



ABITAZIONI
ALLA PROVA
DEL CALDO: NELLA
SECONDA PARTE
DELL'ARTICOLO
TECNICO
I MATERIALI E LE
NUOVE TECNICHE

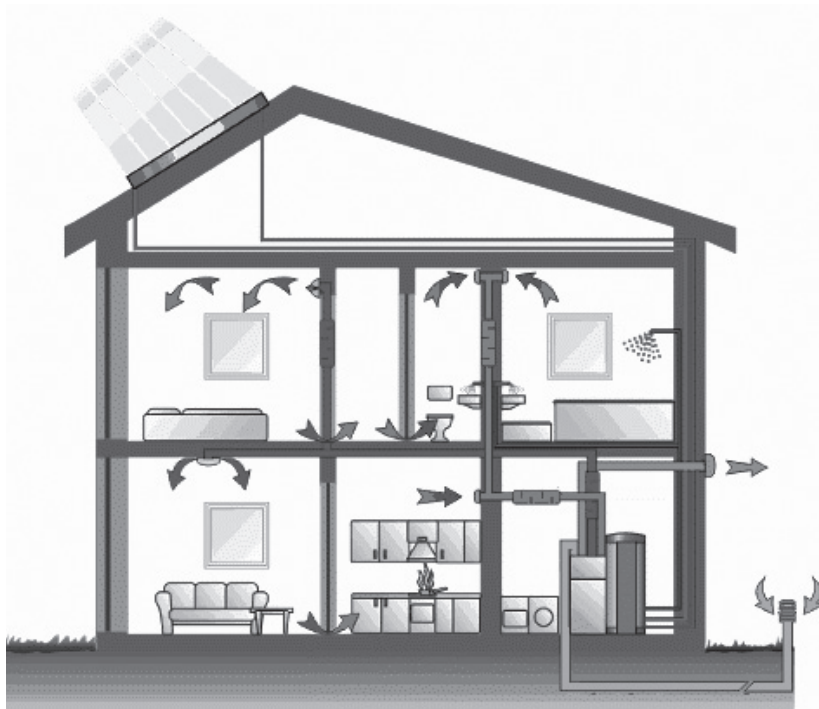
CASE SENZA CONDIZIONATORE. LE TECNICHE DI ISOLAMENTO ALLA “PROVA DELL’INVERNO”

Progettare e studiare il comfort estivo è il tema che abbiamo avviato ed iniziato ad affrontare nel numero precedente.

Ora, in questa seconda parte, affrontiamo questioni tecniche rilevanti che comprendono la classificazione delle abitazioni costruite per non avere bisogno di aria condizionata, le scelte dei materiali e la questione, non secondaria, della loro capacità di isolamento durante il periodo invernale.

Quanto stiamo descrivendo non è ancora un obbligo legislativo, ma potrebbe diventarlo ben presto. Tanto vale essere informati sulle difficoltà tecniche rilevanti che la questione pone.

L'articolo in questione, come la prima parte, è stato redatto da Angelo Deldossi, ingegnere e costruttore edile.



Un esempio dei flussi all'interno di una casa ad elevato comfort ambientale

Qual è il parametro che maggiormente influenza il comfort di un ambiente interno durante il periodo estivo?

Per rispondere a questa domanda si sono versati fiumi d'inchiostro: in letteratura troviamo studi, ricerche, tesi, esperimenti, ecc. che cercano di sviscerare l'argomento.

La risposta non è semplice, perché i parametri che partecipano alla definizione del benessere estivo sono molteplici e recipro-

camente connessi. Per sintetizzare potremmo dire che sono gli stessi che abbiamo individuato precedentemente (nel numero di luglio del Notiziario):

- ventilazione
- irraggiamento
- caratteristiche inerziali
- fabbisogno energetico estivo dell'edificio.

Se dovessimo metterci nei panni del legislatore, quale parametro sceglieremmo per classificare gli edifici dal punto di vista

CLASSIFICARE
I PARAMETRI
DEL COMFORT
ESTIVO
NON SARÀ
UN ESERCIZIO
SEMPLICE
PER IL LEGISLATORE



estivo? Ricordiamo che l'obiettivo di ogni classificazione è quello di sintetizzare un argomento complicato attraverso uno strumento di facile lettura.

L'operazione è necessaria per offrire una scala di valutazione a un pubblico estraneo alla complessità dell'argomento.

La scelta quindi non è banale, perché il parametro deve essere contemporaneamente rappresentativo della realtà, ma anche sufficientemente sintetico.

Per quanto mi riguarda, tra i quattro temi appena elencati, i primi tre non sembrano rispondere ai requisiti necessari al compito. Infatti ventilazione, irraggiamento e inerzia, seppur fondamentali, se presi singolarmente non sono indicativi della totalità del problema.

