

## ISOLAMENTO DALL'INTERNO

*Sintesi del Quaderno Tecnico n.1 "Soluzioni per isolare dall'interno" ad uso della committenza privata.*

Approfondimento originale di Ing. Alessandro Giuliani - Sintesi a cura di Andrea Dell'Orto

### PREMESSA

Lo scopo del presente documento - sintesi del Quaderno Tecnico #01 - è quello di fornire uno strumento di riferimento normativo e applicativo ai committenti che si confrontano con il tema dell'isolamento termico dall'interno, intervento tradizionalmente considerato potenzialmente rischioso e da utilizzarsi come extrema ratio, a causa del rischio di formazione di condensa interstiziale.

Questo documento vuole anche provare a fare chiarezza proprio sul tema della formazione di condensa interstiziale e del rischio di formazione di muffa, argomenti in cui si nota una generale confusione in materia di limiti normativi, spesso strumentalizzata dagli operatori di mercato per indirizzare le scelte dal punto di vista tecnico e commerciale.

Tutte le verifiche effettuate a questo scopo e contenute in questo documento e nel Quaderno Tecnico di riferimento, non possono essere utilizzate a supporto di relazioni tecniche e progetti, per i quali occorre siano effettuate nel rispetto delle specifiche condizioni da professionisti abilitati.

### FORMAZIONE DI CONDENZA INTERSTIZIALE

Se è chiaro a tutti che isolare un edificio offra importanti vantaggi in termini energetici e di comfort abitativo, è necessario ricordare che gli interventi di isolamento dall'interno possono, potenzialmente, dare origine a fenomeni di condensa interstiziale, che si genera tra l'isolante ed il supporto murario in particolari condizioni climatiche.

Succede, infatti, che isolando una parete perimetrale dall'interno, l'umidità presente nell'ambiente, ad una certa temperatura, si diffonda attraverso l'isolante, raggiungendo la muratura sottostante. In funzione della permeabilità dei materiali impiegati, del livello di umidità relativa interna e delle temperatura dell'ambiente interno e dell'esterno, potrebbero verificarsi condizioni in cui il vapore acqueo, perdendo temperatura attraversano l'isolante, condensano a contatto con la struttura muraria sottostante, che presenta una temperatura superficiale ancora più fredda, per via dell'isolante postole davanti.

Per semplicità, raccontiamo questo fenomeno parlando di temperature e non in termini di pressioni.

E' evidente come il rischio di condensa sia maggiore in climi rigidi, all'aumentare dello spessore dell'isolante applicato internamente e in presenza di ambienti con elevate concentrazioni di umidità. La formazione di condensa è un elemento di criticità se protratto nel tempo e se l'umidità interstiziale accumulata non ha la possibilità di rievaporare ciclicamente, di norma nel periodo estivo.

Fino ad ora, con gli strumenti di verifica utilizzati (verifica di Glaser in regime stazionario – EN 13788) il rischio di questo fenomeno risultava, a livello teorico-previsionale, molto più elevato di quanto i nuovi strumenti di analisi raccontino.

Questa sovrastima di rischio ha portato allo sviluppo di tecnologie applicative molto complesse, costose e difficili da garantire nella normale conduzione dell'immobile da parte del committente.

Anche per tali motivi, il ricorso ad un isolamento dall'interno è sempre stato visto come complesso e rischioso.

Con questo documento vogliamo dimostrare che, utilizzando materiali adeguati, come il sughero CORKPAN, anche l'intervento dall'interno risulta praticabile e senza rischi.

## RISCHI DELLA FORMAZIONE DI CONDENZA INTERSTIZIALE

La formazione di eccessive e durature condense interstiziali porta con se' il rischio di:

- formazione di muffe, con conseguente insalubrità per gli inquilini;
- marcescenza dei materiali, con degenerazione organica degli isolanti e il rischio di distacco dei pannelli dal supporto per disgregamento dei collanti;
- perdita di efficacia degli isolanti, che, normalmente, in presenza di umidità peggiorano il proprio livello di coibenza.

Viste le potenziali problematiche derivanti dalla formazione di condense interstiziali, è importante:

- circoscrivere i casi in cui essa possa maggiormente verificarsi, impiegando strumenti di analisi più raffinati ammessi dalle normative;
- utilizzare materiali atti a questo tipo d'impiego, che non presentino rischi di degenerazione organica e che non siano bio-recettivi, ovvero che non permettano il moltiplicarsi di muffe e batteri eventualmente formati.

In merito alla bio-recettività del sughero CORKPAN, invitiamo alla lettura dello specifico approfondimento redatto dal biologo Dott. Matteo Montanari e disponibile sul sito a [questo link](#). In estrema sintesi, i test di laboratorio svolti secondo gli standard ASTM D6329 hanno dimostrato come il sughero CORKPAN non sia bio-recettivo ai batteri che si sviluppano sui materiali edili in presenza di umidità elevata, derivante da patologie edilizie o allagamenti/perdite di acqua.

## RISULTATI

I risultati ottenuti dopo 12 settimane di incubazione mostrano:

- il materiale testato non favorisce la sopravvivenza di *S. chartarum* in condizioni di umidità relativa > 99%.
- Il materiale testato non favorisce la crescita di *A. versicolor* in condizioni di umidità relativa pari all'85%.

