

xella



Approfondimenti Tecnici 2023

**Risparmio energetico e
qualità degli ambienti con
soluzioni in calcestruzzo
aerato autoclavato**

multipor

YTONG

Risparmio energetico



ISOLAMENTO TERMICO E RISPARMIO ENERGETICO

Il principio di funzionamento di un materiale isolante consiste nell'imprigionare l'aria in celle indipendenti l'una dall'altra, creando così una rottura termica, proprio come avviene per un maglione invernale.

Un **buon isolamento termico contribuisce in modo sensibile ad aumentare il livello di comfort ambientale e riveste una grande importanza economica**, in quanto incide direttamente sul fabbisogno energetico e di conseguenza sui costi di gestione del riscaldamento invernale e del condizionamento estivo.

Il calcestruzzo cellulare Ytong, con i suoi numerosi **micro-alveoli pieni d'aria distribuiti uniformemente, possiede eccellenti caratteristiche di isolamento termico (bassa conducibilità λ , elevata resistenza termica R)**, per cui già con pareti di spessori ormai tradizionali, senza materiali isolanti supplementari, vengono ampiamente superate le restrittive prescrizioni previste dal Decreto del 23 giugno 2022 sui requisiti minimi. **La posa con la tecnica del giunto sottile di malta, permette di eliminare i ponti termici e ottenere prestazioni di isolamento termico eccellenti.**

Il sistema di costruzione Ytong risponde ampiamente ai requisiti delle attuali e future normative, che hanno imposto una drastica limitazione al fabbisogno di energia e quindi, anche una conseguente riduzione di emissione di CO₂ e dei carichi ambientali. È il risultato complessivo, unitamente ai costi di realizzazione, di gestione e manutenzione, a determinare la **soluzione progettuale ottimale in termini di analisi costi/benefici.**

Il 26 giugno 2015 sono stati emanati tre Decreti ministeriali, attuativi della Direttiva 2010/31/UE (recepita nel nostro Paese con D.L. 63/2013, poi convertito in Legge 90/2013), contenenti nuove **disposizioni in materia di efficienza energetica e prestazione energetica degli edifici**, in aggiornamento di quanto previsto dal D.Lgs. 192/2005.

Nello specifico, il primo Decreto interministeriale riporta i **criteri per la nuova classificazione energetica** (con l'introduzione delle nuove classi A1-A2-A3-A4 ed edificio NZEB), il secondo Decreto riporta i nuovi **modelli per la relazione tecnica**, mentre il terzo D.M. 26/06/2015, "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici", approva le **metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche in edilizia**.

Per tutti e tre i Decreti l'entrata in vigore è stabilita a partire dal 1° ottobre 2015.

Col **Decreto "requisiti minimi"** gli ambiti di applicazione cambiano rispetto a quelli attuali e vengono introdotte nuove definizioni, non corrispondenti con quelle classiche degli interventi da testo unico.

Per queste tipologie di intervento, i requisiti si applicano all'intero edificio e quindi - nel caso di ristrutturazione importante di primo livello (interventi su più del 50% delle superfici disperdenti e sostituzione degli impianti) o ampliamenti importanti - occorre che sia verificato e adeguato l'intero edificio.

In funzione delle prescrizioni è necessario distinguere due ambiti di applicazione: edifici nuovi ed assimilabili e ristrutturazioni minori.

INDICE

5.2.1	La normativa di riferimento: Decreto Requisiti Minimi	pag. 22
5.2.2	L'importanza della tenuta all'aria	pag. 30
5.2.3	Ponti termici e blocco Ytong TT	pag. 32
5.2.4	Isolamento interno e verifiche termoigrometriche	pag. 38

5.2.1 La normativa di riferimento: Decreto Requisiti Minimi

NUOVO, DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE, AMPLIAMENTE VOLUMETRICI E RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI PRIMO LIVELLO

Per queste tipologie di intervento i requisiti si applicano all'intero edificio e quindi, nel caso di ristrutturazione importante di primo livello (interventi su più del 50% delle superfici disperdenti e sostituzione degli impianti) o ampliamenti importanti – si rimanda al Decreto per i dettagli, dovrà essere verificato e adeguato l'intero edificio.

Le principali verifiche prevedono:

a. Verifica dei fabbisogni energetici di cui di seguito

$EP_{H,nd}, EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot} < EP_{H,nd,limite}, EP_{C,nd,limite}$ e $EP_{gl,tot,limite}$
Dove $EP_{i,limite}$ sono le soglie dei vari parametri calcolati con il metodo dell'edificio di riferimento.

b. Verifica del coefficiente medio di scambio termico

$H'_T < H'_{T-limite}$ dove $H'_{T-limite}$ è tabellato in funzione di S/V e della zona climatica

c. Verifica dell'area solare equivalente (*)

$A_{sol,est}/A_{sup,utile} < 0,03$ per gli edifici di categoria E1
 $A_{sol,est}/A_{sup,utile} < 0,04$ per le altre categorie di edificio

Dove: $A_{sol,est}/A_{sup,utile}$ si intende l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile;

d. Verificare i rendimenti degli impianti

e. Verificare le prestazioni dei divisori interni (solo per le zone C,D,E,F) U divisori opachi $< 0,8$

f. Verifiche delle prestazioni estive dell'involucro

i. Efficacia dei sistemi schermanti

ii. Verifica della trasmittanza termica periodica

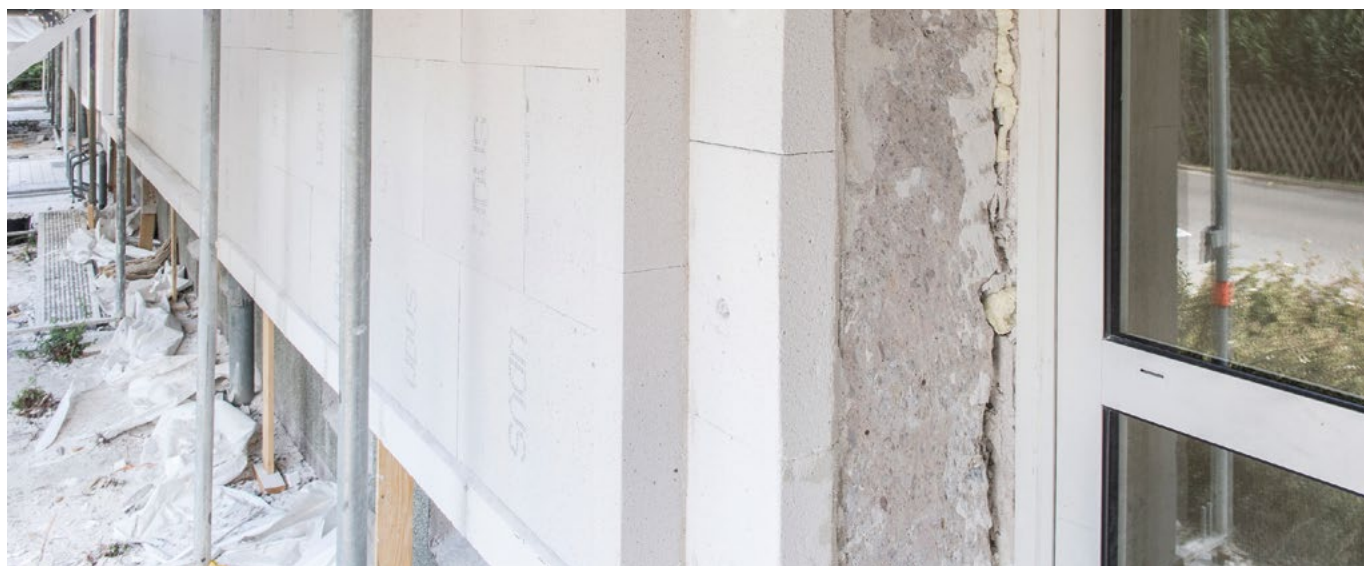
Per le pareti opache verticali ad eccezione di quelle nel quadrante Nord-ovest/Nord/Nord-Est:

- la massa superficiale M_s (calcolata secondo la definizione dell'All. A del D.lgs. 192/05 come massa superficiale della parete opaca compresa la malta dei giunti ed esclusi gli intonaci) sia superiore di 230 kg/m^2
- in alternativa che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica (Y_{IE}) sia inferiore a $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$

Per tutte le pareti opache orizzontali ed inclinate:

- che il valore del modulo della trasmittanza termica periodica (Y_{IE}) sia inferiore a $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$

g. Asseverare l'osservanza degli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili secondo i principi minimi e le decorrenze di cui all'Allegato 3, del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.





RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI SECONDO LIVELLO

Nel caso di piccole ristrutturazioni e interventi di isolamento minori, i requisiti di legge si applicano alle sole superfici oggetto di intervento.

Infine sono previsti tutta una serie di obblighi riguardanti la parte impiantistica, tra cui l'allacciamento a reti di teleriscaldamento se tratti di rete presenti nelle vicinanze, la contabilizzazione del calore e l'installazione di sistemi di misurazione intelligente.

- a. Verifica della trasmittanza termica** delle strutture su cui si è andati ad intervenire $U_i \leq U_{\text{limite-i}}$
- b.** Nel caso di interventi di isolamento in intercapedine o dall'interno **verificare che** $U_i \leq 1,3 U_{\text{limite-i}}$
- c. Verifica del valore del fattore di trasmissione solare** $g(\text{gl}+\text{sh}) \leq 0.35$
- d.** Per edifici dotati di impianto termico non a servizio di singola unità immobiliare si rende **obbligatoria l'installazione di valvole termostatiche o altro sistema di termoregolazione** per singolo ambiente
- e.** Solo per le ristrutturazioni importanti di secondo livello: **verifica del coefficiente medio di scambio termico** con il limite previsto per questo ambito di intervento $H'_T < H'_{T\text{-limite}}$
- f.** Nel caso di riqualificazione di **impianti tecnici** sono previsti **requisiti e prescrizioni specifiche** per le quali si rimanda al testo del decreto.

Nel caso di **isolamento dall'interno e installazione di pannelli radianti, le altezze minime** possono essere derogate fino ad un massimo di 10 cm.

Ci sono alcune verifiche che vengono richieste a tutti gli ambiti di applicazione previsti nel decreto a parte le eccezioni specifiche.

Tra queste troviamo le verifiche termo-igrometriche che prevedono la **verifica di assenza di condensa interstiziale e la verifica di assenza del rischio di formazione di muffa**, requisiti sicuramente più restrittivi rispetto a quanto previsto dalla recente legislazione in merito.

La verifica deve essere eseguita con riferimento alla norma tecnica UNI EN ISO 13788 e nelle condizioni delle classi di concentrazione definite nella stessa, anziché con un valore fisso di umidità relativa pari al 65%.

L'EDIFICIO DI RIFERIMENTO PER LE NUOVE COSTRUZIONI

Il calcolo dei fabbisogni energetici limite deve essere eseguito partendo da un edificio di riferimento e la verifica non sarà più un confronto con valori tabellati.

Con **edificio di riferimento o target** si intende un edificio **identico in termini di geometria, orientamento, ubicazione territoriale, destinazione d'uso** e situazione al contorno dell'edificio reale e avente caratteristiche termiche e parametri energetici predeterminati.