Pensiamo infatti ad esempio a cosa succederebbe nelle seguenti situazioni:

- una tenda da campeggio sotto il sole, anche se ben ventilata;
- un container adibito ad abitazione, anche se fornito di ottime schermature solari;
- una sala di un castello con un'ampia vetrata ad ovest, anche se le pareti sono fortemente massive.

In ogni caso è facile immaginare temperature interne non confortevoli, seppur a turno ventilazione, irraggiamento e inerzia risultino garantiti.

Per la costruzione della no-

stra classificazione quindi, tra i quattro parametri a disposizione, resta solo il fabbisogno energetico dell'involucro per la stagione di raffrescamento $EP_{e,inv}$, scelto anche dalle Linee Guida Nazionali.

Si potrebbe obiettare che $EP_{e,inv}$ è ottenuto attraverso l'analisi di bilanci energetici medi mensili e come detto, non è il parametro ideale per valutare il comportamento dinamico dell'edificio nella stagione estiva.

Resta però la considerazione che per il momento è l'unico che risponde ai requisiti di semplicità di valutazione (richiesti dal legislatore) e sinteticità delle variabili in gioco (richiesti dalla classificazione).

• Classificare la prestazione energetica di raffrescamento

Il 10 luglio 2009 è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale il Decreto Ministeriale 26/6/09 contenente le "Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici".

Il decreto fornisce il modello dell'attestato di certificazione energetica nazionale (ACE). All'interno degli schemi proposti le prestazioni estive entrano in gioco su due indicatori energetici: il valore di $EP_{e,inv}$ è riportato sul "cruscotto energetico" dove si valuta anche la qualità estiva dell'involucro (si veda la figura sopra).

A differenza degli altri indicatori rappresentati sull'attestato, la prestazione estiva è l'unica priva di suddivisione in classi.

Sul grafico, l'indicatore estivo non ha la lancetta: per il legislatore è sufficiente riportare il valore della prestazione in cifre nello spazio indicato.

• Classificare la qualità estiva dell'involucro

La classificazione della qualità avviene secondo uno schema che comprende 5 classi di giudizio in funzione del fabbisogno $EP_{e,inv}$, oppure in funzione delle caratteristiche dinamiche delle strutture dell'edificio, sfasamento e attenuazione (come mostra la figura nella pagina seguente).

Questa classificazione è obbligatoria:

- per tutti gli edifici di nuova costruzione;
- per gli edifici esistenti con superficie utile $S_u > 200 \text{ m}^2$.

Negli altri casi il calcolo è facoltativo e sull'attestato va riportata la classe V.

E' curioso quindi notare come il giudizio della qualità dell'involucro non è mai insufficiente: per male che vada risulta purtroppo mediocre.

Si pensa che l'introduzione delle indicazioni di qualificazioni per il metodo semplificato rifletta un desiderio del legislatore di semplificare i calcoli e quindi ridurre i

SFASAMENTO* (ore)	ATTENUAZIONE**	PRESTAZIONI	QUALITÀ INVOLUCRO
$\phi > 12$	$fa < 0,15$	ottime	I
$12 > \phi > 10$	$0,15 < fa < 0,30$	buone	II
$10 > \phi > 8$	$0,30 < fa < 0,40$	medie	III
$8 > \phi > 6$	$0,40 < fa < 0,60$	sufficienti	IV
$\phi < 6$	$fa > 0,60$	mediocri	V

* sfasamento: maggiori sono le ore, maggiore sarà l'intervallo di tempo tra l'ora in cui si ha la massima temperatura all'esterno e l'ora in cui si ha la massima temperatura all'interno. Per un buon comfort ambientale interno non deve essere inferiore alle 8/12 ore, così il picco di temperatura sulla superficie interna si verifica nelle ore notturne. In questo modo si possono ventilare gli ambienti con l'aria esterna diminuendo così i consumi per la climatizzazione.

** attenuazione dell'onda termica: indica la riduzione dell'ampiezza dell'onda termica nel passaggio dall'esterno all'interno.

costi, ma resta il fatto che scritto in questo modo è un provvedimento incompleto poiché pur definendo con precisione i requisiti in termini numerici e di scelta di parametri, fa emergere molte perplessità e dubbi interpretativi: quali pareti e coperture devono essere valutate per l'attribuzione dei parametri ϕ (sfasamento) e fa (attenuazione) da utilizzare per la classificazione? (Una sola? Tutte? Una media aritmetica?).

Inoltre il modello di classificazione della qualità dell'involucro apre tre quesiti non risolti:

- la corrispondenza tra le due alternative con $E_{pe, invol}$ o con ϕ e fa ;

- la scelta dei valori di ϕ e fa da utilizzare nel caso non ricadano nella stessa classe;

- la corrispondenza della classificazione con il vero comportamento estivo dell'edificio.