*Figura 1 Estratto del test di laboratorio secondo la ASTM D629*

## RIFERIMENTI NORMATIVI

Le modalità di calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici sono disciplinate dal DM. 26.06.2015 e dal suo recepimento da parte delle Regioni italiane. Il Decreto fissa i requisiti energetici minimi per gli edifici in dipendenza dalla zona climatica, dai relativi Gradi Giorno e dal tipo di interventi a carico degli stessi.

Nell'allegato 1 al D.M. 26.06.2015 vengono elencate le Deroche (1.4.3), una delle quali è applicabile all'oggetto della nostra analisi:

2. In caso di interventi di riqualificazione energetica dell'involucro opaco che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, indipendentemente dall'entità della superficie coinvolta, i valori delle trasmittanze di cui alle tabelle da 1 a 4 dell'Appendice B, sono incrementati del 30%.

*Figura 2 Deroga prevista dal D.M. 26.06.2015 in caso di isolamenti dall'interno*

I valori da rispettare, per le riqualificazioni **con isolamento interno**, arrotondate per eccesso, divengono quindi:

ZONA CLIMATICA	VALORI DI TRASMITTANZA TERMICA LIMITE ISOLAMENTO INTERNO			
	STRUTTURE OPACHE VERTICALI		STRUTTURE OPACHE ORIZZONTALI	
	2015	2021	2015	2021
A e B	0,59	0,52	0,45	0,42
C	0,52	0,47	0,45	0,42
D	0,47	0,42	0,37	0,34
E	0,39	0,36	0,34	0,31
F	0,36	0,34	0,32	0,29

La Regione Lombardia, con la D.G.R. 2456 dell'8 marzo 2017, anticipa alla data di entrata in vigore della stessa i valori previsti per il 2021 e le relative maggiorazioni per isolamento interno.

Si precisa che le maggiorazioni di cui alla tabella precedente sono applicabili esclusivamente in caso di interventi di riqualificazione energetica, definiti dal D.M. 26.06.2015:

### 1.4.2 Riqualificazioni energetiche

1. Ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera l-vicies ter) del decreto legislativo, si definiscono interventi di "riqualificazione energetica di un edificio" quelli non riconducibili ai casi di cui al paragrafo 1.4.1 e che hanno, comunque, un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio. Tali interventi coinvolgono quindi una superficie inferiore o uguale al 25 per cento della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e/o consistono nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio o di altri interventi parziali, ivi compresa la sostituzione del generatore. In tali casi i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano ai soli componenti edilizi e impianti oggetto di intervento, e si riferiscono alle loro relative caratteristiche termo-fisiche o di efficienza.

*Figura 3 Applicazione della deroga per casi di riqualificazione energetica*

Riteniamo che tale tipologia di intervento, che coinvolge meno del 25% della superficie totale disperdente composta da pareti, solai e serramenti, sia quella in cui rientrano la maggior parte degli interventi di isolamento interno e, per tale ragione, le verifiche relative alle trasmittanze termiche si riferiscono ai conseguenti limiti maggiorati.

Giova però precisare che, in caso di ristrutturazioni rilevanti di secondo livello, il limite sia quello della tabella senza maggiorazioni. Nel caso di ristrutturazioni rilevanti di primo livello e di nuove costruzioni, invece, il problema è più complesso e non riguarda la verifica delle singole trasmittanze. Esula dallo scopo della nostra trattazione l'analisi di dettaglio dei diversi gradi di intervento.

## VERIFICHE IGROMETRICHE AMMESSE

In merito alla verifica igrometrica, il D.M. 26.06.2015 prevede verifiche che non valutano la condensazione superficiale, ma una condizione più restrittiva relativa alla formazione di muffe, in cui le condizioni interne di verifica non sono fisse (20° e 65% di U.R.), ma variano mensilmente in base alla località e alla destinazione d'uso, secondo il metodo delle Classi di concentrazione (appendice A alla UNI EN ISO 13788).

La norma citata come riferimento, ovvero la UNI EN ISO 13788, richiede la rievaporazione del condensato nel corso dell'anno, ponendo tuttavia un limite massimo di 500 grammi per metro quadrato di accumulo all'interno dell'elemento costruttivo, che, invece, la Normativa Nazionale esclude, parlando espressamente di VERIFICA DI ASSENZA di condensazioni interstiziali.

Tale controsenso è stato definitivamente risolto dalle FAQ rilasciate dal MISE (Ministero Industria e Sviluppo Economico), nel dicembre 2018. La numero 3.11 è relativa al DM Requisiti minimi e interviene sul punto 2.3 comma 2 a pagina 11 (precedentemente riportato) e recita:

<p>La verifica della condensa interstiziale è positiva solo se il valore della condensa è pari a zero o vi è una quantità di condensa per la quale la verifica si ritiene ugualmente positiva? Qual è il riferimento normativo?</p>	<p>Per la verifica della condensa interstiziale si procede in conformità alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 13788). Si ritiene che la condensazione interstiziale possa considerarsi assente quando siano soddisfatte le condizioni poste dalla norma, ovvero la quantità massima ammissibile e nessun residuo alla fine di un ciclo annuale.</p> <p>Tale norma definisce infatti la quantità ammissibile di condensa presente in un elemento al termine del periodo di condensazione. Lo stesso paragrafo specifica anche che tutta la condensa formatasi all'interno di un elemento deve sempre evaporare completamente alla fine di un ciclo annuale.</p>
---	--

Figura 4 FAQ MiSE n. 3.11 del dicembre 2018

Occorre quindi verificare, attraverso le metodologie previste dalla UNI EN ISO 13788, il rispetto dei requisiti di accumulo e rievaporazione del vapore acqueo all'interno dell'elemento costruttivo.

