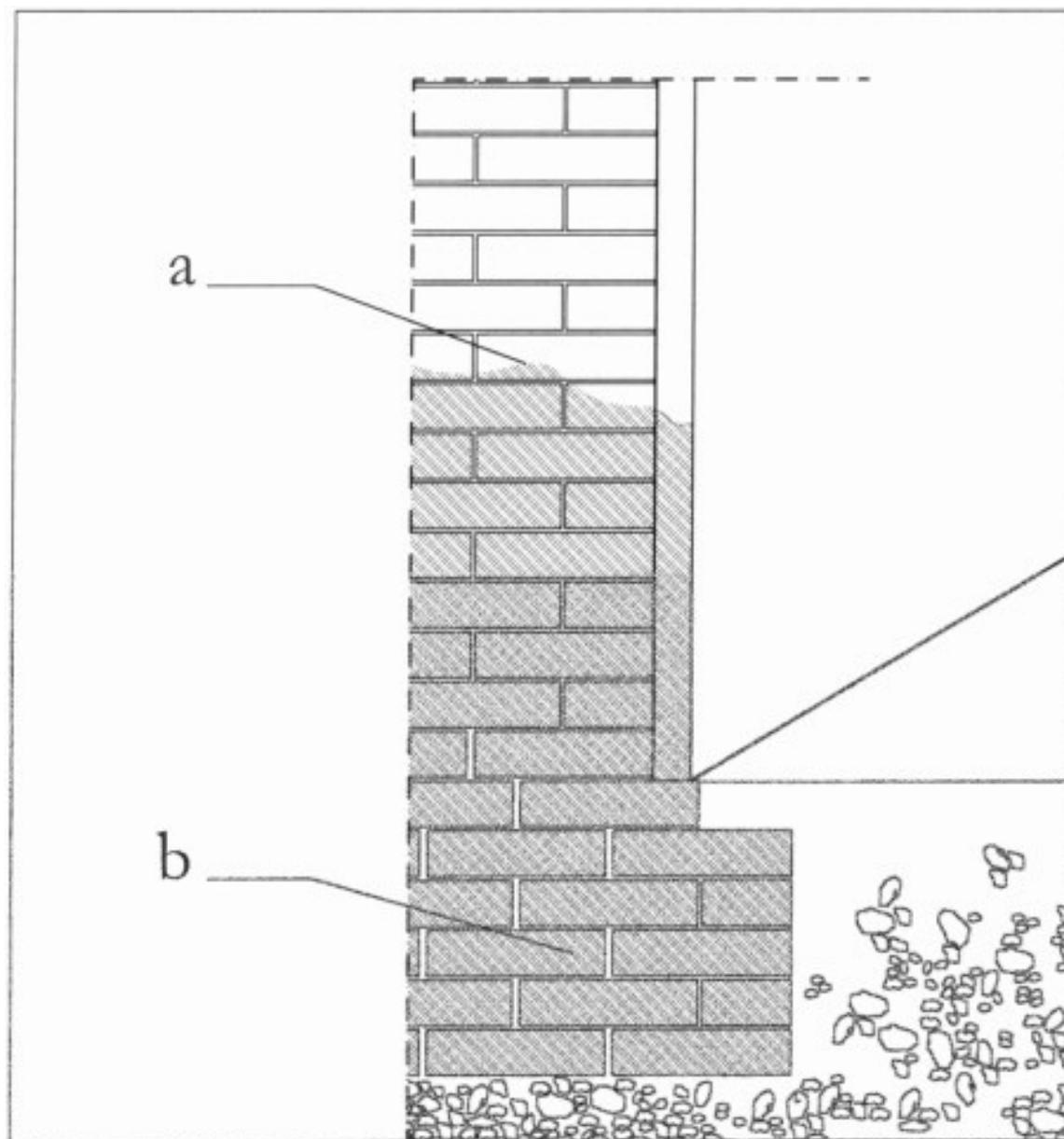


Figura 1 • Schema del sistema di intercettazione capillare. Muratura soggetta a umidità di risalita capillare.
a) Livello di risalita capillare; b) fondazione umida.

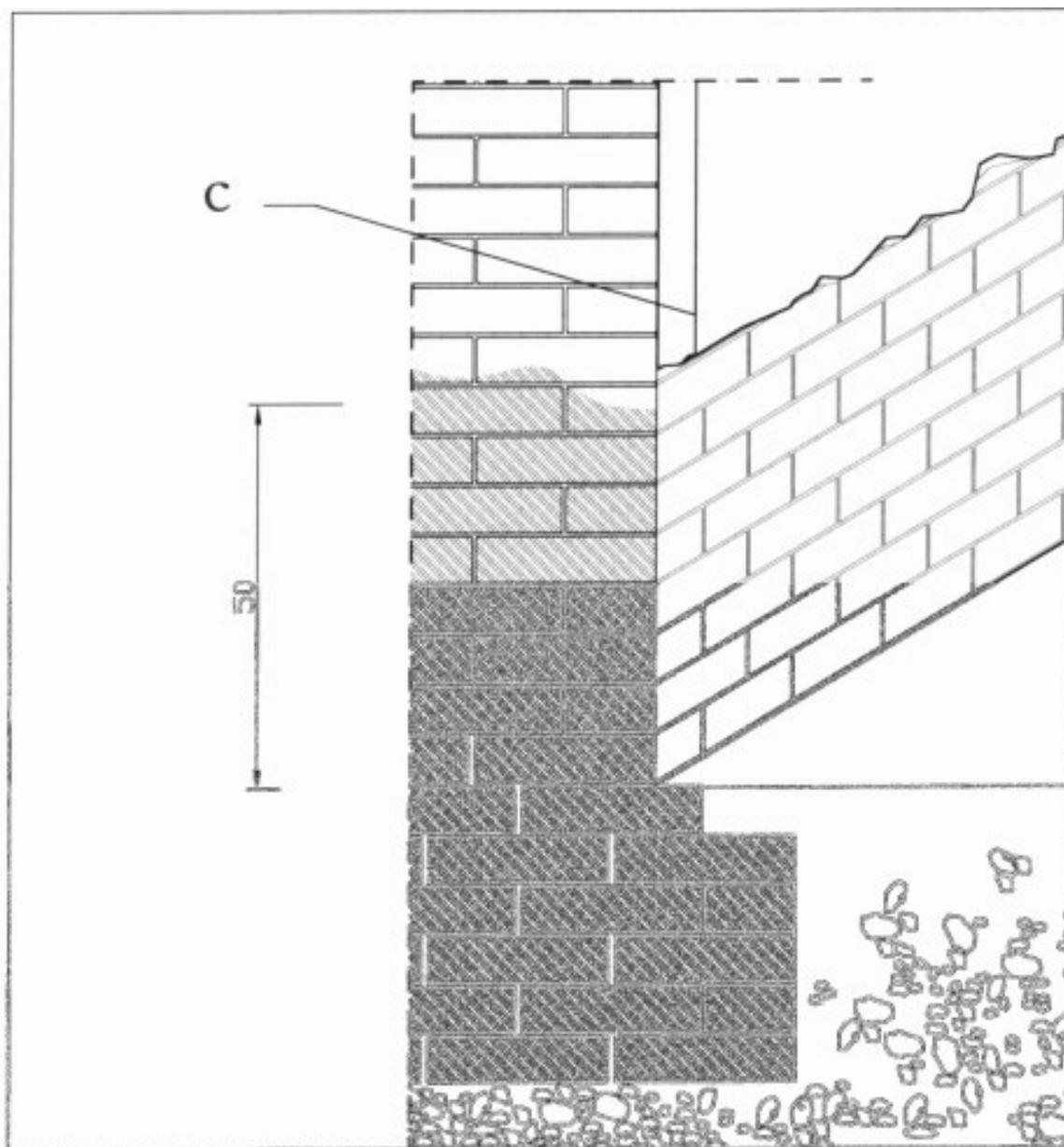


Figura 2 • Schema del sistema di intercettazione capillare. Rimozione dell'intonaco per almeno 30 cm oltre il livello raggiunto dall'umidità di risalita. c) Rimozione dell'intonaco.

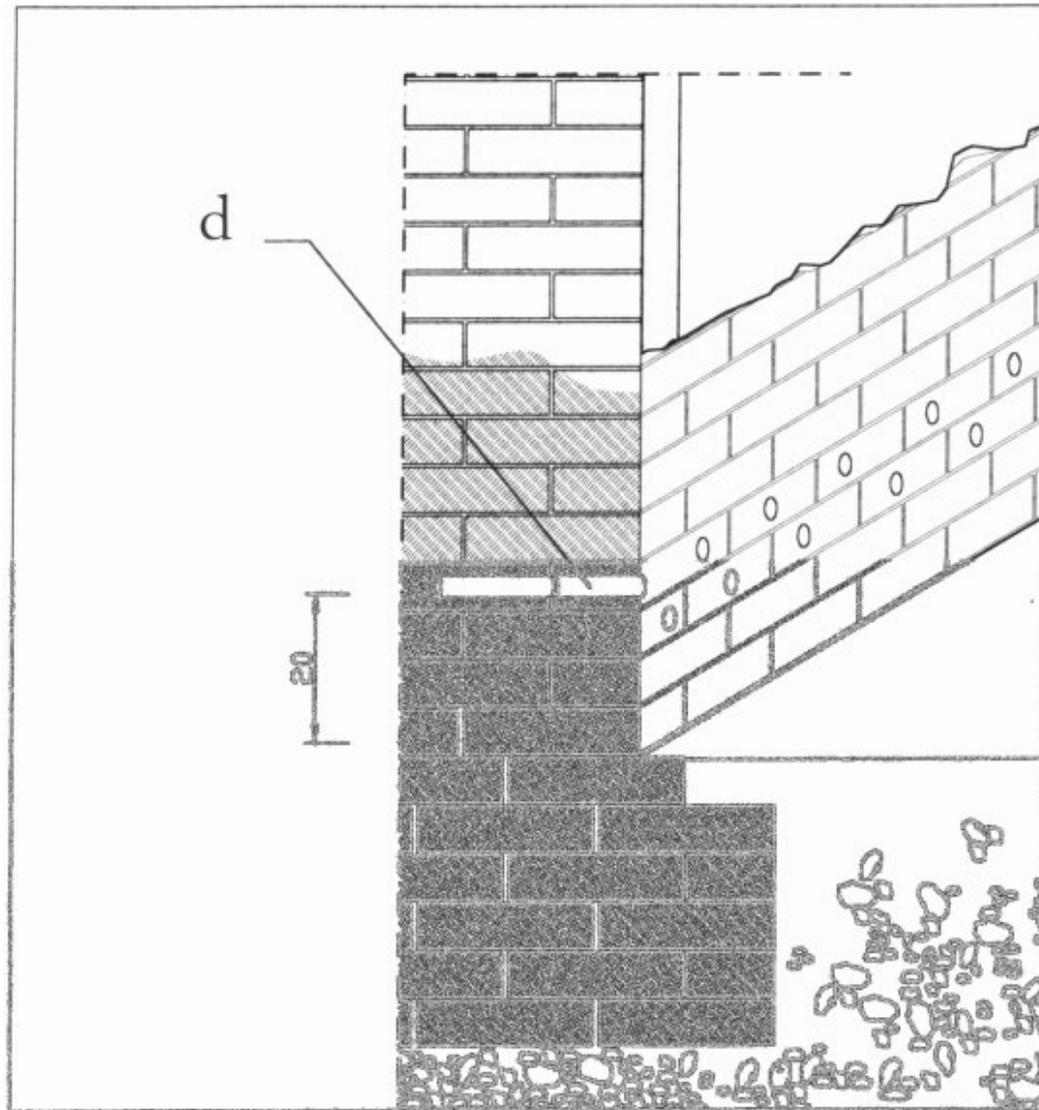


Figura 3 • Schema di applicazione di intercettazione capillare.

