

### 3 STRATEGIE FINALIZZATE A EVITARE L'INGRESSO DELL'ACQUA NELLE CHIUSURE VERTICALI E ORIZZONTALI

Tra le funzioni che un involucro edilizio deve assolvere, quella di controllare – solitamente evitandolo – l'ingresso dell'acqua all'interno dei vani è la più importante. La presenza di acqua è infatti di gran lunga la più frequente causa di degrado delle costruzioni edili. L'acqua accelera il degrado dei più diffusi materiali da costruzione, e specialmente dell'acciaio (causandogli corrosione), del legno (a causa delle variazioni dimensionali – e dei ripetuti stress meccanici a cui esse danno luogo – che si verificano specialmente a seguito di variazioni del contenuto di umidità), e dei materiali fragili e porosi, come il laterizio (anche a causa della loro gelività).<sup>1</sup>

A ciò si aggiunge il fatto che la presenza di umidità compromette la funzionalità di quasi tutti i termoisolanti di origine naturale e di molti di origine artificiale.

È perciò importante conoscere le condizioni che devono verificarsi affinché l'acqua penetri all'interno delle fessure e dei giunti degli involucri edilizi.

Per farlo, seguirò qui la traccia metodologica definita dal noto tecnologo dell'architettura Edward Allen in diversi suoi testi.<sup>2</sup>

Secondo questa interpretazione, le condizioni che devono verificarsi affinché l'acqua penetri all'interno un involucro edilizio sono le seguenti:

- 1 deve esservi un'apertura;
- 2 deve esservi dell'acqua presente nell'apertura;
- 3 deve esservi una forza che spinge l'acqua dentro l'apertura.

Se anche una sola di queste condizioni non si realizza, l'acqua non fa ingresso attraverso un involucro edilizio.

È però piuttosto rischioso fare affidamento sull'eliminazione di una sola di queste cause per impedire all'acqua di penetrare attraverso gli involucri. Nel caso in cui l'integrità dei componenti adottati in una configurazione tecnica di involucro venga meno – prima o poi, cosa certa – la tenuta all'acqua dell'involucro risulterebbe quasi certamente compromessa. Per questo motivo, quando è possibile, si cerca di intervenire contemporaneamente su tutte e tre le possibili condizioni (a meno che considerazioni di ordine estetico o altro non lo sconsiglino).

Oggi questa coesistenza di soluzioni tecniche mirate alla stessa finalità – questa ridondanza, in definitiva – si è arricchita della possibilità della sigillatura, che a sua volta è resa possibile dalla disponibilità di sigillanti adeguatamente efficaci e durevoli. Fino a prima della disponibilità di elastomeri sintetici, i sigillanti in edilizia avevano delle caratteristiche prestazionali troppo scarse per garantire da soli tenuta all'acqua e durabilità. Questo rendeva non percorribile l'opzione progettuale prevedente l'eliminazione delle aperture dall'involucro. Né era praticabile l'opzione della realizzazione di pareti di chiusura cave e drenate, che si prestassero a prevenire la penetrazione capillare dell'acqua. È questo il motivo per cui nell'architettura della tradizione la strategia tecnico-progettuale più praticata era quella di

<sup>1</sup> Nel caso in cui all'interno di un muro sia presente acqua e nel caso in cui la temperatura interna del muro scenda sotto 0 °C, tale acqua può ghiacciare, espandendosi e sottoponendo il materiale a sforzi interni anche consistenti, che, se ripetuti, possono portare all'indebolimento o alla disgregazione del materiale per fatica.

<sup>2</sup> In particolare in E. Allen, *Architectural Detailing. Function, Constructibility, Aesthetics*, New York, Wiley, 1993, presentata parzialmente in E. Allen, *I fondamenti del costruire: i materiali, le tecniche, i metodi*, Milano, McGraw-Hill, 1997 (tit. or: *Fundamentals of Building Construction. Materials and Methods*, New York, Wiley, 1990).

tenere l'acqua lontano dalle aperture; – fatto che dimostra che, dovendo scegliere una sola delle tre strategie disponibili, è questa la più efficace e di maggiore affidabilità nel tempo.

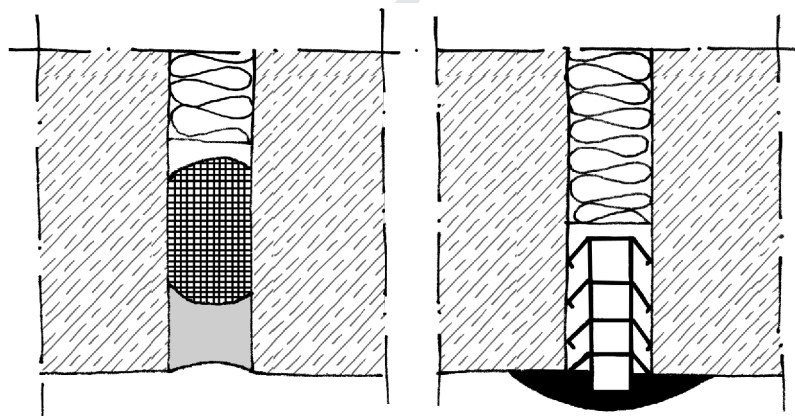
Si esamineranno ora più puntualmente le tre strategie tecniche suddette.