Tuttavia, la Normativa Nazionale, così come quelle regionali, introduce per la prima volta la possibilità di procedere a valutazioni tecniche operate in modo differente:

*“La verifica di condensa interstiziale e superficiale può essere eseguita in base alla UNI EN 13788 ma anche con metodi dinamici più raffinati (ovvero secondo UNI EN 15026).”*

Tale possibilità è precisata e sancita dalla FAQ 2.24, pubblicata dal MISE il 21.10.2015, in riferimento alle numerose richieste di chiarimenti pervenute in relazione al tipo di verifiche da operare.

In conclusione, possiamo decidere di valutare quanto richiesto dalla normativa secondo due differenti approcci:

1. Utilizzando la norma UNI EN ISO 13788, operando mediante il cosiddetto Metodo di Glaser;
2. Utilizzando la norma UNI EN 15026 e la simulazione dinamica.

Senza entrare in inutili tecnicismi, la differenza sostanziale tra i due sistemi di verifica risiede nella metodologia di calcolo, che considera molti più parametri nel caso della simulazione dinamica.

A variare è anche l'orizzonte temporale della verifica, che, nel caso della UNI EN 15026 può essere variabile e valuta, non solo la formazione di condensa, ma anche l'accumulo nel periodo analizzato. Il sistema dinamico permette anche di

impostare le condizioni ambientali e meteorologiche delle simulazioni e si basa su una mappatura delle caratteristiche dei materiali edili molto completa e precisa.

Anticipiamo sin d'ora che, mentre il metodo di Glaser risulta sovrastimare il rischio di formazione di condensa, il regime dinamico, basandosi su una metodologia di simulazione molto più completa, risulta più accurato e preciso.

Per l'esecuzione delle simulazioni in regime dinamico è stato utilizzato il software WUFI Pro 6.1 del Fraunhofer Institute.

## METODOLOGIA

Per rendere scientificamente corrette le indagini effettuate all'interno della pubblicazione, si è deciso di:

- ricorrere a software di calcolo ampiamente conosciuti, riconosciuti come affidabili (TERMOLOG Epix 9 di Logical Soft e WUFI Pro 6.1 del Fraunhofer Institute)
- riferirsi a stratigrafie basate su strutture murarie definite a livello normativo dalla UNI/TR 11552:2014
- impiegare per le stratigrafie prodotti commerciali già inclusi nel DB del software
- seguire istruzioni dei due produttori dei Software per una miglior profilazione del pannello di sughero (igroscopicità e variazione del lambda in funzione dell'umidità relativa)

In questo modo, ogni verifica potrà essere riprodotta da chiunque ne avesse voglia, utilizzando gli stessi software e operando le stesse modifiche.

## ANALISI DI INTERVENTI DI ISOLAMENTO INTERNO NEI CLIMI ITALIANI

Per dimostrare come l'isolamento interno con il sughero CORKPAN possa essere, nella maggior parte dei casi e con le limitazioni precedentemente illustrate, considerato come una soluzione sicura e praticabile si è proceduto ad analizzare 50 situazioni originate dalla combinazione delle seguenti variabili:

- 2 soluzioni adottate (cappotto interno INNERCORK e cappotto EASY-CORK)
- 5 località [Milano e L'Aquila (E), Roma (D), Bari (C), Palermo (B)]
- 5 stratigrafie murarie dedotte alla UNI TR 11552:2014
- 1 spessore di isolante (8cm) per permettere il confronto

Le combinazioni delle diverse condizioni di prova, hanno portato ad effettuare 50 simulazioni in regime stazionario (Metodo di Glaser), mediante il software TERMOLOG EpiX 9. Per tale confronto si è ipotizzato per tutte le simulazioni un unico spessore, pari a 8 cm, pur sapendo che tale spessore in alcune località non sarebbe stato sufficiente a verificare i limiti di trasmittanza.

Successivamente, si è deciso di approfondire alcune stratigrafie in condizioni climatiche specifiche, mediante il software di simulazione dinamica WUFI® Pro 6.1 del Fraunhofer Institute.

Per completezza di informazione, per quanto riguarda i valori limite di trasmittanza dipendenti dalla Normativa vigente nei due casi (Lombardia e resto del Paese), si è indicato anche lo spessore minimo richiesto nelle varie zone climatiche per il soddisfacimento di tale verifica.

Stratigrafie da UNI TR 11552:2014			
Codice Scheda	Codice UNI TR	Tipologia	Descrizione
<b>M.1</b>	MLP01	Muratura in mattoni pieni	Spessori variabili da 12 cm a 64 cm. Nelle schede 42 cm
<b>M.2</b>	MPI02	Parete in pietra	Spessori variabili da 40 cm a 100 cm. Nelle schede 54 cm
<b>M.3</b>	MLP03	Muratura in laterizio semipieno	Spessori tipici da 25 cm o 30 cm Nelle schede 29 cm
<b>M.4</b>	MCV01	Parete a cassa vuota in laterizio forato, esempio 1	Spessori variabili da 30 cm a 47 cm (in funzione dell'intercapedine) Nelle schede 30 cm
<b>M.5</b>	MCV02	Parete a cassa vuota in laterizio forato, esempio 2	Spessori variabili da 39 cm a 49 cm (in funzione dello spessore dell'isolante in intercapedine). Nelle schede 40 cm

Per comprendere i dati della seguente tabella e delle successive, ricordiamo che:

- il colore **rosso** indica una verifica non superata (termica e/o igrometrica),
- il colore **blu** identifica l'esito positivo della verifica di trasmittanza con il valore per le riqualificazioni energetiche applicando la normativa Regionale o Nazionale prevista per la specifica località
- colore **verde** una verifica superata anche per le ristrutturazioni di secondo livello (termica e/o igrometrica).

