

## Isolamento termico dall'interno senza barriera al vapore

Giorgio Galbusera\* e Andrea Riva\*\*

\* Ingegnere Edile, staff tecnico TEP srl e responsabile del settore formazione per ANIT

\*\* Architetto, Servizio Tecnico YTONG – Xella Italia S.r.l. - Field Engineer

La riqualificazione energetica di un edificio esistente spesso si scontra con l'impossibilità di isolamento dall'esterno delle pareti perimetrali a causa di vincoli sulle distanze dai confini, vincoli per edifici storici, facciate con mattoni a vista, presenza di modanature difficilmente rimovibili, interventi parziali che non riguardano tutto l'edificio, ecc.

In queste situazioni pertanto spesso si procede isolando le strutture sul lato interno attraverso l'impiego di una controparete, in muratura o in lastre, abbinata alla posa in opera di pannelli isolanti e della barriera al vapore.

La barriera al vapore tuttavia in alcune situazioni può essere un rischio, ad esempio in estate nel caso di inversione dei flussi igrometrici o in generale nel caso di errata posa in opera (continuità non garantita in corrispondenza di giunti, nodi costruttivi, scatole impiantistiche, ecc.).

Nelle pagine che seguono riportiamo un estratto del manuale ANIT "Isolamento termico dall'interno senza barriera al vapore" (disponibile gratuitamente a chi si registra al sito [www.anit.it](http://www.anit.it)) attraverso il quale si cercherà di documentare la possibilità di evitare in alcune circostanze l'uso di una barriera al vapore, superando l'impostazione semplificata proposta dal metodo di Glaser (UNI EN ISO 13788) in accordo con altri metodi normativi più sofisticati (UNI EN 15026).

### Igrotermia in regime statico e variabile

La verifica tradizionale del rischio di condensazione interstiziale e superficiale oltre che di formazione di muffa è descritta dalla norma UNI EN ISO 13788. Nell'introduzione del documento si legge però che: "La trasmissione del vapore all'interno delle strutture edilizie è un processo molto complesso e la conoscenza dei suoi meccanismi, delle proprietà dei materiali, delle condizioni iniziali e al contorno è spesso insufficiente, inadeguata e ancora in via di sviluppo. Perciò la presente norma propone metodi di calcolo semplificati, basati sull'esperienza e sulle conoscenze comunemente accettate. La standardizzazione di questi metodi di calcolo non esclude l'uso di metodi più avanzati. I metodi di calcolo utilizzati forniscono in genere risultati cautelativi e quindi, se una struttura non risulta idonea secondo questi in base ad un criterio di progettazione specificato, possono essere utilizzati metodi più accurati che ne dimostrino l'idoneità".

Le principali limitazioni del metodo di calcolo (detto anche modello di Glaser) consistono nel considerare costanti le proprietà dei materiali, tra le quali la conducibilità termica che è invece variabile in funzione dell'umidità ma anche della temperatura, e nel trascurare il moto dell'umidità in fase liquida portando a una sovrastima del rischio di condensazione.

Il modello di calcolo in grado di superare i limiti della verifica di Glaser è oggi codificati nella norma UNI EN 15026 "Prestazione termoigrometrica dei componenti e degli elementi di edificio - Valutazione del trasferimento di umidità mediante una simulazione numerica".

Questo metodo alternativo nasce per affrontare l'analisi di fenomeni quali la condensazione interstiziale in regime variabile, l'influenza dell'irraggiamento sulla migrazione del vapore, l'influenza della pioggia sulla migrazione del vapore, i fenomeni legati all'asciugatura delle strutture e il comportamento dell'utenza.

Il vero problema nell'uso di questo modello di calcolo è la quantità di dati di input da reperire in fase di progetto: è necessario infatti un quadro completo dei dati climatici orari per un periodo significativamente lungo (comprensivo di valori di piovosità e ventosità oraria) e la caratterizzazione totale del comportamento igroscopico dei materiali utilizzati con informazioni quali ad esempio la porosità, il fattore di assorbimento d'umidità, il livello di saturazione d'acqua e l'andamento della conducibilità in funzione di umidità e temperatura.