#### Strategia 1. Eliminazione delle aperture.

Ciò che ha reso praticabile questa soluzione è, appunto, la comparsa e il miglioramento prestazionale dei sigillanti sintetici e delle guarnizioni elastiche.

La prima cosa da tenere presente a proposito delle sigillature è che il loro corretto comportamento dipende fortemente dall'accuratezza della loro posa in opera – che si ripercuote sui costi di esecuzione – e che l'elasticità e l'aderenza dei sigillanti e delle guarnizioni diminuisce vistosamente con il loro invecchiamento. L'efficacia di una sigillatura – o di una guarnizione – dopo 10 o 20 anni dall'installazione risulta, infatti, in genere, considerevolmente diminuita. Ne consegue che i giunti sigillati necessitano di manutenzioni periodiche, consistenti nella rimozione delle sigillature o guarnizioni preesistenti e nella loro sostituzione.

Un giunto in un involucro edilizio che per la propria tenuta all'acqua faccia affidamento solo sull'**efficienza di sigillature e guarnizioni** necessita che queste siano completamente integre, cosa che rende ancora più indispensabile un'esecuzione a regola d'arte dei lavori. È quello che si verifica, per esempio, nelle facciate continue (a *curtain wall*) a giunti chiusi. Molte facciate continue realizzate negli anni Cinquanta e Sessanta erano del tipo a giunti chiusi: basavano, cioè, la propria tenuta all'acqua appunto esclusivamente sulla tenuta di sigillanti e guarnizioni. In queste condizioni, l'ammaloramento di sigillature e guarnizioni può causare l'infiltrazione di considerevoli quantità di acqua per capillarità. Oggi la maggior parte delle facciate continue sono invece del tipo a giunti aperti: progettati, cioè, con l'obiettivo della compensazione (equalizzazione) della pressione (su cui si ritornerà più avanti); cosa che ai fini della tenuta all'acqua ne riduce la dipendenza dalla tenuta di sigillature e guarnizioni.

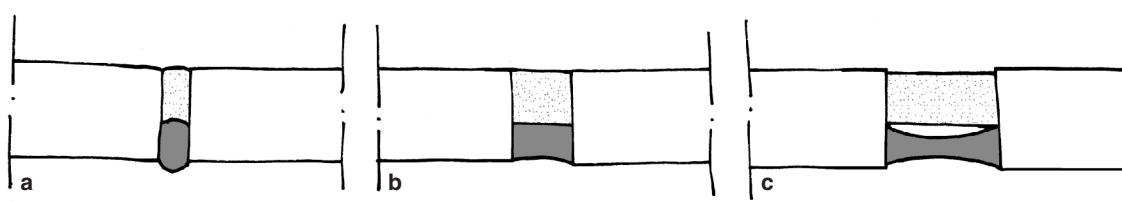


**Figura 3.1 Esempi di sigillature a tenuta d'acqua tra due elementi in calcestruzzo armato. A sinistra: realizzata mediante sigillatura su sottofondo elastico; a destra: realizzata con guarnizione flessibile messa in opera a pressione.**

Le caratteristiche principali delle sigillature dei giunti tra elementi edilizi di involucro impiegati negli ambienti esterni sono l'elasticità e il fatto di essere costituite da materiale con struttura a celle chiuse, tale da non causare assorbimento di acqua nel loro interno.

Le sigillature vengono di solito applicate su **supporti elastici** costituiti da cordoni in materiale sintetico elastico e comprimibile a celle chiuse o aperte, a sezione circolare o quadrata, finalizzati a limitare la profondità della cavità da riempire con isolante, costituire un supporto per il sigillante e costituire una chiusura temporanea dei giunti prima dell'applicazione delle sigillature stesse. L'impiego di tali supporti è necessario affinché il sigillante non si strappi a causa dei movimenti dei lembi del giunto. Questo, infatti, deve essere fissato ai bordi laterali del giunto e al supporto elastico, ma non alla superficie di fondo dei componenti da congiungere.

In caso contrario, durante le fasi di dilatazione si creerebbero delle concentrazioni di sforzo rischiose per la sua durata e integrità.



**Figura 3.2** Comportamento di una sigillatura effettuata su supporto di un cordone sigillante al variare delle dimensioni di un giunto. Da sinistra a destra: a. riduzione dello spessore del giunto (stato di compressione: comunemente, situazione estiva); b. giunto a riposo; c. aumento dello spessore del giunto (stato di trazione: comunemente, situazione invernale).

*Strategia 2. Allontanamento dell'acqua dalle aperture.*

È questa, come si diceva, la strategia principalmente seguita negli edifici realizzati con tecnologie tradizionali, preindustriali. La sua implementazione determina conseguenze rilevanti di ordine estetico, principalmente dovute alla necessità di dotare gli involucri edilizi di **aggetti e sporgenze** destinati a proteggere le aperture e i giunti attraverso cui potrebbe passare acqua. Aggetti e sporgenze che spesso risultano difficilmente coniugabili con gli stilemi espressivi dell'architettura moderna. L'architettura tradizionale è infatti caratterizzata da tetti sporgenti e vetri arretrati rispetto al piano delle facciate, mentre l'architettura moderna è caratterizzata da tetti non aggettanti e vetri piuttosto vicini al piano delle facciate. Uno dei principali vantaggi della strategia prevedente l'impiego di aggetti sporgenze è che la sua efficacia è meno dipendente dalla performatività, integrità e durabilità dei materiali utilizzati sia nel caso della strategia basata esclusivamente sulla sigillatura delle aperture, essendo la prima più legata alla configurazione che i componenti utilizzati assumono.

