

# L'IMPORTANZA DI PROGETTARE UN INVOLUCRO TRASPIRANTE DURANTE GLI INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELL'ESISTENTE

## *Dai meccanismi di accumulo e trasporto dell'umidità alla metodologia di calcolo per le verifiche (UNI 13788)*

---

Ivana Mattea Lisitano, C2R Energy Consulting

Tra le principali azioni da definire per una efficace riqualificazione degli edifici esistenti vi è **"l'aggiornamento dell'involucro"**; ovvero la buona progettazione di *layer* isolanti da accoppiare alle strutture già esistenti.

In questa fase è necessario tener in conto che **gli scambi igrometrici tra superfici, strutture e ambiente sono di fondamentale importanza per l'edificio tradizionale**; che spesso era costituito da materiali traspiranti al vapore. Bisogna, quindi, accertarsi di mantenere queste condizioni costanti per garantirne la permeabilità e non comprometterne il funzionamento anche dopo che l'involucro è stato riqualificato.

### L'UMIDITA' E LE VARIAZIONI PRESTAZIONALI DEI COMPONENTI

Qualsiasi materiale posto a contatto con l'acqua cambia le sue caratteristiche fisiche, la più visibile è il colore, ma si verificano anche cambiamenti nelle proprietà dei materiali. Infatti, oltre alla formazione di condense e muffe i **materiali sottoposti a lunghi periodi di umidità possono variare la propria conduttività termica** e le proprie caratteristiche strutturali, e quindi alterare il loro funzionamento.

E' necessario salvaguardare il nuovo sistema, che dopo l'intervento ha modificato il **comportamento termo-igrometrico**, dagli agenti atmosferici e in particolare dalla pioggia battente. Il carico di umidità aggiunto dalla pioggia è spesso fattore trascurato dai progettisti, che tendono a tener maggiormente conto del problema di umidità di risalita. Questo rischio può essere più o meno importante a secondo dell'ubicazione e i possibili carichi possono essere calcolati con l'aiuto della norma EN ISO 15927-3:2009.

### RICHIAMO AI MECCANISMI DI ACCUMULO E TRASPORTO DELL'UMIDITÀ

Fenomeni di pioggia battente, risalita di umidità sotterranea e assorbimento di vapore acqueo dall'aria interna sono le fonti principali della formazione di umidità nelle costruzioni.

In queste l'acqua viene assorbita in tre fasi: in un primo momento le molecole si accumulano nei pori della parete attraverso un processo chiamato **assorbimento**; successivamente, i pori

più piccoli si riempiono di acqua per **capillarità da condensazione**. Infine, solo se il materiale è sott'acqua o sotto il punto di rugiada per un periodo di tempo più lungo, i pori saranno completamente occupati da acqua.

L'acqua allo stato liquido può essere trasportata attraverso i materiali per effetto di capillarità, tale fenomeno è noto come **diffusione** (ogni materiale ha caratteristiche che ostacolano la diffusione del flusso in misura diversa). Mentre, il trasporto del vapore acqueo miscelato con aria, causato da differenze di pressione, è chiamato **convezione**; l'accumulo di acqua nella costruzione attraverso questo meccanismo è possibile solo se ci sono perdite, come lacune o fori, nei quali l'aria può fluire. Generalmente, la quantità d'acqua in entrata per convezione è superiore a quella in entrata per diffusione.

La **condensa**, poi, può verificarsi quando l'aria interna umida passa attraverso le parti di elementi costruttivi che si trovano a temperature più basse.

## Il fenomeno della condensa

Il fenomeno della condensa è il più difficile da capire e controllare poiché spesso sottovalutato o confuso, può manifestarsi con fenomeni di condensa superficiale e/o interstiziali connessi, rispettivamente, alla presenza di superfici fredde ed alla diffusione del vapore attraverso la parete. Il problema si manifesta nel caso in cui un componente edilizio si trovi a temperature inferiori rispetto alle aree circostanti: se questa temperatura è inferiore alla temperatura di rugiada è probabile la formazione di condensa superficiale (il punto di rugiada si ha quando si manifesta quella combinazione tra umidità e temperatura alla quale il vapore acqueo passa in fase liquida). Questi fenomeni si verificano maggiormente negli edifici con pareti massive, e quindi lente a modificare la propria temperatura; sono ancora più tipici in edifici come chiese, musei, archivi e biblioteche dove vi è la presenza intermittente di persone con picchi di umidità e temperatura dell'aria che daranno luogo a condizioni critiche nel caso in cui la temperatura scenda e non si abbia un adeguato ricambio d'aria.

**L'umidità da condensa interessa: le superfici più fredde, pavimenti senza vespaio, pareti esposte a nord, vetrate, materiali ad alta conducibilità termica quali marmi e metalli.**

Tipico dell'umidità da condensa superficiale è interessare solo un lato della parete, e soltanto superficialmente (al di sotto dei primi due centimetri il muro risulta completamente asciutto). La condensa interstiziale può manifestarsi maggiormente d'inverno quando il vapore presente nell'aria tende a spostarsi dall'ambiente con una pressione di vapore più alta (solitamente quello interno) all'ambiente a bassa pressione di vapore; con conseguente degrado dei rivestimenti, efflorescenze e subflorescenze.

