



Le proprietà dei materiali edilizi per i calcoli termici ed energetici

Parte prima: caratteristiche termofisiche dei materiali da costruzione.

Giuseppe Emmi (*), Valentina Raisa (**), Roberto Zecchin (*)

(*) Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Padova

(**) R & D ALDESITALIA, Modena

Le norme che verranno presentate nelle due parti di questo articolo (la seconda parte sarà pubblicata nella prossima newsletter) sono particolarmente importanti per lo svolgimento dei calcoli delle dispersioni termiche e per le analisi energetiche degli edifici.

Valori delle proprietà termofisiche dei materiali da costruzione sono correntemente riportati in manuali, pubblicazioni tecniche, banche dati dei codici di calcolo, ma frequentemente essi non sono sufficientemente attendibili o univocamente associabili ai prodotti esistenti sul mercato.

È invece essenziale identificare correttamente i dati da porre a base dei calcoli affinché questi possano porgere risultati coerenti con la realtà fisica dei fenomeni.

Si presentano sostanzialmente due diverse situazioni, per quanto riguarda le caratteristiche termoigrometriche degli elementi costituenti l'involucro edilizio: utilizzo di materiali omogenei, ed in questo caso il problema principale è la scelta appropriata del valore di conduttività termica, oppure impiego di strutture complesse, per le quali si parla di resistenza termica dell'elemento.

A questo punto si può osservare che la normativa tecnica di settore si manifesta su due fronti differenti proponendo, per lo stesso tema, norme diverse che in parte si sovrappongono ed in parte si differenziano.

Esistono attualmente sei norme, accoppiate a due a due, che trattano i seguenti temi:

- caratteristiche dei materiali da costruzione: UNI 10351 [a] ed UNI EN ISO 10456 [b];
- murature e solai: UNI 10355 [c] ed UNI EN 1745 [d];
- ponti termici in edilizia: UNI EN ISO 10211-1 [e], -2 [f] e UNI EN ISO 14683 [g].

Sono pertanto contemporaneamente vigenti norme nazionali e norme europee, le seconde delle quali più recenti. Tuttavia le norme nazionali non sono state ritirate e in un caso specifico, quello della UNI 10351, è stato attivato un lavoro di revisione che dovrà tener conto della più recente normativa comunitaria.

Immediatamente accade, per esempio, per un'altra norma del settore, la UNI 10339, che riguarda gli impianti aerulici, alla quale uno specifico gruppo di lavoro Aicarr sta lavorando per adeguarla ai contenuti della EN 13779, norma, quest'ultima, di supporto alla EPBD, così come quelle trattate in questa sede.

Tuttavia, considerando che le nuove norme europee sulle proprietà termofisiche dei materiali da costruzione sono, oltre che copiose (basta utilizzare il motore di ricerca del sito UNI per accorgersi di questo fatto), molto dettagliate, ci si aspetta che il lavoro di revisione della UNI 10351 sia notevolmente complesso. Ecco perché molti operatori del settore caldeggiavano un ritiro delle norme italiane in favore dell'utilizzo di quelle europee.

In questa parte dell'articolo vengono descritte e comparate tra loro le norme che riguardano le **proprietà dei materiali da costruzione**, specificamente la UNI 10351 e la UNI EN ISO 10456.

La seconda parte dell'articolo, oggetto di una successiva pubblicazione, completerà la trattazione illustrando le norme che riguardano manufatti e strutture in muratura.

In un ulteriore lavoro sarà esposta la trattazione relativa ai ponti termici.

1. I contenuti delle norme riguardanti le caratteristiche termofisiche dei materiali da costruzione

1.1 La norma UNI 10351

La prima delle norme sopra citate (UNI 10351) risale al 1994. Essa riporta i valori di conduttività termica e di permeabilità al vapore dei materiali da costruzione.

Tale norma fu pubblicata a supporto della UNI 10344 [h] e riprende i valori di conduttività termica riportati nel FA 101 della UNI 7357-74 [i] (ora ritirata), integrandoli con quelli di permeabilità al vapore.

È importante osservare che la norma stessa afferma che i valori in essa riportati sono da utilizzarsi qualora non esistano norme specifiche per i materiali considerati.

La UNI 10351 richiama il fatto che la conduttività termica definisce univocamente l'attitudine di un materiale omogeneo e isotropo a trasmettere il calore quando lo scambio avviene solo per conduzione. Nei materiali cellulari, granulari, fibrosi e porosi di bassa massa volumica, a causa della coesistenza di scambi per radiazione e, talvolta, per convezione, questa

definizione non può essere rigorosamente applicata. Per questi materiali nella norma viene introdotto il concetto di *conduttività termica apparente* ⁽¹⁾.