## L'isolamento termico dall'interno

Alcuni dei risultati che si possono ottenere a seguito di una modellazione di più anni in regime variabile sono ad esempio la possibilità e i tempi di asciugatura di uno o più strati che sono impregnati di umidità di cantiere, la valutazione della condensazione interstiziale nei vari strati con verifica di condizioni limite superate o meno a seconda del tipo di materiale, la corretta progettazione, il posizionamento e l'efficacia di membrane, freni e barriere al vapore statiche o a  $S_D$  variabile il valore di trasmittanza termica  $U$  che tenga conto della variazione delle prestazioni del materiale in funzione dell'umidità relativa.

Tra le varie casistiche di intervento di isolamento termico che possono necessitare un'analisi in regime variabile, perché le ipotesi del modello di Glaser non sono più accettabili si evidenzia l'intervento su strutture opache verticali con isolamento dall'interno.

In questo caso infatti si può riscontrare la presenza di condensazione interstiziale in elevata quantità secondo il calcolo predittivo della UNI EN ISO 13788, ma non confermata dall'esperienza in opera, oppure la presenza di problemi legati all'umidità di cantiere intrappolata nei materiali e la sua interazione con eventuali barriere e freni al vapore registrata in opera, non prevista dal calcolo predittivo della UNI EN ISO 13788.

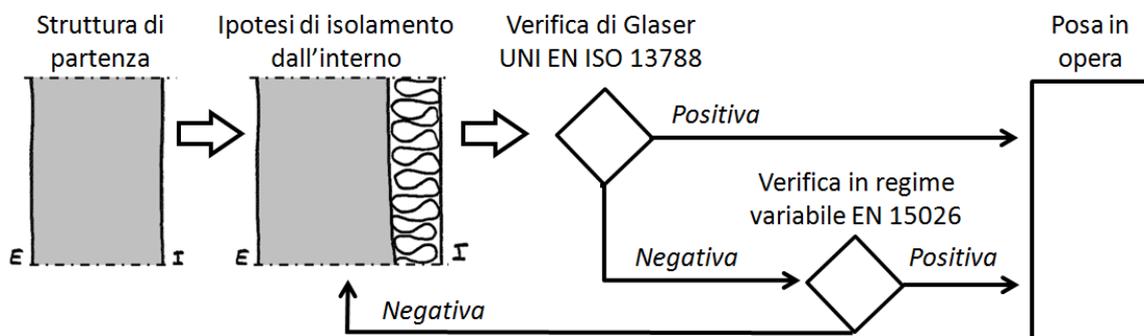


Diagramma per sapere se utilizzare simulazioni in regime statico o variabile.

## Un esempio di calcolo predittivo

Si riporta di seguito un esempio di riqualificazione energetica di un appartamento in centro storico a Verona. Il progetto curato dall'Ing. Arch. Davide Cassini e dall'Ing. Arch. Mattia Guardini prevede l'esecuzione di una coibentazione interna delle pareti con pannelli minerali in idrati di silicato di calcio (Multopor) dello spessore di 12 cm.

La controparete è stata incollata e rasata con apposita malta e successivamente finita al civile.

Si tratta di un caso tipico in cui il modello predittivo della UNI EN ISO 13788 indica un'abbondante formazione di condensa interstiziale da correggere con l'inserimento di una barriera al vapore sul lato caldo dei pannelli isolanti, mentre il modello predittivo in regime variabile della EN ISO 15026 non prevede problemi di condensazione in accordo col comportamento reale della stratigrafia.

La scelta progettuale per il caso in esame è stata valutata ponendo l'attenzione sulle caratteristiche di igroscopicità dei pannelli e sulla cura dei dettagli costruttivi come mostrato nelle seguenti immagini.



*L'edificio oggetto di riqualificazione.  
La difficoltà di isolamento dall'esterno ha portato i progettisti ad approfondire le valutazioni energetiche e igrotermiche per ottimizzare l'intervento di isolamento dall'interno.*



*Posa in opera.  
Le operazioni di posa dei pannelli minerali in idrati di silicato di calcio prevedono, incollaggio dei pannelli, rasatura armata e finitura al civile.*



*Correzione di ponti termici.  
Tutti i ponti generati da pareti ortogonali al muro esterno, solai, camini e pilastri sono stati eliminati posizionando su di essi un idoneo spessore di isolante.*