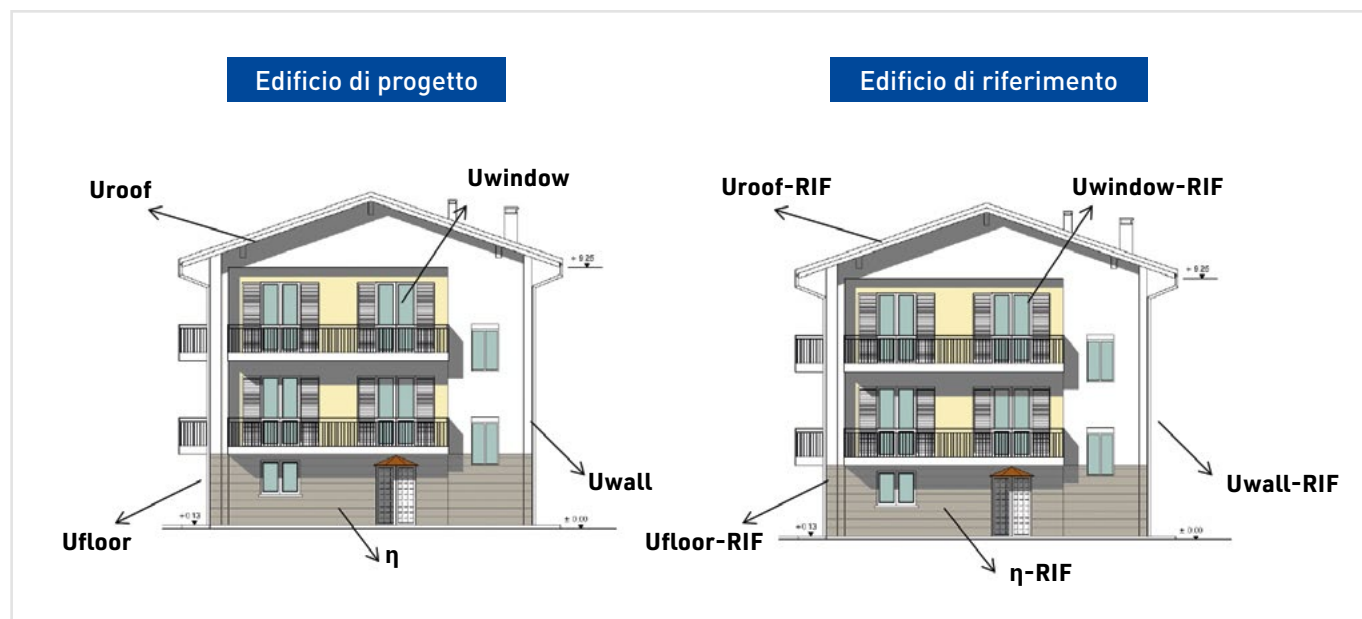
Per quanto riguarda le caratteristiche dell'involucro il decreto attuativo presenta una tabella in cui sono riportati i valori di trasmittanza di riferimento per i componenti opachi e trasparenti da usare nel calcolo dei limiti.

Tali **trasmittanze di riferimento sono comprensive di ponti termici**, ed è quindi come se fossero pari a zero. Nell'edificio di progetto devono invece essere inserite anche le trasmittanze lineiche, cioè le dispersioni generate da tutti i ponti termici presenti.

Di conseguenza le trasmittanze degli elementi costruttivi di progetto dovranno essere più basse di quelle di riferimento, per includere l'incidenza dei ponti termici che può essere pari al 20-40% del fabbisogno energetico, in base alla geometria del fabbricato e delle prestazioni raggiunte.

Il decreto prevede due soglie temporali con diversi valori di riferimento. La seconda soglia più restrittiva è quella attualmente in vigore.

Per gli impianti vengono forniti i valori di efficienza di riferimento da usare nel calcolo dei limiti. Tali valori vengono riferiti alla reale situazione impiantistica.



Fonte ANIT - <https://www.anit.it/>

L'EDIFICIO A ENERGIA QUASI ZERO (NZEB)

L'articolo 4-bis introdotto nel DLgs 192/05 dalla Legge 90/13 indica che a partire dal 31 dicembre 2018, gli edifici di nuova costruzione occupati da Pubbliche Amministrazioni e di proprietà di queste ultime, ivi compresi gli edifici scolastici, devono essere progettati e realizzati quali edifici a energia quasi zero. Dal 1 gennaio 2021 la predetta disposizione è estesa a tutti gli edifici di nuova costruzione.

In base alla definizione del DL 63/13 ripresa dalla Direttiva Europea, **l'edificio ad energia quasi zero è un "edificio ad altissima prestazione energetica, (...).**

Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa da energia da fonti rinnovabili, prodotta all'interno del confine del sistema (in situ)."

Sono quindi, per i decreti attuativi della legge 90, "edifici a energia quasi zero" tutti gli edifici, siano essi di nuova costruzione o esistenti, per cui sono **contemporaneamente rispettati**:

A. tutti i requisiti previsti per i seguenti parametri:

- a.** H'_t inferiore ai valori limite tabellati
- b.** $A_{sol,est} / A_{sup,utile}$ inferiore ai valori limite tabellati
- c.** $EP_{H,nd} - EP_{C,nd} - EP_{gltot}$ inferiori ai limiti calcolati con l'edificio di riferimento determinato con i valori vigenti dal 1° gennaio 2019 per gli edifici pubblici e dal 1° gennaio 2021 per tutti gli altri edifici;
- d.** $\eta_{H'}$, η_W e $\eta_{C'}$ risultino superiori ai valori indicati per l'edificio di riferimento ($\eta_{H,limite'}$, $\eta_{W,limite'}$ e $\eta_{C,limite'}$)

B. gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili nel rispetto dei principi minimi di cui all'Allegato 3, paragrafo 1, lettera c), del decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28.

Come si vede al punto A. i requisiti di legge sono articolati su diversi indicatori che coprono la valutazione del fabbisogno energetico dell'edificio in termini globali ma con valutazione specifica dei limiti per il riscaldamento invernale, come per il raffrescamento estivo mediante condizionamento. Il benessere estivo viene controllato anche mediante la limitazioni delle superfici vetrate rispetto alla superficie utile dell'edificio e con un attento controllo dei contributi dei sistemi di ombreggiamento.



Il parametro H'_t infine, definito coefficiente globale di scambio termico, è di fatto una trasmittanza media dell'involucro, anch'essa finalizzata ad un controllo del bilanciamento dei vari componenti dell'edificio.

REQUISITI DI ISOLAMENTO TERMICO INVERNALE

Nella tabella seguente sono riportati i **valori di riferimento delle trasmittanze termiche** dei vari componenti dell'involucro, pareti, coperture, solai freddi e serramenti.

Il Decreto precisa che i valori riportati in tabella si considerano **comprensivi dell'effetto dei ponti termici**, questo vuol dire ad esempio che la parete corrente dovrà avere una trasmittanza sensibilmente più bassa del valore tabulato.

In zona climatica E, a fronte di un requisito vigente di $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$, la parete dovrà avere una prestazione migliore di circa 20-40% in base all'incidenza dei ponti termici, cioè circa $0,16-0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$, in zona climatica D la parete dovrà avere una trasmittanza di circa $0,18-0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$, in zona C di $0,20-0,27 \text{ W/m}^2\text{K}$.



TRASMITTANZE DI RIFERIMENTO DELLE STRUTTURE

Tabella 1 (Appendice A): Trasmittanza termica U di riferimento delle strutture opache verticali, verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra

Zona climatica	U limite [$\text{W/m}^2\text{K}$]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,45	0,43
C	0,38	0,34
D	0,34	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 2 (Appendice A): Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura, verso l'esterno e gli ambienti non riscaldati

Zona climatica	U limite [$\text{W/m}^2\text{K}$]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,38	0,35
C	0,36	0,33
D	0,30	0,26
E	0,25	0,22
F	0,23	0,20

Tabella 3 (Appendice A): Trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali di pavimento, verso l'esterno, gli ambienti non riscaldati o contro terra

Zona climatica	U limite [$\text{W/m}^2\text{K}$]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,46	0,44
C	0,40	0,38
D	0,32	0,29
E	0,30	0,26
F	0,28	0,24

Tabella 4 (Appendice A): Trasmittanza termica U delle chiusure tecniche trasparenti e opache orizzontali e dei cassonetti, comprensivi degli infissi, verso l'esterno e ambienti non riscaldati

Zona climatica	U limite [$\text{W/m}^2\text{K}$]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	3,20	3,00
C	2,40	2,20
D	2,00	1,80
E	1,80	1,40
F	1,50	1,10

Con la **muratura in blocchi Ytong è molto semplice raggiungere questi valori di trasmittanza termica, anche con una parete monostrato senza cappotto esterno**, sia con murature di tamponamento che con murature portanti. Seguono le prestazioni di isolamento termico invernale della gamma blocchi per murature esterne Monostrato Ytong:

		Spessore muro	Trasmittanza termica muro
Muratura di tamponamento	Muratura MONOSTRATO in blocchi CLIMAPLUS	24 cm	0,31 W/m ² K
		30 cm	0,25 W/m ² K
	Muratura MONOSTRATO in blocchi CLIMAGOLD	36 cm	0,19 W/m ² K
		40 cm	0,17 W/m ² K
		45 cm	0,16 W/m ² K
		48 cm	0,15 W/m ² K
	Muratura MONOSTRATO in blocchi SISMICLIMA	30 cm	0,27 W/m ² K
		40 cm	0,20 W/m ² K

TRASMITTANZE TERMICHE LIMITE PER EDIFICI ESISTENTI

Il Decreto “requisiti minimi” riporta anche le trasmittanze limite per edifici esistenti. Ovviamente in questo caso, a differenza degli edifici nuovi dove è preferibile scegliere soluzioni monostrato, è necessario integrare l’isolamento termico delle strutture esistenti aggiungendo del materiale isolante. Sulle pareti è necessario applicare il cappotto esterno e, quando questo non è possibile, si deve isolare dall’interno. In questo secondo caso, come indicato dal Decreto, è possibile incrementare fino al 30% le trasmittanze limite, al fine di permettere gli interventi di isolamento dall’interno che altrimenti non sarebbero praticabili, richiedendo spessori troppo elevati di materiale isolante.

Si capisce come sia possibile costruire edifici in classe A, se non NZEB, praticamente in ogni zona climatica con soluzioni di muratura monostrato. **Il ricorso al cappotto esterno permette di raggiungere prestazioni eccellenti e il livello passivo anche nei climi più rigidi.** Ovviamente la valutazione della classificazione energetica dell’edificio deve essere fatta sul bilancio energetico del fabbricato, variando come necessario l’isolamento dei vari componenti (pareti, serramenti, copertura, impianto) in modo da raggiungere il livello richiesto dalla committenza.

Tabella 1 (Appendice B): Trasmittanza termica U massima delle **strutture opache verticali**, verso l’esterno soggette a riqualificazione.

Zona climatica	U limite [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

Trasmittanza termica U massima delle **strutture opache verticali**, verso l’esterno **soggette a riqualificazione** con isolamento dall’interno (con maggiorazione del 30%).

Zona climatica	U limite [W/m ² K]	
	Dal 1° ottobre 2015	Dal 1° gennaio 2021
A-B	0,59	0,52
C	0,52	0,47
D	0,47	0,42
E	0,39	0,36
F	0,36	0,34

In base ai valori tabulati si stima che in zona climatica E, su una vecchia muratura a cassa vuota in laterizio forato di spessore 25-30 cm, sia necessario applicare un isolamento interno di circa 10 cm anziché 14 cm. In zona climatica D lo spessore indicativo d’isolamento interno sarà di 8 cm anziché 10 cm.