Vengono forniti anche i valori di *permeabilità al vapore* ⁽²⁾; questi ultimi fanno riferimento a modalità di prova a temperatura costante.

Per alcuni materiali non viene fornito un valore univoco di permeabilità bensì un intervallo di valori; in questo caso, ai fini di una maggiore sicurezza, viene consigliato di scegliere i valori più elevati per i materiali disposti sul lato freddo della parete e viceversa per i materiali disposti sul lato caldo.

Il prospetto delle caratteristiche termofisiche dei materiali riporta i seguenti dati:

- massa volumica ρ del materiale secco;
- permeabilità al vapore δ_a e δ_u ;
- conduttività indicativa di riferimento λ_m ;
- maggiorazione percentuale m ;
- conduttività utile di calcolo λ .

I due valori di permeabilità al vapore δ_a e δ_u si riferiscono a condizioni di campo asciutto e di campo umido ⁽³⁾.

Il valore da considerare sarà naturalmente quello che più si avvicina alle condizioni reali di esercizio del materiale. È bene tener presente che per eseguire la verifica igrometrica secondo il metodo di Glaser è necessario in ogni caso utilizzare il valore di permeabilità riferito al campo asciutto.

La conduttività indicativa di riferimento è relativa alla conduttività apparente, già definita, misurata o misurabile in laboratorio su campioni aventi spessore maggiore di 10 cm, alla temperatura media di 293 K, con apparecchiature e metodi specifici.

I valori numerici riportati definiscono, per i diversi materiali, il limite superiore della conduttività apparente misurata o misurabile nelle condizioni di riferimento descritte.

La maggiorazione percentuale m è introdotta per tener conto delle effettive condizioni medie di esercizio, del contenuto di umidità, dell'invecchiamento, del costipamento dei materiali sfusi, dell'effetto della manipolazione nell'installazione e della tolleranza sullo spessore. Ciò di cui non tiene conto tale termine è la tolleranza sulle masse volumiche nominali.

Il valore della conduttività utile di calcolo è ricavato dal valore della conduttività indicativa di riferimento maggiorato secondo il termine m . Si riporta in fig. 1 un estratto di una tabella tipo.

<i>(seguito del prospetto)</i>														
Materiale	ρ (kg/m ³)	$\delta_a \cdot 10^{12}$ (kg/msPa)	$\delta_u \cdot 10^{12}$ (kg/msPa)	λ_m (W/mK)	m %	λ (W/mK)								
Calcestruzzo														
a) a struttura chiusa²⁾:														
— calcestruzzo confezionato con aggregati naturali (valori di calcolo per pareti esterne e interne protette; per pareti esterne non protette assumere $m = 25\%$) ³⁾	2 000 2 200 2 400	1,3 a 2,6	1,8 a 4	1,01 1,29 1,66	15	1,16 1,48 1,91								
— calcestruzzo di argille espanse (conduttività di riferimento relativa a materiale secco); valori di calcolo per pareti interne o protette con umidità del 4%; per pareti esterne con umidità 6% assumere $m = 30\%$; per pareti di scantinati con 8% di umidità assumere $m = 45\%$; per sottofondi non aerati assumere $m = 100\%$) ³⁾	1 000 1 100 1 200 1 300 1 400 1 500 1 600 1 700			1,3 a 2,6		1,8 a 4	0,25 0,29 0,33 0,37 0,42 0,47 0,54 0,63	20	0,31 0,35 0,39 0,44 0,50 0,57 0,65 0,75					
b) a struttura aperta²⁾:														
— calcestruzzo di argille espanse (conduttività di riferimento relativa a materiale secco); valori di calcolo per pareti interne o protette con umidità del 4%; per pareti esterne con umidità 6% assumere $m = 30\%$; per pareti di scantinati con 8% di umidità assumere $m = 45\%$; per sottofondi non aerati assumere $m = 100\%$) ³⁾	500 600 700 800 900 1 000	18 a 36	= 60		0,14 0,16 0,18 0,20 0,22 0,25		20		0,16 0,18 0,21 0,24 0,27 0,31					
— calcestruzzo cellulare da autoclave (valori di calcolo per pareti interne o esterne protette con umidità dal 4 al 5%; per pareti esterne con umidità dal 6 al 7% assumere $m = 40\%$; per pareti di scantinati con umidità dall'8 al 10% assumere $m > 50\%$) ³⁾ (per calcestruzzi espansi in situ maggiorare i dati dei calcestruzzi da autoclave del 10%)	400 500 600 700 800				18 a 36				40 a 60	0,12 0,14 0,15 0,17 0,20	25	0,15 0,17 0,19 0,22 0,25		
— calcestruzzo di inerti espansi di origine vulcanica (valori orientativi di calcolo per pareti interne o esterne protette)	1 000 1 200 1 400												0,38 0,47 0,58	