*Dettagli, nastri espandenti e tenuta all'aria.  
Particolare cura è stata posta nella progettazione e realizzazione dei nodi architettonici connessi con i serramenti al fine di ridurre le dispersioni e garantire la tenuta all'aria dell'edificio*

### **Valutazioni in regime stazionario**

La parete perimetrale ha una stratigrafia composta dalla muratura esistente intonacata sui due lati a cui si aggiunge sul lato interno il pannello minerale in idrati di silicato di calcio (Multipor), oltre agli strati di incollaggio e rasatura dello stesso. Secondo il modello di Glaser, in corrispondenza dell'interfaccia tra la muratura esistente e il nuovo strato isolante, si verifica un forte accumulo di condensa che raggiunge un picco pari a circa  $1700 \text{ g/m}^2$  a fronte di un limite suggerito dalla norma di  $500 \text{ g/m}^2$ . Di seguito alcuni dettagli del calcolo.

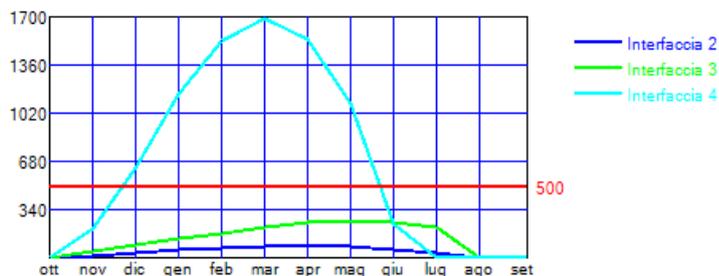
**Modello d'analisi:** valutazione media mensile in regime stazionario in accordo con UNI EN ISO 13788.

**Software utilizzato:** PAN realizzato e distribuito da ANIT.

**Informazioni climatiche:** dati medi mensili per la località di Verona.

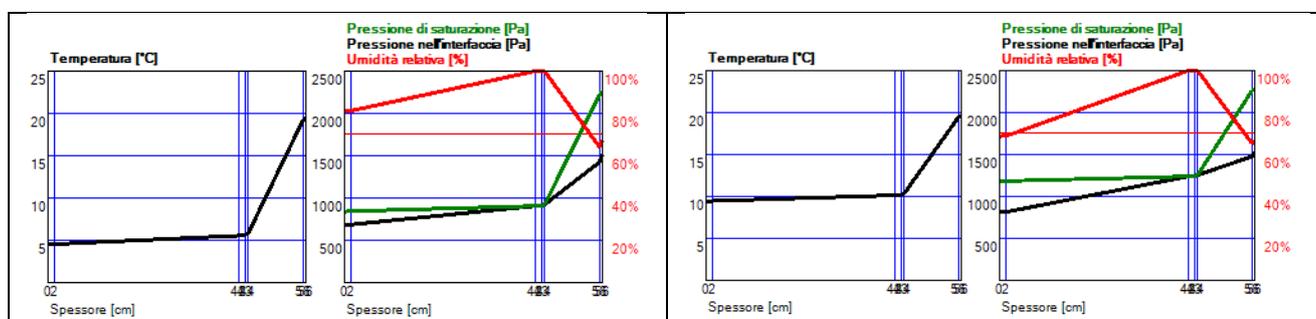
**Periodo considerato nel calcolo:** 12 mesi da ottobre a settembre in accordo con UNI 10349.

**Risultati del calcolo:** la simulazione indica una formazione di condensa sull'interfaccia tra parete esistente e nuova controparete da ottobre a marzo e un processo di evaporazione della condensa accumulata da aprile a luglio. Nei mesi di agosto e settembre la struttura non è soggetta a fenomeni di condensazione. La verifica dà esito negativo perché la condensa accumulata supera la soglia limite fissata a 500 g/m<sup>2</sup>.



*Valutazione della condensa accumulata.*

*Le interfacce 2,3 e 4 sono quelle tra la muratura esistente e la nuovo strato isolante.*



*Diagrammi di Glaser per due mesi tipici invernali (dicembre a sinistra e marzo a destra) con la distribuzione di temperature, andamento della pressione di saturazione e nell'interfaccia e andamento dell'umidità relativa lungo stratigrafia.*

### Valutazioni in regime variabile

Il modello di calcolo in questo caso considera oltre ai meccanismi di diffusione del vapore lungo gli strati anche tutti i fenomeni igroscopici in atto con un passo temporale non più mensile ma orario.