Ne deriva che la tenuta all'acqua di un giunto protetto con aggetti e sporgenze nel tempo è meno a rischio della tenuta di un giunto sigillato.

Le principali soluzioni utilizzate per tenere l'acqua lontana dalle aperture sono le seguenti, tutte molto diffuse, e spessissimo impiegate in combinazione.

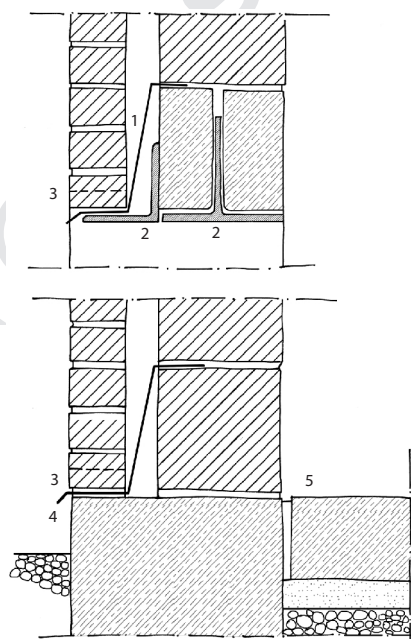
- a **Piano inclinato.** Si tratta di una soluzione ricorrente, per esempio, nelle coperture, nei davanzali, nelle connessioni dei pannelli di rivestimento, nelle scossaline (esterne e interne alle pareti), negli infissi. La finalità della pendenza nelle configurazioni architettoniche di involucro è intuitiva: sfruttare la forza di gravità per favorire il deflusso dell'acqua. L'inclinazione che più spesso si conferisce agli elementi edilizi per il deflusso dell'acqua è compresa tra il 4 e l'8%, dipendentemente dai materiali e dalle situazioni climatiche. Essa può essere rivolta verso l'interno o l'esterno dei vani, dipendentemente dalle situazioni. Nelle soglie delle porte finestre esterne e nei davanzali, essa per esempio è verso l'esterno, mentre nel caso delle cimase e delle scossaline dei parapetti essa è verso l'interno.<sup>3</sup>
- b **Sovrapposizione.** La sovrapposizione va a riguardare almeno due elementi distinti, il superiore dei quali deve essere inclinato, per fare sì che l'acqua defluisca sull'elemento inferiore. Gli elementi sovrapposti devono essere caratterizzati da inclinazione e dimensioni della sovrapposizione sufficienti a impedire che l'acqua, a causa del vento o della forza capillare, si infiltri risalendo tra l'elemento superiore e l'inferiore. Ritroviamo questa soluzione abbinata alla pendenza sia nel caso delle coperture a elementi discontinui (tegole, scandole, piastre ecc.), sia nella grande maggioranza delle scossaline, interne o esterne alla chiusura.<sup>4</sup>
- c **Aggetto e gocciolatoio.** Si tratta di una soluzione finalizzata a proteggere dal dilavamento un elemento o un'apertura collocata sotto l'aggetto – questa è la funzione dell'aggetto – e impedire che l'acqua rifluisca verso l'edificio lungo la faccia inferiore dell'elemento aggettante, raggiungendo l'apertura per un altro percorso, più tortuoso – questa è la funzione del gocciolatoio. Il gocciolatoio può consistere in una scanalatura sulla faccia inferiore dell'elemento aggettante o in una semplice inclinazione verso l'esterno di tale superficie. Scopo del gocciolatoio è in ogni caso quello di fare sì che le gocce d'acqua, una volta raggiunta una certa zona della superficie inferiore dell'elemento aggettante, si stacchino da esso e cadano verso il basso. I casi più tipici dell'applicazione della combinazione di aggetto e gocciolatoio sono quelli degli infissi, delle scossaline, dei davanzali, delle

<sup>3</sup> Cfr. E. Allen, *Architectural Detailing*, cit.