(segue prospetto)

Fig. 1 - Esempio di tabulazione delle proprietà dei materiali (dal prospetto di UNI 10351).

1.2 La norma UNI EN ISO 10456

La UNI EN ISO 10456, che è datata maggio 2008 ed è la versione italiana della norma europea EN ISO 10456 del 2007, è la norma più recente in termini cronologici.

Esisteva una precedente versione della UNI EN ISO 10456 del 2001 che a sua volta era la versione italiana della norma EN ISO 10456 del dicembre 1999, il cui testo era stato elaborato dal Comitato Tecnico ISO/TC 163 in collaborazione con il Comitato Tecnico CEN/TC 89.

La norma UNI EN ISO 10456:2008, diversamente dalla UNI 10351, che propone una serie molto ampia di dati di progetto direttamente utilizzabili ai fini dei calcoli energetici, si limita a specificare i metodi per la determinazione dei valori termici "dichiarati" ⁽⁴⁾ e "di progetto" per materiali e prodotti per l'edilizia termicamente omogenei. Fornisce inoltre i procedimenti per convertire i valori ottenuti per un insieme di condizioni in quelli relativi ad un altro insieme. Questi procedimenti sono validi per temperature ambiente di progetto comprese tra -30°C e +60°C e riguardano temperatura e umidità. Tali coefficienti sono validi per temperature medie tra 0°C e 30°C.

La norma fornisce inoltre una ristretta gamma di valori di progetto tabulati che possono essere utilizzati nei calcoli di

trasmissione di calore e umidità per materiali termicamente omogenei e prodotti comunemente utilizzati nella costruzione degli edifici; è da notare che i valori di progetto proposti non comprendono i materiali isolanti termici: per tale categoria, pur non essendo presenti dei valori di progetto, vengono forniti tutti i coefficienti correttivi per considerare condizioni del materiale diverse rispetto a quelle di misura o di riferimento. In sostanza viene fornita la metodologia per ricavare i valori dichiarati e di progetto, a partire da valori misurati, facendo riferimento anche alle norme specifiche di prodotto (per esempio quelle della serie EN 1316...).

Una nota rimanda inoltre alla consultazione della UNI EN 1745, che sarà oggetto della seconda parte di questo articolo, al fine di individuare informazioni sulla conducibilità termica di "masonry units" (elementi di muratura) allo stato secco.

È interessante notare che questa versione della norma, diversamente dall'edizione precedente del 2001, ingloba dati che erano contenuti in un'altra norma recentemente ritirata, ossia la UNI EN 12524 [j] del settembre 2001 che riguardava le proprietà igrometriche di materiali e prodotti per l'edilizia; essa proponeva valori tabulati di progetto che comprendevano alcuni dati ricavati dalla UNI EN ISO 10456 nella versione del 2001.

La UNI EN ISO 10456 è richiamata dalla UNI EN ISO 6946 [k] del 2007, versione aggiornata di quella del 1999, riguardante il metodo per il calcolo della resistenza termica e della trasmittanza termica dei componenti e degli elementi per edilizia (escluse le porte, le finestre e le altre parti vetrate, i componenti che implicano uno scambio termico con il terreno ed i componenti percorsi dall'aria di ventilazione), norma essenziale per il calcolo delle dispersioni termiche e delle valutazioni energetiche in edilizia.

Nella UNI EN ISO 10456, quando si parla di *materiale* si intende il componente di un prodotto indipendentemente da come si presenta, dalla geometria e dimensioni, senza rivestimenti e finiture.

Il *prodotto* è il manufatto pronto all'uso costituito da un materiale avente una propria geometria e dimensioni date, compresi eventuali rivestimenti e finiture.