Nel caso di isolamento dall’interno, come indicato nell’approfondimento seguente, **i migliori isolanti sono quelli minerali, come il pannello Multipor**, mentre sono da evitare le contropareti e i sistemi che prevedono l’uso di barriere al vapore.

Nelle pagine relative alle specifiche applicazioni è possibile trovare le tabelle con l’indicazione del valore di trasmittanza termica di pareti tradizionali mediante l’applicazione di un isolamento termico a cappotto con pannelli Multipor M3, piuttosto che un isolamento interno con pannelli Multipor M4.



REQUISITI DI ISOLAMENTO TERMICO ESTIVO

L'isolamento estivo è sempre più un argomento di fondamentale **importanza** per differenti motivi quali il **riscaldamento globale**, **l'incremento dei costi di raffrescamento**, **la necessità di un benessere abitativo migliore** e ovviamente la necessità di rispettare gli obblighi normativi.

Pertanto un **buon involucro termico deve impedire al calore estivo di entrare nell'edificio** e quindi permette di migliorare il benessere estivo dell'intero edificio.



L'involucro è costituito dalle facciate e dalle coperture che costituiscono la maggiore superficie esterna degli edifici.

Per quanto riguarda le pareti esterne è importante sottolineare che **l'isolamento estivo non è proporzionale alla sola massa superficiale ma dipende dall'inerzia termica**. Intervengono cioè altri due fattori ben noti, **conducibilità termica** (in maniera inversamente proporzionale) e **calore specifico** (in maniera proporzionale), entrambi parametri intrinseci del materiale che vanno a influire sull'inerzia termica della parete.

Con un semplice calcolo si ottiene un indice di inerzia semplificato che dimostra come **non serva la sola massa per garantire un buon comportamento estivo** di una parete.

CAPACITÀ TERMICA: $Q = c \times \gamma \times s$

RESISTENZA TERMICA: $R = \sum s_i / \lambda_i$

INERZIA TERMICA: $I_t = Q \times R$

dove:

C = calore specifico unitario [J/(kg K)]

γ = densità muratura [kg/m³]

s = spessore muratura [m]

s_i = spessore i-esimo [m]

λ_i = conduttività termica i-esimo elemento [W/(mK)]

Come visibile nella tabella sottostante, nonostante l'elevata massa superficiale M_s , la parete in laterizio tradizionale, non è in grado di garantire l'elevato indice di inerzia I_t di una parete leggera in calcestruzzo aerato autoclavato.

	Densità	Conducibilità termica	Calore specifico	Spessore	M_s	I_t
	kg/m³	W/m K	J/kg K	cm	kg/m²	kJ/W
Laterizio porizzato	800	0,27	1000	38	304	355
Calcestruzzo aerato autoclavato	400	0,10	1000	36	145	550

INERZIA TERMICA E TRASMITTANZA TERMICA PERIODICA

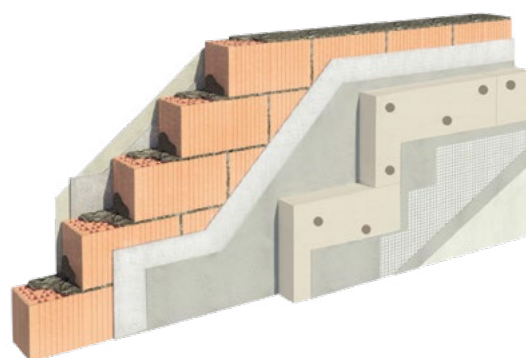
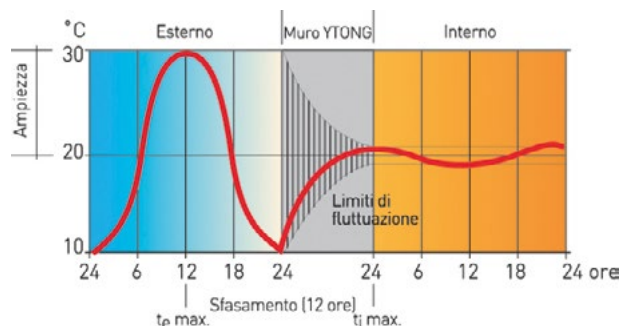
Per spiegarlo in modo semplice, possiamo dire che **per evitare che il sole crei all'interno dell'ambiente situazioni non confortevoli**, si possono fare due cose:

- **aumentare la massa** (vedi chiese e castelli antichi) per impedire che il calore penetri all'interno;
- oppure ottenere lo stesso risultato con **materiali isolanti**.

L'effetto della massa è di creare uno sfasamento F (ritardo) tra il picco di calore esterno e quello interno, **quello dell'isolante è l'attenuazione f dell'intensità** di tale picco (il passaggio del calore attraverso la parete).

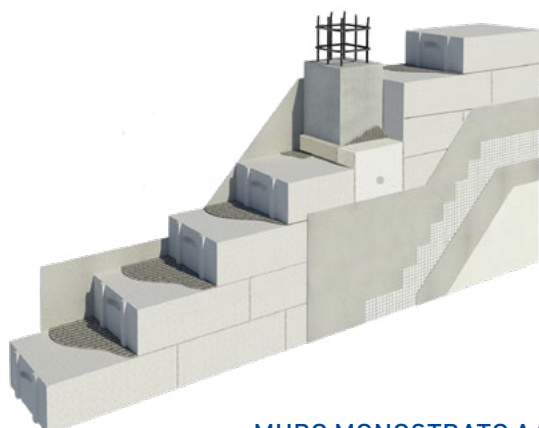
Se per assurdo l'isolamento fosse nullo e lo sfasamento di 12 ore, la superficie interna raggiungerebbe una temperatura massima uguale al massimo esterno, ma con un ritardo di 12 ore.

Il massimo interno sarebbe di notte e questo permetterebbe comunque di avere un controllo climatico sfruttando la ventilazione naturale, grazie alla minore temperatura dell'aria esterna notturna.



MURO ISOLATO CON EPS

30 + 15 cm - F = 16 h - f = 0,05 - $Y_{ie} = 0,01 \text{ W/m}^2\text{K}$



MURO MONOSTRATO AAC

45 cm - F = 19 h - f = 0,05 - $Y_{ie} = 0,008 \text{ W/m}^2\text{K}$

In realtà il **migliore comportamento estivo si ottiene bilanciando massa e isolamento termico** e infatti il requisito di legge contenuto nel Decreto 26.6.2015 viene espresso mediante la trasmittanza termica periodica Y_{ie} , parametro che descrive il comportamento di isolamento dinamico (nelle 24 ore) della parete.

Le **murature monostrato hanno** addirittura **un comportamento migliore rispetto alle strutture isolate dall'esterno o dall'interno**.

5.2.2 L'importanza della tenuta all'aria

Il Decreto CAM introduce anche in Italia il requisito sulla tenuta all'aria dell'involucro edilizio che è un aspetto di grande importanza ma generalmente sottovalutato nella realizzazione degli edifici. Si porta molta attenzione a questo aspetto nelle finestrature ma non si considera che **anche una muratura o un tetto può disperdere energia a causa di spifferi nascosti**.

La **tenuta all'aria di un involucro edilizio** si realizza avvolgendo senza soluzione di continuità il lato "caldo" delle superfici disperdenti dell'edificio (solitamente gli intradossi delle murature o la superficie interna del manto isolante) con uno strato continuo di tenuta che impedisce il passaggio dell'aria dall'interno verso l'esterno, in modo da **ridurre al minimo le perdite per ventilazione**. Il passaggio dell'aria dall'esterno all'interno dell'edificio viene definita tenuta al vento, ed è un requisito critico per i sistemi multistrato come sistemi a secco e case in legno.

Una non corretta tenuta all'aria dell'edificio comporta la **dispersione di energia**, ovvero fa sì che una parte di riscaldamento o raffreddamento prodotto venga disperso con **conseguenti consumi energetici** non previsti in fase di calcolo. **L'ermeticità dell'involucro è fondamentale per garantire la reale efficienza di edifici a energia quasi zero** (gli spifferi implicano un maggiore consumo di circa 5-10 kWh/m²/an).

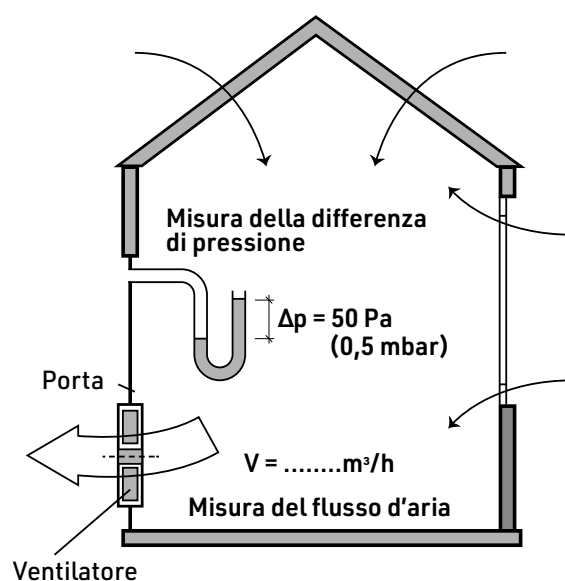
Tale requisito è obbligo di legge in numerosi paesi della comunità europea (Francia, Svizzera, Germania, Austria, Belgio, Inghilterra ecc.) e in alcune province italiane quali Trento e Bolzano ormai già da molti anni, in quanto **influenza le dispersioni energetiche** (corretto bilanciamento involucro/impianto), la **possibile formazione di condense interstiziali** che possono compromettere il benessere e la salubrità dell'aria indoor (soprattutto in ambito riqualificazione energetica con isolamento interno di edifici esistenti), nonché **incidere in modo sensibile sulla durabilità dei materiali da costruzione**.

La **verifica della tenuta all'aria viene effettuata tramite Blower door test** che permette di **misurare l'ermeticità di un edificio** dopo aver imposto una determinata differenza di pressione tra interno ed esterno.

Il metodo **permette di scoprire "le perdite d'aria" dell'involucro edilizio e di valutare il flusso (o tasso) di ricambio dell'aria**. Ovviamente valori bassi (infiltrazioni d'aria inferiori) sono preferibili.

L'esatta procedura di misurazione è regolata dalla norma UNI EN 13829: "Prestazione termica degli edifici - Determinazione della permeabilità all'aria degli edifici - Metodo di pressurizzazione mediante ventilatore".

Questo significa che un appartamento all'ultimo piano con 100 m² tra pareti esterne e copertura, può avere fino a 100 m³ d'aria di spifferi ogni ora, in inverno ed estate. Questo implica il fatto che in estate ci sia un enorme ingresso di aria calda e umida. L'esperienza delle case passive dimostra che nella stagione estiva, con valori di permeabilità all'aria n50 oltre 3, l'aria calda in ingresso provoca un incremento critico del carico interno surriscaldando l'edificio.



$$n_{50} = \frac{\text{flusso d'aria}}{\text{volume edificio}} \quad [1/h]$$

Tipici valori di n50 (differenza di pressione 50 Pa) sono:

- casa passiva ≤ 0,6 /h
- edificio a basso consumo energetico ≤ 2,0 /h
- edificio con impianto di ventilazione forzata ≤ 1,5 /h
- edificio tradizionale ≤ 3,0 /h

In genere **sono indesiderate perdite ove la velocità dell'aria ≥ 2,0 m/s**. Correnti d'aria di velocità inferiore a 1m/s possono essere tollerate.

Un valore di n50 di 4 all'ora significa che con una differenza di pressione di 50 Pa il volume d'aria dell'edificio viene cambiato per 4 volte in un'ora.



COME SI REALIZZA LA TENUTA ALL'ARIA DI UN EDIFICIO?