		LOCALITA'				
		MILANO	L'AQUILA	ROMA	BARI	PALERMO
<b>ZONA CLIMATICA</b>		E	E	D	C	B
<b>NORMATIVA RIFERIMENTO</b>		DGR 3668 - 176/2017	D.M. 26.06.2015			
<b>a. LIMITE RISTRUTTURAZIONI II LIVELLO</b>		<b>0,28</b>	<b>0,30</b>	<b>0,36</b>	<b>0,40</b>	<b>0,45</b>
<b>b. LIMITE PER RIQUALIFICAZIONI ENG</b>		<b>0,364</b>	<b>0,390</b>	<b>0,468</b>	<b>0,520</b>	<b>0,585</b>
M1.1.1	U	0,359	0,359	0,359	0,359	0,359
	YIE	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
	Cond. Int.	0,5864	0,0823	0,1741	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	8cm	8cm	6cm	6cm	4cm
M1.1.2	U	0,353	0,353	0,353	0,353	0,353
	YIE	0,012	0,013	0,013	0,013	0,013
	Cond. Int.	0,4683	0,0609	0,1309	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	8	8	6	6	4
M2.1.1	U	0,405	0,405	0,405	0,405	0,405
	YIE	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
	Cond. Int.	0,9616	0,2060	0,4026	0,0321	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	10	10	8	6	6
M2.1.2	U	0,398	0,398	0,398	0,398	0,398
	YIE	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
	Cond. Int.	0,7784	0,1631	0,3193	0,0314	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	10	10	8	6	6
M3.1.1	U	0,347	0,347	0,347	0,347	0,347
	YIE	0,043	0,042	0,042	0,042	0,042
	Cond. Int.	0,4704	0,0053	0,1038	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	8	8	6	6	4
M3.1.2	U	0,342	0,342	0,342	0,342	0,342
	YIE	0,042	0,042	0,042	0,042	0,042
	Cond. Int.	0,3795	Assente	0,0799	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	8	8	6	6	4
M4.1.1	U	0,317	0,317	0,317	0,317	0,317
	YIE	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
	Cond. Int.	0,2880	Assente	0,0250	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	8	6	6	4	4
M4.1.2	U	0,313	0,313	0,313	0,313	0,313
	YIE	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
	Cond. Int.	0,2285	Assente	0,0148	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	8	6	6	4	4
M5.1.1	U	0,244	0,244	0,244	0,244	0,244
	YIE	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
	Cond. Int.	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	6	6	6	4	4
M5.1.2	U	0,241	0,241	0,241	0,241	0,241
	YIE	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
	Cond. Int.	Assente	Assente	Assente	Assente	Assente
	Sp. Min. per verifica U (b.)	6	6	6	4	4

**NB. LIMITI RIQUALIFICAZIONE b. AUMENTATI DEL 30%:** TABELLA 1 Appendice B all'Allegato 1 del DM. 26.06.2015 - NAZIONALE  
TABELLA 12 Appendice B del Decreto Regionale n. 176 del 12.01.2017 – REGIONE LOMBARDIA  
**rosso:** verifica non superata | **blu:** verifica ok trasmittanza riqualificazioni eng | **verde:** verifica ok trasmittanza ristrutturazioni II livello

Tabella 1 – Tabella riepilogativa delle verifiche effettuate

Già dall'analisi di questa tabella sintetica, risulta di immediata osservazione come il clima di Milano sia quello che genera maggiori problemi alle murature, in particolare alla M2 (Parete in pietra), che raggiunge quantitativi di accumulo di umidità interstiziale notevoli. Ciò deriva, ovviamente, dalle temperature che variano in un range molto ampio, da tassi di umidità elevati e da importanti precipitazioni atmosferiche tipiche di questa località.

Risultano, invece, di minore importanza in quanto meno critiche, le situazioni di Bari e Palermo, dove l'eventuale accumulo annuo di condensa interstiziale risulta impercettibile.

Si noti come il limite di formazione di condensa interstiziale ammesso, pari a 0,5 kg/mq annui, non venga mai superato nei climi differenti da quello di Milano.

Una volta soddisfatto il requisito di comparabilità dei risultati (stratigrafie con 8cm di isolante), abbiamo deciso di proporre una analisi più completa e approfondita del comportamento delle diverse stratigrafie murarie con spessori differenti di isolante. Per ogni stratigrafia muraria e ogni tipologia di isolamento interno adottato (I.1 e I.2) sono state analizzate ben 32 differenti combinazioni che prevedono spessori di isolante dai 4 ai 16 cm, a seconda dei climi prescelti. I risultati consentono di avere un quadro piuttosto chiaro delle criticità emergenti e dell'influenza del fattore climatico.