• **Parametri da verificare per il comfort estivo** (*Capacità termica o attenuazione?*)

I materiali isolanti

È naturale pensare che se

nel periodo invernale l'energia uscente viene frenata per effetto del grado di isolamento della struttura, ciò debba accadere anche nel periodo estivo per quanto riguarda l'energia che prova a entrare dalle superfici opache.

Tale approccio è corretto se si studia il fenomeno estivo come fenomeno di natura stazionaria ovvero avendo una differenza di temperatura fissa tra interno ed esterno.

Ciò che isola in l'inverno, isola anche in estate? Una struttura non isolata adeguatamente per l'inverno può essere adeguata per l'estate?

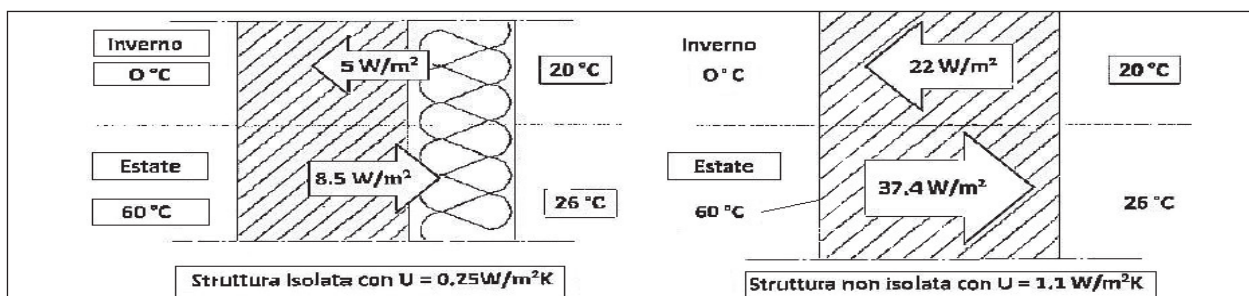
Per rispondere a questa domanda si ricorre all'esempio descritto nella figura in basso dove sono schematizzate due pareti: la prima isolata, con un valore di trasmittanza termica $U = 0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$; e la seconda non isolata, con $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Entrambe sono descritte nella rispettiva attitudine a frenare il calore con il parametro trasmittanza caratteristico del regime staziona-

rio. In inverno quindi, per effetto delle condizioni al contorno di temperatura dell'aria esterna $T_{ae} = 0^\circ\text{C}$ e di temperatura dell'aria interna $T_{ai} = 20^\circ\text{C}$, entrambe sono interessate dalla trasmissione del calore in misura proporzionale alla loro trasmittanza: 5 W/m^2 per la parete isolata, 22 W/m^2 per quella non isolata.

In estate nelle stesse condizioni di regime stazionario ipotizzato per l'inverno, variano le condizioni al contorno e quindi la direzione del flusso; la temperatura superficiale della parete infatti per effetto congiunto della temperatura dell'aria esterna e dell'irraggiamento solare è $T_{se} = 60^\circ\text{C}$ e quindi il flusso di calore entrante per la parete isolata è pari a 8.5 W/m^2 e per la parete non isolata pari 37.4 W/m^2 .

È quindi corretto pensare che tra la condizione di non isolato e isolato si ha un beneficio invernale ed estivo relativo all'energia entrante dalla struttura opaca; un'affermazione propria del regime stazionario ovvero di condizioni



CIÒ CHE ISOLA
DEVE AVERE
ANCHE
LA CARATTERISTICA
DI POTER
ACCUMULARE
E RILASCIARE
CALORE

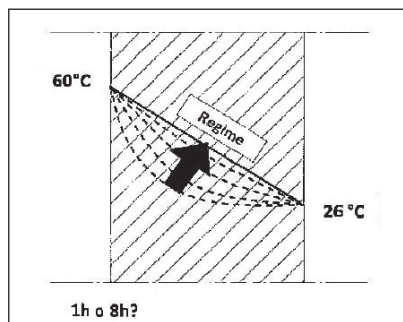
che portano la temperatura interna della struttura ad avere una distribuzione uniforme.

Il regime variabile estivo

Per una struttura opaca è altresì opportuno tenere in considerazione oltre alla capacità di isolare, descritta dal parametro invernale della trasmittanza U , anche la capacità di accumulare e rilasciare calore.

Ipotizziamo per esempio che per le pareti riportate nella figura precedente si instaurino le seguenti condizioni: una temperatura superficiale interna pari a 26°C e una temperatura superficiale esterna pari inizialmente a 26°C e poi gradualmente aumentata sino al valore di 60°C .