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.

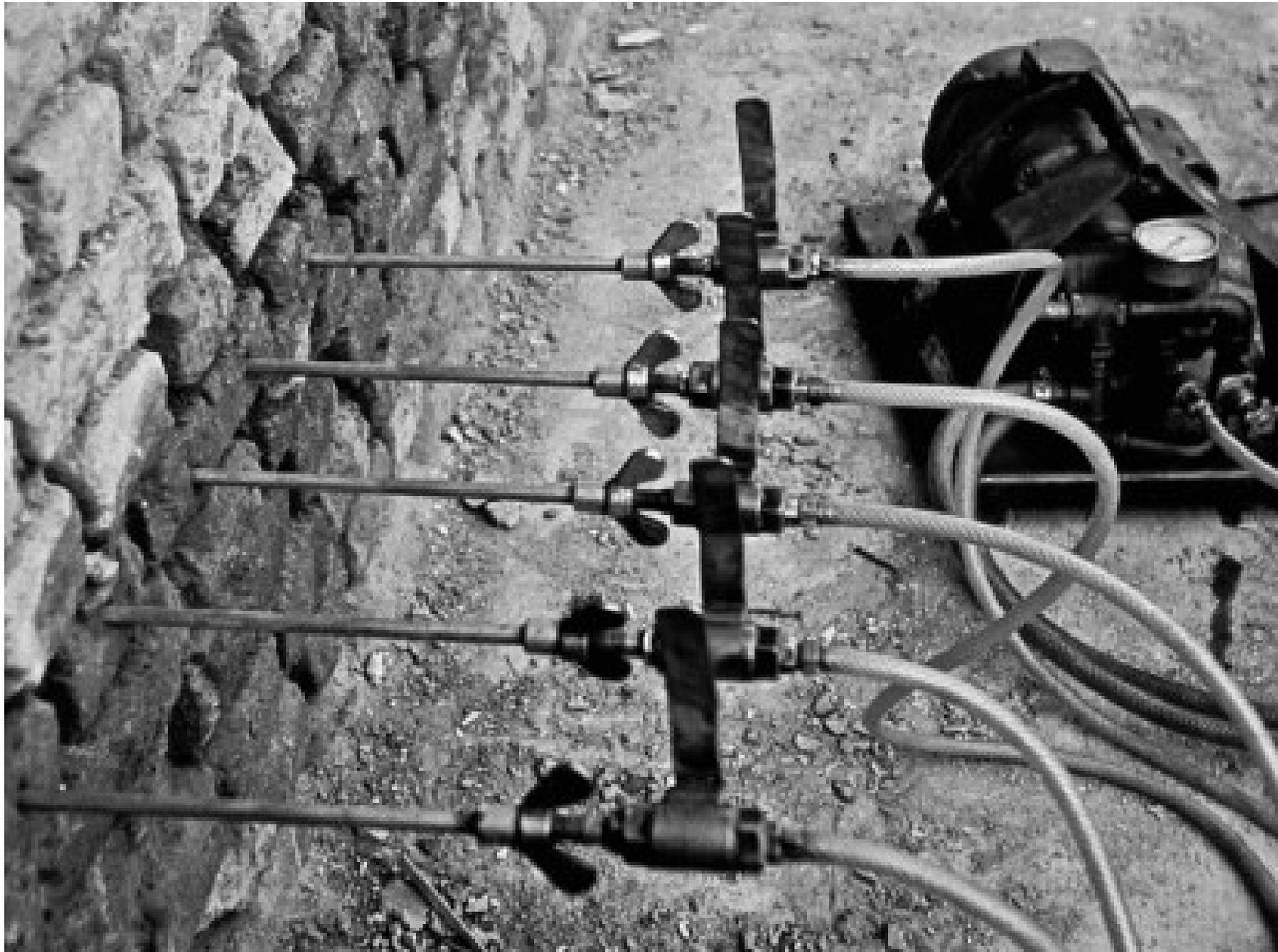


Figura 4 • Iniezione a pressione. Differenti iniettori, per l'immissione del formulato, collegati a una pompa con tubi flessibili.

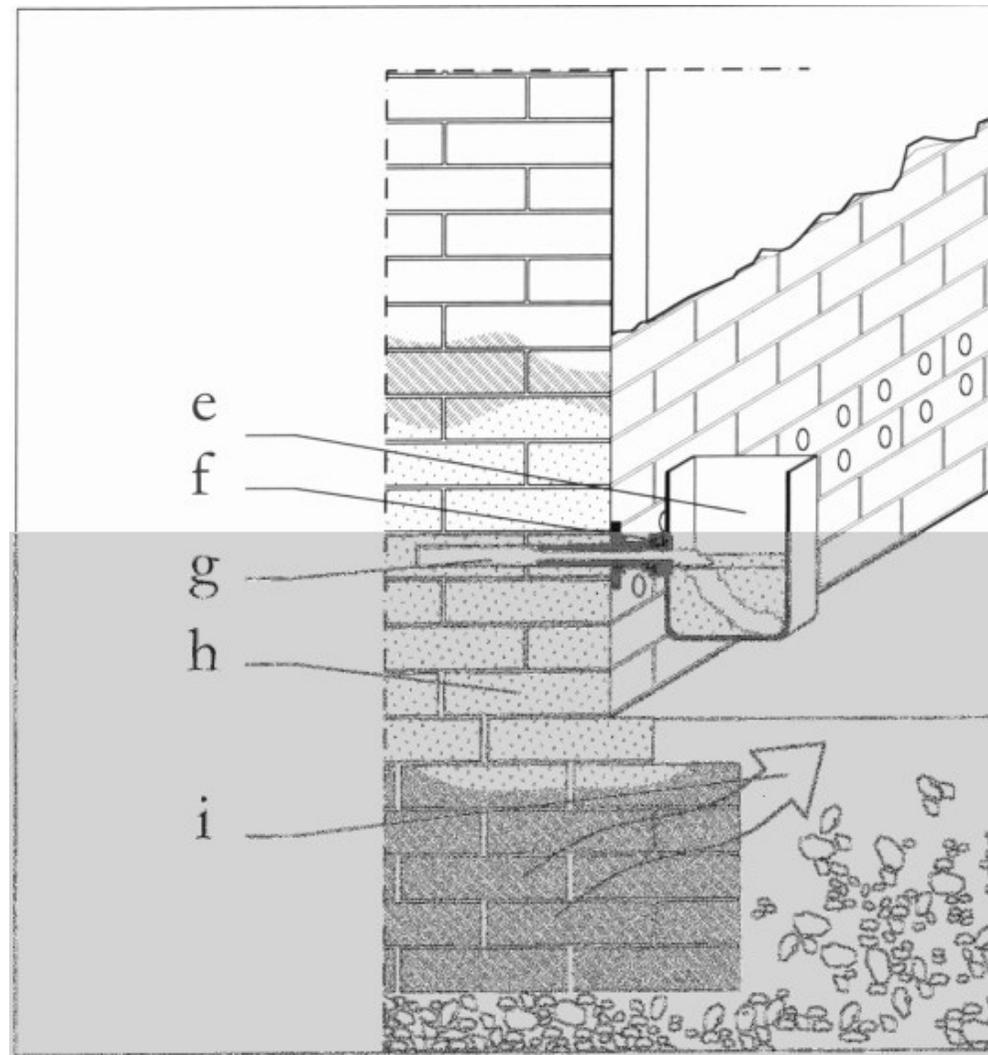


Figura 5 • Schema di applicazione. Iniezioni a lenta diffusione. Nei fori vengono inseriti e murati con cementi a presa rapida i trasfusori, che sono composti da tre elementi: un recipiente graduato per il contenimento e la misurazione del liquido impregnante, un tubo iniettore e gommini diffusori tubolari 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.



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



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.

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

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

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

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

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Rete di drenaggio

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

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

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

Entrambi sono posti nella zona di massima pendenza.

Fossa drenante

La fossa drenante richiede le seguenti operazioni e accorgimenti.

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

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

La sezione è solitamente svasata verso l'alto.

DMF 06 DRENAGGIO PERIMETRALE E POZZI ASSORBENTI

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

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

c) Segue la realizzazione, sul fondo dello scavo, di un **basamento** livellato e impermeabile in magrone (cemento) o il costipamento del terreno mediante spianatura, bagnatura e battitura, per evitare cedimenti. L'inclinazione del piano, in genere intorno al 2-4%, dovrà favorire il deflusso delle acque.

d) Si procede, quindi, all'allettamento di un **tubo drenante**, di diametro fino a 20-40 cm, in materiale cementizio forato o di beton, avente la corona superiore molto permeabile e la parte inferiore compatta e impermeabile. Oggi sono in uso anche tubi in materiale plastico (PVC o polietilene ad alta densità), flessibili o rigidi, eventualmente rivestiti di fibre vegetali (ad es. fibra di cocco) o geotessuti. Tale elemento non è necessario in caso di drenaggio realizzato su terreni in pendenza, poiché anche il fondo della fossa drenante risulta in pendenza e facilita lo scorrimento e l'allontanamento dell'acqua.

DMF 06 DRENAGGIO PERIMETRALE E POZZI ASSORBENTI

e) Si continua con il **riempimento dello scavo** con pietrame a secco, in modo da rendere minimo il contatto tra le pietre. Il materiale filtrante è costituito nello strato inferiore da ciottoli di grosse dimensioni, con diametro di 15-20 cm, poi da materiale a pezzatura progressivamente decrescente salendo verso la superficie, fino ad arrivare alla sabbia.

f) Il ciclo delle lavorazioni termina con l'**impermeabilizzazione** e la costruzione di un marciapiede lungo il perimetro dell'edificio, la larghezza di terreno compresa tra la fossa e l'edificio, a evitare che l'acqua piovana penetri e vada a contatto con i muri sottostanti.

Pozzo assorbente

I pozzi drenanti sono nella maggior parte dei casi dislocati in vari punti del terreno, secondo uno schema dettato da una rete di drenaggio, e sono impiegati nei casi in cui si voglia abbassare notevolmente il livello della falda. La loro profondità può raggiungere i 10-15 m.

Le pareti presentano finestrelle per captare acqua e sono rivestite con materiale geotessile per non modificare, nel tempo, la capacità drenante.