CASA IN LEGNO

Nelle case in legno la **tenuta all'aria è eseguita tramite dei teli di tenuta che devono essere posati sulla superficie interna della struttura**; questi teli poi devono essere adeguatamente nastrati da maestranze ben preparate per poter garantire un'adeguata durata nel tempo e deve essere posta molta attenzione nelle lavorazioni successive per evitare che i teli possano tagliarsi o essere forati, mentre i nastri possono scollarsi col passare del tempo.

Quindi in queste tipologie costruttive il tutto viene **affidato a un elemento delicato e di spessore ridottissimo**.



CASE IN MURATURA LATERIZIO

Nelle case "tradizionali" la problematica potrebbe presentarsi al momento della **chiusura delle tracce degli impianti elettrici e idraulici**, infatti in questi punti deve essere **garantita una sigillatura** duratura nel tempo per evitare che l'aria possa infiltrarsi nelle scanalature e creare così delle perdite di energia.

La soluzione a tale problematica è quella di realizzare un intonaco esterno alla muratura prima dell'applicazione del cappotto termico o ricorrere a onerosi ripristini delle tracce e scatole impiantistiche.



CASE IN MURATURA YTONG

Una casa in muratura Ytong subisce le medesime lavorazioni impiantistiche di una in muratura in laterizio ma, **essendo presente un blocco "pieno", le tracce eseguite non creano canali di sfogo per l'aria che quindi rimane sempre nell'ambiente interno**. Non è pertanto necessario eseguire nessun intervento aggiuntivo per garantire la tenuta, se non un intonaco/rasatura interna.

Maggiori accortezze devono essere adottate nel caso di murature esterne miste con facciate ventilate o contro-pareti a secco interne.

5.2.3 Ponti termici e blocco Ytong TT

Un ponte termico è la **parte dell'involucro edilizio dove la temperatura superficiale interna e la resistenza termica cambiano in modo significativo** per effetto di combinazioni di materiali diversi (es. pilastro in c.a. con parete di tamponamento), differenze geometriche tra interno ed esterno, stratigrafie con materiali a spessore variabile ecc..

I ponti termici producono una modifica della temperatura superficiale e una modifica del flusso termico, questo implica **maggiori consumi energetici (invernali ed estivi) e possibili problemi di condense superficiali**, quindi problemi sanitari di igiene e qualità indoor.

Chi si occupa di calcoli energetici o di costruzioni di edifici a basso consumo energetico deve necessariamente prendere in considerazione il problema "ponti termici", dal momento che **la loro incidenza aumenta al migliorare della prestazione energetica dell'edificio**.



LA NORMATIVA

I D.M. 26/03/2015, di attuazione della Legge 90/2013 in vigore dal 1/8/2015, ribadiscono l'importanza dei ponti termici, imponendo di **verificare l'assenza del rischio muffa puntualmente in tutti i punti critici interni e di tener conto delle relative dispersioni nel bilancio energetico totale dell'edificio**. I metodi di calcolo a elementi finiti sono indicati dalla norma UNI/TS 11300 1-2 e si basano sulla norma UNI EN ISO 10211.

Anche l'Agenzia CasaClima di Bolzano, ancora prima dell'emanazione dei decreti nazionali, aveva già previsto indicazioni specifiche nella propria Direttiva Tecnica, data l'importanza che assumono i ponti termici negli edifici ad elevato rendimento energetico.

Infatti, al di là delle **dispersioni termiche che incidono pesantemente sul bilancio energetico globale, i ponti termici sono responsabili dell'abbassamento della temperatura superficiale** che se raggiunge il punto di rugiada, può causare la formazione di umidità, con conseguenti sfarinamenti della pittura, distacchi dell'intonaco, deterioramento del battiscopa e formazione di muffe.

Tali effetti non hanno solo **conseguenze sull'aspetto estetico, ma anche sulla salubrità degli ambienti abitati e la durabilità del costruito**.

Per questi motivi i ponti termici di strutture in muratura tradizionale vanno adeguatamente protetti e il **blocco Ytong TT** è il sistema più efficace, grazie alla **semplicità di posa e alle proprietà intrinseche** del prodotto, che oltre ad avere un **isolamento termico** conforme ai requisiti dell'Agenzia CasaClima di Bolzano, è anche **idrofobizzato, traspirante e resistente al fuoco**.

Il **blocco Ytong Taglio Termico (TT)** è un elemento da muratura in calcestruzzo aerato autoclavato, **trattato con un additivo idrofobo che permette di frenare efficacemente la risalita di umidità capillare**.

Generalmente i mattoni in laterizio hanno un elevato grado di assorbimento d'acqua per capillarità, pertanto necessitano di determinati accorgimenti nei punti critici dell'edificio, per evitare la risalita di umidità e tutte le patologie che ne conseguono: tracce di umidità, sfarinamenti, muffe e in casi estremi distacco dell'intonaco.

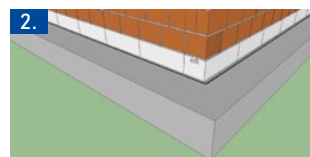
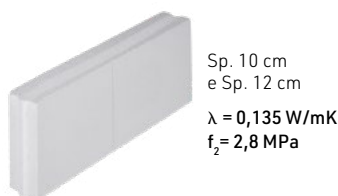
Il blocco Ytong TT, posato con la malta ancorante idrofobizzata Ytong FIX B202, consente di evitare tali patologie e garantisce una muratura sana e isolata. Inoltre, come tutti i blocchi in calcestruzzo cellulare, grazie alle caratteristiche di isotropia e isolamento termico permette di **correggere adeguatamente i ponti termici** tipici dei muri tradizionali.

Infatti i mattoni forati hanno un isolamento termico in direzione verticale nettamente inferiore rispetto alla direzione orizzontale, proprio a causa della presenza dei fori. Quindi nei **punti critici**:

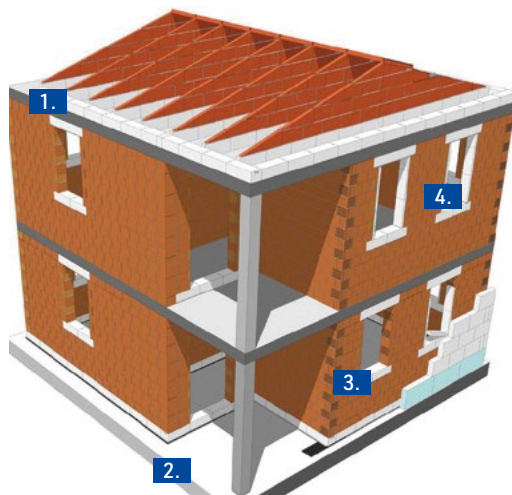
- dove il muro si trova a contatto con la fondazione,
 - nel pavimento del piano terra,
 - nelle pareti di separazione con ambienti non riscaldati,
 - nei bordi delle finestre e vicino alla gronda della copertura,
- si formano ponti termici che possono generare fenomeni di condensa e di muffe.



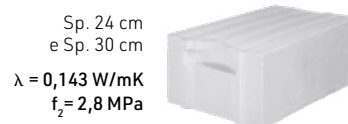
Nodo costruttivo: parapetto della terrazza



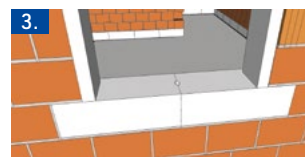
Nodo costruttivo: piede della muratura



Nodo costruttivo: imbotte del serramento



Sp. 24 cm
e Sp. 30 cm
 $\lambda = 0,143 \text{ W/mK}$
 $f_z = 2,8 \text{ MPa}$



Nodo costruttivo: davanzale del serramento

VANTAGGI

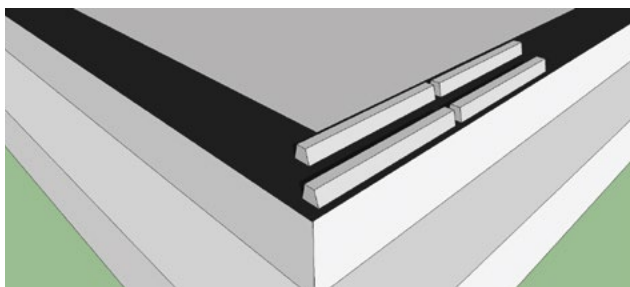
Il vantaggio principale del blocco **Ytong Taglio Termico** consiste nel fatto che è pur sempre un elemento da muratura - grazie alla posa con la malta ancorante idrofobizzata Ytong FIX B202, il blocco TT: si integra in modo naturale con tutti i tipi di mattone e non costituisce un elemento di discontinuità.

Garantisce inoltre una **resistenza meccanica** sia a compressione sia a taglio, **adeguata anche in zona sismica**. È un **blocco leggero, facile da sagomare** e non richiede particolari prodotti complementari per la messa in opera.

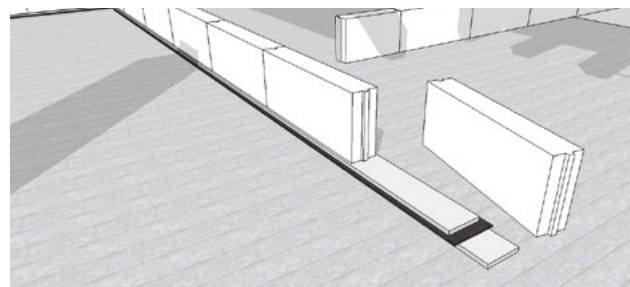
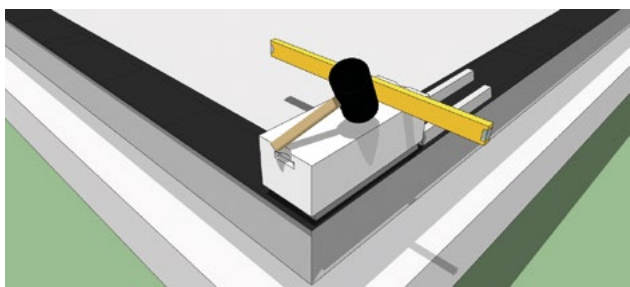
Essendo blocchi idrofobizzati in massa permettono il getto dei massetti interni senza ulteriori protezioni e rendono non necessaria la seconda guaina sul secondo o terzo corso (dettaglio tipico in alcune province).

DETTAGLI DI POSA

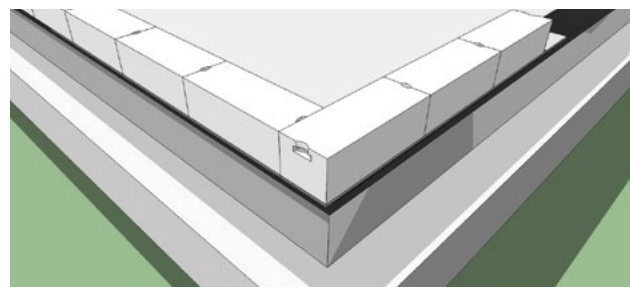
1. Applicare idonea guaina impermeabilizzante cementizia e stendere la malta ancorante idrofobizzata Ytong FIX B202 per l'allettamento del blocco Ytong Taglio Termico.