Quello che si verificherebbe è un progressivo riscaldamento della struttura sino al raggiungimento di uno stato di "regime" ovvero alla distribuzione lineare della temperatura tra i 60°C della faccia



esterna e i 26°C di quella interna. Solo a questo punto i valori di flusso termico passante dall'esterno all'interno saranno corrispondenti alle quantità indicate al paragrafo precedente e funzione delle trasmittanza termica U .

Possiamo quindi affermare che a parità di trasmittanza termica U , due strutture che necessiteranno di periodi differenti per raggiungere le condizioni di regime avranno

un comportamento differente ai fini del surriscaldamento estivo degli ambienti: se infatti una struttura impiega più tempo sarà anche in grado di assorbire più energia.

Ciò che isola bene per l'inverno isola anche bene per l'estate a parità di comportamento inerziale.

Questa affermazione è spiegabile per mezzo del seguente esempio: suddividendo un materiale in tanti strati e immaginando che sia in atto un meccanismo di trasmissione del calore provocato da temperature differenti all'interno del materiale si può pensare che una parte del calore che migra per effetto della differenza di temperatura venga impiegato per scaldare lo strato interessato dalla migrazione.

Una parte quindi dell'energia che viene trasmessa serve al riempimento del serbatoio d'accumulo proprio dello strato interessato dall'attraversamento.

Ne consegue che il flusso energetico passante si riduce e che una parte, nello strato successivo, è impiegata per scaldare lo strato e così via per ogni strato del materiale.

È evidente che a parità di flusso termico passante, e quindi a parità di attitudine del materiale a isolare (valori ridotti di conduttività termica A), materiali con differenti capacità d'accumulo avranno un comportamento, differente ai fini del passaggio, di energia in regime variabile.

Se il regime fosse stazionario tutti i serbatoi risulterebbero già adeguatamente riempiti e quindi il flusso energetico passante sarebbe legato esclusivamente alla conduttività termica. In conclusione un

corretto comportamento estivo di una struttura ai fini della riduzione della energia entrante deriva dalla scelta di strutture che abbiano adeguate caratteristiche di isolamento termico e di capacità termica.

Il paragrafo seguente specifica come e quando scegliere i materiali isolanti adatti al comportamento estivo.

Frenare l'energia entrante?

Per poter affrontare la corretta scelta dei materiali isolanti ai fini del comportamento estivo si ricorda che i parametri e i metodi di calcolo per la valutazione delle strutture opache sono contenuti nella norma di riferimento UNI EN 13786 revisionata nel 2008; il metodo di calcolo è caratterizzato dall'impiego di numeri complessi (adatti alla modellizzazione periodica estiva) e da calcoli matriciali.

Una struttura che ben si comporta dal punto di vista estivo con adeguati valori di trasmittanza termica periodica Y_{ie} , sfasamento ϕ e attenuazione fa , riesce a contenere gli effetti derivanti dall'oscillazione di temperatura superficiale esterna causati dall'irraggiamento solare e dalla temperatura dell'aria esterna.

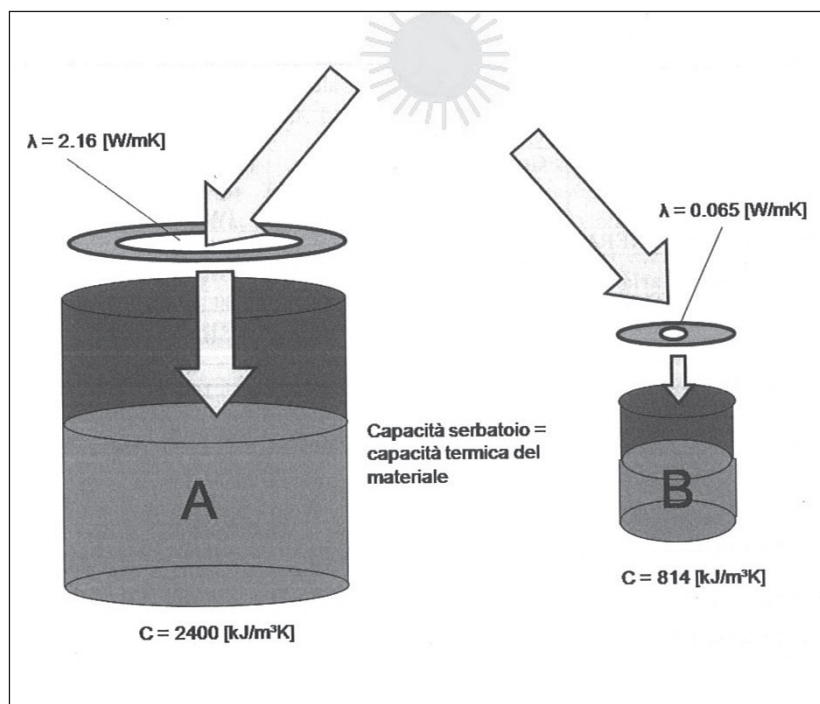
Per ottenere strutture opache con un buon comportamento estivo, i parametri da considerare per ogni strato della struttura e in particolare per gli strati isolanti sono:

- densità, ρ [kg/m^3];
- spessore, s [m];
- calore specifico, c [J/kgK];
- conduttività, λ [W/mK].