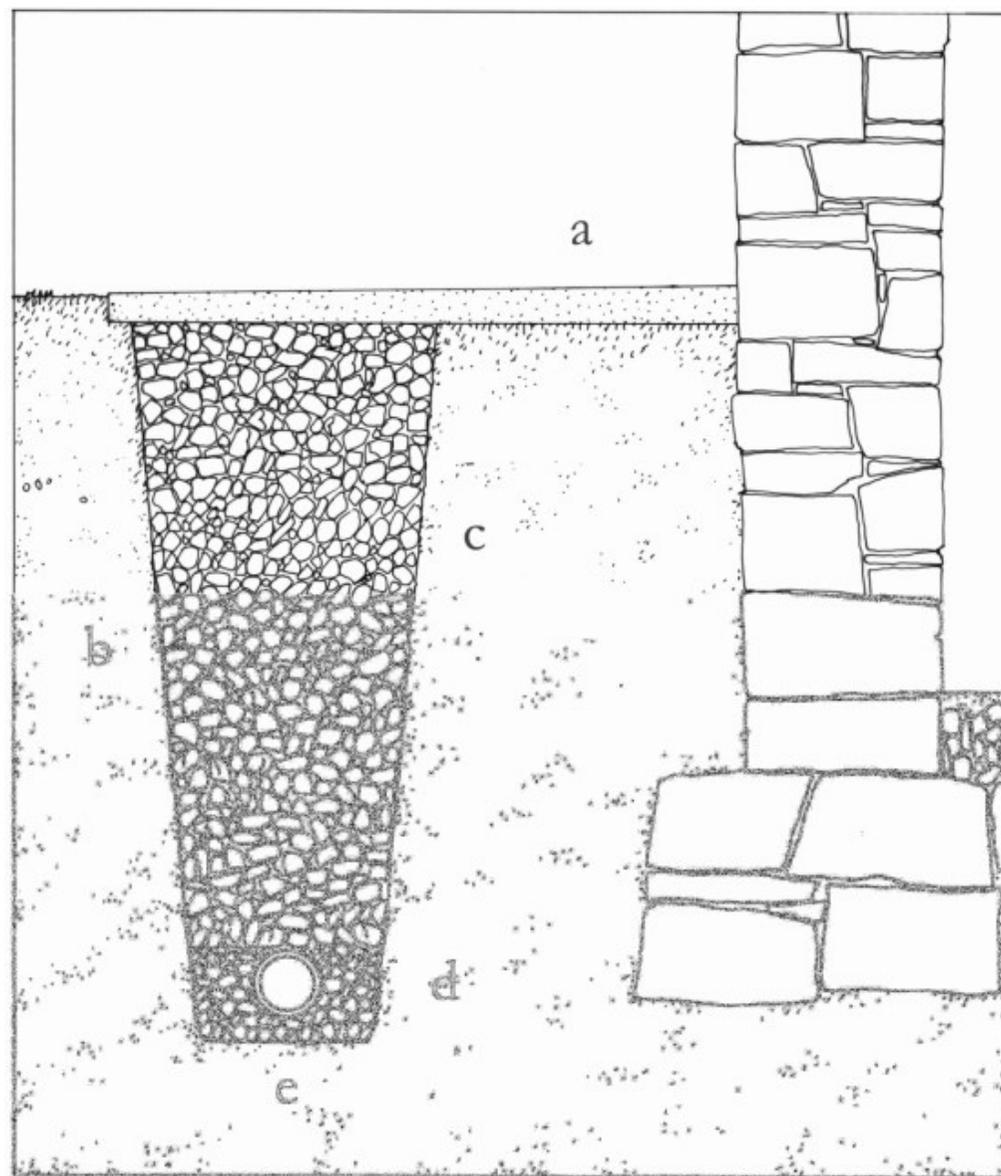


Figura 1 • Schema di una fossa drenante non aderente al muro. a) marciapiede impermeabile, a protezione della porzione di terreno tra il muro e il drenaggio dall'acqua piovana; b) scavo della fossa drenante; c) riempimento in pietrame; d) ghiaia; e) tubo drenante.

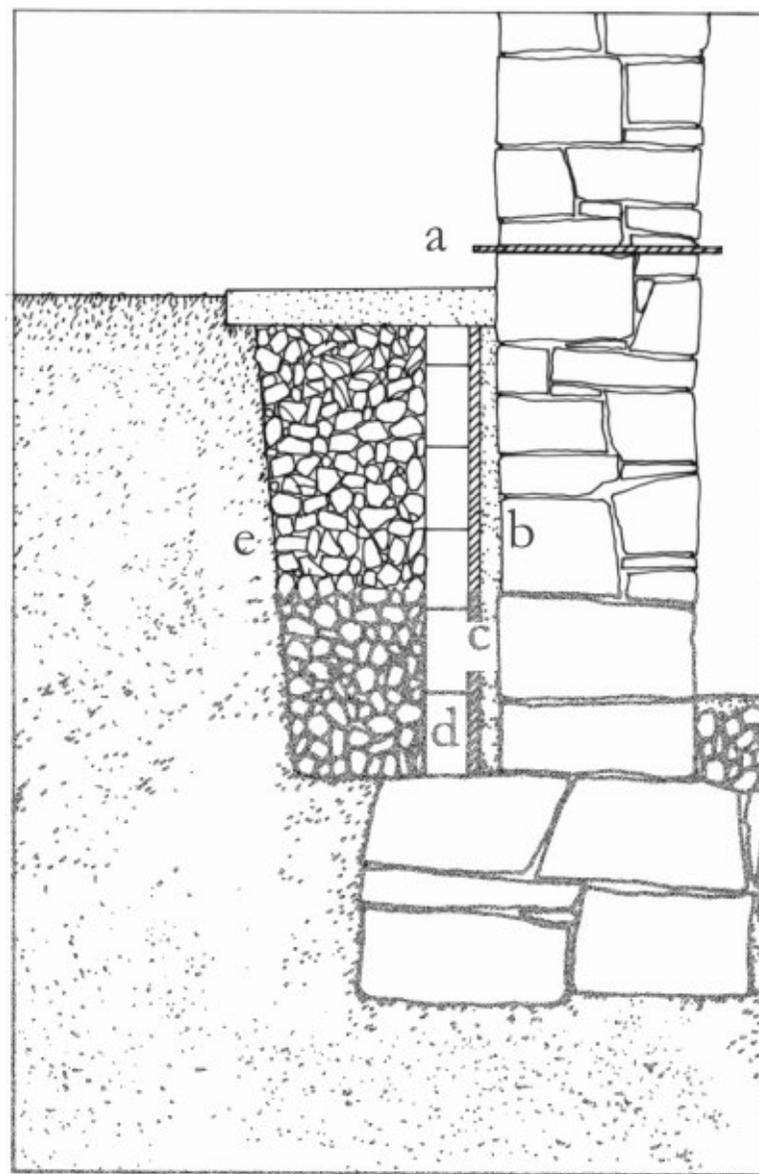


Figura 2 • Schema di una fossa drenante aderente al muro. a) barriera orizzontale impermeabile; b) intonaco; c) eventuale impermeabilizzazione; d) muretto di mattoni posti in opera a coltello; e) riempimento in pietrame.

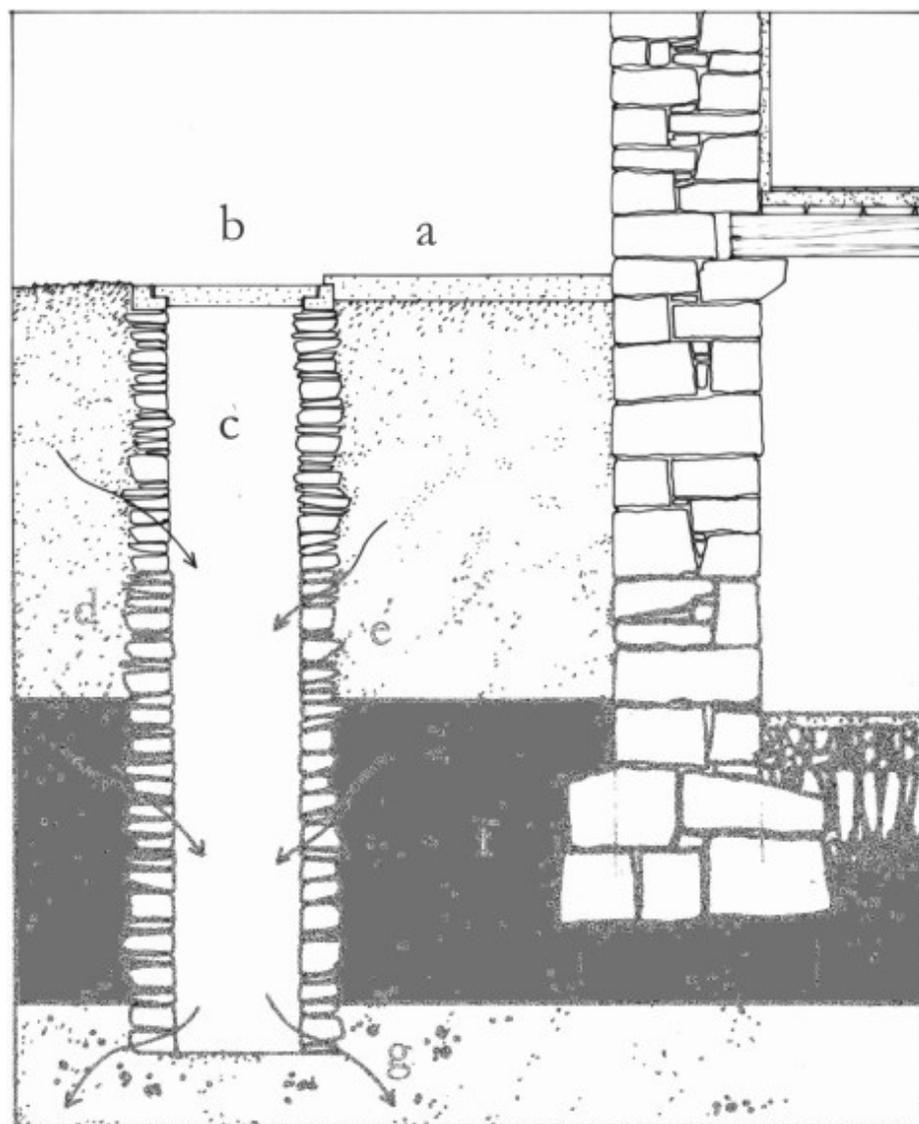


Figura 3 • Schema di funzionamento di un pozzo assorbente. a) marciapiede a protezione della porzione di terreno compresa tra l'edificio e il sistema dei pozzi assorbenti; b) chiusino del pozzo; c) scavo del pozzo assorbente; d) pareti drenanti; e) afflusso delle acque; f) strato saturo d'acqua; g) deflusso delle acque nello strato assorbente.

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

L'applicazione di intonaco macroporoso è una tecnica indicata soprattutto nei casi in cui si vogliono 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 fonoassorbimento, grazie alla presenza dei macropori.

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 rinzafo** 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 rinzafo 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 fratazzo 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).