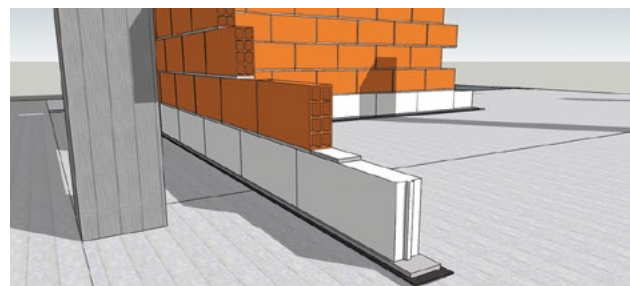
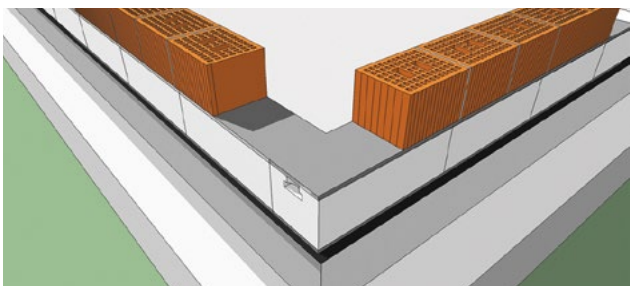
2. Posare il blocco Ytong Taglio Termico verificando la corretta planarità con l'ausilio di martello di gomma e livella.



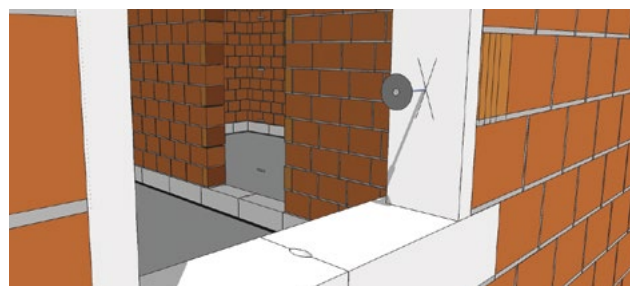
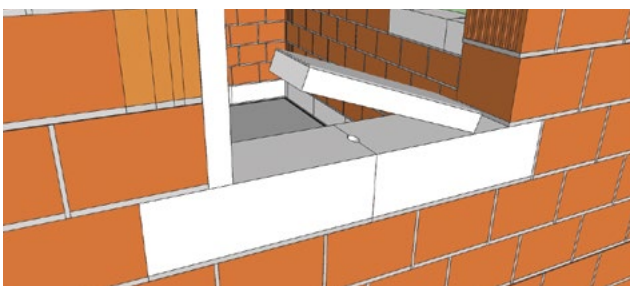
3. Completare il primo corso di blocchi accostando i successivi blocchi e incollando con apposita malta ancorante idrofobizzata Ytong FIX B202 i giunti verticali.



4. Stendere la malta di allettamento Ytong FIX B202 e iniziare la realizzazione della muratura in mattoni.



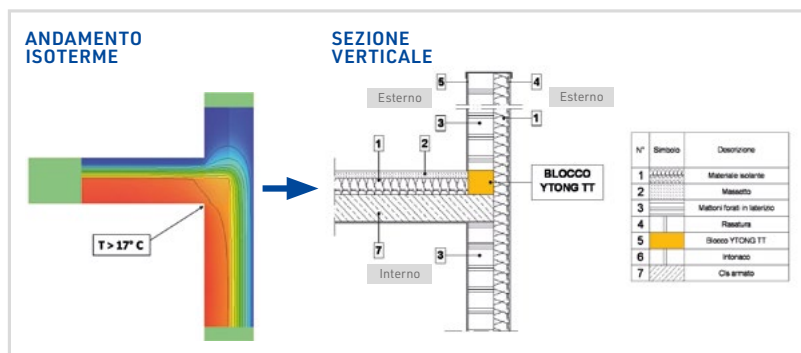
5. Predisporre il Blocco Ytong Taglio Termico come supporto per la successiva applicazione del davanzale in pietra.



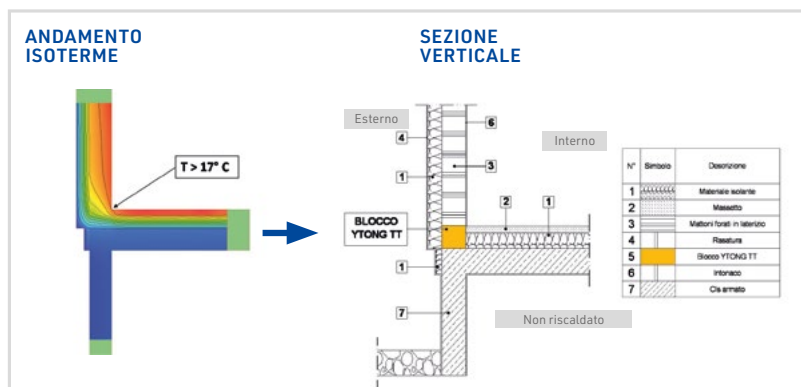
6. Applicare all'imbotte il pannello isolante Multipor con la Malta Leggera Multipor e fissarlo successivamente con tassello ad avvitamento.

DETTAGLI COSTRUTTIVI

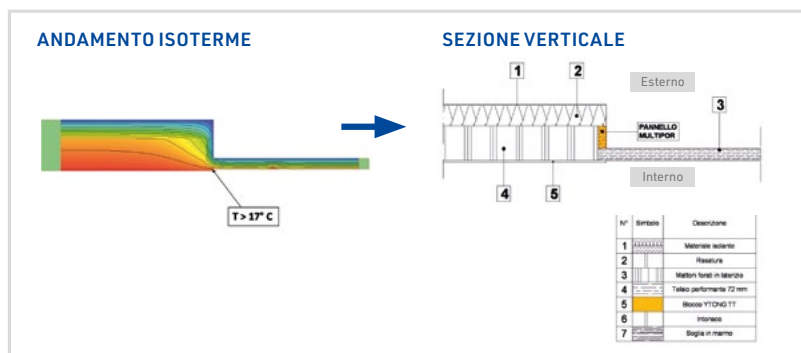
NODO COSTRUTTIVO: PARAPETTO DELLA TERRAZZA



NODO COSTRUTTIVO: PIEDE DELLA MURATURA

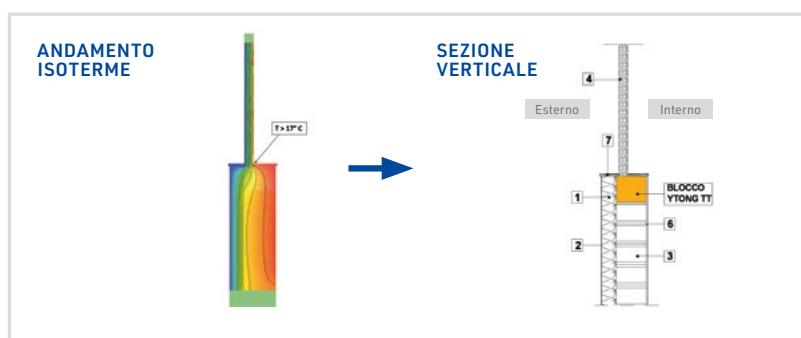


NODO COSTRUTTIVO: IMBOTTE DEL SERRAMENTO



NODO COSTRUTTIVO: DAVANZALE DEL SERRAMENTO

Correggere i ponti termici sulla muratura esterna e interna permette di eliminare qualunque possibile causa di formazione di condense o muffe, «elevando» in questo modo la casa dalla parte fredda della struttura della fondazione. Tale dettaglio può essere importante anche nel caso di pareti realizzate con sistemi a secco, caratterizzate dall'uso di profili metallici che causano spesso ponti termici critici, nonché pareti realizzare con setti pieni di c.a.



L'OMOGENEITÀ DELLE MURATURE YTONG

Il calcestruzzo aerato autoclavato è un materiale omogeneo e isotropo, che presenta sostanzialmente le stesse caratteristiche tecniche in ogni direzione.

Essendo usato per realizzare blocchi pieni, la caratteristica di isolamento termico del materiale è garantita in ogni direzione, permettendo di attenuare molti ponti termici geometrici, tipici invece dei blocchi per muratura forati, sia a fori orizzontali che verticali.

In corrispondenza di pilastri e solai in c.a., l'omogeneità del blocco in AAC riduce il ponte termico e le dispersioni energetiche indotte dalla mancanza di isolamento degli elementi in calcestruzzo.

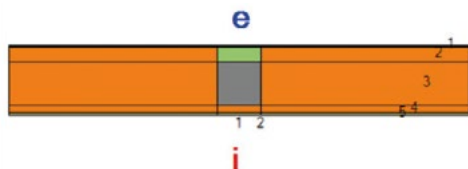
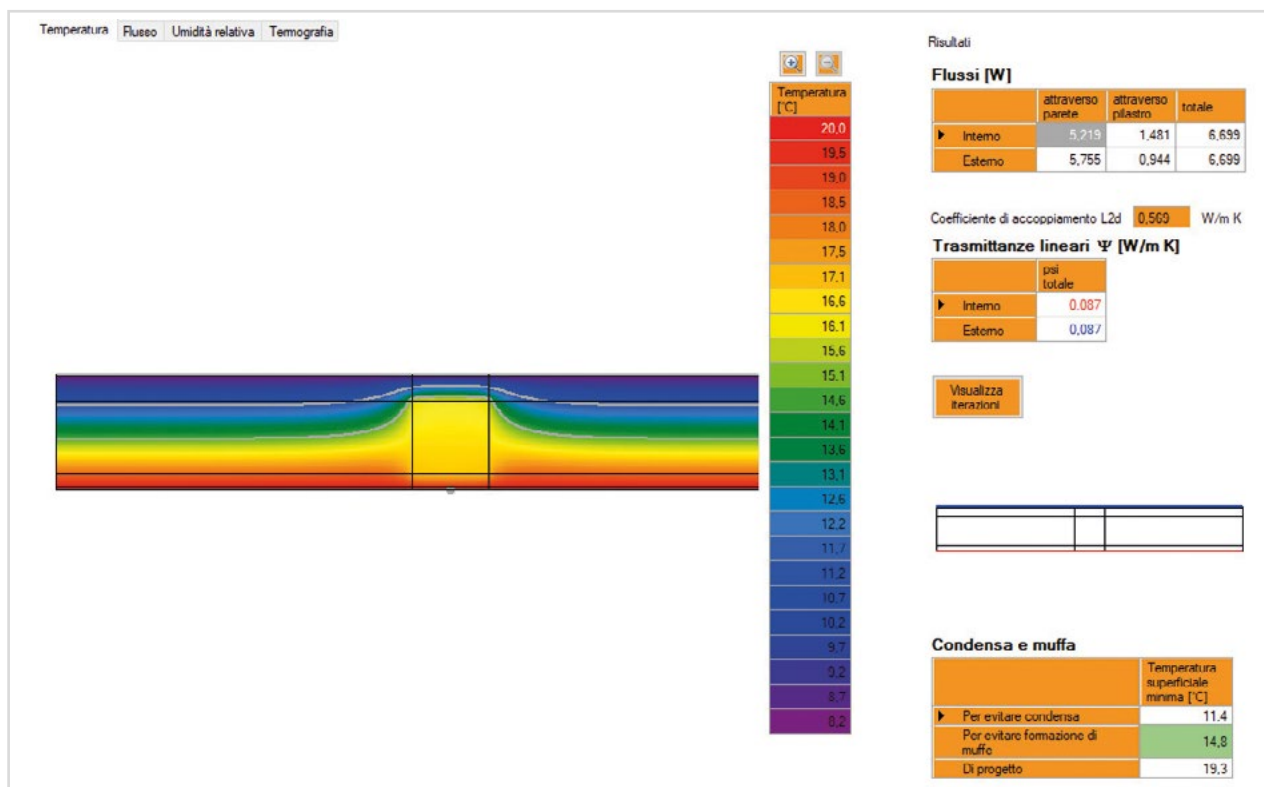
L'analisi a elementi finiti dei ponti termici su pilastri, setti e cordoli in c.a. permette di calcolare lo spessore minimo di isolante al fine di garantire l'assenza di rischio muffa sulle superfici interne, come prescritto dal Decreto Requisiti Minimo, oltre a calcolare la trasmittanza termica lineica (valore PSI), quindi la dispersione energetica del ponte termico, valore da inserire nel bilancio energetico dell'edificio per la determinazione dell'EPh.