È esemplificativo ricorrere all'analogia idraulica per spiegare la scelta dell'adeguato materiale ai fini della progettazione inerziale delle strutture opache.

Nella figura che segue vi sono

IL PARAMETRO
PER VALUTARE
L'ATTITUDINE
ALLA RIDUZIONE
DELL'ONDA
TERMICA
ESTIVA
È LA DIFFUSIVITÀ



due serbatoi con una capacità che dipende dal calore specifico e dalla densità del materiale: il serbatoio A rappresenta la capacità d'accumulo energetico del calcestruzzo ad elevata densità 2400 [kg/m³] e con calore specifico $c = 1811$ [J/kgK]; il serbatoio B invece rappresenta la lana di legno mineralizzata di densità 450 [kg/m³] e calore specifico $c = 1000$ [J/kgK].

Tra i due serbatoi è evidente che il primo può accumulare più energia del secondo, ma questa caratteristica non è la sola che contraddistingue il comportamento estivo.

Ad essa infatti si aggiunge l'attitudine a frenare l'energia derivante dall'irraggiamento termico solare, ovvero la conduttività termica del materiale rappresentata nell'immagine dall'ampiezza del foro dei coperchi.

Il serbatoio A, pur avendo una buona capacità termica ha infatti un flusso energetico entrante

elevato dovuto alla scarsa attitudine del materiale calcestruzzo a isolare ($\lambda = 2.16$ W/mK) a differenza del serbatoio B, ($\lambda = 0.065$ W/mK); in sintesi il serbatoio A è molto capacitivo ma si riempie rapidamente. Diverso il discorso per il serbatoio B che ha dimensioni pari a 1/3 di quelle del serbatoio A, ma anche maggiore capacità di limitare il flusso termico entrante: il serbatoio è più piccolo, ma la quantità di flusso è pari a circa 1/100 di quella del serbatoio A.

Il parametro per valutare l'attitudine di un materiale alla riduzione dell'onda termica esti-

va è la diffusività termica che nell'esempio può rappresentare la "velocità di riempimento" del serbatoio.

La diffusività termica α (alfa) [m²/Ms] è valutata come:

$$\alpha = \lambda / \rho \cdot C$$

Confrontando i valori di diffusività α per i materiali dell'esempio riportato nella figura in basso, si ottiene che minore è il valore della diffusività termica, maggiore sarà il contributo del materiale nell'attenuare e sfasare l'onda termica entrante: il materiale con un valore ridotto di diffusività sarà infatti un materiale in grado di smorzare maggiormente il flusso entrante grazie alla sua capacità termica e alla sua capacità isolante.

Per i materiali omogenei la norma UNI EN ISO 10456 indica i dati di calore specifico delle diverse tipologie di materiali, a meno di altre indicazioni del produttore.

La tabella nella pagina seguente riassume le caratteristiche di alcuni materiali generici e isolanti, comunemente impiegati in edilizia.

Scelta dei materiali isolanti e strutture leggere

Quando la scelta del materiale isolante è fondamentale per il comportamento estivo di una struttura?

Poiché la progettazione del contenimento del surriscaldamento

Materiale	Densità [kg/m ³]	Calore specifico [J/kgK]	Conduttività termica [W/mK]	Diffusività termica [m ² /Ms]
Calcestruzzo	2400	1000	2.16	0,900
Lana di legno mineralizzata	450	1811	0,065	0,079

LE PARETI
REALIZZATE
IN LATERIZI
E ISOLATE
NEL RISPETTO
DELLA NORMATIVA
HANNO UNA BUONA
PERFORMANCE

estivo passa per la definizione delle strutture opache i componenti più interessanti da analizzare sono le coperture e le pareti esterne esposte all'irraggiamento solare diretto.

Progettazione estiva delle pareti

E' possibile dividere le pareti dell'involucro che separano esterno da interno in due ampie categorie: pareti leggere (con massa superficiale $M_s < 230 \text{ kg/m}^2$) e pareti non leggere (con $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$).

Per il corretto controllo dell'onda termica si può affermare che generalmente pareti realizzate in laterizi (pieni, semipieni o alveolati) e isolate nel rispetto della legislazione vigente (DPR 59/09 e s.m.i.) hanno un comportamento adeguato poiché in esse, facendo riferimento alle descrizioni dei paragrafi precedenti, sono presenti entrambe le funzioni richieste per un buon comportamento estivo: riduzione della quantità di energia entrante e possibilità di accumulo e rilascio di energia.

