

Isolamento termico di pareti con intercapedine insufflata direttamente con perle sfuse espanse di EPS.

Uno dei metodi di riqualificazione energetica ad oggi più conveniente e facilmente adattabile per una certa tipologia di edifici, costruiti negli anni '80 con una un'intercapedine di aria dallo spessore variabile dai 5-8 cm, consiste nel riempimento della stessa con materiale isolante.

In questo ambito bene si presta l'impiego di perle espanse sfuse di EPS che, mediante l'utilizzo di un'apposita attrezzatura, permette di coibentare la parete senza intervenire nel rifacimento della facciata o nelle riduzione del volume interno abitabile.

Questa specifica applicazione è inoltre stata direttamente contemplata in alcuni Regolamenti Regionali, per le sue valenze intrinseche: rappresenta un metodo semplice che non altera più di tanto la stratigrafia iniziale e che permette una facile risposta al problema della coibentazione di molti edifici esistenti, costruiti con questa tipologia.

La "qualità" dell'intervento infatti non dipende solamente dal materiale isolante, bensì dal sistema di insufflaggio: la realizzazione in opera prevede l'ausilio di un opportuno sistema di pompaggio per riempire l'interno dell'intercapedine di perle sfuse di EPS praticando dei fori con diametro variabile da 5 a 10 cm nella parte bassa della parete oggetto di intervento.

Per rendere più coese le perle espanse sfuse di EPS e minimizzare gli spazi vuoti tra esse al fine di realizzare uno strato di isolamento il più possibile compatto e omogeneo, a beneficio di una miglior efficienza energetica, il sistema sta evolvendo prevedendo l'utilizzo di uno specifico "adesivo" che permetta di "incollare" le perle.

Considerando la presenza non irrisoria di edifici sui quali è possibile intervenire con questa tipologia di isolamento, l'esempio di calcolo proposto evidenzia i benefici dell'impiego di tale sistema in termini di trasmittanza termica (U), che è il parametro tecnico più idoneo per caratterizzare il grado di isolamento di un componente e a cui si deve far riferimento in termini legislativi.

All'interno dell'ampio discorso sul risparmio energetico il cui obiettivo generale si presuppone sia il contenimento del consumo energetico, i protagonisti principali sono senza dubbio l'**involucro edilizio** e l'**impianto termico**. Da questi dipendono le dispersioni e le compensazioni delle stesse, e le considerazioni in merito riguardano sia la minimizzazione del calore che si deve fornire (pari alla somma delle dispersioni termiche) sia la massimizzazione dell'efficienza con la quale lo si fornisce.

Un edificio la cui temperatura interna sia superiore a quella esterna produce delle dispersioni di calore che necessitano essere compensate affinché l'interno dell'edificio permanga alla stessa temperatura. Dal punto di vista dimensionale le dispersioni di calore si misurano in Watt (anche se spesso è facile ritrovare il Kcal/h, per cui si ricorda l'equivalenza 1Kcal/h ~1,162 W)

Le dispersioni nell'edificio sono essenzialmente di due tipi:

- **dispersioni per ventilazione:** sono costituite dal calore che bisogna fornire all'aria (fredda) che viene introdotta in modo da riscaldarla a temperatura ambiente. Successivamente tale aria riscaldata viene espulsa per ottenere il "ricambio d'aria" per cui nuova aria viene introdotta e riscaldata. L'entità di tali dispersioni, non riducibile, attualmente è minoritaria e viene considerata in prima battuta fissa, poiché spesso si considerano fissi i ricambi orari (anche se nella realtà tale situazione è piuttosto aleatoria). Questo argomento esula dall'ambito del presente documento per cui verranno considerate come perdite fisse.
- **dispersioni per trasmissioni:** sono quelle che si verificano attraverso le superfici che delimitano l'involucro e che in gergo più comune possono essere soprannominate come il "vestito" del nostro edificio. Le relative dispersioni sono grandemente variabili per cui l'obiettivo principe consiste in una loro riduzione.

Quando una superficie separa due ambienti a temperatura diversa, si origina un passaggio di calore che risulta, pure intuitivamente, direttamente proporzionale all'estensione della superficie ($S [m^2]$), alla differenza di temperatura (ΔT) ed infine ad un fattore proprio di quella specifica superficie che ne caratterizza l'attitudine a trasmettere il calore: la **trasmittanza termica** o coefficiente globale di trasmissione, indicata convenzionalmente con il simbolo **U** ed espressa in $[W/m^2 K]$.

Ne consegue che maggior attenzione dovrà esser prestata laddove le superfici interessate siano grandi e dove il salto di temperatura sia considerevole, nonché al tipo di materiale con cui si realizza la superficie di separazione che in sostanza dice se l'edificio è vestito con una "camicetta" o con una "giacca a vento".