Dall'analisi risulta che la stratigrafia non presenta un accumulo di condensazione poiché le caratteristiche igroscopiche della controparete fanno da "volano" all'oscillazione dell'umidità interna senza generare problemi nelle interfacce della stratigrafia.

**Modello d'analisi:** valutazione in regime variabile oraria in accordo con EN ISO 15026.

**Software utilizzato:** WUFI Pro 5.2 distribuito da Fraunhofer IBP.

**Informazioni climatiche:** dati orari per la località di Bolzano (in assenza di informazioni dettagliate sul comune di Verona, la simulazione è stata eseguita utilizzando le informazioni climatiche disponibili più vicine).

**Periodo considerato nel calcolo:** 10 anni consecutivi

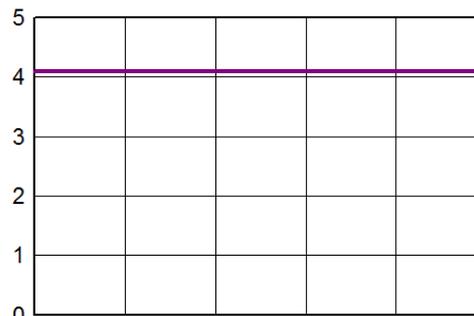
### Descrizione della stratigrafia:

I materiali che compongono la stratigrafia, nel caso della simulazione dinamica, devono essere caratterizzati da molte più informazioni, si veda ad esempio il dettaglio relativo al pannello della controparete.

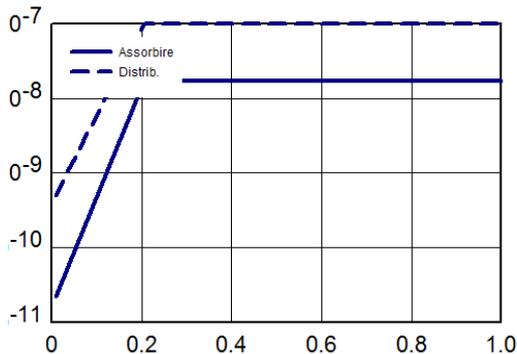
### Caratteristiche del pannello minerale in idrati di silicato di calcio (Multipor)



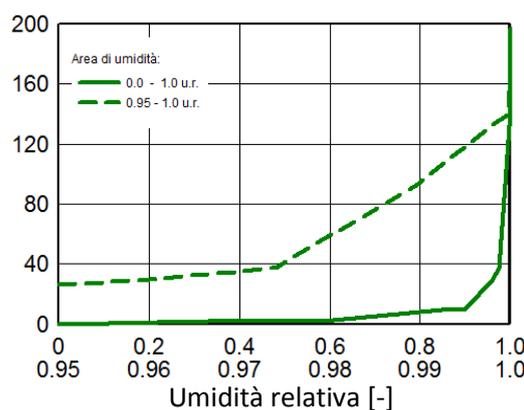
Conducibilità termica [W/mK]



Coef. di res. diffusione vapore [-]

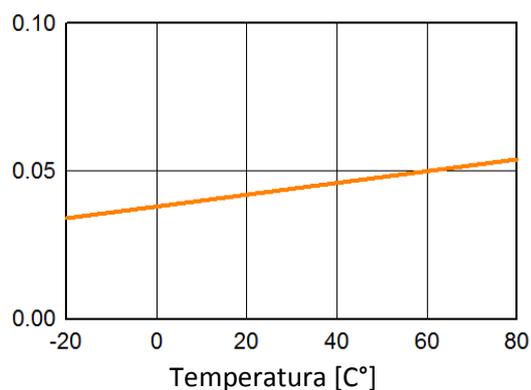


Coef. di trasporto d'acqua [m<sup>2</sup>/s]



Contenuto d'acqua [kg/m<sup>3</sup>]

Contenuto d'acqua standardizzato [-]



Conducibilità termica [W/mK]

Porosità [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,96
Capacità termica a secco [J/kgK]	850,0
Conducibilità termica a secco ,10°C [W/mK]	0,04
Coefficiente di resistenza della diffusione di vapore acqua	4,1