L'attenzione progettuale della scelta dell'idoneo materiale isolante si concentra quindi nella progettazione del valore di trasmittanza termica U per il periodo invernale.

Gli esempi 1 e 2 della tabella a pagina 473 descrivono due tipologie di pareti non leggere: una parete in mattoni pieni e una parete in laterizio alveolato, e per ognuna sono riportati i parametri termici invernali ed estivi.

Come si vede il comportamento estivo delle strutture è comunque influenzato dalla scelta del tipo di materiale isolante, ovvero dal valore di diffusività α , ma la preponderanza della caratteristica

	Cod	Densità ρ [kg/m ³]	Calore specifico c [J/kgK]	Conduttività termica λ [W/mK]	Diffusività termica α [m ² /Ms]
MATERIALI GENERICI					
Roccia sedimentaria	-	2800	1000	3.5	1.25
Gesso	-	600	1000	0.18	0.30
Alluminio	-	2800	880	160	64.9
Vetro	-	2500	750	1.0	0.53
Aria "ferma"	-	1.23	1008	0.025	20.2
Acqua a 10°C	-	1000	4190	0.60	0.14
Legno OSB	-	650	1700	0.13	0.12
MATERIALI ISOLANTI					
Calcestruzzo cellulare	-	300	1000	0,089	0,30
Fibra di legno	WF	150	2000	0,040	0,13
Lana di legno mineralizzata	WW	450	1811	0,065	0,08
Lana di roccia	MW	100	1030	0,035	0,34
Lana di vetro	MW	80	1030	0,035	0,42
Polistirene espanso estruso	XPS	35	1450	0,035	0,70
Polistirene espanso sinterizzato	EPS	25	1450	0,036	0,99
Polistirene espanso sinterizzato con grafite	EPS	30	1450	0,031	0,71
Poliuretano espanso	PUR	43	1400	0,028	0,46
Sughero espanso	ICB	100	1560	0,040	0,26
Resine Fenoliche	PF	40	1400	0,041	0,73
Vetro Cellulare	CG	150	1000	0,055	0,37

massiva sul risultato è tale da garantire il rispetto del valore limite di trasmittanza termica periodica $Y_{ie} < 0,12 \text{ (W/m}^2 \text{ K)}$ indipendentemente dalla scelta di α .

Diverso è il discorso per pareti considerabili "leggere" presenti nella seconda parte della tabella.

Per queste tipologie infatti la

scelta del tipo di materiale isolante influenza il comportamento estivo finale. Gli esempi 3 e 4 riportati sono volutamente pensati per estremizzare tale differenza.

Nell'esempio 3 la parete in laterizi forati a seconda del materiale isolante inserito in intercapedine ha un comportamento che varia da

ANCHE PER
LE COPERTURE
È FONDAMENTALE
LA SCELTA
STRATEGICA
IN FASE DI
PROGETTAZIONE

Strutture "non leggere" (massa superficiale $M_s > 230 \text{ kg/m}^2$)			
Esempio 1: Parete in mattoni pieni e isolamento a cappotto			
		con mat.iso $\alpha = 0.96$	con mat.iso $\alpha = 0.13$
	U [W/m ² K]	0.29	0.30
	Y _{ie} [W/m ² K]	0.03	0.02
	ϕ [h]	11 h 26'	15 h 04'
	f _a [-]	0.09	0.07
	M _s [kg/m ²]	527	541
Esempio 2: Parete con laterizio alveolato e isolamento dall'interno			
		con mat.iso $\alpha = 0.42$	con mat.iso $\alpha = 0.08$
	U [W/m ² K]	0.31	0.29
	Y _{ie} [W/m ² K]	0.04	0.02
	ϕ [h]	12 h 32'	16 h 03'
	f _a [-]	0.14	0.09
	M _s [kg/m ²]	284	302
Strutture "leggere" (massa superficiale $M_s < 230 \text{ kg/m}^2$)			
Esempio 3: Parete in mattoni forati con isolamento in intercapedine			
		con mat.iso $\alpha = 1.85$	con mat.iso $\alpha = 0.13$
	U [W/m ² K]	0.30	0.31
	Y _{ie} [W/m ² K]	0.13	0.09
	f _a [-]	0.44	0.30
	ϕ [h]	8 h 39'	12 h 08'
	M _s [kg/m ²]	210	223
Esempio 4: Parete leggera con doppia orditura metallica, gesso rivestito e lastre in fibrocemento riempita di materiale isolante			
		con mat.iso $\alpha = 1.85/0.97/1.85$	con mat.iso $\alpha = 0.13/0.08/0.13$
	U [W/m ² K]	0.20	0.22
	Y _{ie} [W/m ² K]	0.19	0.02
	f _a [-]	0.94	0.10
	ϕ [h]	2 h 33'	14 h 22'
	M _s [kg/m ²]	42	99

una parete di mediocri prestazioni estive, 44% di attenuazione e $Y_{ie} = [0,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}]$, ad una parete di migliori prestazioni. Il materiale isolante impiegato inizialmente ha una diffusività termica pari a $\alpha=1.85$ che passa a $0.13 \text{ [m}^2 \text{ /Ms]}$. Il differente comportamento è evidenziato anche nell' esempio 4

dove è analizzata una struttura con sistema a secco costituito da una doppia orditura metallica riempita di materiale isolante.