Da un'analisi percentuale operata su questi dati, limitandoci alle verifiche igrometriche delle murature conformi alla normativa dal punto di vista energetico ed alla sola ipotesi del cappotto CORKPAN (I.1), in quanto mediamente più gravosa, i risultati sintetici sono:

	Soluzioni tecniche analizzate con U conforme	Soluzioni tecniche con verifica metodo Glaser – UNI 13788 positiva	
M1	<b>29</b>	25	<b>86,21%</b>
M2	<b>25</b>	21	<b>84,00%</b>
M3	<b>29</b>	28	<b>96,15%</b>
M4	<b>31</b>	31	<b>100%</b>
M5	<b>32</b>	32	<b>100%</b>

Tabella 2 - Riassunto dei risultati delle schede proposte ai vari climi italiani

Basterebbero questi numeri per considerare l'intervento di isolamento interno con il pannello CORKPAN come una soluzione fondamentalmente valida e sicura, ma occorre nuovamente precisare che ogni caso va analizzato nello specifico e validato da parte di un tecnico abilitato che consideri nel dettaglio normativa e peculiarità della situazione. Lo scopo di questa pubblicazione non è quello di sostituirsi al professionista, ma solo di prospettare in modo più chiaro possibile le applicazioni concrete delle tecnologie proposte e le norme di riferimento.

## VERIFICHE SUPPLEMENTARI

Dato che la normativa vigente offre la possibilità di operare una verifica alternativa rispetto al diagramma di Glaser, operando secondo la norma UNI EN 15026, abbiamo ritenuto utile provare a procedere ad una simulazione dinamica delle situazioni più critiche, al fine di comprendere se la situazione sia gravosa anche con questa procedura e quali possano essere i fattori che pregiudicano l'asciugatura della muratura.

Abbiamo deciso di indagare, tramite l'impiego del software WUFI® Pro 6.1, le seguenti stratigrafie, emerse dalla Tabella 1 come le più critiche (cornice gialla) per le zone climatiche D ed E.

n.	Cod.	Descrizione	Zona
1.	M1.I.1	Parete in mattoni pieni intonacata con cappotto interno in CORKPAN rasato	MILANO
2.	M2.I.1	Parete in pietra con cappotto interno in CORKPAN rasato	MILANO
3.	M3.I.1	Parete in laterizio semipieno con cappotto interno in CORKPAN rasato	ROMA

In questo documento riepilogativo, si riporta solo il risultato della simulazione più critica, ovvero quella relativa alla soluzione M2.I.1, con "Parete in pietra con cappotto interno in CORKPAN rasato" a Milano.

Per informazione, va aggiunto che, nel caso di simulazioni termo-igrometriche di tipo dinamico, una particolare influenza deriva dalla pioggia battente e dalla sua direzione di provenienza che varia a seconda delle località secondo l'analisi climatica. Si ritiene di avere scelto un clima sufficientemente rappresentativo per la soluzione tecnologica in oggetto e di avere utilizzato un orizzonte temporale sufficientemente cautelativo, pari a 10 anni.

Tutte le analisi di queste stratigrafie dimostrano come, sia il valore totale, che le concentrazioni nei singoli strati presentano una tendenza alla riduzione costante negli anni dei contenuti di umidità, segno che la stratigrafia funziona correttamente.

## 2. M2.I.1 - MILANO – Esposizione Nord-Est

La stratigrafia con la parete in pietra comporta la necessità di utilizzare una pietra simile nei dati a quella della norma UNI, con gli opportuni correttivi l'attendibilità è buona. La parete non presenta protezione esterna ulteriore rispetto a quella dell'intonaco, che è stato diviso in due parti per verificare meglio l'insorgenza di situazioni critiche sulla faccia esterna.

Alla fine del calcolo verifichiamo l'andamento del contenuto d'acqua nella soluzione tecnica, sia totale che nei vari strati:

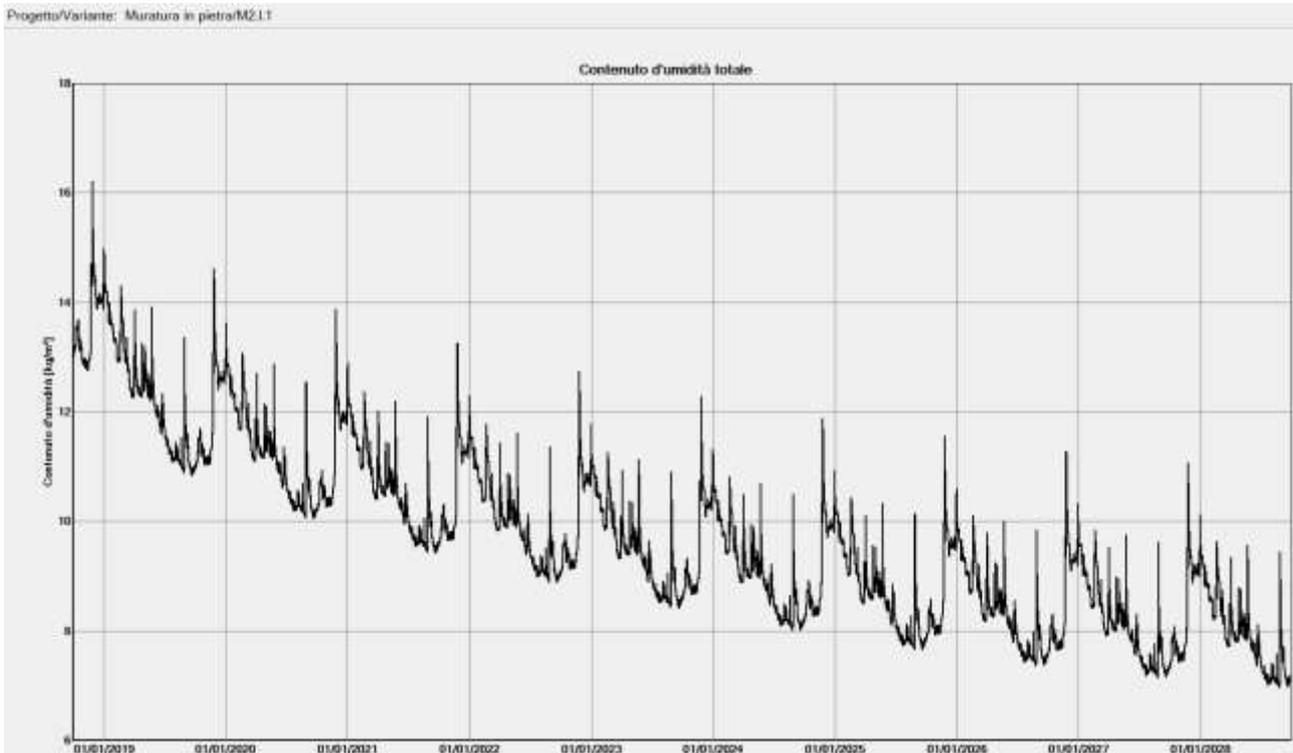
### Contenuto d'umidità [kg/m³]