Definizione:
trasmittanza termica

Nel dettaglio la trasmittanza termica esprime il flusso di calore che attraversa un elemento strutturale (parete, tetto...) della superficie di $1 m^2$ con un salto termico di $1^\circ C$ (o 1 K essendo le differenze di temperature uguali anche se si tratta di due scale termometriche differenti, ma entrambe centigrade) nell'unità di tempo. Per tal motivo risulta la grandezza più usata e idonea per la caratterizzazione di una parete dal punto di vista dell'isolamento termico, contemplata come parametro di riferimento e di valutazione nei provvedimenti legislativi in materia di contenimento energetico in edilizia (D.lgs 192/05- D.lgs 311/06-D.P.R.59/09)

L'inverso della trasmittanza termica unitaria si chiama **resistenza termica unitaria, R_u** , espressa in $[m^2 K / W]$, e rappresenta appunto la resistenza che una superficie oppone al passaggio del calore:

$$R_u = \frac{1}{U} \text{ ovvero } U = \frac{1}{R_u}$$

Intuitivamente quando un flusso di calore attraversa una parete composta da diversi strati (in numero n), ognuno di essi deve essere attraversato dallo stesso flusso, così come ognuno di essi costituisce un ostacolo a questo flusso. Dunque il comportamento di ognuno di questi strati nei confronti del passaggio del flusso di calore sarà riassunto dalla propria resistenza r.

La resistenza termica unitaria della parete, (ovvero globale comprendente tutti i vari strati) è la somma degli strati attraversati:

$$R_u = r_1 + r_2 + \dots r_n$$

La trasmittanza della parete sarà quindi l'inverso della suddetta resistenza totale, cioè l'inverso della somma delle resistenze parziali, ovvero:

$$U = \frac{1}{R_u} \qquad U = \frac{1}{(r_1 + r_2 + \dots + r_n)}$$

Secondo quanto esposto il problema tecnico si orienta quindi nel valutare le resistenze dei vari strati che compongono la pareti in un determinato caso specifico.

A determinare la resistenza **r** di ogni strato intervengono lo spessore dello stesso (in modo direttamente proporzionale infatti più lo strato è spesso e più ostacola il passaggio di calore) e la qualità specifica del materiale costituente nei confronti della trasmissione del calore, "parente" della già citata trasmittanza ma che nel qual caso è la conducibilità termica.

**Definizione:
conducibilità
termica**

Questa, indicata convenzionalmente con il simbolo λ ed espressa in W/m K, è il parametro che meglio caratterizza il comportamento dal punto di vista della trasmissione del calore valutando l'attitudine a lasciar passar il calore. Nello specifico misura la quantità di calore che attraversa in 1 secondo 1 m² di materiale spesso 1 m, in presenza di una differenza di temperatura tra l'esterno e l'interno di 1 K.

La formula tecnica risulta: $r = \frac{s}{\lambda} \quad \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

Resistenze liminari

Le superfici che possono delimitare un ambiente sono di svariati tipi: omogenee (ovvero costituite da un unico materiale) oppure composte o "stratificate", opache (le pareti e i solai in genere) o trasparenti (le finestre).

Anche se la parete è omogenea, cioè vi è un solo strato, tecnicamente si considera un'altra resistenza (o meglio altre 2) oltre alla propria a simboleggiare il fatto che, poiché la parete separa i due ambienti, l'aria stessa, da una parte e dall'altra, indugia e costituisce comunque una specie di cuscinetto isolante. Questo valore inoltre tiene conto dello scambio di calore tra una parete e l'ambiente circostante, che avviene sia per convezione sia per irraggiamento.

Si definiscono precisamente resistenza liminare interna e resistenza liminare esterna, i cui valori, determinati dall'esperienza, sono definiti e pressoché costanti nei vari casi (pareti verticali od orizzontali nelle varie condizioni).

Esplicitando meglio, ne consegue che il valore della trasmittanza termica unitaria di una parete verticale è:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum r + \frac{1}{h_e}}$$

dove: $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{h_i} = 0,123 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ resistenza liminare interna} \\ \frac{1}{h_e} = 0,043 \text{ m}^2\text{K/W} \text{ resistenza liminare esterna} \\ \sum r = \text{sommatoria delle resistenze termiche dei vari strati che} \\ \text{compongono la parete} \end{array} \right.$

Esempio di calcolo

La trasmittanza termica unitaria per le ragioni sopra esposte presenta una grande variabilità in funzione della stratigrafia della superficie per cui la procedura di calcolo per la sua determinazione prevede innanzitutto la conoscenza precisa della stratigrafia che compone la parete focalizzando l'attenzione sia sui tipi di materiale con cui la si realizza e sia sui relativi spessori impiegati.

L'esempio esplicitato nella seguente trattazione considera una tipologia di parete tipica degli edifici costruiti negli anni '80 e su cui sarebbe pensabile proporre un intervento di questo tipo.