In questo caso il comportamento estivo varia drasticamente con l'impiego di differenti materiali isolanti: la stessa parete passa da un valore di sfasamento termico

di 2 h 33' ad uno pari a 14 h 22'. In seguito a tutte queste considerazioni possiamo affermare che: **"la progettazione del comportamento estivo di una parete assume quindi un'importanza centrale con la scelta e la combinazione dei materiali isolanti impiegati in funzione della diffusività α ".**

Progettazione estiva delle coperture

Per la progettazione delle coperture il discorso è analogo a quello delle pareti. Si può affermare che per alcune tipologie di coperture la progettazione dell'isolamento è prevalentemente di tipo invernale (solai in laterocemento, predalles e solai in c.a.), mentre per le coperture in legno è necessario progettare il comportamento estivo.

Le valutazioni del caso possono essere riassunte affermando che una corretta progettazione della copertura consente di avere anche per coperture leggere comportamenti estivi di tutto rispetto.

È infatti evidente che scegliendo materiali adeguati anche coperture leggere hanno valori di trasmittanza termica periodica, sfasamento e attenuazione che non solo rispondono ai requisiti di legge, ma possono garantire il comfort estivo degli ambienti interni.

I materiali a cambiamento di fase (Pcm)

I paragrafi trattati in precedenza, hanno mostrato il problema estivo attraverso un approccio che ha come base il fatto che i materiali attraversati da un flusso termico, mantengono le proprie caratteristiche chimico-fisiche.

Alcuni materiali sperimentali nel campo dell' edilizia, fanno

I PCM SONO MATERIALI CHE PERMETTONO DI ACCUMULARE CALORE COL PASSAGGIO DALLA FASE SOLIDA A QUELLA LIQUIDA

cadere tali ipotesi e sono in grado di modificare la propria struttura a seconda delle temperature di impiego, sono i materiali a cambiamento di fase o “phase change materials” (PCM).

Principio di funzionamento

I PCM sono materiali che permettono di accumulare calore grazie al passaggio di stato dalla fase solida a quella liquida.

Quando il materiale raggiunge la temperatura di fusione (o melting temperature T_m), il PCM inizia a sciogliersi con una reazione endotermica ed utilizza il calore proveniente dall'esterno per passare dallo stato solido a quello liquido, senza variare la propria temperatura.

La quantità di calore che viene accumulata è quindi pari a:

$$Q = m \times H_m$$

dove m è la massa del materiale che cambia di stato [kg]; H_m è il calore latente di fusione, caratteristica propria del materiale [kJ/kg].

In questo modo parte del flusso di calore viene immagazzinato nel materiale. In modo analogo, quando la temperatura esterna ridiscende al di sotto del valore T_m il materiale a cambiamento di fase solidifica con una reazione esotermica, senza variare la propria temperatura, e rilascia il calore accumulato.

L'applicazione dei PCM nell'edilizia

Grazie alla loro capacità di accumulo e rilascio in un momento successivo del calore, i PCM possono essere utilizzati per migliorare le prestazioni estive degli edifici dotati di scarsa inerzia termica svolgendo la funzione di “inerzia artificiale” in poco spessore.

Ad oggi l'impiego in edilizia è stato limitato prevalentemente ad interventi sperimentali, quindi non sono disponibili dati su un elevato numero di edifici.

Grazie ai PCM è possibile interrompere il trasferimento di calore dall'esterno verso l'interno quando la temperatura della parete sale oltre la temperatura di fusione T_m ; il trasferimento avviene nelle ore notturne quando è possibile asportare il calore in eccesso con

Oltre al miglioramento delle qualità inerziali, i PCM possono contribuire al buon funzionamento invernale degli edifici, soprattutto nelle giornate soleggiate, quando la temperatura esterna può raggiungere valori prossimi a quelli della zona comfort.

la ventilazione dell'edificio.

Oltre al miglioramento delle qualità inerziali, i PCM possono contribuire anche al buon funzionamento invernale degli edifici, soprattutto nelle giornate soleggiate, quando la temperatura superficiale esterna di una parete può raggiungere valori prossimi a quelli della zona comfort.