	Inizio	Fine	Min.	Max.
Contenuto d'umidità totale	12,9	7,15	6,96	16,21

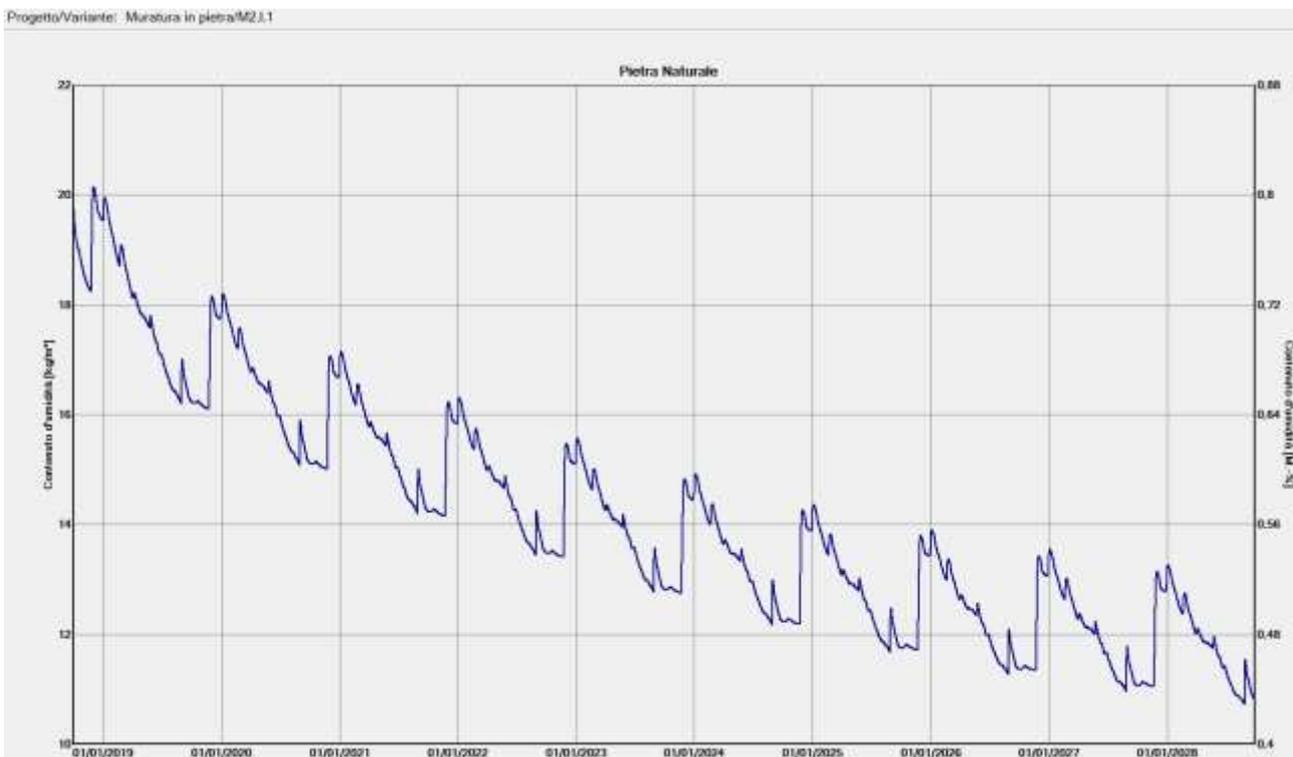
### Contenuto d'umidità [kg/m³]

Strato/materiale	Inizio	Fine	Min.	Max.
Intonaco di calce-cemento (valore w: 2.0 kg/m2h0)	17,27	39,16	10,78	208,52
Intonaco di calce-cemento (valore w: 2.0 kg/m2h0)	17,72	39,74	17,72	194,59
*Pietra Naturale	20,17	10,83	10,73	20,17
Intonaco di calce (valore w: 3.0 kg/m2h0.5)	21,62	36,76	21,62	88,02
*Malta ADHERE VIT ecoCORK	21,76	18,47	16,14	77,51
*Pannello Corkpan	21,76	0,82	0,72	21,76
*Malta ADHERE VIT ecoCORK	21,76	6,16	3,19	21,76