<sup>4</sup> Ibidem.

cimase, dei coronamenti e in genere degli sporti degli edifici (come quelli costituiti da balconi e pensiline).<sup>5</sup>

- d **Allontanamento dell'acqua per mezzo di aperture apposite.** Questa soluzione è da impiegarsi nel caso in cui un giunto o un elemento tecnologico sia dotato di una cavità interna, e serve a ovviare all'avvenuto ingresso dell'acqua all'interno della cavità stessa. Si tratta di una configurazione ricorrente nelle pareti con intercapedine aerata, ventilata o microventilata, nei giunti tra i telai dei serramenti metallici e nelle coperture ventilate a falde inclinate. Ciò che la motiva è l'assunzione del fatto che, per quanto un giunto tecnico di involucro possa essere ben concepito, vi sarà sempre un po' d'acqua che riuscirà a infiltrarsi al suo interno (per esempio, appunto, a causa della pressione del vento o della forza capillare) e a formarvisi all'interno come acqua di condensa. Una strategia per ovviare a questo stato di cose è appunto quella di approntare, nella parte inferiore della cavità, aperture per il deflusso dell'acqua e una pendenze per convogliare l'acqua verso le aperture. **In una facciata debolmente ventilata con paramento in mattoni** tale strategia per esempio comporta:
- l'apertura, a distanza regolare (40-60 cm), subito sopra gli elementi orizzontali continui, non murari, presenti nella muratura (come cordoli dei solai o architravi), di giunti verticali privi di malta nello strato murario esterno;
  - il posizionamento, immediatamente sotto tali aperture di evacuazione, di scossaline interne alla muratura, inclinate verso l'esterno e conformate in modo tale da terminare con piccoli gocciolatoi (questa soluzione non è indispensabile in tutti i climi, ma utile);
  - il posizionamento – eventuale – di una barriera impermeabile sulla faccia esterna della muratura interna.
- e **Ventilazione delle intercapedini.** Tale soluzione è di solito impiegata in combinazione con la precedente. Come si è già detto altre volte, quando si è in presenza di una cavità interna a un giunto o a una chiusura, è bene fare sì che nella cavità si verifichi un certo ricambio d'aria, che in inverno dovrebbe essere sufficientemente blando da ridurre solo di poco la resistenza termica della chiusura nel suo complesso, ma comunque non tanto blando da impedire l'evacuazione dell'umidità. A questo scopo, è



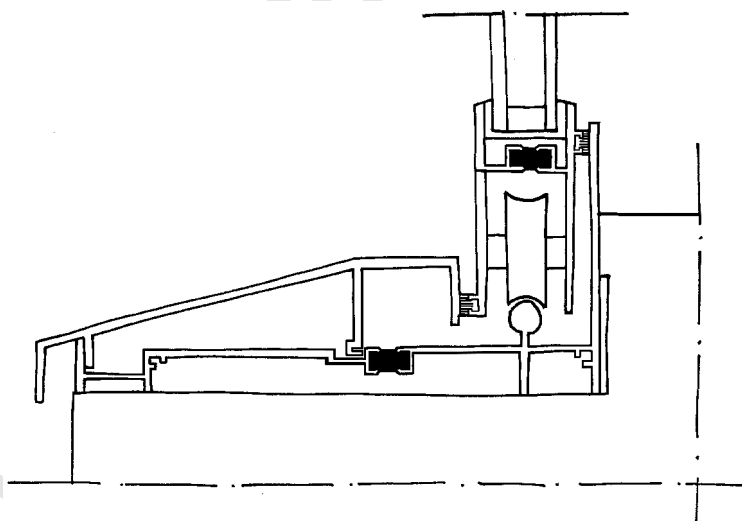
**Figura 3.3** Dettagli di una sezione verticale di una parete ventilata a doppio strato in laterizio in corrispondenza dell'architrave sopra una finestra e dell'attacco a terra. **Legenda:** 1. Scossalina interna metallica o plastica finalizzata al drenaggio dell'acqua (prevalentemente) di condensa dall'intercapedine muraria ventilata. 2. Architravi in acciaio. 3. Apertura di drenaggio in alcuni giunti verticali di malta. 4. Parete controterra o fondazione continua in cemento armato. 5. Solaio controterra in cemento armato.

<sup>5</sup> E. Allen, *Architectural Detailing*, cit.

auspicabile dotare la cavità di aperture superiori e inferiori atte a dare luogo a ventilazione per effetto camino (dovuta al fatto che l'aria più calda tende a spostarsi verso l'alto e a fuoriuscire dall'apertura superiore, attivando un ricambio d'aria nell'intercapedine). Questa soluzione comporta, tra l'altro, il vantaggio di ridurre il carico termico dovuto alle pareti<sup>6</sup> nelle situazioni di surriscaldamento estivo, in misura crescente con la temperatura nella cavità (alla quale è a sua volta proporzionale l'intensità della ventilazione dell'intercapedine). La presenza di aperture verso l'esterno delle intercapedini murarie comporta però anche il **rischio che il vento spinga l'acqua** attraverso di esse. Rischio che si presenta in particolare nelle facciate controvento, a causa della maggiore pressione che in tale situazione caratterizza l'aria presente sulla faccia esterna delle chiusure rispetto a quella presente nelle intercapedini che si trovano all'interno delle chiusure stesse. La strategia consigliabile per scongiurare questo rischio è creare una compensazione della pressione all'interno delle intercapedini, cioè di fare sì che tale pressione possa adeguarsi alle variazioni della pressione esterna (seguendola) in pochi attimi (la compensazione non sarà comunque mai totale, dal momento che si verifica un certo ritardo nell'adeguamento della pressione interna a quella esterna). Tale compensazione è ottenibile compartimentando l'intercapedine e prevedendo sul suo strato di chiusura esterno una certa quantità di aperture supplementari, oltre a quella strettamente necessaria per il drenaggio; oppure, semplicemente evitando di sigillare il rivestimento esterno.<sup>7</sup> Si ottiene in questo modo una certa **equalizzazione di pressione** tra l'esterno e l'interno dell'intercapedine delle facciate.<sup>8</sup> Si tratta dello stesso obiettivo perseguito nei giunti a compensazione di pressione adottati nei telai dei serramenti moderni (per esempio, quelli in alluminio nelle facciate a *curtain wall*), di cui si dirà nei capitoli sulle chiusure verticali e sui serramenti.<sup>9</sup>