Fattore di approssimazione	
Contenuto d'umidità di riferimento [kg/m <sup>3</sup> ]	8,1
Libera saturazione acqua [kg/m <sup>3</sup> ]	197,0
Fattore di assorbimento d'umidità [kg/m <sup>2</sup> s <sup>0.5</sup> ]	0,013
Aumento della conducibilità termica [%/M.-%]	1,2
Maggiorazione conducibilità termica, temp. [W/mK <sup>2</sup> ]	0,0002

Umidità cantiere tipica [kg/m<sup>3</sup>]

Spessore di strato [m]

Conducibilità termica di design [W/mK]

### Risultati del calcolo:

I risultati mostrano una diminuzione del contenuto totale d'acqua nella struttura (si passa da 3,29 a 1,89 kg/m<sup>2</sup> d'acqua) anche in una condizione iniziale con l'80% di umidità da cantiere nei materiali.

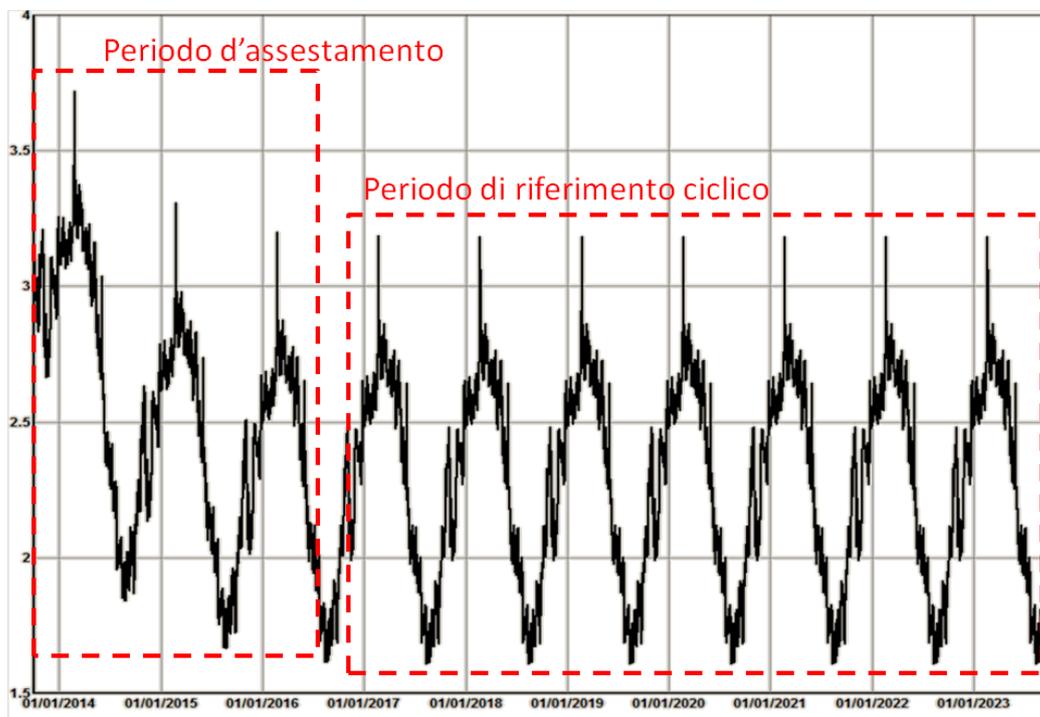
I grafici mostrano una ciclicità annuale nell'accumulo e rilascio del contenuto d'acqua sia complessivamente che nei singoli strati (di seguito il grafico dell'andamento del contenuto d'acqua totale e nel singolo pannello in idrati di silicato di calcio).