Nella norma è definito il *valore termico dichiarato* per un definito *frattile* ⁽⁵⁾ e *livello di confidenza* ⁽⁶⁾, in relazione ad una ragionevole durata prevista in condizioni di esercizio normali, desumibile da valori misurati; la "ragionevole durata" è suggerita come non inferiore al 50% della vita utile, solitamente assunta pari a 50 anni.

I valori misurati devono essere ricavati secondo i seguenti metodi specificati dalla norma o secondo metodi nazionali equivalenti: piastra calda con anello di guardia (secondo ISO 8302 [l]), termoflussimetro (secondo ISO 8301 [m]) o camera calda (secondo ISO 8990 [n]).

Il valore dichiarato della proprietà termica del materiale deve essere riferito a particolari condizioni [fig. 2] ed è determinato in base alle misurazioni eseguite secondo i metodi sopra citati. Nel caso in cui il valore misurato non sia stato ottenuto in una delle particolari condizioni di riferimento richieste, è necessario utilizzare opportuni coefficienti correttivi per ricondursi ad uno dei due insiemi di condizioni di riferimento riportati nella norma.

Le condizioni in cui vengono svolte le prove comprendono le seguenti informazioni: spessore e massa volumica misurate per l'identificazione, temperatura media e contenuto di umidità durante la prova. Nel caso di materiali invecchiati è necessario indicare l'età del provino o le procedure di invecchiamento effettuate prima della prova, che è consigliato effettuare ad una temperatura media tale che l'introduzione dei coefficienti correttivi relativi alla temperatura non comporti variazioni superiori al 2%, sui valori misurati, per ricavare i valori dichiarati.

Il calcolo dei valori di progetto può essere effettuato a partire da valori misurati, da valori termici dichiarati o da valori tabulati.

I valori misurati possono essere ottenuti con uno dei metodi sopra citati o facendo uso di una correlazione che coinvolge una proprietà caratteristica del materiale, quale ad esempio la massa volumica; riguardo a quest'ultima possibilità la norma non porge nessuna ulteriore indicazione.

Dai valori termici dichiarati, mediante l'introduzione di opportuni coefficienti, è possibile ricavare quelli di progetto utilizzati ai fini dei calcoli termici ed energetici. Questi ultimi sono riferiti a specifiche condizioni di utilizzo e vengono considerati come tipici del materiale o del prodotto quando viene incorporato in un componente per l'edilizia. I coefficienti correttivi da utilizzare ai fini del calcolo dei valori di progetto di un materiale considerano le diverse condizioni di umidità, temperatura ed invecchiamento, rispetto alle condizioni di definizione o misura dei valori dichiarati.

Di seguito vengono riportate le formule da utilizzare per il calcolo delle proprietà termiche del materiale in diverse condizioni ed i relativi coefficienti correttivi da introdurre.

Proprietà	Insiemi di condizioni			
	I (10 °C)		II (23 °C)	
	a	b	a	b
Temperatura di riferimento	10 °C	10 °C	23 °C	23 °C
Umidità	u_{secco}	$u_{23,50}$	u_{secco}	$u_{23,50}$
Invecchiamento	invecchiato	invecchiato	invecchiato	invecchiato
u_{secco} è un basso contenuto di umidità ottenuto mediante essiccamento. $u_{23,50}$ è il contenuto di umidità all'equilibrio con aria a 23 °C ed umidità relativa del 50%.				

Fig. 2 - Condizioni per il valore dichiarato (da prosp. 2 di UNI EN ISO 10456:2001 uguale, ma in inglese, nella tab. 1 della UNI EN ISO 10456:2008).

La conversione dei valori, di conduttività o resistenza termica, da un insieme di condizioni (λ_1, R_1) ad un'altra serie di condizioni (λ_2, R_2) avviene mediante le seguenti espressioni:

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a \quad (1)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{F_T \cdot F_m \cdot F_a} \quad (2)$$

dove:

F_T fattore di conversione per la temperatura

F_m fattore di conversione per l'umidità

F_a fattore di conversione per invecchiamento del materiale considerato

I coefficienti di conversione da utilizzare sono quelli ricavabili dalle tabelle riportate nelle appendici della norma. Nel caso si abbiano a disposizione dei coefficienti di conversione derivanti da valori misurati, secondo i metodi di prova, questi possono essere utilizzati in sostituzione dei precedenti.