La condensa che si forma all'interno di un elemento al termine del periodo di riscaldamento deve sempre evaporare prima dell'inizio della successiva stagione di riscaldamento, poiché se presente nell'intera struttura diminuisce le prestazioni dei materiali.

I danni dovuti a condensa non sono secondati a quelli di umidità di risalita, inoltre la loro diagnosi è più complessa poiché si verifica solo in alcuni periodi dell'anno, perciò è difficile stabilire la sua presenza durante un'ispezione.

## LA TRASPIRABILITA' E LA SCELTA CONSAPEVOLE DEI MATERIALI

Molti edifici tradizionali sono costruiti con materiali per natura permeabili, che non prevedono l'incorporazione di barriere resistenti al vapore o di rivestimenti efficaci contro l'azione degli agenti atmosferici tipici degli edifici di nuova costruzione. Il risultato è che il tessuto di tali edifici è permeabile e tende ad assorbire l'umidità e rilasciarla quando necessario. Per tanto **interviene con l'applicazione di materiali moderni deve essere una scelta consapevole**. La maggior parte dei materiali moderni come intonaci, cemento e pitture plastiche rendono inefficace l'azione traspirante e tendono ad aumentare il rischio di condensa ed ad intrappolare l'umidità all'interno del tessuto edilizio.

I solai pieni contro-terra di costruzione tradizionale erano normalmente poggiati direttamente al suolo, attraverso strati permeabili come malta di livellamento; senza nessuna barriera al vapore, conseguentemente hanno caratteristiche fisiche molto differenti dai moderni solai. Erano capaci di assorbire e rilasciare l'umidità nell'intera superficie senza provocare deterioramenti. Intervenire con questo equilibrio può, molto facilmente, creare problemi di condensa nelle costruzioni.

Nel caso in cui vi siano grandi gradienti di temperatura fra il suolo e l'aria vi sarà una possibilità maggiore di formazione di condensa, ad esempio in condizioni estive di elevata umidità e temperatura, quando il terreno è caldo l'umidità si deposita nella superficie del solaio, in alternanza in inverno il terreno è freddo e l'aria esterna risulta a maggiore temperatura, quindi si creerà condensa interstiziale nel solaio.

Per tali ragioni, è necessario analizzare le peculiarità di ogni struttura sulla quale si interviene e le condizioni climatiche che insistono sulla stessa per individuare la tipologia di isolamento più adatto.

In alcuni casi, risulta necessaria l'installazione di uno strato ermetico traspirante all'acqua in combinazione con materiali isolanti interni ad elevata capacità capillare di trasporto dell'acqua (come ad esempio fibre di cellulosa o silicato di calcio). Le stratigrafie così costituite possono avere maggiore tolleranza all'afflusso di acqua accidentale dovuta a pioggia battente.

Un'altra possibilità è costituita dall'installazione di materiali *humidity-adaptive* o *vapour-retardes*; tali materiali sono caratterizzati da un primo strato ermetico mentre lo strato sottostante è in grado di autoregolarsi in funzione dell'umidità relativa nella loro immediata vicinanza. Il funzionamento di questi materiali varia a seconda della quantità di umidità presente in ambiente e quindi in funzione delle stagioni. **Durante la stagione di riscaldamento l'umidità relativa è generalmente inferiore**, così aumenta il livello di resistenza al vapore di diffusione verso l'ambiente esterno al fine di immettere un giusto quantitativo di vapore nell'aria dell'ambiente interno. Mentre **in estate l'umidità relativa aumenta**, quindi la membrana traspirante del materiale si apre consentendo alla costruzione di espellere l'umidità in eccesso. Questi materiali, specificatamente progettati per l'accoppiamento a strutture esistenti possono aumentare la tolleranza per i carichi di umidità non pianificati, ad esempio causato da difetti di fabbricazione, per alcune costruzioni.

## IL CALCOLO DELLE VERIFICHE

In caso di edifici sottoposti a riqualificazioni energetiche il c.d. Decreto Requisiti Minimi (D.M. 26/06/15) al paragrafo 2.3 punto 2 dell'allegato 1 richiede: *"Nel caso di intervento che riguardi le strutture opache delimitanti il volume climatizzato verso l'esterno, si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788) alla verifica dell'assenza di:*

- *Rischio di formazione di muffe*
- *Rischio di condensa interstiziale"*

## **Calcolo della Temperatura superficiale per evitare valori critici dell'umidità in corrispondenza delle superfici**

I passi principali nella procedura di progettazione sono rappresentati da:

1. Calcolo dell'umidità relativa dell'aria interna ( $p_i = p_e + \Delta p$ )
2. Calcolo del valore accettabile della pressione del vapore di saturazione ( $p_{sat} = p_e / \varphi_e \cdot \theta_e$ ) sulla superficie sulla base dell'umidità relativa superficiale richiesta. Da questo valore si determinano:
  - La temperatura minima superficiale ( $\theta_{si,min}$ )
  - La "qualità termica" dell'involucro edilizio richiesta (espressa come  $fR_{si}$  per una data temperatura interna).