**Contenuto d'acqua [kg/m<sup>2</sup>]**

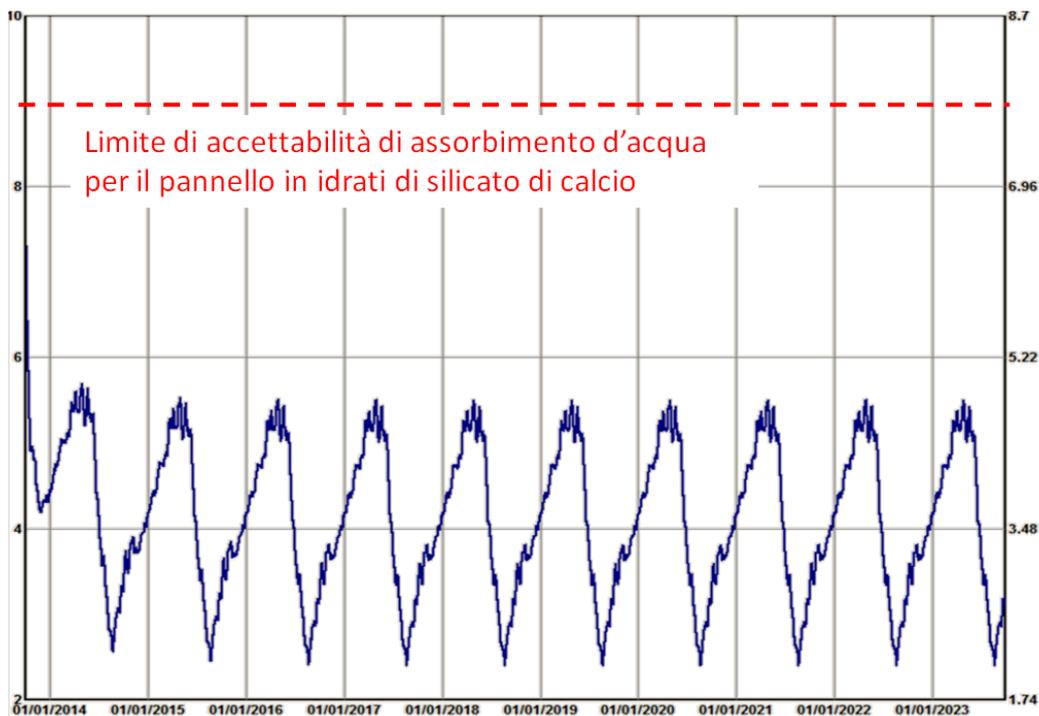
	Inizio	Fine	Min.	Max.
Contenuto d'acqua totale	3,29	1,89	1,61	3,72

**Contenuto d'acqua [kg/m<sup>3</sup>]**

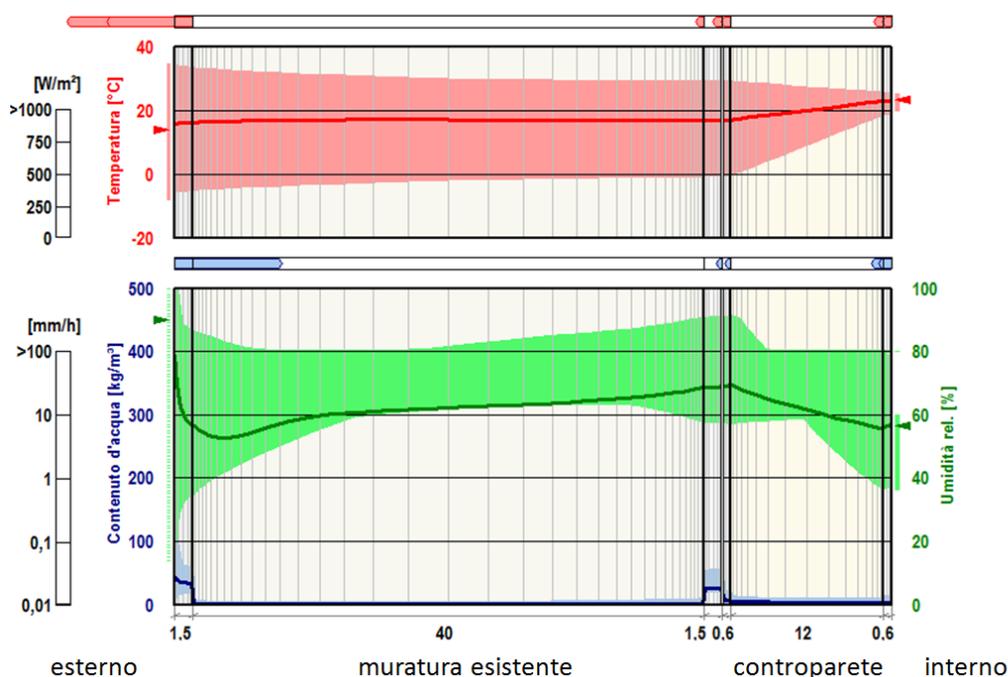
Strato/materiale	Inizio	Fine	Min.	Max.
Intonaco esterno in calce cemento	45,00	36,23	19,19	64,78
Blocchi in pietra arenaria	2,61	1,28	1,26	3,13
Intonaco esterno in calce cemento	30,00	26,23	22,67	53,55
Ytong Multipor malta leggera	12,55	6,42	3,83	20,26
Ytong Multipor pannello minerale	8,10	3,15	2,40	8,10
Ytong Multipor malta leggera	12,55	3,70	2,02	12,55