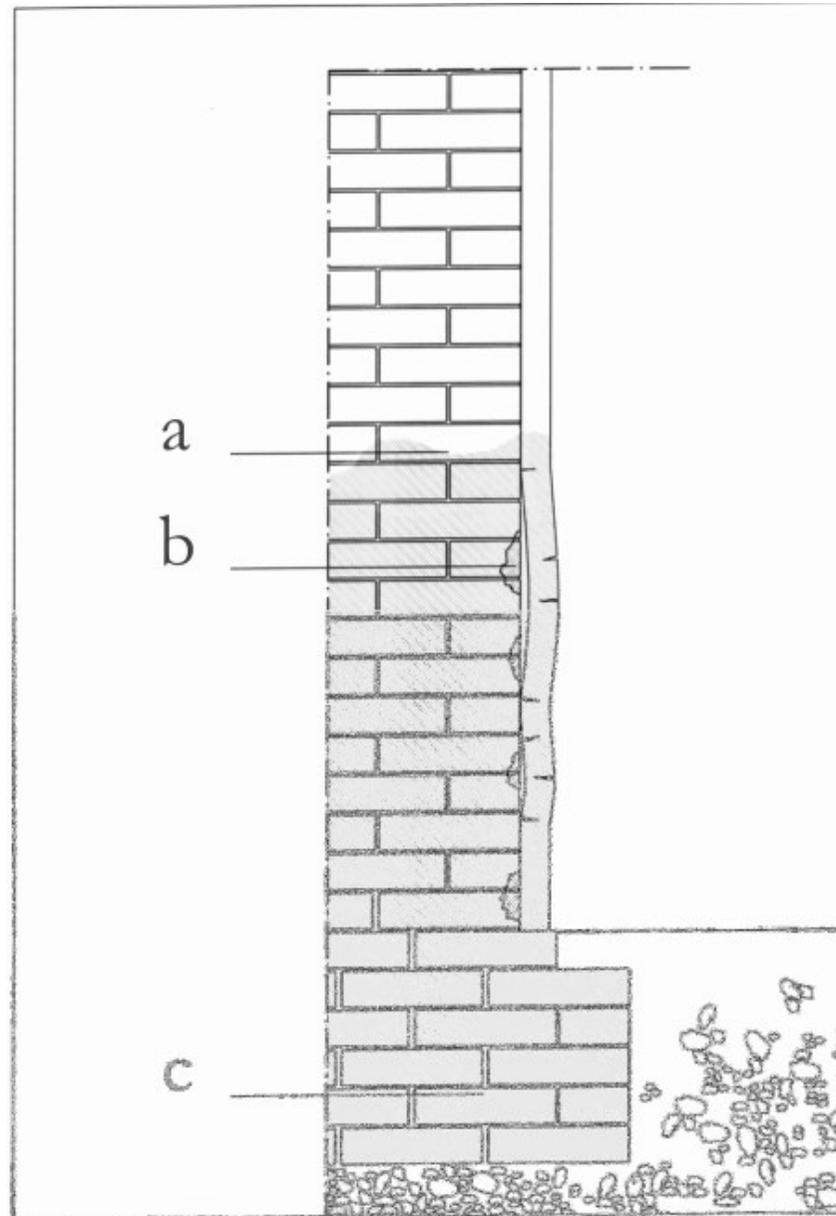


Figura 1 • Muratura soggetta a umidità di risalita capillare. a) Livello di risalita capillare; b) porzioni di muratura spugnosa o friabile; c) fondazione umida.

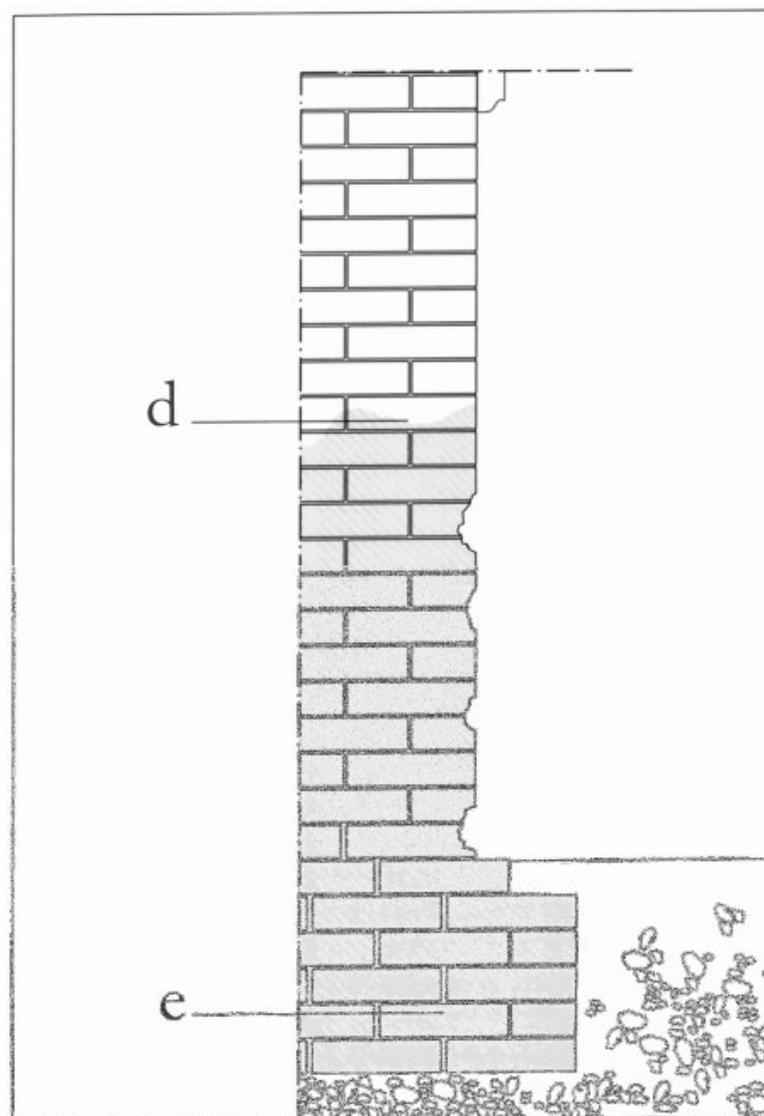


Figura 2 • Eliminazione dell'intonaco preesistente per la parte interessata da fenomeni di risalita capillare, avendo cura di debordare di circa 1 m nell'intonaco asciutto. Successivamente, va pulita la superficie muraria con spazzole o raschietti, in maniera da asportare le parti di muratura spugnosa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

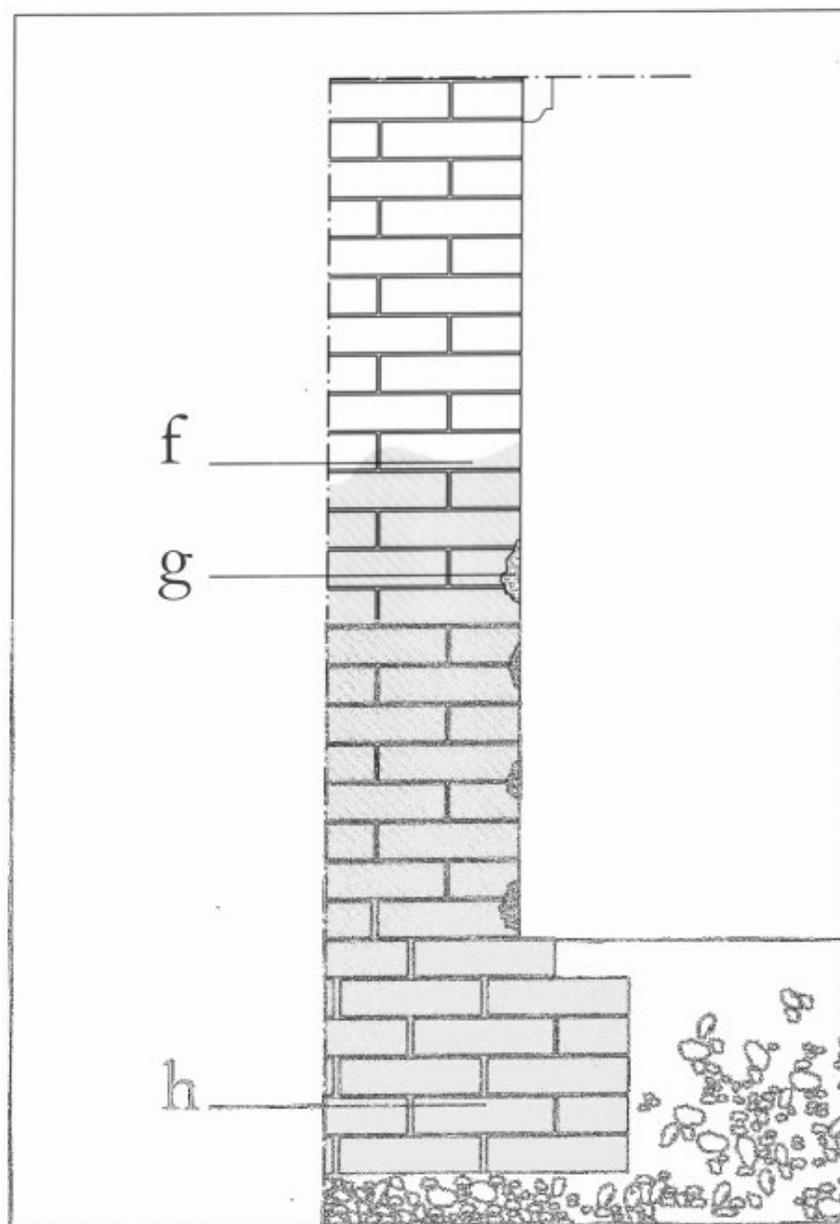


Figura 3 • Integrazione della superficie, ove occorra, per eliminare le cavità o irregolarità provocate dall'operazione precedente. f) Livello di risalita capillare, g) integrazioni; h) fondazione umida.

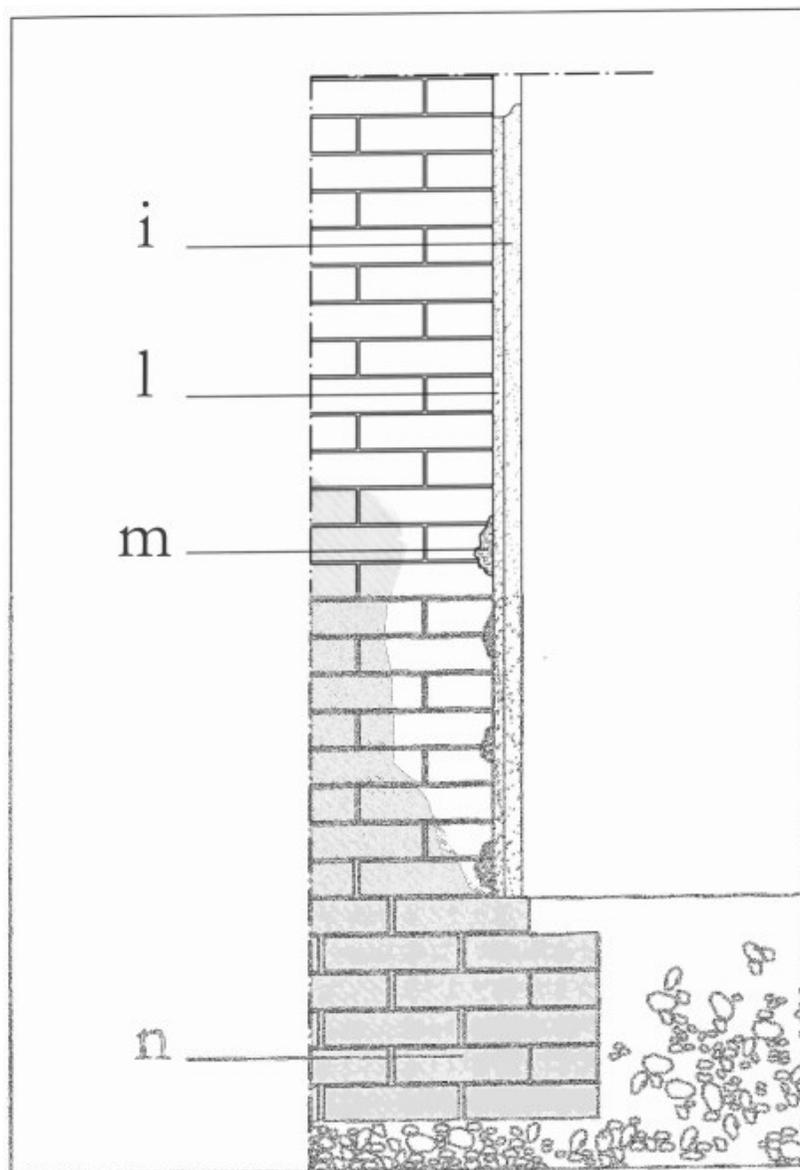


Figura 4 • Applicazione di intonaco macroporoso. Dopo almeno 24-48 ore, a rinzafo ben indurito, previa bagnatura, si procede nell'applicare il successivo strato di intonaco di spessore variabile tra 2 e 4 cm. i) Intonaco macroporoso; l) rinzafo; m) integrazioni; n) fondazione umida.