*Strategia 3. Eliminazione delle forze che spingono l'acqua attraverso le aperture: la forza di gravità, la forza cinetica e la forza capillare.*

Di tre delle configurazioni utilizzabili per contrastare l'ingresso dell'acqua nelle aperture causato dalla forza di gravità si è già parlato: il piano inclinato, la sovrapposizione e l'aggetto con gocciolatoio. Un'altra soluzione adottabile allo scopo è quella del **dislivello**. Scopo del dislivello è quello di evitare la penetrazione dell'acqua all'interno di un involucro nel caso in cui essa sia ormai già presente in una cavità di questo. Il funzionamento di un dislivello è simile al funzionamento di una diga: l'altezza della possibile via d'uscita dell'ac-



**Figura 3.4 Esempio di dislivello in un soglia di una porta a vetri scorrevole con telaio in alluminio.**

<sup>6</sup> Cioè la quantità di calore che penetra all'interno di un edificio passando attraverso le pareti.

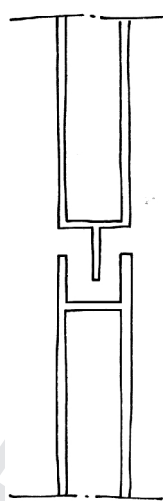
<sup>7</sup> In questo caso non si tratterebbe di una facciata propriamente ventilata, ma di una facciata microventilata. Una distinzione tra i due tipi di facciata verrà tracciata nella Parte 2 sulle chiusure verticali.

<sup>8</sup> Per una trattazione più estesa della compensazione di pressione si rimanda al paragrafo 3.10 sulle pareti a doppio strato nel volume I.

<sup>9</sup> L'equalizzazione, o compensazione, in questo caso avviene tra la pressione esterna e quella interna ai giunti tra i telai (in particolare tra quelli mobili e quelli fissi) o tra telai e pannelli, dipendentemente dalle situazioni.

qua viene alzata rispetto al livello dell'acqua stessa. L'altezza del dislivello deve dimostrarsi sufficiente a contrastare la forza del vento o della risalita capillare.

La **forza cinetica** è la forza che deriva dal movimento dei corpi. Vi è forza cinetica sia nella goccia di pioggia che impatta una parete, sia nel vento che spinge l'acqua già presente su una facciata. Per impedire che la forza cinetica possa dare luogo a un ingresso dell'acqua attraverso le aperture degli involucri edilizi, queste dovranno essere conformate in modo tale da rendere più difficile l'ingresso dell'acqua a seguito della spinta originata dalla forza cinetica. La configurazione indicata a tale scopo è il **labirinto**. Questo termine sta a indicare una conformazione dei giunti o delle cavità adatta a impedire l'ingresso rettilineo dell'acqua. La logica del labirinto è presente in molti giunti di facciata e nei giunti a battente o in ogni caso prevedenti sovrapposizione presenti nella maggioranza degli serramenti (nel qual caso essa è concepita in modo tale da contrastare anche le infiltrazioni d'aria e la propagazione del suono). Per una maggiore efficacia, il labirinto può essere abbinato ad altre soluzioni di configurazione, come la pendenza, il dislivello e l'interruzione capillare.<sup>10</sup>



**Figura 3.5 Esempio semplificato di configurazione a labirinto in un giunto tra pannelli in alluminio.**

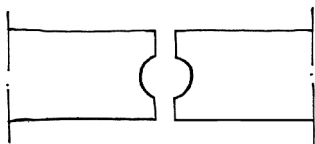
La **forza capillare** è dovuta alla tensione superficiale dei liquidi. Si tratta di una forza di suzione che si verifica all'interno di spazi molto piccoli contenenti appunto liquidi: per esempio all'interno di condotti molto piccoli, o di crepe, o di strette fessure o anche di semplici porosità presenti nei materiali. È la forza capillare, per esempio, che causa l'imbibizione delle murature da parte dell'acqua di risalita dal terreno. Risalita che contribuisce in modo rilevante al degrado delle costruzioni. L'acqua può penetrare nelle pareti anche infiltrandosi dalle coperture o direttamente dai paramenti verticali, specialmente in caso di presenza di pioggia con vento, ma nel caso in cui essa risalga dal terreno essa è più ricca di sali, e perciò, potenzialmente, più dannosa per le strutture edilizie. Tali sali<sup>11</sup> migrano all'interno dei pori nel mezzo liquido e quando l'acqua evapora si cristallizzano sugli strati superficiali delle pareti, dando luogo a incrostazioni dette **efflorescenze**. Efflorescenze che alterano l'aspetto estetico delle facciate in muratura, ma possono anche causarne un indebolimento strutturale, a causa del fatto che si accumulano all'interno delle porosità presenti negli strati esterni delle pareti, fino a generarvi stati di sforzo interno che possono causarne la perdita di resistenza meccanica e alla lunga la disgregazione. Uno dei motivi che acuisce il rischio di degrado della muratura a seguito delle efflorescenze è che alcuni dei sali che le formano sono igroscopici, e che quindi, in situazioni di umidità elevata, tendono ad assorbire acqua e a gonfiarsi, generando all'interno del materiale murario ritiri ed espansioni cicliche che alla lunga possono indebolirlo per fatica.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Cfr. E. Allen, *Architectural Detailing*, cit.