La stratigrafia della parete presenta i seguenti materiali e si fornisce per essi, a seconda dello spessore, il valore della resistenza termica che li caratterizza:

costituzione parete	Prima dell'intervento		Dopo intervento	
	s (cm)	r (m ² K/W)	s (cm)	r (m ² K/W)
Resistenza liminare interna	/	0,123	/	0,123
Intonaco interno	1,5	0,04	1,5	0,04
Laterizio interno	12	0,40	12	0,40
Intercapedine d'aria	10	0,183	10	2,70 *
Laterizio esterno	8	0,30	8	0,30
Intonaco esterno	1,5	0,02	1,5	0,02
Resistenza liminare esterna	/	0,043	/	0,043
	s _{tot} = 33	R _{tot} = 1,109	s _{tot} = 33	R _{tot} = 3,626
	U = 0,9 W/m²K		U = 0,28 W/m²K	

Intercapedine riempita con perle espansive sfuse di EPS

* PERLE SFUSE ESPANSE IN EPS:

valori ottenuti da prove sperimentali condotte presso un laboratorio di prova

- composizione granulometrica variabile
- massa volumica apparente $\rho = 12-18 \text{ Kg/m}^3$
- conducibilità termica $0,037 \text{ W/mK}$

Essendo $r = \frac{\text{spessore}(m)}{\lambda(W/mK)}$ nel caso lo spessore dell'intercapedine sia $s = 10 \text{ cm} = 0,10 \text{ m}$

si ha che la resistenza termica della suddetta intercapedine risulta $r_{\text{int EPS}} = \frac{0,10}{0,037} = 2,70 \frac{m^2 K}{W}$

Ne consegue che il valore della trasmittanza termica unitaria di una parete verticale così realizzata è:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \sum r + \frac{1}{h_e}}$$

dove:

$$\begin{cases} \frac{1}{h_i} = 0,123 \text{ m}^2\text{K/W} & \text{resistenza liminare interna} \\ \frac{1}{h_e} = 0,043 \text{ m}^2\text{K/W} & \text{resistenza liminare esterna} \\ \sum r = 3,46 \text{ m}^2\text{K/W} & \end{cases}$$

da cui
$$U = \frac{1}{3,626} = 0,275 \cong 0,28 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

A parità di tipologie di materiali impiegati, agendo sugli spessori di questi si determina una variazione della U, in maniera più marcata se si opta per una maggiorazione dello spessore dello strato isolante (poiché trattasi di materiale coibente che assolve alla suddetta funzione).

Tale tipo di intervento, come premesso, si configura come pratica di riqualificazione energetica su un edificio esistente e lo spessore dell'intercapedine da riempire con materiale isolante, così come per gli altri strati che compongono la parete, risulta essere fisso e non un parametro progettuale variabile per migliorare il grado di isolamento. E' infatti opportuno precisare che per nuovi edifici, in fase di progettazione, si opta sempre per tecnologie differenti che soddisfano requisiti ancor più severi (per es. cappotto o lastre in EPS).

L'intervento di manutenzione straordinaria dell'involucro edilizio rimane sempre di pertinenza del Dlgs 311/06 e nel caso non sia possibile un rifacimento della facciata (e quindi l'impiego del sistema a cappotto) e non si voglia optare per una coibentazione interna (che ridurrebbe notevolmente il volume interno abitabile) è possibile ricorrere al riempimento dell'intercapedine d'aria esistente, rimanendo nei limiti prescritti dall'Allegato C.

Considerando il **D.Lgs. 311/06** relativo all'efficienza energetica in edilizia e prendendo in esame la **zona climatica E**, il valore massimo limite di trasmittanza termica per pareti opache verticali risulta essere **U=0,34 W/m² K**.

L'intervento di riqualificazione proposto, che prevede l'insufflazione nella camera d'aria di materiale isolante in perle espanse sfuse di EPS, nelle condizioni considerate, porta a un netto miglioramento della trasmittanza termica della parete, che passa da un valore di 0,90 W/m² K a un valore di 0,28 W/m² K, rientrando ampiamente nei parametri di legge.

Per completezza riportiamo l'**ALLEGATO C del D.Lgs 311/06** che evidenzia i valori limiti di trasmittanza termica (U) da rispettare, in base al tipo di intervento (parete come nel caso trattato, solai, tetti...) e in base alla dislocazione geografica.

Strutture opache verticali	
Valori limite della trasmittanza termica U [W/m²K]	
Zona climatica	Dal 1 gennaio 2010 U (W/m ² K)
A	0.62
B	0.48
C	0.40
D	0.36
E	0.34
F	0.33

Pur non essendo noto il futuro della nota "detrazione 55%", introdotta nel 2007, è comunque doveroso precisare che fino al 31 dicembre 2011 l'intervento di isolamento in intercapedine tramite riempimento con perle di EPS è ammesso e incentivato, prevedendo il rispetto di valori di trasmittanza termica più stringenti rispetto a quelli imposti dal DLgs 311/06.

Considerazione

Dalla trattazione si evince che, nel comportamento complessivo di una parete, un ruolo predominante ed essenziale è svolto dalle caratteristiche specifiche dei materiali che la compongono, nonché dallo spessore dei diversi strati che compongono la parete.

N.B. i valori di resistenza termica impiegati sono prettamente specifici del materiale considerato (conducibilità termica) in funzione dello spessore con cui si realizza la parete. Pertanto qualora si proceda a calcoli simili variandone la stratigrafia, sia in termini di spessori sia di tipologie di materiali è necessario avvalersi di valori adeguati.