La muratura in blocchi Ytong, così come le murature in laterizio o pareti in altri materiali sensibili all'acqua (es. legno, cartongesso ecc.), dovrà invece essere protetta dall'acqua al piede, mediante corretta esecuzione della partenza a terra, mediante posa di guaine impermeabilizzanti, orizzontali per impedire la risalita capillare, e verticali sul fianco esterno della muratura, per la porzione sotto il piano di campagna e per almeno 30 cm sopra di questo.

È buona norma inoltre evitare il rischio di ristagno d'acqua al piede delle murature.

L'uso del blocco Ytong TT al di sotto di una muratura in blocchi Ytong, grazie all'idrofobizzazione in massa del materiale, oltre a risparmiare la posa della eventuale seconda guaina come nelle murature tradizionali, permette inoltre di gettare i massetti delle pavimentazioni interne, senza la premura di posare ulteriori protezioni impermeabili al piede.





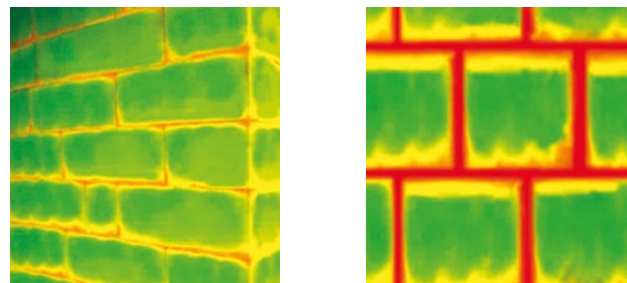
	Densità	Conduttività W/m K	Fattore di resistenza al vapore	Spessore [m]
PARETE				
1	Malta leggera Multipor	0,180	10	0,008
2	Calcestruzzo aerato autoclavato Climagold 300 kg/m³	0,072	7	0,100
3	Calcestruzzo aerato autoclavato Climagold 300 kg/m³	0,072	7	0,300
4	Calcestruzzo aerato autoclavato Climagold 300 kg/m³	0,072	7	0,050
5	Intonaco di fondo per interni/esterni Ytong LP120	0,330	20	0,015
NODO				
1,1	Malta leggera Multipor	0,180	10	
2,1	Pannello isolante Multipor M3 (per esterno e soffitto)	0,042	3	
3,1	Calcestruzzo armato (percentuale d'armatura 1%)	2,300	80	
4,1	Calcestruzzo aerato autoclavato blocchi sottili 500 kg/m³	0,12	7	
5,1	Intonaco di fondo per interni/esterni Ytong LP120	0,330	20	



Il servizio tecnico Xella è a disposizione del progettista per il calcolo dei ponti termici di soluzioni costruttive con sistemi Ytong e Multipor, così come di valutazioni tecniche inerenti altre tematiche specialistiche.

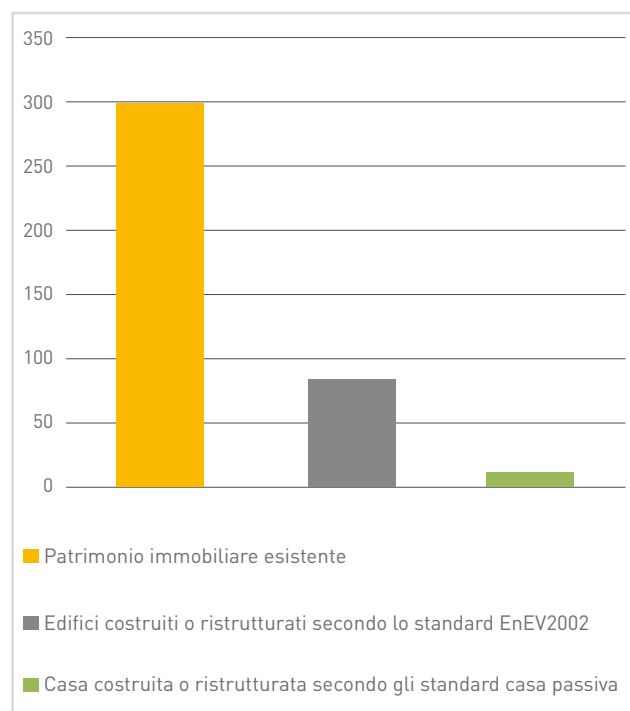
5.2.4 Isolamento interno e verifiche termoisometriche

La riduzione del fabbisogno energetico degli edifici e di conseguenza delle emissioni di CO₂ sono al centro dell'interesse della nostra odierna società. Nel settore della generazione di energia e dell'impiantistica negli anni scorsi, ci sono stati notevoli sviluppi volti al potenziamento dell'efficienza. Più importante ancora della generazione efficiente di energia, è la riduzione del consumo energetico degli edifici. Per questo motivo in anni recenti, i requisiti energetici dell'involucro degli edifici di nuova costruzione sono stati resi più molto più rigorosi. Con il Decreto 26.6.2016 sul risparmio energetico, si sono formulati per la prima volta i requisiti energetici anche per gli immobili esistenti, con indicazioni specifiche nel caso di isolamento dall'interno.



È ovvio l'enorme potenziale rappresentato dal risanamento energetico degli edifici esistenti rispetto agli edifici di nuova costruzione, sia come potenziale di mercato che come potenziale di riduzione di CO₂. La figura 1 mostra questo potenziale basandosi su uno studio pubblicato nel 2007.

Fabbisogno energetico tipico di un edificio in funzione dei requisiti energetici in vigore al tempo della costruzione ovvero della ristrutturazione



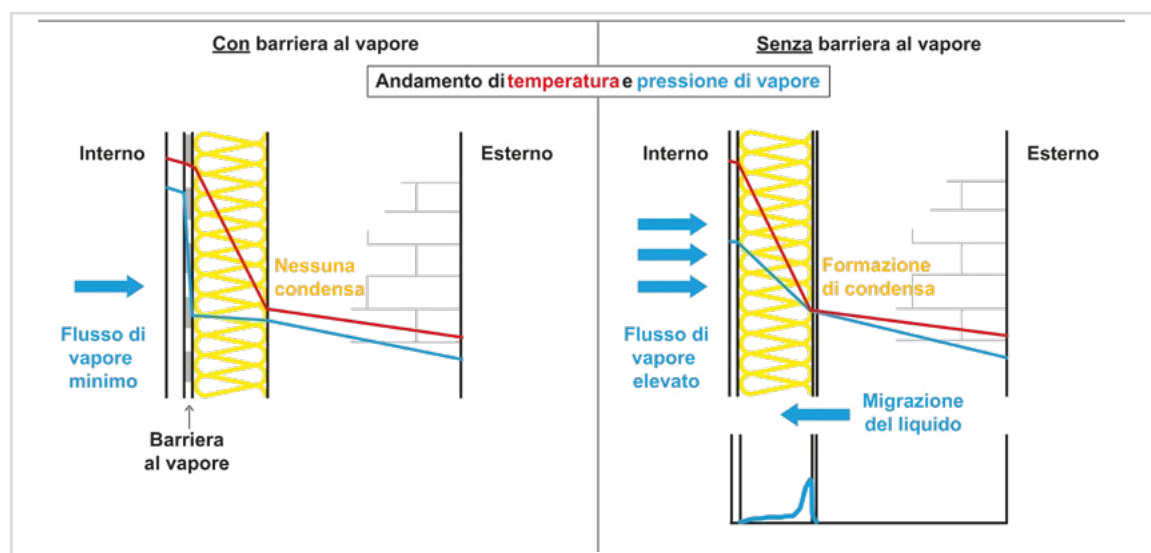
L'isolamento interno è già da tempo considerato una modalità corretta di riqualificazione energetica di costruzioni esistenti, la cui facciata deve possibilmente rimanere intatta. Altrettanto attuali sono le sfide che si vogliono lanciare tramite questo isolamento, volte all'ottenimento di una struttura durevole nel tempo ed esente da danni. Errori di progettazione o esecuzioni inadeguate di sistemi di isolamento interno hanno provocato, in passato, danni strutturali quali umidità, formazione di alghe, corrosione, putrefazione, alterazioni causate dal gelo o muffa.

Oggi la situazione si è ulteriormente aggravata in quanto i nuovi requisiti di legge prevedono spessori di isolamento sugli edifici esistenti sostanzialmente pari agli edifici nuovi. Nel caso di isolamento interno è prevista una maggiorazione massima del 30% delle trasmittanze limite previste per edifici esistenti ma, anche in questo caso, gli spessori richiesti dal DM 26.6.2016 in zone climatiche D-E sono nell'ordine di 80-120 mm. Nel caso di accesso agli Ecobonus gli spessori aumentano fino a 180-200 mm.

BARRIERE AL VAPORE E CALCOLO DI GLASER SECONDO EN 13788

Nell'ambito della discussione tecnica relativa a quale sia il sistema di isolamento interno più sicuro e duraturo, la prima domanda da porsi è sulla necessità o meno di barriere al vapore sul lato ambiente, come normalmente risultante dal **calcolo così detto di Glaser**, secondo la norma UNI EN ISO 13788.

VERIFICA DI GLASER SECONDO UNI EN 13788 E BARRIERA AL VAPORE



Sappiamo che nei sistemi di isolamento interno con lastre di cartongesso, oggi sicuramente i sistemi più utilizzati in interno, siano essi pre-acoppiati con isolanti sintetici o vere e proprie contropareti con isolante fibroso in intercapedine, la barriera al vapore è costituita da un foglio di alluminio accoppiato al cartongesso. Sono definiti sistemi che frenano la diffusione, come per esempio, lana minerale con pellicola frena-vapore oppure schiume sintetiche a effetto ermetico anti-diffusione pressoché totale. Questi sistemi di isolamento interno impediscono il flusso di diffusione del vapore verso l'interno della parete. Tuttavia in questo modo impediscono anche l'asciugatura della struttura della parete esistente verso l'interno.

La risposta in merito all'utilità di ricorrere a una barriera al vapore si trova leggendo l'introduzione e i limiti d'uso della norma UNI EN ISO 13788:2013 utilizzata per le verifiche di condensazione interstiziale e superficiale, nonché verifica del rischio muffa. Riportiamo un breve estratto dall'introduzione della norma: "La trasmissione del vapore all'interno delle strutture edilizie è un processo molto complesso e la conoscen-

za dei suoi meccanismi, delle proprietà dei materiali, delle condizioni iniziali e al contorno è spesso limitata. Perciò la presente norma internazionale propone metodi di calcolo semplificati, che considerano solo il trasporto di vapore per diffusione e l'uso di dati climatici medi mensili."