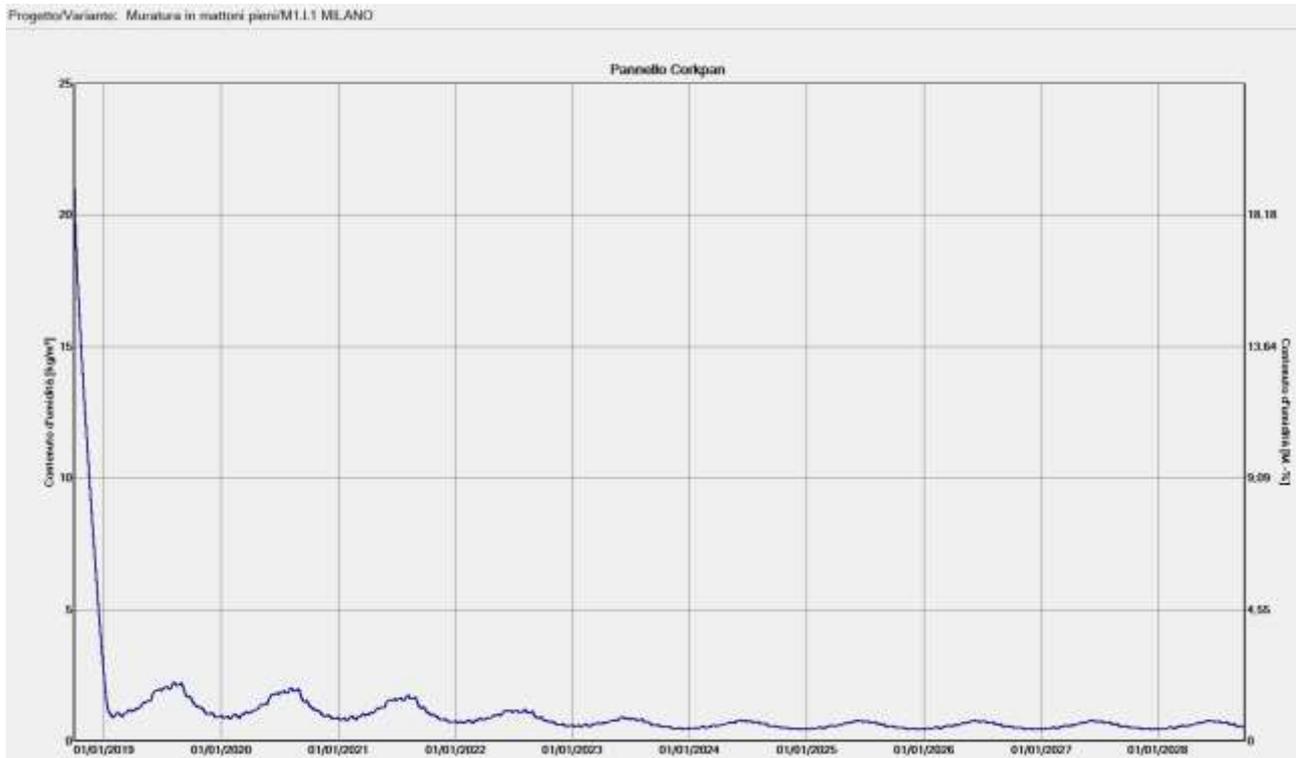
Il contenuto di umidità totale nel corso del periodo in analisi (10 anni) tende decrescere progressivamente rispetto ai livelli iniziali, senza stabilizzarsi del tutto, come visibile dal grafico sottostante:



Verifichiamo ora nel dettaglio l'andamento negli strati più significativi, iniziando con la pietra naturale. Alla fine del periodo di analisi i valori massimi di contenuto d'acqua raggiungono circa i 13 kg/m<sup>3</sup> e il contenuto di umidità rimane di poco superiore allo 0,50 %. Si tratta di valori molto bassi.



I valori massimi di contenuto d'acqua nell'isolante risultano di poco superiori a 0,8 kg/m<sup>3</sup> e il contenuto di umidità risulta inferiore allo 0,8%. Anche in questo caso l'equilibrio dinamico è raggiunto.



La struttura ha valori di contenuto d'acqua molto bassi in tutti gli strati, dal punto di vista tecnico si può considerare sufficientemente sicura.

### SALUBRITA' DEL SUGHERO CORKPAN NELL'IMPIEGO IN INTERNO

Dopo aver dimostrato come l'isolamento dall'interno con il sughero CORKPAN sia efficace e sicuro, anche senza l'impiego di complesse soluzioni tecnologiche che prevedono l'uso di barriere o freni vapore e complicate fasi di posa, resta da analizzare il requisito di salubrità che i materiali devono rispettare per poter essere impiegati, in particolare in interno.

La scelta di materiali edili e non solo, in funzione delle proprie caratteristiche emissive di sostanze nocive, assume particolare rilevanza e criticità quando questi materiali vengono collocati all'interno di un edificio, in ambienti confinati, caratterizzati da ricambi d'aria ridotti e non continui.

Il tema della IAQ (Indoor Air Quality) è materia sempre attuale, non solo per l'aumento della sensibilità personale verso certe sostanze, ma anche per il fatto che la presenza in ambienti confinati di alcuni composti, in particolare, è ormai dimostrata essere cancerogena, teratogena e tossica.