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica prevede, sostanzialmente, la realizzazione di uno **sbarramento fisico continuo** che impedisca la risalita capillare dell'acqua e dell'umidità all'interno di una parete. Tale obiettivo può essere raggiunto con l'interruzione del flusso d'acqua realizzata con la creazione di un taglio meccanico della muratura e con l'inserimento, nel vano così ottenuto al suo interno, di materiali e/o di sostanze impermeabili.

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Fino agli anni sessanta del secolo scorso, per sbarrare la via alla risalita capillare dell'acqua nelle murature, è stato diffusamente impiegato il metodo denominato dai veneziani “**cuci e scuci**” (v. INT03 - Integrazione e consolidamento mediante “cuci-scuci”) che prevedeva l'inserimento di materiale isolante (ad es. mattoni in resina impermeabile), per tutto lo spessore del muro. Il sistema, applicato principalmente in murature di mattoni pieni, prevedeva che si realizzasse anzitutto un varco in breccia al loro interno, utilizzando prevalentemente mazza e scalpello, di larghezza compresa tra i 100 e i 150 cm e di altezza tanto maggiore quanto più alto era il muro che occorreva deumidificare. Una lamina di piombo era quindi inserita nel varco e adagiata stesa sulla sua faccia inferiore. Si costruiva quindi la porzione di muratura necessaria a chiudere il varco e, solo dopo la presa delle malte, ossia dopo qualche giorno, si poteva procedere con la realizzazione di un nuovo varco, attiguo al precedente, realizzando così, per tratti limitati e successivi, l'intervento di deumidificazione sull'intera parete interessata, senza porne a rischio la stabilità.

Questa tecnica è ormai **quasi del tutto abbandonata**, almeno ai fini della deumidificazione, in quanto è stata superata da sistemi di taglio della muratura meno traumatici e da materiali impermeabili chimicamente ed elettricamente inerti.

Lo sbarramento, oggi, è infatti realizzato in molti e differenti modi poiché esistono **varie tecniche di taglio della muratura** e molti tipi di macchinari con cui realizzarlo così come svariati sono anche i materiali e le sostanze impiegati per realizzare i necessari strati isolanti all'interno dei tagli praticati.

Fasi operative comuni ai diversi metodi di taglio

Si possono tuttavia individuare e descrivere alcune operazioni comuni ai vari sistemi, poiché tutti sinteticamente prevedono:

- la **rimozione dell'eventuale intonaco** presente sulla o sulle superfici esterne della parete da deumidificare, sino a mettere a nudo la sottostante muratura, per un'altezza di 10 cm al di sopra della linea del taglio (tenendo inoltre conto che sempre è buona norma rimuovere l'intonaco deteriorato per più di 30 cm oltre il livello raggiunto dall'umidità di risalita);
- verifica della presenza di eventuali **impianti sottotraccia** che potrebbero essere coinvolti nella foratura (metaldetector);
- il **taglio meccanico** del muro in senso orizzontale, realizzato in momenti e su tratti successivi, così che ogni taglio segua il riempimento della cavità con lo strato impermeabile prescelto e la sua definitiva chiusura. Le macchine odierne permettono di realizzare aperture di lunghezza variabile tra i 20 cm e gli oltre 200 cm, con un'altezza minima di 8 mm, dato dallo spessore della sega, anche se l'altezza è di solito fissata intorno ai 10 mm, per murature di spessore inferiore ai 50 cm, ed è in genere maggiore di 15 mm, per murature di spessori maggiori. Se non esistono particolari impedimenti (ad es. la presenza di rivestimenti pregiati sulle facce della parete da deumidificare), il taglio dovrà essere **passante**, ossia interessare l'intero spessore murario, e dovrà essere eseguito il più possibile vicino alla base del muro, e in ogni caso a un'altezza dal suolo di circa 15 cm (misura che tuttavia varia anche in funzione del tipo macchinario utilizzato) e, ove possibile, lungo il giunto di malta posto tra due corsi successivi della muratura, per evitare eccessivi sforzi al taglio stesso e conseguenti possibili danni anche strutturali;

DMF 08 DEUMIDIFICAZIONE MEDIANTE TAGLIO DELLA MURATURA

- il **lavaggio**, attuato mediante getto d'acqua e/o aria compressa, per eliminare i residui di materia rimasti all'interno del taglio e, se previsto, favorire la presa dell'impasto utilizzato nelle fasi successive;
- il posizionamento, su di una faccia frontale del taglio, di **tamponi in gomma-spugna**, per evitare la fuoriuscita del materiale iniettato per realizzare lo strato di materiale impermeabilizzante (nel caso in cui si adotti questa soluzione).



Figura 1 • Taglio meccanico della muratura: barriera con fogli di materiali impermeabili. Inserimento dei fogli impermeabili, dimensionati in modo da prevedere la loro sporgenza dal filo del muro per almeno 2 cm (per creare la barriera anche nello strato di finitura esterno della parete).



Figura 2 • Taglio meccanico della muratura: barriera con lamine impermeabili.
Bande in profilato nervato di PVC.

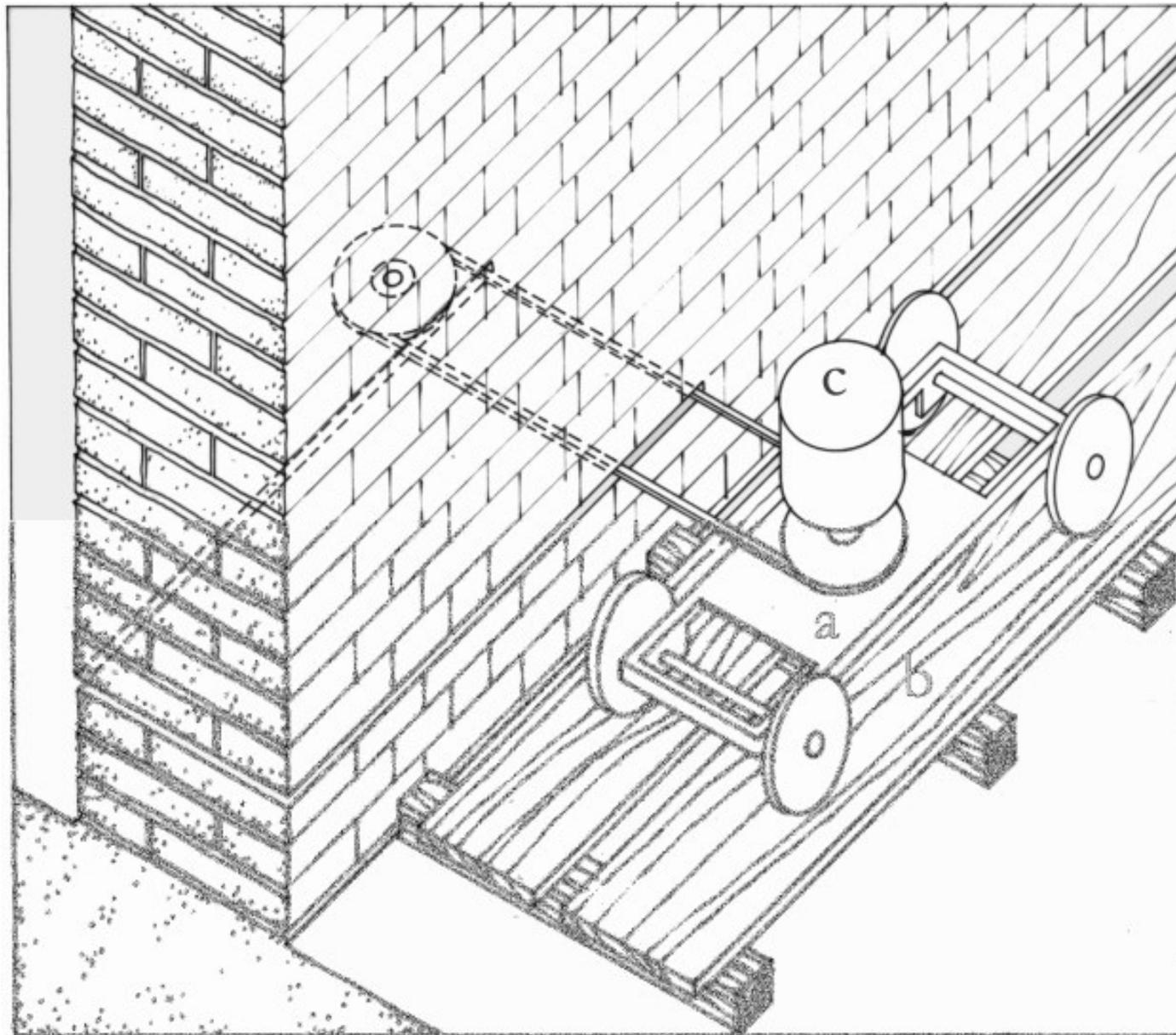


Figura 3 • Taglio meccanico della muratura con sega a catena: a) carrello porta sega; b) palanche appoggiate sul terreno per consentire lo scorrimento orizzontale del carrello; c) sega a catena.