E ancora:

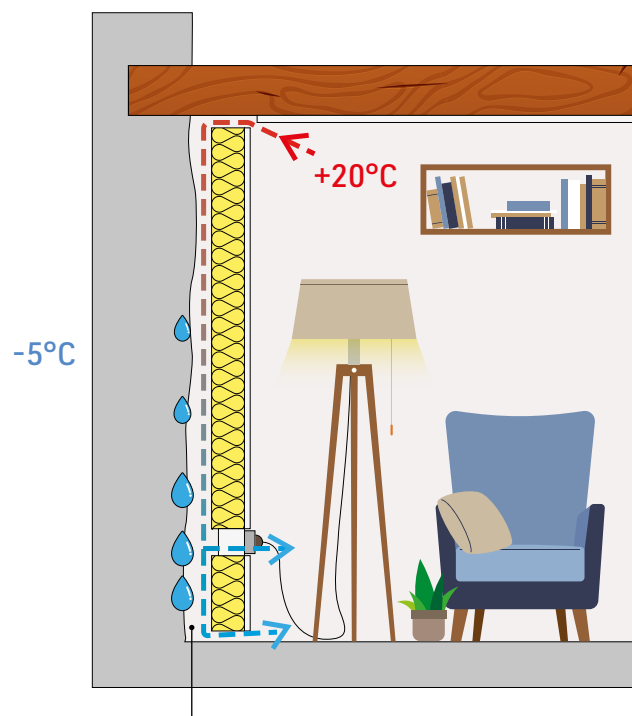
"I risultati saranno più affidabili per strutture leggere, poco permeabili all'aria, che non contengono materiali che possono accumulare grandi quantità di acqua. Essi saranno meno affidabili per strutture con grande capacità termica e igroscopica e che sono più permeabili all'aria."

Se operiamo su edifici esistenti normalmente abbiamo a che fare con murature e intonaci, materiali igroscopici e con grande capacità termica. Questo vuol dire che il metodo di calcolo fin qui utilizzato non è significativo per i materiali tradizionali normalmente utilizzati in edilizia. Ancora dall'introduzione della norma UNI EN 13788:2013:

“Se si possono trascurare altre fonti di umidità, come la penetrazione della pioggia e 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.” I metodi più accurati a cui fa riferimento la norma UNI EN 13788 sono i metodi di calcolo dinamico definiti nella norma UNI EN 15026. Prima di entrare nel merito del calcolo dinamico dobbiamo ancora capire se sia opportuno o meno utilizzare le barriere al vapore. La risposta è scritta nell'“Annesso NA Indicazioni utili per l'applicazione nazionale delle verifiche”:

È opportuno precisare che l'adozione di barriera al vapore deve essere sempre valutata con molta cautela, in quanto con la sua presenza spesso si possono verificare inconvenienti, tra i quali per esempio:

- si può verificare una riduzione dell'asciugamento estivo;
- nelle strutture con impermeabilizzazione sul lato esterno rispetto all'isolante l'eventuale umidità presente all'atto della costruzione (getti in opera) non ha più la possibilità di essere smaltita;
- la barriera può perdere con il tempo le sue caratteristiche.



Temperatura superficiale della parete di circa 4°C

Sappiamo inoltre che la barriera al vapore normalmente presente nei sistemi in cartongesso in realtà non è continua, non è possibile infatti garantire continuità ai fogli di alluminio pre-acoppiati alle lastre di cartongesso, e neppure nastrare il perimetro di ogni controparete. Inoltre anche in corrispondenza di ogni scatola elettrica dovremo intervenire per ripristinare la continuità della barriera al vapore e quindi la tenuta all'aria. Questo vuol dire che sicuramente avremo delle infiltrazioni d'aria umida dietro l'isolante.





La situazione è ancora più critica se si tratta di una lastra pre-accoppiata incollata per punti, come in uso comune. In questi casi avremo seri problemi di condensazione interstiziale dovuta alla diffusione del vapore acqueo.

A tal proposito la norma nel "Campo e scopo di applicazione" dice:

Il metodo usato non tiene conto di alcuni importanti fenomeni fisici, quali:

- la variazione delle proprietà dei materiali in funzione del contenuto di umidità;
- la **risalita capillare e il trasporto di acqua liquida all'interno dei materiali**;
- **il moto dell'aria attraverso fessure o intercapedini** dall'interno dell'edificio nel componente;
- **la capacità igroscopica dei materiali**.

Di conseguenza **il metodo può essere applicato solo a strutture nelle quali questi fenomeni possono essere considerati trascurabili.**"

E aggiunge nell'introduzione:

"In alcuni casi, il flusso d'aria che dall'interno dell'edificio attraversa la struttura è il meccanismo principale per il trasporto di umidità, che può aumentare molto il rischio di problemi di condensazione."

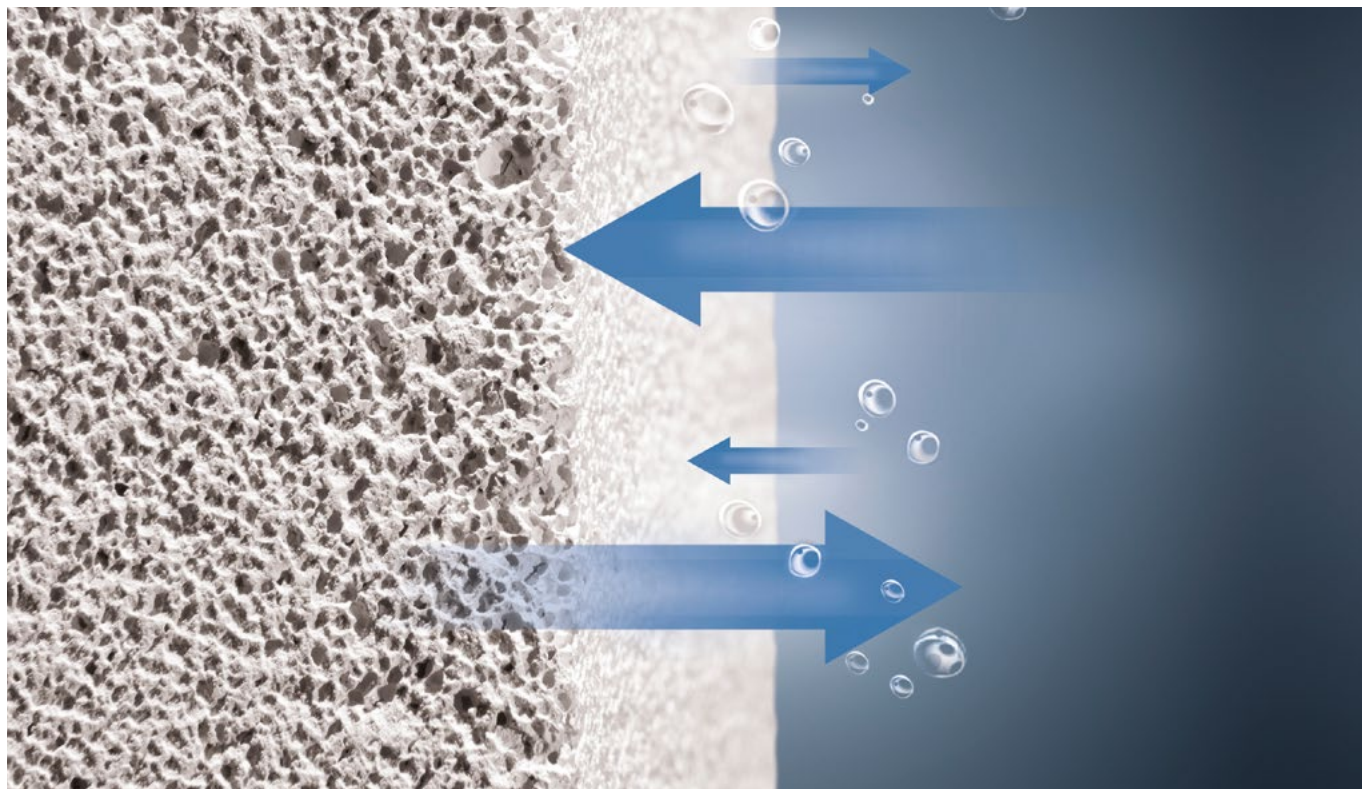
L'incremento degli spessori dell'isolante interno dai tradizionali 2-4 cm dei sistemi in cartongesso agli attuali 8-12 cm richiesti dalla legislazione vigente, non fa altro che incrementare il rischio dell'uso di tali sistemi.

Com'è possibile quindi isolare dall'interno gli edifici esistenti, senza ricorrere a sistemi troppo complessi e costosi?

ISOLANTI MINERALI APERTI ALLA DIFFUSIONE DI VAPORE

La soluzione si trova nei pannelli isolanti minerali igroscopici. Questi materiali sono utilizzati nei sistemi di isolamento interno aperti alla diffusione, cosiddetti sistemi attivi in modo capillare. Questi sistemi consentono in inverno il flusso di diffusione del vapore verso l'interno della parete, assorbono l'umidità generata e la riportano indietro in forma liquida riassorbita dalla matrice minerale dell'isolante, in direzione della superficie interna. In questo modo, da un lato il livello di umidità nella parete viene durevolmente ridotto e mantenuto a un livello non critico, d'altro lato la parete rimane aperta alla diffusione e può in questo modo sia tamponare i picchi di umidità dall'aria dell'ambiente interno, sia essiccare verso l'interno gli aumentati carichi di umidità della costruzione esistente. Per la maggior parte dei materiali isolanti attivi in modo capillare non viene raggiunto il punto di rugiada (100% di umidità dell'aria), poiché l'umidità si accumula già prima, grazie alle proprietà assorbenti del materiale, e forma un film di acqua allo stato liquido sulle superfici interne del materiale che consente il trasporto di liquido e la conseguente rievaporazione dell'umidità in eccesso, grazie alla ventilazione degli ambienti interni.

Le diverse proprietà del materiale che si riscontrano nel passaggio dal materiale isolante alla malta adesiva - cioè maggiore conducibilità termica rispetto al materiale isolante unita a maggiore resistenza alla diffusione della malta adesiva - fanno sì che l'accumulo di umidità avvenga in ogni caso all'interno dell'isolamento. Per i sistemi di isolamento interno aperti alla diffusione, attivi in modo capillare, è pertanto importante che materiale isolante e malta adesiva siano coordinati l'uno con l'altra. Questo è esattamente il caso del sistema di isolamento con pannello Multipor, così come dimostrano sia le prove di calcolo, sia l'esperienza di molti anni in svariate situazioni.



CALCOLO DINAMICO SECONDO EN 15026

Come visto in precedenza la norma UNI EN ISO 13788 rimanda a calcoli avanzati nei casi in cui si operi su stratigrafie composte da materiali igroscopici. Si tratta di metodi di simulazione numerica con i dati climatici effettivi della località dove si trova il fabbricato previsti dalla norma UNI EN 15026, sempre preferibile al metodo di Glaser, in particolare per i sistemi di isolamento attivi in modo capillare. Ai fini del **calcolo in regime dinamico**, sul lato esterno della costruzione è necessario considerare il clima reale con valori orari di temperatura, umidità relativa dell'aria, irradiazione solare, pioggia, direzione e velocità del vento.

Riportiamo di seguito i risultati di un calcolo dinamico fatto

per la riqualificazione energetica di un edificio storico residenziale con murature in mattoni pieni da 50 cm intonacate sia esternamente che internamente che ha imposto la scelta di un isolamento interno con pannelli minerali Multipor di spessore 12 cm.

La figura sottostante rappresenta i profili del contenuto d'acqua e umidità relativa nella parete in tempi diversi, così come risultano dal calcolo effettuato. A sinistra, esternamente e a destra, internamente. Le linee nere verticali delimitano il materiale nel diagramma. È chiaramente visibile come **l'umidità si accumuli sempre più nel settore freddo del materiale isolante**.