Altre due importanti riflessioni riguardano:

- l'esposizione prolungata a sostanze dannose, anche se rilasciate in modeste quantità. Esse sono ugualmente dannose e pericolose,
- l'esposizione a sostanze nocive da parte di neonati e bambini, molto più sensibili per via del ridotto peso corporeo, che non dispone di analisi epidemiologiche e di statistica sanitaria sufficientemente accurate.

Vista la criticità del tema, Tecnosugheri e Amorim – produttore portoghese del pannello di sughero CORKPAN – hanno deciso di sottoporre a certificazioni volontarie in merito alla IAQ i propri prodotti.

I test eseguiti hanno rilevato la piena salubrità del pannello CORKPAN, con valori di emissività COV (Composti Organici Volatili) pari a 77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  contro il limite di 1000 ammesso dalla miglior classe prevista dal sistema certificativo francese, preso a riferimento in mancanza di specifiche direttive italiane.

In particolare, si constata la totale assenza di emissioni di formaldeide. Anche per questo motivo, il pannello CORKPAN, non rilasciando sostanze nocive è stato anche certificato all'interno del protocollo Biosafe, che prevede la valutazione analitica approfondita di tutte le sostanze COV emesse e limiti molto restrittivi.



## MARCATURA CE, SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E SALUBRITÀ

Certificazione/normativa		Applicabilità
 Conforme alla Norma Europea EN13170	Norma armonizzata EN13170	Il prodotto è soggetto a Marcatura CE e ha obbligo di rilascio della Dichiarazione Prestazionale di Prodotto
	Certificazione delle prestazioni di Marcatura CE	Effettua test periodici con cui certifica la veridicità di quanto dichiarato in Marcatura CE
	Dichiarazione ambientale di prodotto basata su ciclo di vita LCA	Riporta in forma standardizzata i valori di impatto ambientale del pannello
	Etichetta ambientale tipo 1 (EN 14024) e certificazione multicriteria basata sul ciclo di vita LCA	Prodotto inserito nel Bau Book. Certifica che il prodotto è sicuro per l'uomo e l'ambiente
	Etichetta ambientale tipo 1 (EN 14024) e certificazione multicriteria basata sul ciclo di vita LCA	Prodotto certificato per la bioedilizia secondo protocollo ANAB. Certifica che il prodotto è sicuro per l'uomo e l'ambiente
	Etichetta ambientale tipo 1 (EN 14024) e certificazione che individua la componente in % di materia riciclata	Certifica che il prodotto è ottenuto per il 100% da materia prima riciclata, quali le potature dei rami di quercia
	Validazione di salubrità dei materiali in termini di emissione COV, misurati con metodo analitici	Certifica che il prodotto è basso emissivo in termini di emissione di Composti Organici Volatili. Oltre ad un limite di COV totali ammesso di soli 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , circa un terzo di quanto previsto dalla normativa francese, Bio-Safe permette di tracciare tutte le sostanze presenti e non solo quelle della short list.
	Certificazione secondo la normativa francese (2011-321 del 23.03.2011) la cui colonna "A" è presa a riferimento per il CAM in Italia	Certifica che il prodotto contiene quantità di Composti Organici Volatili inferiori a certi livelli. Nel caso di CORKPAN il contenuto è di 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contro i 1000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ previsti per la categoria migliore (A+), quindi praticamente inesistenti

## CONCLUSIONI

In sintesi, è evidente come con l'uso del sughero CORKPAN, l'utilizzo di freni o barriere al vapore possa essere adeguatamente ridimensionato, pur considerando tali prodotti come un utilissimo supporto alle valutazioni termigrometriche.

Resta il fatto che non tutti i materiali sopportano bene il contatto con umidità e acqua, anche se in quantità prevista dalle normative o rievaporabili nei mesi caldi.

Soluzioni tecnologiche più semplici, che non prevedono l'uso di strutture e teli/barriere al vapore sono possibili solo con materiali come il sughero CORKPAN insensibile all'acqua e all'umidità, rappresentando una leva commerciale di assoluta importanza e unicità.

Se è vero che il materiale è più costoso, resta il fatto che la sua posa può essere meno impattante a livello tecnico ed economico, con in più la certezza di avere prestazioni stabili anche in presenza di elevata umidità relativa.

L'attenzione del progettista si deve spostare, inevitabilmente, alla perfetta conoscenza dei materiali, dei loro limiti applicativi e del loro comportamento in condizioni critiche, con l'indicazione di preferenza verso quei materiali isolanti immarcescibili anche in condizioni di umidità relative elevate e che garantiscano efficacia termica anche nelle condizioni igrometriche più svantaggiose.

Effettuata anche questa ulteriore verifica, che difficilmente altri materiali sarebbero in grado di affrontare con gli stessi risultati, possiamo sintetizzare che il sughero CORKPAN è utilizzabile senza limiti di alcun tipo anche nell'isolamento dall'interno.

### **Profilo dell'Autore**

Alessandro Giuliani è laureato in Ingegneria Edile presso il Politecnico di Milano ed è fondatore e Direttore Tecnico di NRG Zero srl, Società di Ingegneria altamente specializzata nella Diagnosi Energetica di edifici civili ed industriali e nel Project Management.

Esperto in Gestione dell'Energia da diversi anni, Consulente Esperto CasaClima e attuale Presidente del CasaClima Network Lombardia, affianca alla professione tecnica un'intensa attività di docenza e convegnistica.