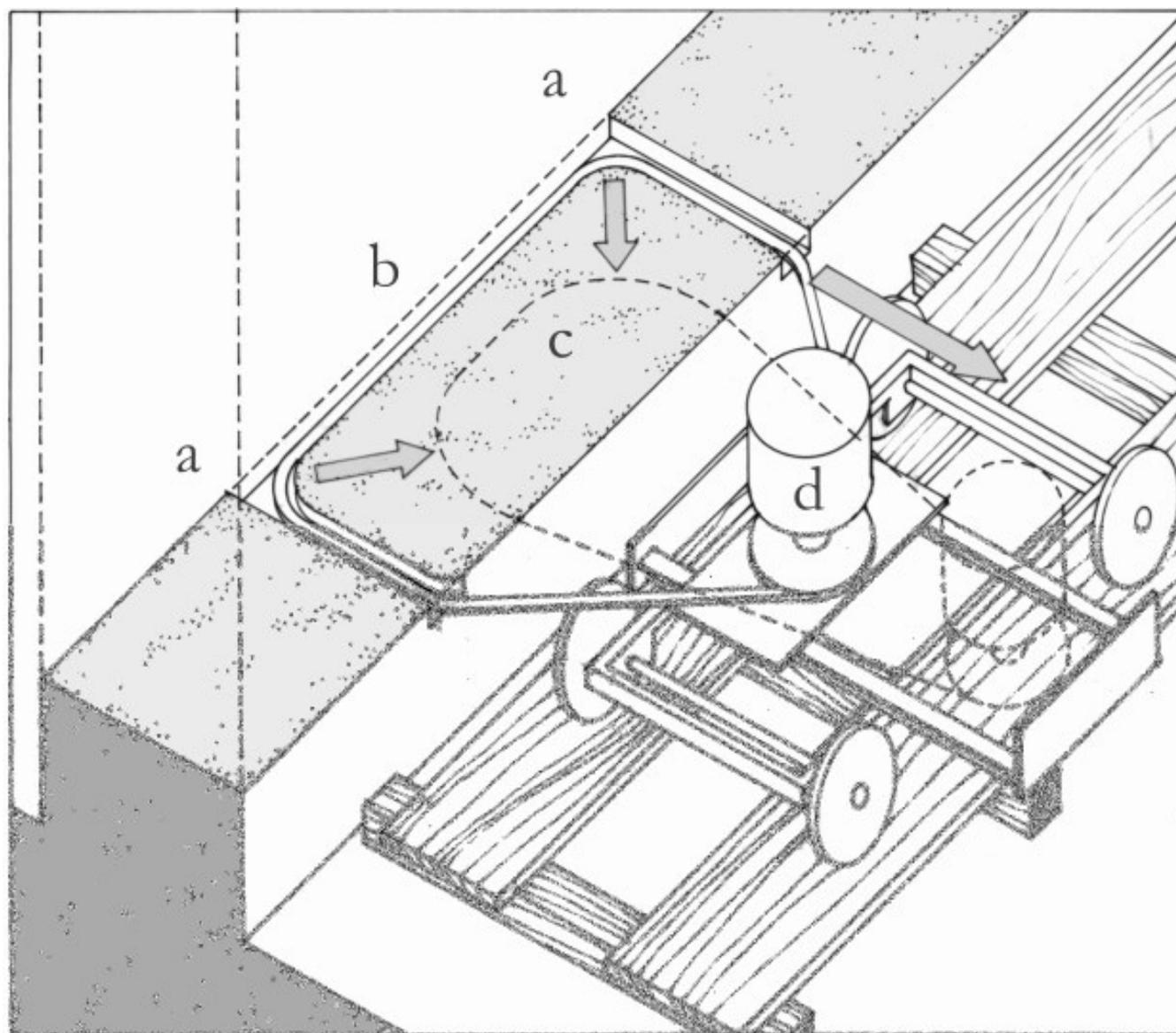


Figura 4 • Taglio meccanico della muratura con filo a sferette di acciaio diamantato: a) fori iniziali per l'introduzione del filo; b) posizione del filo all'inizio dell'operazione di taglio; c) posizione del filo a operazione avanzata; d) puleggia motrice.

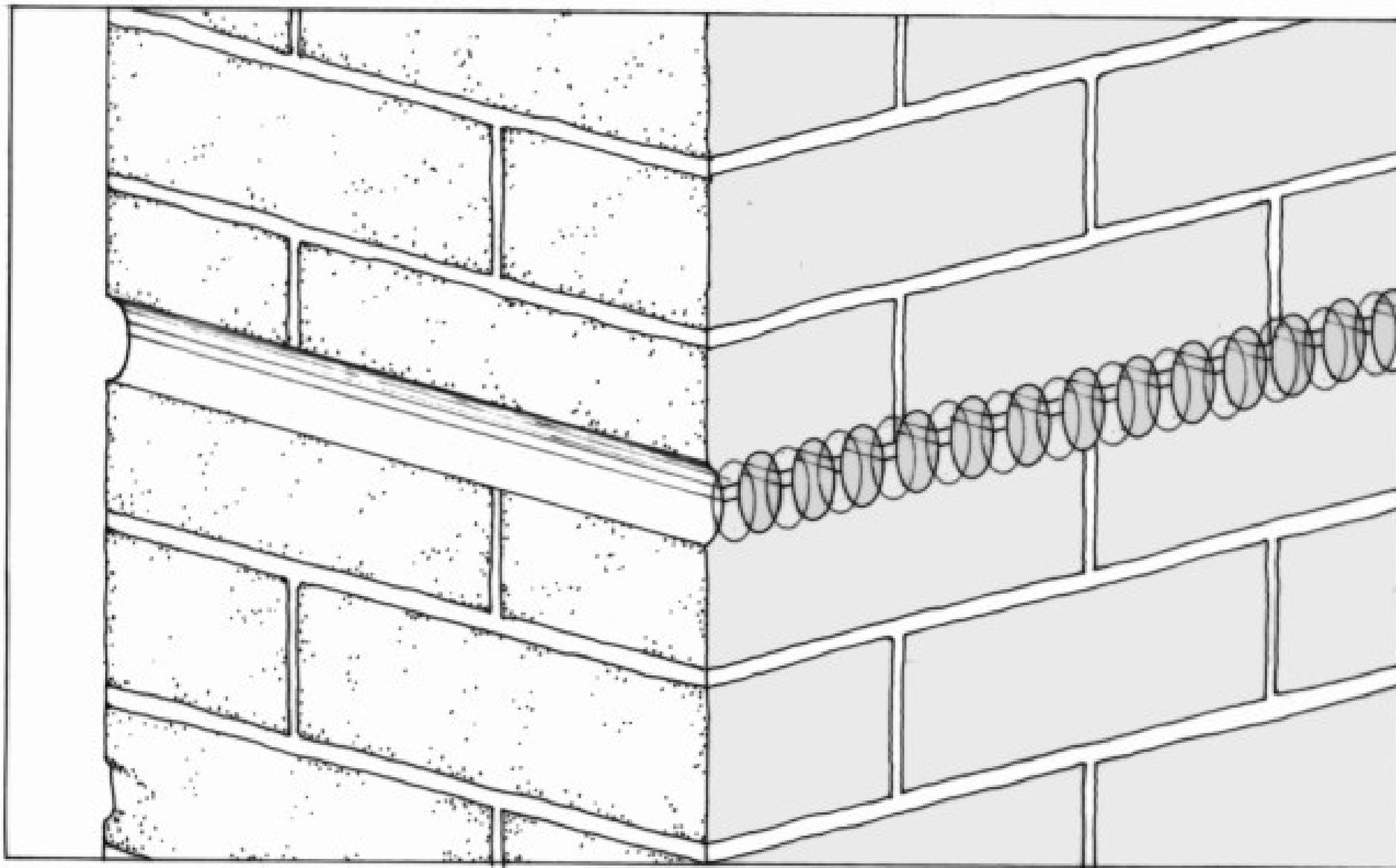


Figura 5 • Il metodo Massari consiste nell' eseguire il taglio meccanico delle murature utilizzando una carotatrice. Questo strumento, oltre a ridurre al minimo urti e vibrazioni, consente, grazie al suo moto rotatorio uniforme, di perforare muri di notevole spessore.

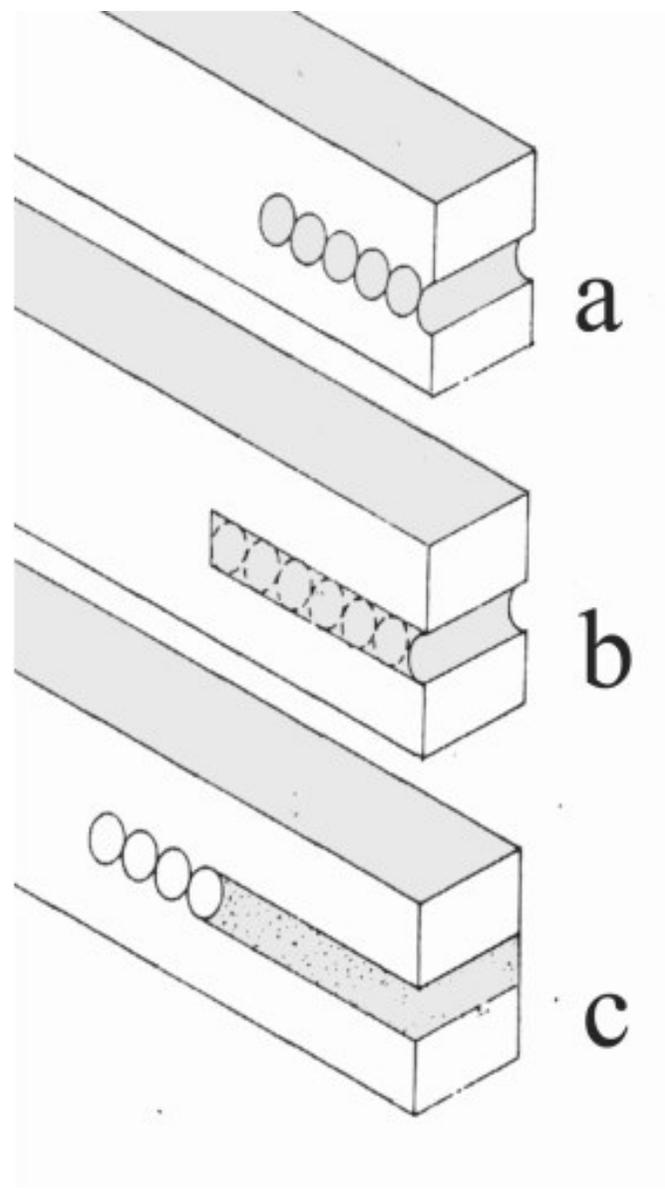


Figura 6 • Fasi di realizzazione del taglio con carotatrice: a) prima serie di fori; b) seconda serie di fori sovrapposti a quelli precedenti, in modo da asportare le parti di muratura rimaste; c) il primo varco è riempito di resina poliesteri. A presa avvenuta, senza bisogno di zeppe, si può procedere al taglio del tratto adiacente.

DMF 14 PROTEZIONE DELLE FONDAZIONI DALL'UMIDITÀ

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

La tecnica prevede la **captazione e/o la deviazione** lontano dalle fondamenta di un edificio delle acque ruscellanti e di quelle sotterranee provenienti dalle aree circostanti

L'intercettazione e l'allontanamento avvengono molto velocemente e sono ottenute mediante il **rivestimento delle superfici interrato** a diretto contatto con il terreno.

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Le pareti esterne delle murature interrate possono essere **protette in vari modi**. I più diffusi sono:

- uno strato a base di bitume protetto da apposito pannello (metodo 1);
- pannelli di bentonite (metodo 2).

Esistono altri sistemi che, oltre a svolgere un'azione protettiva della parete, favoriscono la raccolta e il drenaggio delle acque disperse. Tale funzione può essere svolta da speciali **pannelli drenanti** (metodi 3 e 4) per poi essere convogliata in un tubo di smaltimento.

DMF 14 PROTEZIONE DELLE FONDAZIONI DALL'UMIDITÀ

Nella progettazione di tutti i sistemi bisogna tenere presente che la **pendenza** del piano di campagna determina il convogliamento delle acque meteoriche e in alcuni casi anche di quelle sotterranee, per cui è sempre necessario verificare, attraverso sondaggi, le concentrazioni d'acqua, per stabilire se l'applicazione del materiale debba avvenire su tutti i lati dell'edificio o solamente su quelli più esposti. La distanza dello scavo di drenaggio dalla superficie esterna del muro dovrà essere scelta in maniera che lo strato verticale di terreno, compreso fra detto scavo e il muro da risanare, non frani; perciò, tale distanza dovrà essere tanto maggiore quanto meno sarà compatto o costipato il terreno.