I fattori correttivi per temperatura e umidità si ricavano secondo le relazioni seguenti:

$$F_T = e^{f_T(T_2-T_1)} \quad (3)$$

dove:

f_T coefficiente di conversione per la temperatura

T_1 temperatura del primo insieme di condizioni

T_2 temperatura del secondo insieme di condizioni

Nel caso del fattore correttivo riguardante il contenuto di umidità, è fatta una distinzione a seconda che il contenuto di umidità sia dato sotto forma di rapporto "massa su massa" oppure "volume su volume". Le relazioni da utilizzare sono le seguenti:

$$F_m = e^{f_u(u_2-u_1)} \quad (4)$$

dove:

f_u coefficiente di conversione per il contenuto di umidità massa su massa

u_1 contenuto di umidità massa su massa del primo insieme di condizioni

u_2 contenuto di umidità massa su massa del secondo insieme di condizioni

$$F_m = e^{f_\psi(\psi_2-\psi_1)} \quad (5)$$

dove:

f_ψ coefficiente di conversione per il contenuto di umidità volume su volume

ψ_1 contenuto di umidità volume su volume del primo insieme di condizioni

ψ_2 contenuto di umidità volume su volume del secondo insieme di condizioni

L'invecchiamento del materiale andrebbe valutato mediante un fattore F_a dipendente dal tipo di materiale, di rivestimento, di struttura, di agente espandente, da temperatura e spessore del materiale. Non è tuttavia necessaria alcuna conversione quando conduttività o resistenza misurate tengono già conto degli effetti dell'invecchiamento. Nella norma in questione non sono quindi esplicitamente presenti coefficienti di conversione che tengano conto dell'effetto dell'invecchiamento. L'assenza di tali coefficienti correttivi è motivata dal fatto che generalmente non esistono correlazioni semplici che descrivano l'invecchiamento nel tempo di un materiale. È per questo motivo che, ad esempio, in tale ambito, la normativa di prodotto relativa ai poliuretani (UNI EN 13165:2006 [o] che costituisce il recepimento della EN 13165:2001, ma che peraltro attualmente è già in fase di revisione), propone un metodo di prova che prevede un invecchiamento accelerato dei provini. Un eventuale fattore correttivo che tenga conto dell'invecchiamento del materiale può essere utilizzato nel caso in cui la sua definizione derivi dall'analisi teorica di modelli validati sperimentalmente, di cui tuttavia la norma non riporta alcun tipo di indicazione o riferimento. Nel caso in cui venga impiegato un fattore di invecchiamento esso deve consentire un calcolo del valore della proprietà termica dopo un invecchiamento corrispondente ad un periodo di tempo non minore della metà del tempo di vita utile di esercizio del prodotto nell'applicazione prevista. In tale ambito poca importanza avrebbe comunque la valutazione del degrado delle proprietà termiche di materiali da costruzione quali ad esempio i laterizi, vista la scarsa influenza dell'invecchiamento sulle loro caratteristiche termiche. Per questi materiali, utilizzati nella realizzazione di murature e manufatti, le proprietà termiche risultano scarsamente influenzate da fenomeni di invecchiamento.

Nell'attuale versione della norma è stato introdotto anche un metodo per la valutazione del fenomeno della convezione naturale nei materiali isolanti a struttura cellulare aperta. Le formule proposte permettono il calcolo di un parametro da confrontare poi con dei valori limite riportati nella norma.

Essa, oltre a precisare i concetti sopra esposti, propone tre tabelle, che contengono tipici valori di progetto da utilizzare nei calcoli di trasmissione di calore e vapore in assenza di specifiche informazioni riguardanti il prodotto.

La norma sottolinea infatti che qualora siano disponibili dati certificati dal produttore, essi dovrebbero essere utilizzati preferendoli a quelli contenuti nelle tabelle.

In particolare, la tab. 3 [fig. 3] contiene valori termici per materiali "in general building applications" (per applicazioni edilizie in generale).

I parametri esposti nella tabella riguardano:

- massa volumica ρ del materiale secco;
- conduttività utile di calcolo λ ;
- capacità termica specifica (specific heat capacity) c_p ;
- fattore di resistenza al vapore μ (due valori: "dry" e "wet").

È da notare che la versione precedente della norma non conteneva questa tabella, che invece corrisponde al prospetto 1 della ritirata UNI EN 12524.