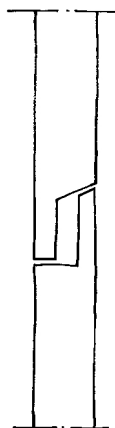
<sup>11</sup> In effetti presenti anche nell'acqua piovana, ma in misura minore.

<sup>12</sup> Il tipo di sale più frequentemente implicato nel fenomeno delle efflorescenze è l'anidride solforosa ( $H_2SO_4$ ), la cui presenza deriva generalmente da una elevata presenza di zolfo nelle murature o nei calcestruzzi. L'anidride solforosa

La forza capillare aumenta in modo inversamente proporzionale alla grandezza di una cavità: più piccola, insomma, è la dimensione della sezione trasversale di condotto, maggiore risulta essere la forza capillare. La forza capillare inizia a essere consistente in spazi delimitati da pareti distanti meno di 6 mm, ma al di sopra di questa dimensione risulta trascurabile o assente. Il modo più diretto per eliminare la forza di capillarità in una fessura è perciò quello di aumentare la distanza tra le superfici che delimitano la fessura stessa, aumentando il calibro della fessura per una lunghezza congrua; creando, cioè, un allargamento all'interno della fessura per bloccare la risalita dell'acqua (spesso in abbinamento ad altri provvedimenti, come la pendenza, il labirinto e/o dislivello).<sup>13</sup> Un'interruzione capillare di questo tipo per essere efficace dovrebbe essere larga almeno circa 6 mm.



**Figura 3.6** Esempio schematico di interruzione capillare in un giunto verticale di una chiusura verticale esterna.



**Figura 3.7** Esempio schematico di interruzione capillare (abbinata a dislivello) in un giunto orizzontale di una chiusura verticale esterna.

Questo vale, però, per materiali non porosi, cioè non soggetti a spiccata imbibibilità a causa appunto delle forze capillari. Un oggetto realizzato con materiale caratterizzato da porosità diffusa – il caso più tipico è quello delle murature in laterizio ai piedi degli edifici – può necessitare esso stesso di un'interruzione capillare, che in questo caso deve essere realizzata interrompendo il corpo delle murature stesse con uno o più **strati continui impermeabili**. Per impedire la risalita capillare in corrispondenza dei basamenti degli edifici per esempio, a 10-15 cm dal terreno, è necessario collocare all'interno delle pareti una barriera impermeabile orizzontale che ne interrompa la continuità. Queste barriere possono essere costituite da asfalto, guaine bituminose, materiali plastici sintetici o lamine in piombo, e la loro messa in opera è agevole nelle pareti di nuova costruzione, ma problematica nelle pareti esistenti. In quest'ultimo caso, essa può avvenire nei tre seguenti modi:

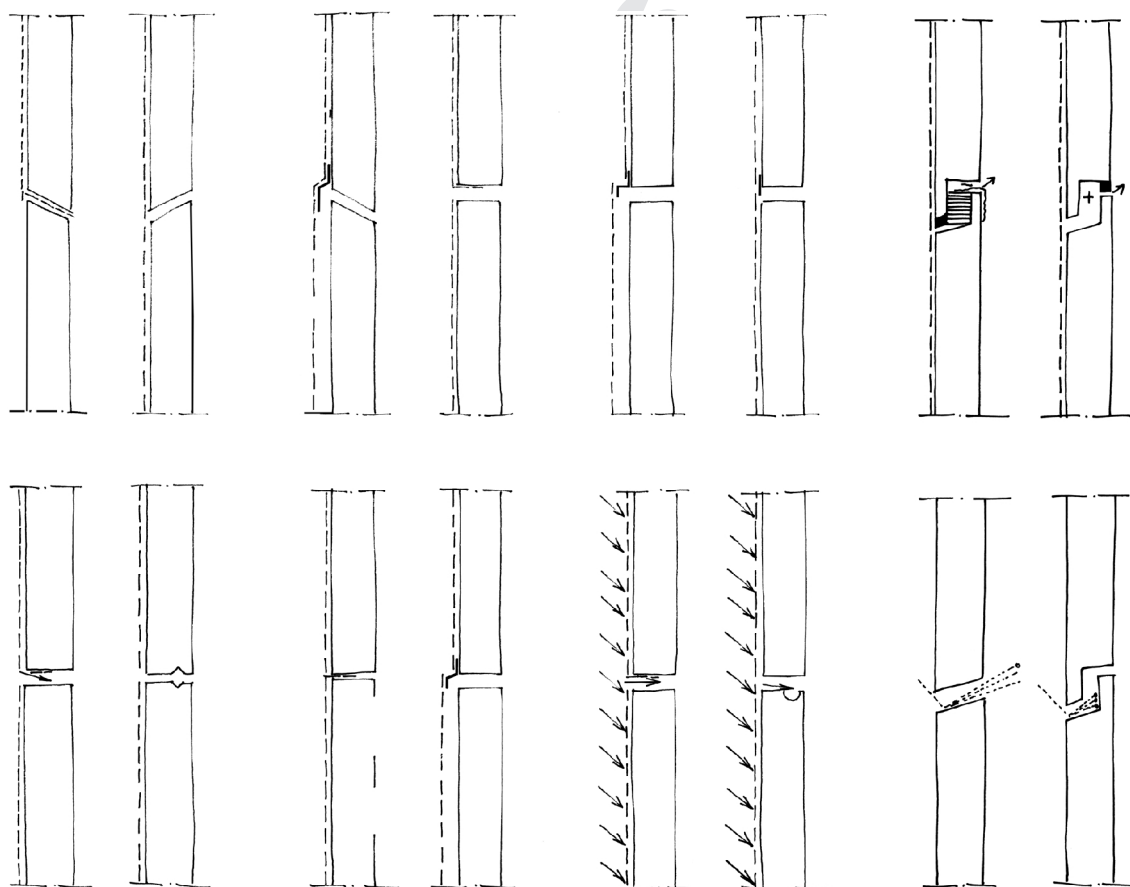
- a **tagliando la base delle murature** per tratti di circa 1 m, impedendo per mezzo di un martinetto piatto alla parte superiore della muratura di appoggiarsi sull'inferiore, inserendo la barriera, togliendo il martinetto piatto e passando a ripetere l'operazione a un tratto di muro attiguo, sino a ottenere l'impermeabilizzazione di tutte le murature interessate dall'umidità di risalita;

si combina con il carbonato di calcio trasformandosi in solfato di calcio ( $\text{CaSO}_4$ ). Nel caso però in cui le efflorescenze siano causati da sali provenienti da suolo, essi sono più frequentemente nitrati e nitriti – sali di azoto. Essendo il solfato di calcio piuttosto solubile, esso si distribuisce in modo omogeneo nell'acqua presente all'interno delle murature, ma precipita e si accumula, appunto, solo nelle zone di evaporazione, cioè vicino alla superficie dei muri.

<sup>13</sup> Cfr. E. Allen, *Architectural Detailing*, cit.

- b disfacendo e rifacendo la muratura punto per punto, concio per concio, con la tecnica tradizionale del **cuci-scuci**, che però deve essere eseguita da muratori molto esperti. In questo caso, l'impermeabilità della muratura può essere ottenuta o collocando all'interno di essa uno strato orizzontale impermeabile flessibile (similmente a quanto avviene nel caso di taglio delle mura-ture) o sostituendo gli elementi murari porosi con altri di tipo impermeabile (per esempio, mattoni clinkerizzati);
- c **iniettando** nella zona del basamento di una muratura **resine sintetiche impermeabili**. Il rischio connesso a un'operazione di questo tipo è che essa dia luogo a barriere impermeabili caratterizzate da discontinuità, disomogenee, e quindi da imperfezioni di tenuta, insomma non veramente impermeabili. Più che praticare vere e proprie iniezioni, la strategia prevede in realtà che le resine impermeabili allo stato liquido vengano fatte assorbire alla muratura sommini-strandole attraverso tubicini inseriti in appositi fori praticati a distanza regolare nella zona del basamento della muratura stessa; nei quali fori il liquido è tenuto in pressione dalla forza di gravità (provenendo da contenitori posizionati superiormente al livello dei fori stessi).

Una soluzione di configurazione complessa, prevedente l'impiego della maggior parte delle strategie finora esaminate, è quella della **configurazione anti-pioggia** dei **giunti** di facciata, detta anche a compensazione **di pressione** (o a giunto aperto). In essa trovano impiego la pendenza, il labirinto, l'interruzione capillare, il dislivello, la sigillatura e la compartimentazione. La finalità di tale configurazione è quella di ostacolare l'ingresso dell'acqua nella cavità di un giunto fin da quando essa cerca di farvisi strada, senza però impedirli completamente. Ciò viene ottenuto sfruttando il piccolo incremento di pressione che l'acqua induce nella cavità quando è spinta bruscamente dentro di

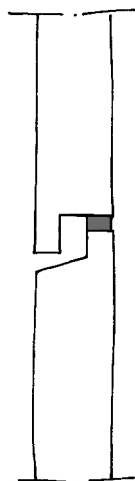


**Figura 3.8** Schema riassuntivo del comportamento rispetto alla pioggia dei principali tipi di giunti orizzontali in facciate in lastre prefabbricate, valutato sia in relazione all'effetto della forza cinetica, sia all'effetto della forza capillare. In alto a destra : configurazione anti-pioggia, a compensazione di pressione.