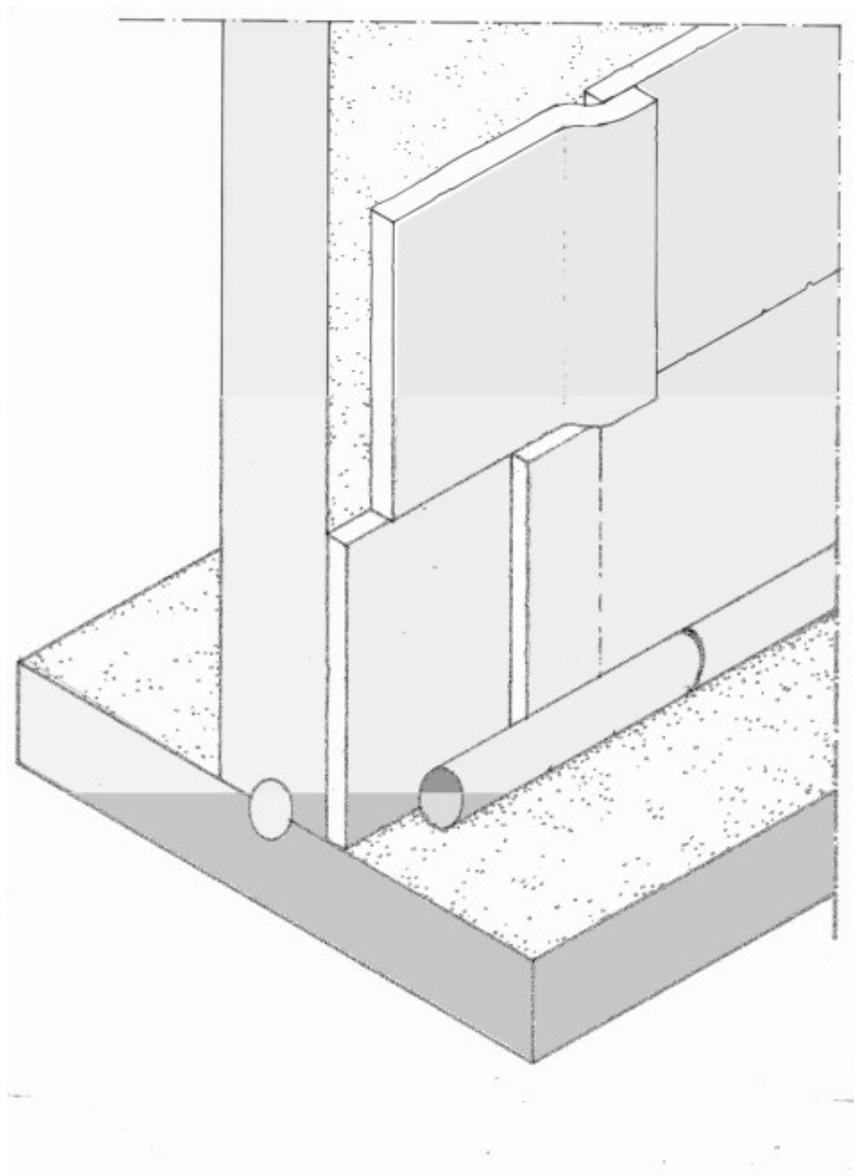


Figura 1 • Protezione delle fondazioni con pannelli di bentonite di sodio. Applicazione sulla faccia verticale di pannelli di dimensioni 50 x 60. Nel punto di contatto tra piano verticale e piano orizzontale è posato un cilindro dello stesso materiale per evitare eventuali possibili infiltrazioni di acqua proveniente dal terreno.

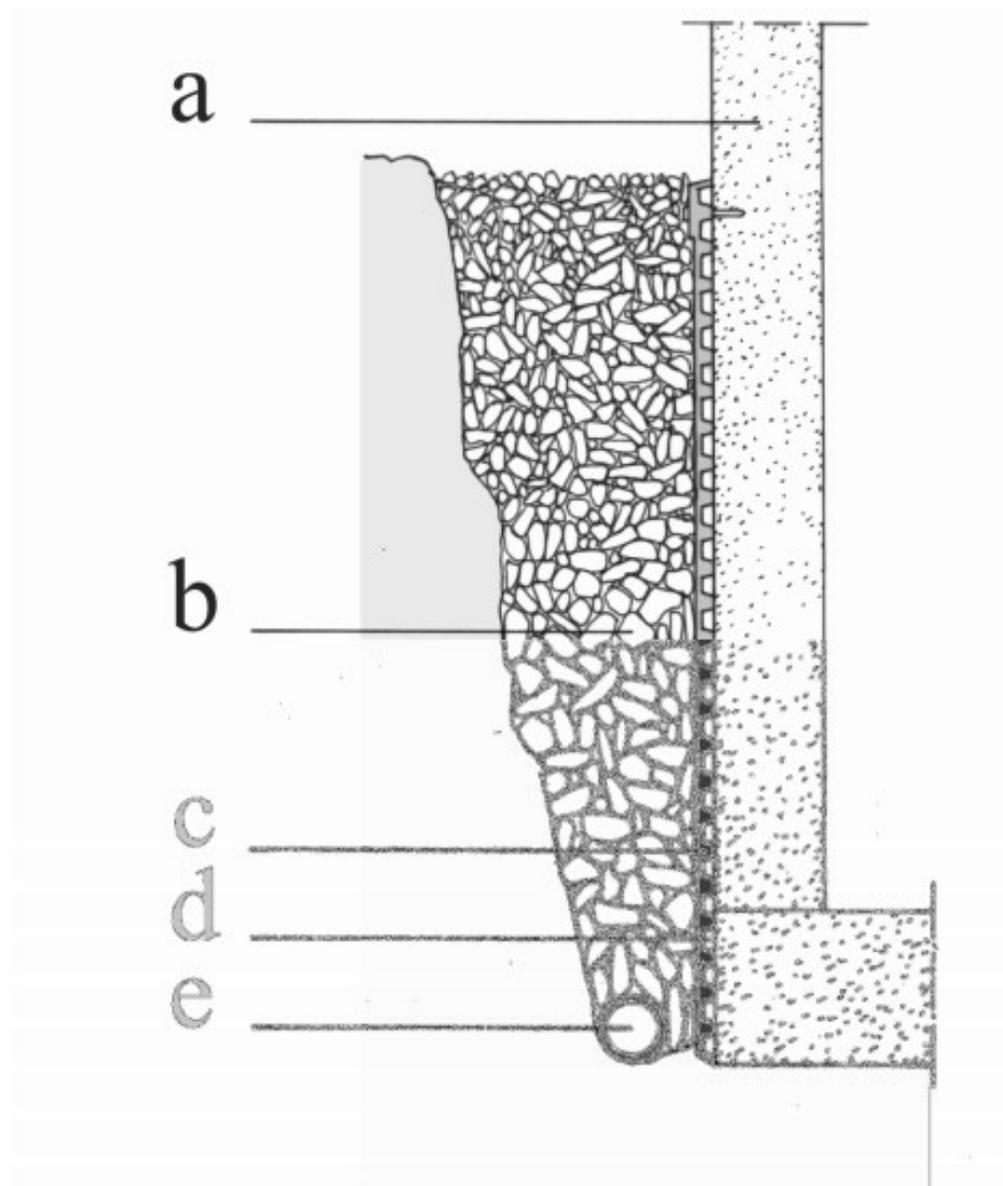


Figura 2 • Protezione delle fondazioni con membrana in polietilene. I pannelli dell'altezza dell'intera porzione di muro da proteggere sono fissati alle pareti mediante viti a espansione.

PRINCÌPI FUNZIONALI DI BASE

La ventilazione, il riscaldamento e la deumidificazione degli ambienti, impiegati separatamente o in modo combinato, permettono di controllare e correggere i **parametri termoigrometrici interni**. Nel settore della deumidificazione questi sistemi trovano applicazione anche nell'eliminazione dei fenomeni di condensa attraverso l'aumento della temperatura delle superfici e con il ricircolo dell'aria.

Quando una massa d'aria è raffreddata la sua umidità relativa aumenta fino a **saturazione**.

Negli ambienti architettonici alcune superfici sono sottoposte a maggior raffreddamento, come è per le pareti esterne, i vetri, i pavimenti ecc. Se l'aria è a contatto con queste superfici si raffredda e, a parità di contenuto di umidità, si avvicina tanto più al punto di saturazione quanto minore è la temperatura raggiunta.

APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Le tecniche disponibili in questo campo sono numerose; alcune impiegate diffusamente, altre più complesse e innovative. In questa sede si richiameranno brevemente i comuni **impianti di riscaldamento, di ventilazione e di deumidificazione dell'aria**, senza darne, tuttavia, una descrizione dettagliata, che esula dai compiti di quest'opera, ma limitandosi a ricordarne i principi e gli effetti di **funzionamento ai fini della lotta all'umidità**.

Riscaldamento

Il riscaldamento degli ambienti è generalmente utilizzato quando si è in presenza di **umidità da condensa** atmosferica. Il fenomeno è, infatti, puramente termico ed è causato dall'incontro di due masse di cui una fredda. Per eliminare il problema ci possono essere due soluzioni: riscaldare o aumentare la resistenza termica della parete (v. DMF13 - Intercapedine interna con contromuro).

La condensa dipende strettamente dalle contingenze meteorologiche e climatiche stagionali, e perciò si può parlare di condensa invernale o estiva. Con l'innalzamento della temperatura è possibile indurre una diminuzione dell'UR, grazie anche all'agevolazione del ricambio d'aria naturale che si viene a creare attraverso aperture, fessure o aspiratori.

Ventilazione

La ventilazione impedisce all'ambiente di caricarsi troppo di umidità e può essere:

- 1) **naturale**, quando si determina per differenza di temperatura tra aria interna e aria esterna o tramite l'azione del vento. Il passaggio dell'aria può avvenire attraverso finestre, porte, bocche d'aerazione, e per **incrementare la ventilazione** si può intervenire:
 - allargando le bucatore esistenti o creando nuove aperture. I sistemi sono svariati (apertura di bocche d'aerazione a livello del pavimento, nel muro di spina, sostituzione degli specchi inferiori delle porte con opportune griglie ecc.) e in fase progettuale bisogna considerare che il ristagno d'aria, in genere, si crea nei primi 40 cm sopra il pavimento.
 - mediante riduzione delle resistenze alla circolazione interna dell'aria.
- 2) **accelerata**, quando **si forza il ricircolo naturale** collegando nuove canne fumarie o vecchi camini a intercapedini, cantine, locali umidi, oppure si **utilizzano mezzi meccanici**, quali aspiratori o ventilatori.