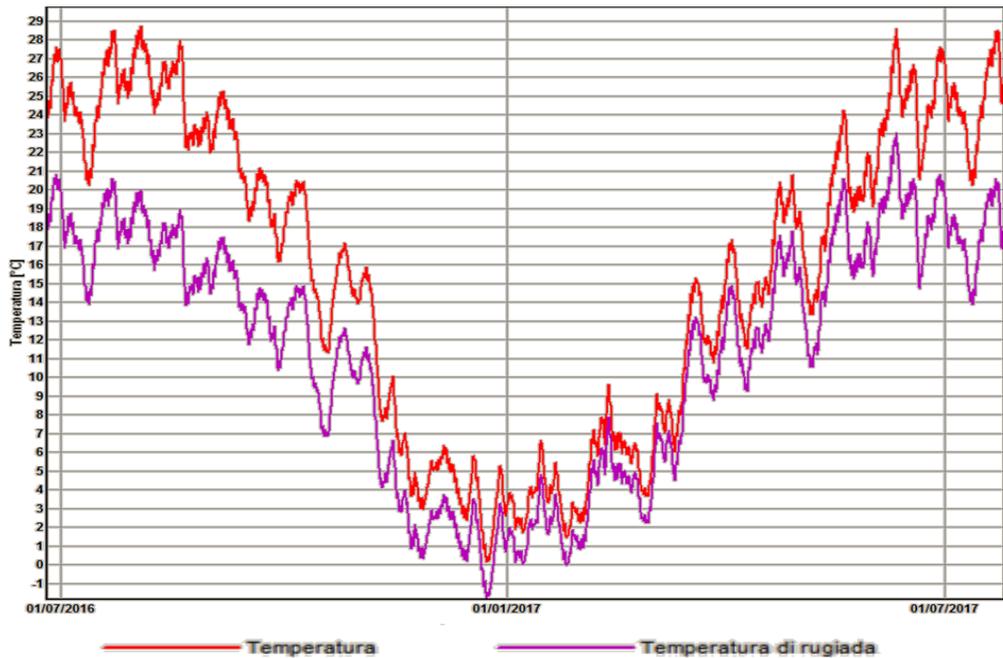
Contenuto d'acqua totale nella stratigrafia per i 10 anni simulati.  
 Si nota dopo i primi anni un assestamento ad un andamento ciclico di assorbimento e rilascio d'umidità da parte della struttura. Sull'asse verticale è indicato il bilancio d'acqua in kg/m<sup>2</sup>.