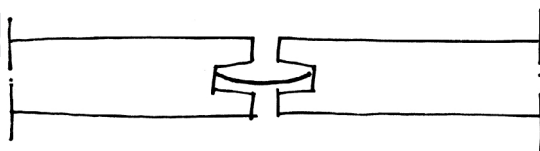
essa dal vento. In un giunto aperto passante da parte a parte di un involucro, a seguito della pressione sviluppata dal vento, l'aria fuoriuscirebbe dall'apertura opposta a quella di ingresso – e l'acqua con essa – e la pressione all'interno della cavità del giunto subirebbe variazioni modeste. Nel caso in cui, però, l'apertura sul fondo della cavità del giunto venga sigillata, quando l'acqua vi entra, la pressione dell'aria nella cavità aumenta, ostacolando l'ingresso dell'acqua per quegli attimi sufficienti a ridurne consistentemente la spinta. La soluzione adottata nella configurazione a compensazione di pressione è, appunto, quest'ultima.

Il **vantaggio di un giunto a compensazione di pressione** su un giunto sigillato diviene evidente se si esaminano le conseguenze di un eventuale ammaloramento della sigillatura del giunto in situazione di pioggia battente. Sigillatura che, nel caso del giunto a compensazione di pressione, si trova sul fondo della cavità e agisce più che altro sull'aria e, nel caso del giunto sigillato, si trova all'imbocco della cavità e agisce soprattutto sull'acqua.

Il vantaggio sta nel fatto che una piccola imperfezione di tenuta (dovuta a fessurazione o perdita di adesione) della sigillatura (che è interna) nel giunto a compensazione di pressione non pregiudica la tenuta del giunto stesso, poiché non pregiudica il mantenimento della pressione dell'aria nella cavità per le frazioni di secondo necessarie a impedire l'ingresso dell'acqua; mentre un'imperfezione anche piccola di tenuta della sigillatura nel giunto sigillato pregiudica la tenuta *all'acqua* del giunto, poiché induce l'acqua al penetrarvi per capillarità, in modo anzi tanto più spiccato quanto più la fessura in oggetto è stretta.<sup>14</sup>



**Figura 3.9** Esempio schematico di giunto antipioggia, a compensazione di pressione. La sigillatura è sul fondo della camera di compensazione presente nel giunto.



**Figura 3.10** Esempio schematico di giunto orizzontale a compensazione di pressione. All'interno della camera di compensazione è inserita una lamella in materiale plastico che serve come barriera alla pioggia (per evitarne l'ingresso diretto, dovuto alla forza cinetica delle gocce d'acqua in presenza di vento). La camera di compensazione verticale funge anche da camera di drenaggio per l'acqua, che viene condotta fino all'incrocio con i giunti orizzontali.

<sup>14</sup> Cfr. E. Allen, *Architectural Detailing*, cit.

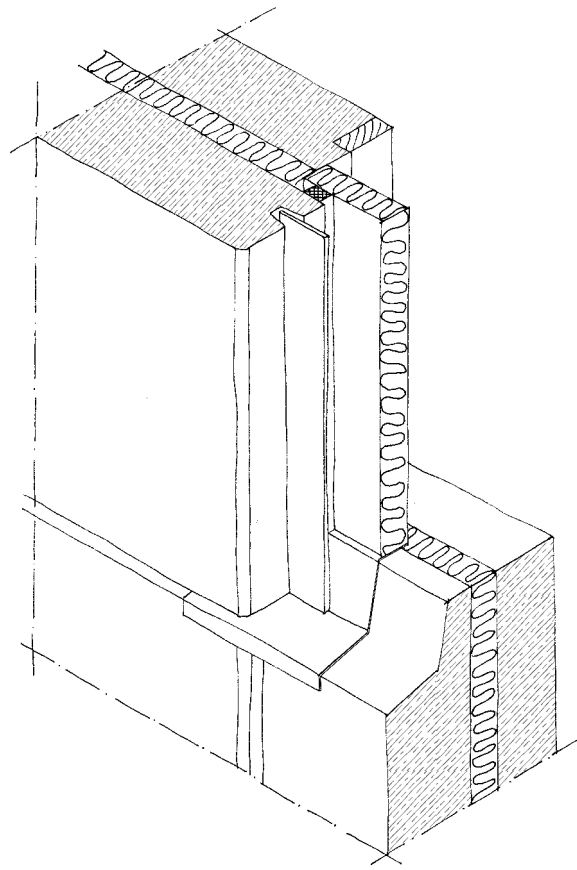


Figura 3.11 Tipico esempio di giunti orizzontali e verticali a compensazione di pressione tra pannelli prefabbricati di facciata in cemento armato.

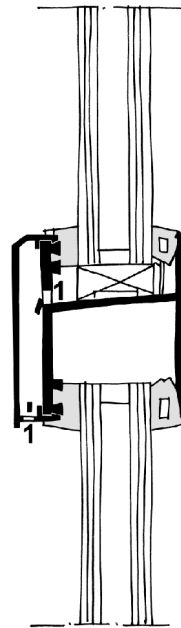


Figura 3.12 Il funzionamento dei giunti a compensazione di pressione dei serramenti e delle facciate è simile. In entrambi i casi si mira a ottenere una equalizzazione di pressione. Nell'esempio, schema di camera di compensazione (e drenaggio) in corrispondenza di un traverso in un infisso in alluminio.