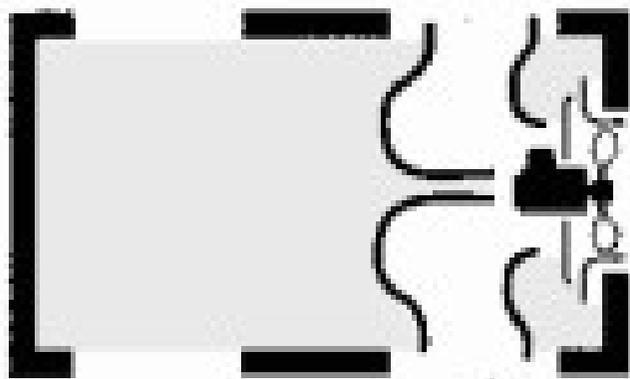
La tecnica della ventilazione accelerata a mezzo camino si è rivelata utile nel risanamento d'intercapedini perimetrali, camere d'aria sotto pavimenti e luoghi dove il movimento naturale dell'aria non è sufficiente. L'elettroventilazione si realizza con un ventilatore elicoidale applicato a un infisso esterno o a una griglia a parete o con un torrino da tetto.

Deumidificazione

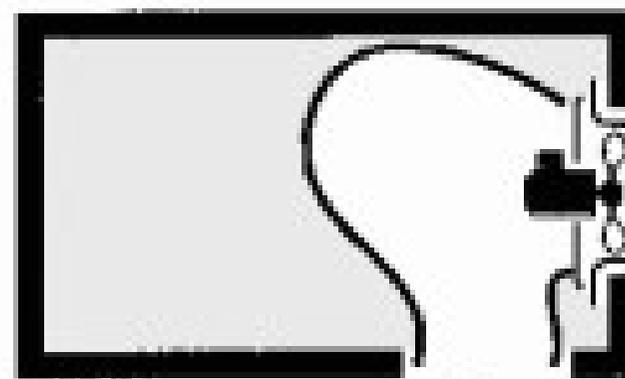
L'impianto di deumidificazione permette il controllo della temperatura, dell'umidità relativa, della velocità e della purezza dell'aria.

L'impianto è costituito da un ventilatore che aspira aria dall'ambiente, da un elemento refrigerante che abbassa la temperatura dell'aria aspirata provocando la condensazione dell'acqua, da un umidostato, che regola la quantità di umidità da eliminare o aggiungere. Non sempre è possibile realizzare impianti di questo tipo in edifici monumentali, in quanto il loro funzionamento comporta la realizzazione di canalizzazioni di grandi dimensioni.

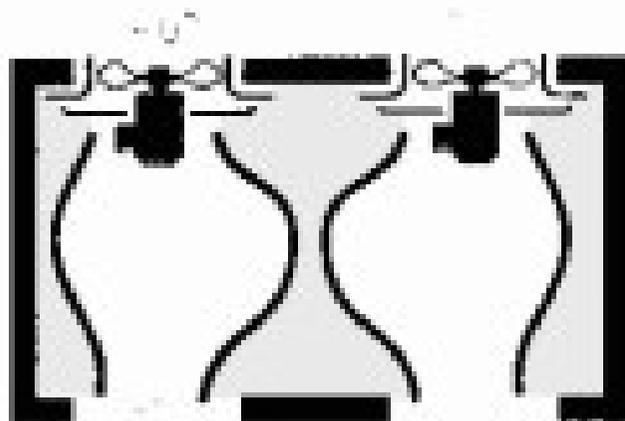
NO



NO



SI



SI



Figura 1 • Schema di installazione di un ventilatore. Due possibili ubicazioni errate e due corrette.

DMF 16 CLIMATIZZAZIONE DEGLI AMBIENTI

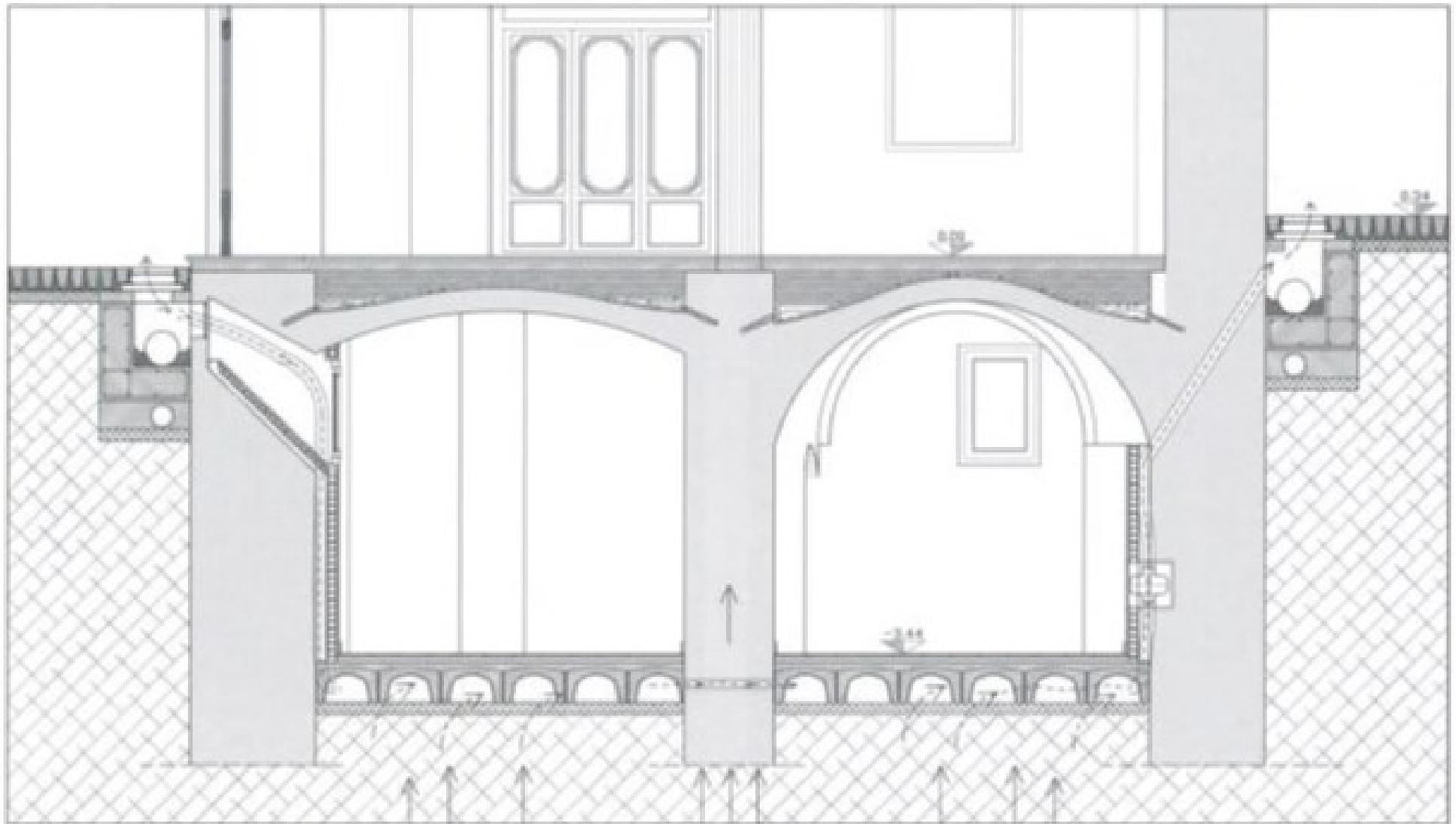


Figura 2 • Palazzo Gambirasi, Roma. Sistema di ventilazione passiva.

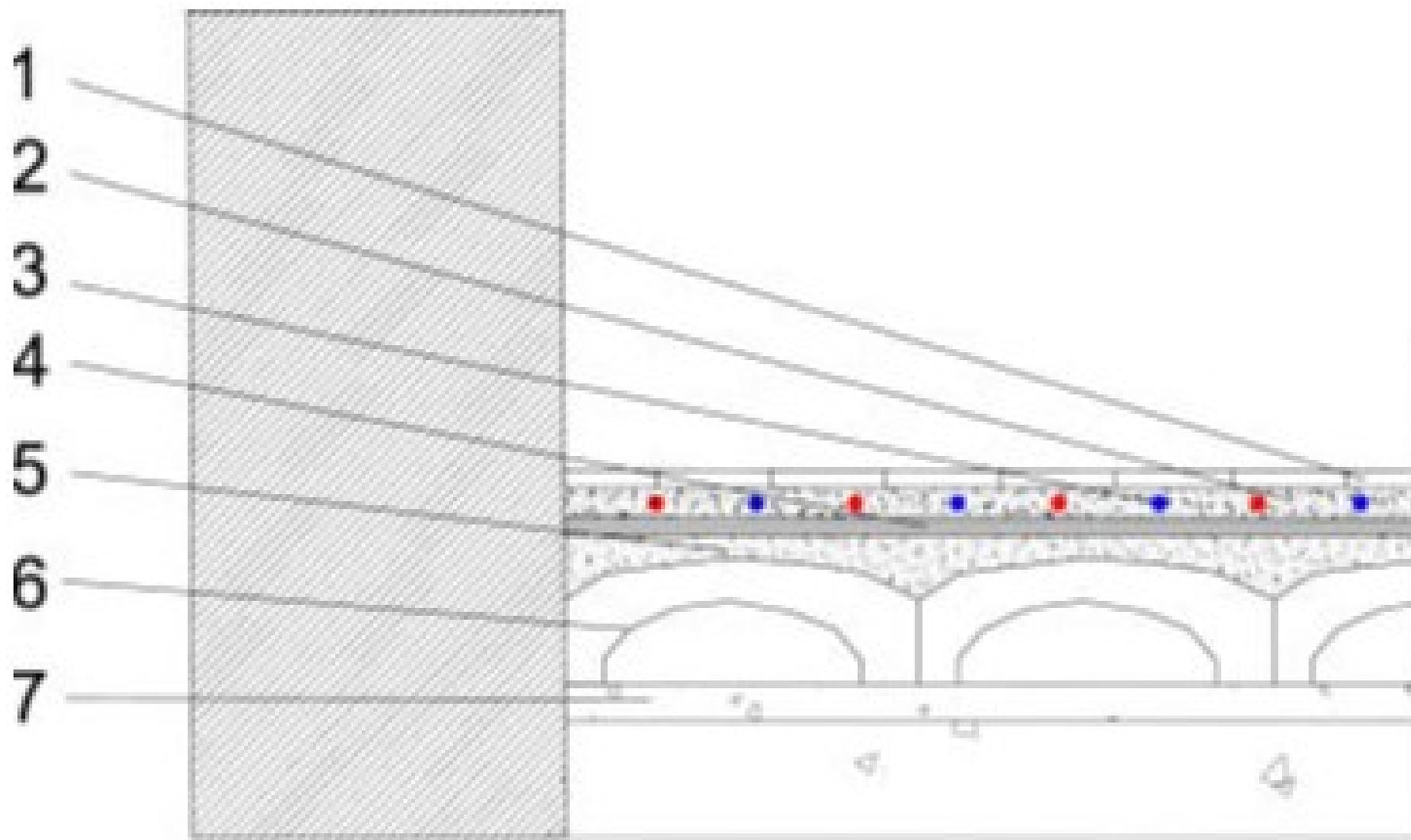


Figura 3 • Riscaldamento a pavimento con pannelli radianti: 1) pavimento; 2) massetto; 3) serpentina per il passaggio del fluido termovettore; 4) strato di isolante termico; 5) getto in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata; 6) casseri a perdere in polipropilene riciclato; 7) magrone.