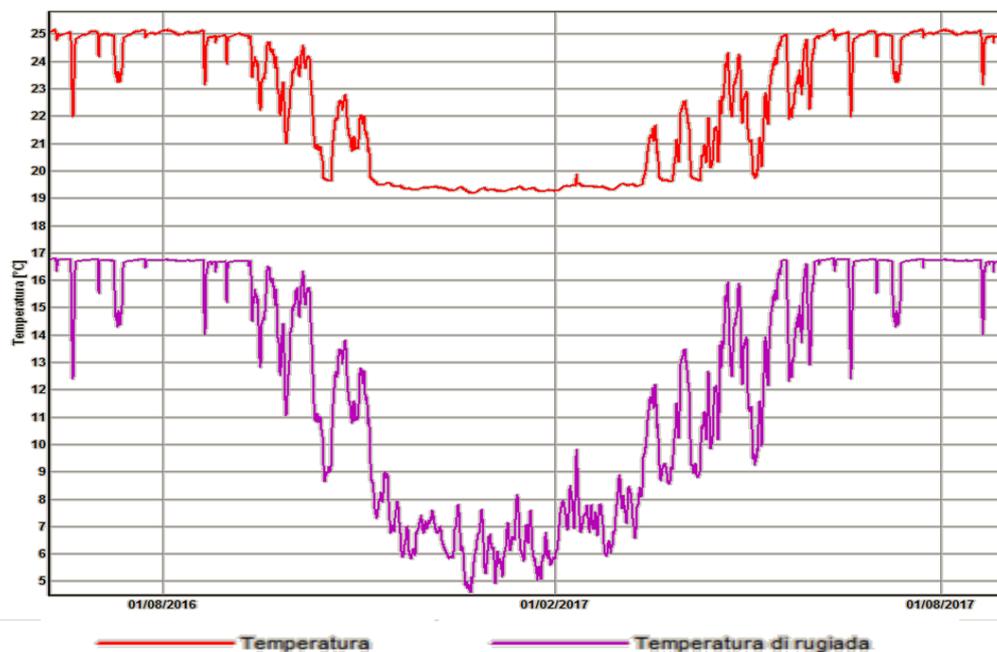
Contenuto d'acqua nel singolo strato del pannello minerale in idrati di silicato di calcio (Multopor) per i 10 anni simulati. Dopo il primo anno l'andamento si assesta in modo ciclico. Il limite di prestazione d'accumulo d'acqua del materiale (ovvero con umidità relativa interna all'80%) secondo dati di letteratura è pari a circa  $9 \text{ kg/m}^3$ . Sull'asse verticale di sinistra è indicato il contenuto d'acqua in  $\text{kg/m}^3$  e a destra in percentuale sulla massa [%].



Rappresentazione grafica della distribuzione lungo la stratigrafia di temperatura (in rosso), contenuto d'acqua (in azzurro) e umidità relativa (in verde). Il grafico sintetizza la distribuzione dei suddetti parametri lungo l'intero periodo dalla simulazione, nel nostro caso 10 anni. L'interfaccia tra parete esistente e controparete presenta una concentrazione di vapore più alta rispetto agli altri strati per il quale è necessario un approfondimento circa l'andamento di temperatura e temperatura di rugiada (vd. grafici seguenti).



Andamento di temperatura e temperatura di rugiada nell'interfaccia tra muratura esistente e nuova controparete. Il grafico mostra un estratto dell'andamento simulato lungo i 10 anni dal quale si mostra la non sovrapposizione delle due curve, ovvero l'assenza del rischio di condensa interstiziale.



Andamento di temperatura e temperatura di rugiada sulla superficie interna (estratto dell'andamento). Anche in questo caso le due curve non si sovrappongono, ovvero le condizioni di progetto (in rosso) non corrispondono alle condizioni di rugiada (o condensa in viola). Non c'è pertanto rischio di condensazione superficiale interna.

## Confronto dei risultati e conclusioni

La valutazione sui risultati in regime stazionario è molto semplice: con le condizioni al contorno impostate e l'analisi media mensile il modello di Glaser indica un'alta formazione di condensa nell'interfaccia tra parete esistente e nuova controparete.

Questo risultato non è confermato dall'analisi in regime variabile che invece mette in evidenza la capacità igroscopica dei materiali della stratigrafia e in particolare la capacità d'accumulo e rilascio di umidità della controparete.

La simulazione in regime variabile è stata condotta su tutte le esposizioni e si è scelto di mostrare nell'esempio quella più critica, ovvero la struttura orientata a nord-est.

Ricordiamo che i dati climatici utilizzati non sono corrispondenti a Verona (località ove ha sede l'edificio in oggetto) a causa dell'assenza di informazioni orarie complete ma a Bolzano seguendo la logica del dato climatico più vicino geograficamente ed eventualmente più sfavorevole.

Nonostante queste impostazioni (tutte a favore di sicurezza) e l'ipotesi di partenza che prevede una concentrazione d'umidità da cantiere nei materiali all'80%, la previsione valutata in regime variabile indica l'assenza di rischio di condensazione interstiziale. Da questi dati si è scelto di non utilizzare una barriera al vapore per sfruttare le caratteristiche igroscopiche della controparete interna.

Concludendo si può dire che per molti interventi di isolamento su strutture di nuova costruzione o per interventi di riqualificazione energetica di edifici esistenti, la valutazione in regime variabile della migrazione di vapore diventa un aspetto prezioso da saper considerare a livello di calcolo predittivo per progettare in modo critico la stratigrafia, la scelta dei materiali e la presenza o meno di una barriera al vapore.