Il fattore di temperatura in corrispondenza alla superficie interna si può ottenere dalla differenza tra la temperatura della superficie interna e dell'aria esterna, diviso per la differenza tra la temperatura dell'aria interna e dell'aria esterna:

$$fR_{si} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

Oltre alle condizioni climatiche esterne, la condensazione superficiale e la crescita di muffe è condizionata da altri tre parametri:

- La "qualità termica" di ogni elemento dell'involucro edilizio, rappresentata da resistenza termica, ponti termici, geometria e resistenza termica superficiale interna. La qualità termica può essere caratterizzata dal fattore di temperatura sulla superficie interna,  $fR_{si}$
- Produzione interna di umidità
- Temperatura dell'aria interna e sistema di riscaldamento

Per ciascuno dei mesi dell'anno occorre eseguire quindi i seguenti passi:

- Definire la temperatura dell'aria esterna
- Definire l'umidità esterna
- Definire la temperatura interna
- Calcolare l'umidità relativa interna

- Con un valore massimo accettabile di umidità relativa in corrispondenza della superficie  $\varphi_{si} = \varphi_{sicc}$  (pari a 0,8 per assenza formazione di muffe) calcolare il valore minimo accettabile della pressione di saturazione,  $p_{sat}$ :



$$p_{sat}(\theta_{si}) = p_i / \varphi_{sicc} \quad (\text{con } \varphi_{sicc} = 0,8 \text{ assenza muffe})$$

- Determinare la temperatura superficiale minima accettabile,  $\theta_{si,min}$  a partire dalla pressione di saturazione minima accettabile
- Calcolare  $f_{Rsi, min}$

Si definisce mese critico quello con il più alto valore richiesto di  $f_{Rsi,min}$ .

$$f_{Rsi, min} = (\theta_{si,min} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

Il fattore di temperatura per questo mese viene indicato con  $f_{Rsi,max}$  e il componente edilizio deve essere progettato in modo tale da avere un fattore  $f_{Rsi}$  sempre maggiore di  $f_{Rsi,max}$ ; ovvero  $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$ .

	<b>Evitare rischio di muffe</b> , l'umidità relativa media in corrispondenza delle superfici non dovrebbe essere maggiore dell'umidità relativa critica, assumendo tale valore pari a 0.8
MUFFE	
	<b>Per evitare fenomeni di corrosione</b> , l'umidità relativa media in corrispondenza delle superfici non dovrebbe essere maggiore dell'umidità relativa critica, assumendo tale valore pari a 0.6
CORROSIONE	

## Verifica di condensa interstiziale secondo la UNI 13788:2013

Al punto 6.1 la norma UNI 13788 fornisce un metodo per il calcolo del bilancio di vapore annuale e la massima quantità di umidità accumulata dovuta a condensazione interstiziale. Il metodo permette di confrontare soluzioni costruttive diverse e di verificare gli effetti delle modifiche apportate alla struttura.

La metodologia prevede che a partire dal primo mese in cui è prevista condensazione, vengono considerate le condizioni medie mensili esterne per calcolare la quantità di acqua condensata o evaporata in ciascuno dei dodici mesi dell'anno. La quantità di acqua condensata accumulata alla fine dei mesi in cui è avvenuta condensazione verrà, poi, confrontata con quella evaporata complessivamente durante il resto dell'anno.

Valutazione del mese di partenza

- A partire da un qualsiasi mese dell'anno (mese tentativo), calcolare la distribuzione della temperatura, della pressione di saturazione e della distribuzione di vapore attraverso il componente

- Se non è prevista alcuna condensazione nel mese di tentativo, ripetere il calcolo con i mesi seguenti in successione, fino a che:
  - a) non si trova condensazione in nessuno dei dodici mesi, allora si può affermare che il componente sia esente da fenomeni di condensazione interstiziale; oppure
  - b) si individua un mese con condensazione, che viene considerato il mese di partenza

Se si prevede condensazione nel mese tentativo, ripetere il calcolo nei mesi precedenti considerati in sequenza a ritroso, fino a che:

- viene prevista condensazione in tutti i dodici mesi, ed allora, a partire da un mese qualunque, si calcola la condensa accumulata complessivamente nell'anno, oppure;
- si individua un mese senza condensazione e si considera quindi il mese seguente come mese di partenza

Si ricorda che tale metodologia è applicabile solo se si possono trascurare altre fonti di umidità, come la penetrazione della pioggia o la convezione, i calcoli forniscono in genere risultati cautelativi e quindi, se una struttura non risulta idonea secondo questa procedura, in base ad un criterio di progettazione specificato, possono essere utilizzati metodi più accurati che ne dimostrino l'idoneità, quali metodi che tengano conto della migrazione del vapore in regime dinamico in accordo con la UNI EN ISO 15026 ( Software Wufi o Delphin).