Il funzionamento invernale è basato sull'accumulo di calore durante il giorno e sul suo rilascio di notte, quando le temperature esterne più basse imporrebbero un carico termico per il riscaldamento maggiore.

I PCM consentono quindi di stabilizzare la temperatura interna degli ambienti, riducendone l'am-

piezza dell'oscillazione nell'arco della giornata.

Le caratteristiche dei PCM per l'applicazione nell'edilizia

In primo luogo i PCM possono essere divisi in due categorie: quelli di origine organica e quelli di origine inorganica. Alla prima categoria appartengono i Sali idrati, mentre alla seconda le paraffine e gli acidi grassi.

Il progetto di una parete con PCM

Il parametro chiave da scegliere in fase di progetto è la temperatura di fusione del PCM che non deve essere troppo bassa, altrimenti non si hanno condizioni di comfort durante la notte ed allo stesso tempo non deve essere troppo elevata perché altrimenti non si accumula abbastanza energia di giorno (la fusione avviene durante un arco di tempo troppo breve).

Con temperatura di fusione pari a T_{m1} durante la notte la parete avrebbe una temperatura superficiale bassa, tale da causare discomfort; con T_{m2} l'accumulo di calore si avrebbe per poche ore al giorno, riducendo l'efficienza della parete con PCM; con T_{m3} infine il ciclo di fusione/solidificazione non verrebbe nemmeno a realizzarsi.

Nella scelta della temperatura di fusione inoltre bisogna tener conto delle caratteristiche climatiche in cui si opera, e metterle in correlazione con lo scopo per cui si andrà ad utilizzare il PCM.

Per evitare un eccessivo surriscaldamento estivo in climi molto caldi è opportuno scegliere una temperatura intorno ai 26°C, limite massimo per il comfort.

Nel caso in cui la sollecitazione esterna sia di minor entità e si voglia mantenere una tempe-

L'UTILIZZO
DELLE TECNICHE
PCM È MOLTO
COMPLESSO
E DEVE ESSERE
OGGETTO
DI ULTERIORI
VERIFICHE

ratura interna nella fascia centrale della zona di comfort è opportuno scegliere con una temperatura di fusione intorno ai 23° C.

Se invece l'obiettivo è contribuire al raffrescamento passivo ed i carichi termici non sono troppo elevati, si possono scegliere temperature di fusione attorno ai 21° C.

Oltre alla temperatura di fusione è importante capire la giusta quantità di materiale da impiegare per una determinata applicazione, dato che il calore necessario nel cambiamento di fase, che come visto sarà pari all'energia accumulata e rilasciata dal PCM, è proporzionale alla massa dell'elemento.

Il corretto funzionamento di un elemento costruttivo con materiale a cambiamento di fase dipende anche dalla sua collocazione all'interno dell'edificio: una parete in rapporto diretto con l'esterno dovrà avere caratteristiche diverse da una parete divisoria interna.

In generale si può affermare quanto segue.

Parete verso l'esterno: il risparmio energetico aumenta se cresce il prodotto pH_m (dove H_m è il calore di fusione del materiale e p è la densità); il comportamento della parete migliora aumentando il calore di fusione H_m o diminuendo la conduttività termica del materiale; per ottimizzare il comportamento della parete è necessario scegliere adeguatamente la temperatura di fusione.

Pareti interne: con riferimento alle condizioni climatiche esterne, se con una data configurazione si viene a completare tutto il ciclo di fusione-solidificazione, è possibile migliorare il comportamento della parete aumentando il



calore di fusione, che corrisponde quindi a consentire l'accumulo di una quantità maggiore di calore (aumento della quantità di PCM o sostituzione del PCM con uno avente maggiore calore latente di fusione).

Nel caso in cui in una data configurazione non si riesca ad attivare la completa liquefazione

del materiale, l'unico modo per ottimizzare il funzionamento della parete è cambiare il PCM, in particolare cambiando la conduttività termica e la temperatura di fusione in base alle condizioni al contorno.

Angelo Deldossi
ingegnere e costruttore
(fine)

Gli specialisti nelle demolizioni.



Esperienza, competenza tecnica e un'ampia flotta di mezzi permettono di pianificare ogni tipologia di demolizione civile, industriale o chirurgica ad altezze anche superiori ai 40 metri, garantendo recupero, trasporto, smaltimento, riciclaggio dei materiali e abbattimento della polverosità con opportune nebulizzazioni d'acqua, nel massimo rispetto dell'ambiente.

CORBAT DEMOLIZIONI



CORBAT S.p.A.



Via Don Lorenzo Milani, 58/60 • 25020 Flero (Bs) • Tel. 030 254 0081 / 264 0483 • Fax 030 254 0082
info@corbat.it • www.corbat.it