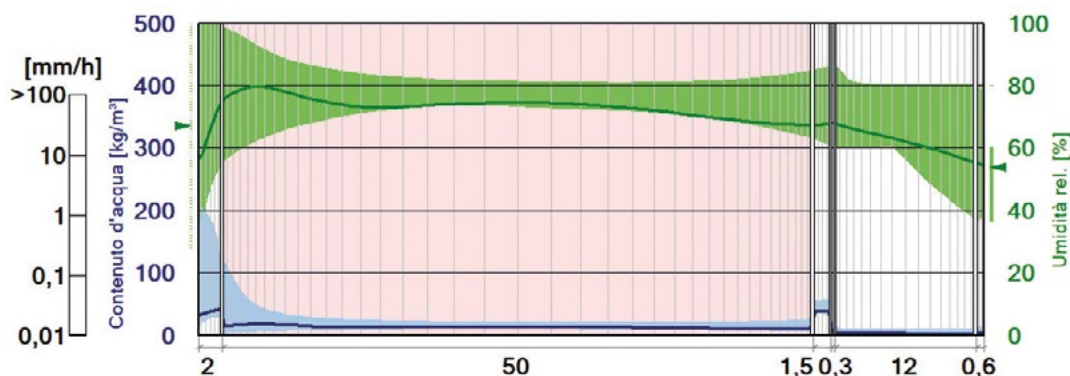
Il contenuto di umidità aumenta. Contemporaneamente ha inizio una **migrazione di ritorno dell'acqua in direzione della superficie interna della parete, che impedisce un accumulo eccessivo di umidità** sull'area

confinante con la malta adesiva, e consente la formazione di un profilo di umidità ampiamente distribuito su tutto il materiale isolante.

Se gli stessi risultati si considerano non come contenuto d'acqua, bensì come umidità relativa dell'aria rispetto alla costruzione, è evidente che, anche dopo 60 giorni, non si ha una temperatura al di sotto del punto di rugiada entro la costruzione.

Al massimo si raggiunge un'umidità relativa dell'aria sul lato freddo dell'isolamento, dopo 60 giorni, pari a circa 94%. **Non si giunge mai ad avere formazione di condensa entro la costruzione**, cosa che richiederebbe 100% di umidità relativa dell'aria. Il calcolo in regime dinamico viene normalmente simulato per una durata minima di 3 anni e fino a 10 anni. In questo modo si verifica che nella stratigrafia analizzata non ci siano problemi di accumulo di umidità ma che questa tenda invece a stabilizzarsi col passare del tempo. Tramite determinati calcoli di simulazione numerica è possibile provare **l'assenza di acqua di rugiada (condensa interstiziale) entro la costruzione**, in conformità al DM 26.6.2016. La massima umidità relativa dell'aria all'interno della costruzione oscilla, di norma, dal 80% al 95% e non è pertanto problematica.

Il calcolo dinamico secondo UNI EN 15026 viene condotto dal servizio tecnico Xella con software WUFI Pro del Fraunhofer Institute. Per richiederlo è sufficiente compilare e inviare la checklist disponibile sul sito www.xella-italia.it



Contenuto d'acqua nella stratigrafia

Qualità indoor - traspirabilità e salubrità dei materiali



Con il termine “qualità indoor” ci si riferisce alle condizioni di salubrità di un ambiente interno abitato.

L'impatto sull'uomo degli inquinanti indoor può essere di effetti indesiderati che vanno dal disagio, avvertito a livello sensoriale, fino a gravi affezioni dello stato di salute.

È evidente quindi come il **tema dell'inquinamento interno** sia sempre più di attualità, a seguito dell'elevato grado di ermeticità (tenuta all'aria) richiesto agli edifici moderni al fine di garantire elevate prestazioni di risparmio energetico.

A volte si parla addirittura della **sindrome da edificio malato, o Sick Building Syndrome (SBS)**, identificabile in una patologia indice di **riduzione del comfort e dello stato di salute degli occupanti** di ambienti generalmente climatizzati e dotati di impianti di ventilazione meccanica.

Una casa costruita con materiali naturali e puramente minerali, sconfigge in gran parte la formazione di muffe e le allergie.

A livello legislativo, anche in Italia, col Decreto sui Criteri Ambientali Minimi del 24.12.2015, è ormai richiesto un **controllo delle emissioni interne agli ambienti abitati**.

La soluzione a questa tematica prevede sicuramente l'**uso di materiali da costruzione privi di emissioni critiche**, i così detti VOC – **componenti organici volatili** – ma devono essere valutati anche altri fattori quali gli inquinanti di natura biologica e naturale.

È in pratica da **scongiurare il rischio di formazione di muffa** all'interno degli ambienti, secondo l'obbligo di legge previsto dal DM 26.6.2016, oltre a porre una elevata **attenzione al delicato tema del radon e delle radiazioni ionizzanti, cioè all'inquinamento elettromagnetico**.

Le pareti con funzione di protezione dalle radiazioni non vengono utilizzate solo in tecnologia medica ma stanno diventando sempre più importanti anche nelle aree residenziali. La ragione di questo è la presenza di elettrodotti e il continuo incremento delle antenne radio per cellulari. I materiali che compongono i sistemi costruttivi **Ytong e Multipor**, siano essi elementi in calcestruzzo cellulare o malte, garantiscono il **massimo livello di qualità indoor, essendo materiali privi di emissioni VOC**.

5.3

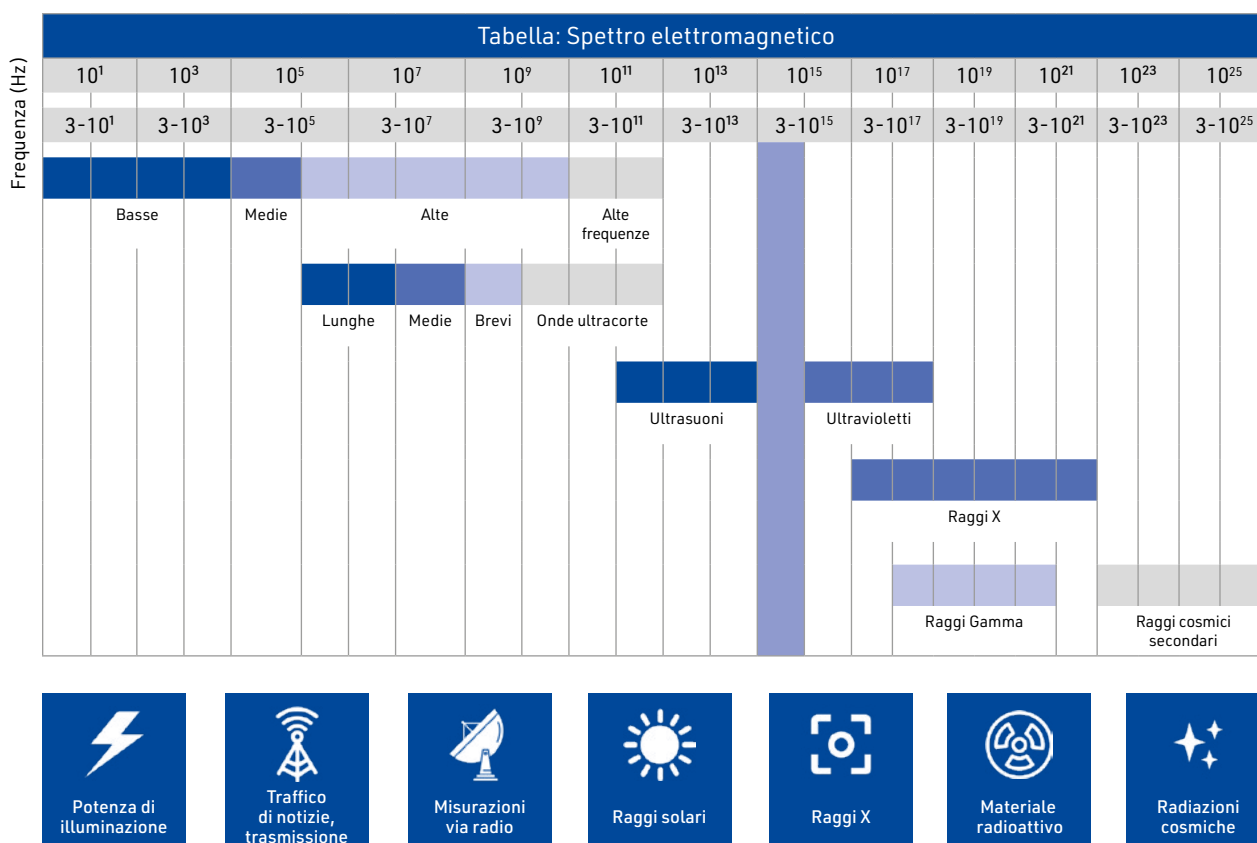
L'ottenimento dei **certificati di sostenibilità e salubrità natureplus® ed Eco-Institute** da parte dei nostri prodotti garantisce proprio questa importante caratteristica.

Le murature in calcestruzzo cellulare garantiscono inoltre i seguenti livelli di **attenuazioni dei campi elettromagnetici**:

- Gamma a bassa frequenza - riduzione del campo elettrico di 50 Hz del 95%
- Alta frequenza da 200 MHz a 2 GHz - attenuazione del 95% al 99,99%
- Alta frequenza da 2 GHz a 10 GHz - attenuazione di oltre 99,99%



Come si vede dal grafico seguente, il livello di protezione è eccellente sia per le radiazioni emesse dagli elettrodomestici che dalle antenne radio.



Sempre più persone soffrono di **allergie causate sia dall'inquinamento nelle loro case** e si ammalano a causa dell'insufficiente aerazione degli ambienti indoor.

I materiali da costruzione Ytong e Multipor regolano in modo naturale il contenuto di umidità all'interno della casa.

Il calcestruzzo cellulare assorbe e conserva questa umidità nei momenti di maggiore produzione di vapore e, quando l'umidità relativa diminuisce, il materiale rilascia nuovamente l'umidità, garantendo una **regolazione naturale e automatica del clima degli ambienti interni.**

Xella Italia S.r.l.

Via Zanica 19K
Località Padergnone
24050 Grassobbio (BG)

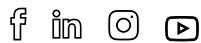
☎ +39 035 452 22 72

📠 +39 035 423 33 50

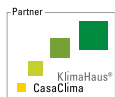
@ info-italia@xella.com

@ tecnici-italia@xella.com

🌐 www.xella-italia.it



**Crediamo nella diffusione
di una cultura dell'edilizia sostenibile.**



Nota: La presente brochure è edita dalla Xella Italia S.r.l. I dati e le indicazioni contenute nella presente brochure e in tutte le nostre pubblicazioni hanno carattere esclusivamente esemplificativo ed informativo e rispondono agli standard attuali della tecnica delle costruzioni Ytong al momento della stampa. I dati e le indicazioni riportati nella presente brochure possono essere cambiati o aggiornati da Xella Italia S.r.l. in qualsiasi momento senza preavviso e a sua disposizione. Il cliente non è esonerato dall'obbligo di verificare i dati e di adeguarsi alle normative vigenti, anche a livello locale, alla data dell'acquisto o dell'utilizzo dei materiali, nonché dall'obbligo del controllo progettuale, che deve essere necessariamente eseguito da un professionista abilitato. In riferimento alla normativa europea REACH, Xella Italia S.r.l. dichiara di non integrare nelle sue produzioni prodotti che, in normali condizioni di utilizzo, liberano nell'ambiente delle sostanze chimiche. Edizione 2023.09

Ytong®, Multipor® e Xella® sono marchi registrati di Xella Group.