Material group or application		Density ρ kg/m ³	Design thermal conductivity λ W/(m·K)	Specific heat capacity c_p J/(kg·K)	Water vapour resistance factor	
					dry	wet
Stone	Natural, crystalline rock	2 800	3,5	1 000	10 000	10 000
	Natural, sedimentary rock	2 600	2,3	1 000	250	200
	Natural, sedimentary rock, light	1 500	0,85	1 000	30	20
	Natural, porous, e.g. lava	1 600	0,55	1 000	20	15
	Basalt	2 700 – 3 000	3,5	1 000	10 000	10 000
	Gneiss	2 400 – 2 700	3,5	1 000	10 000	10 000
	Granite	2 500 – 2 700	2,8	1 000	10 000	10 000
	Marble	2 800	3,5	1 000	10 000	10 000
	Slate	2 000 – 2 800	2,2	1 000	1000	800
	Limestone, extra soft	1 600	0,85	1 000	30	20
	Limestone, soft	1 800	1,1	1 000	40	25
	Limestone, semi-hard	2 000	1,4	1 000	50	40
	Limestone, hard	2 200	1,7	1 000	200	150
	Limestone, extra hard	2 600	2,3	1 000	250	200
	Sandstone (silica)	2 600	2,3	1 000	40	30
	Natural pumice	400	0,12	1 000	8	6
	Artificial stone	1 750	1,3	1 000	50	40
	Tiles (roofing)	Clay	2 000	1,0	800	40
Concrete		2 100	1,5	1 000	100	60
Tiles (other)	Ceramic/porcelain	2 300	1,3	840		∞
	Plastic	1 000	0,20	1 000	10 000	10 000

Fig. 3 - Estratto dalla tab. 3 della UNI EN ISO 10456:2008. Valori termici di progetto per materiali di uso comune in edilizia.

I fattori di conversione per il contenuto di umidità si possono invece individuare nella tab. 4 [fig. 4], la cui struttura è pressoché identica a quella del prospetto 2 della ritirata norma UNI EN 12524. Essa riguarda proprietà igrometriche e capacità termica specifica dei materiali di isolamento termico e dei materiali per murature.

Si può notare che sono proposti valori di contenuto di umidità di diversi materiali a seconda di due diversi valori di umidità relativa alla temperatura di 23°C. Questa modalità è più precisa rispetto a quella identificata dai valori tabulati della precedente versione della norma.

I parametri esposti in tale tabella riguardano:

- massa volumica ρ del materiale secco;
- contenuto di umidità ("moisture content" per due differenti valori di umidità relativa di equilibrio, 50% e 80%, alla temperatura di 23°C);
- coefficiente di conversione del contenuto di umidità;
- due valori del *fattore di resistenza al vapore* μ ⁽⁷⁾, rispettivamente per il campo secco ("dry") e il campo umido ("wet");
- calore specifico c_p .

Material	Density ρ kg/m ³	Moisture content at 23 °C, 50 % RH ^a		Moisture content at 23 °C, 80 % RH ^a		Moisture conversion coefficient ^b				Water vapour resistance factor μ		Specific heat capacity c_p J/(kg K)
		u kg/kg	v m ³ /m ³	u kg/kg	v m ³ /m ³	Moisture content u kg/kg	f_u	Moisture content v m ³ /m ³	f_v	dry	wet	
Calcium silicate	900 – 2 200		0,012		0,024			0 to 0,25	10	20	15	1 000
Concrete with no other aggregate than pumice	500 – 1 300		0,02		0,035			0 to 0,25	4	50	40	1 000
Dense aggregate concrete and manufactured stone	1 600 – 2 400		0,025		0,04			0 to 0,25	4	150	120	1 000
Concrete with polystyrene aggregates	500 – 800		0,015		0,025			0 to 0,25	5	120	60	1 000
Concrete with no other aggregate than expanded clay	400 – 700	0,02		0,03		0 to 0,25	2,6			6	4	1 000
Concrete with expanded clay as predominant aggregate	800 – 1 700	0,02		0,03		0 to 0,25	4			8	6	1 000
Concrete with more than 70 % expanded blast-furnace slag aggregate	1 100 – 1 700	0,02		0,04		0 to 0,25	4			30	20	1 000
Concrete with the predominant aggregate derived from pyroprocessed colliery material	1 100 – 1 500	0,02		0,04		0 to 0,25	4		15		10	1 000
Autoclaved aerated concrete	300 – 1 000	0,026		0,045		0 to 0,25	4			10	6	1 000

Fig. 4 - Estratto dalla tab. 4 della UNI EN ISO 10456:2008. Proprietà igrometriche e capacità termica specifica dei materiali di isolamento termico e dei materiali per murature.

Nelle Appendici sono proposti numerosi altri dati. In appendice A, in particolare, sono riportate 15 tabelle dalle quali si possono ricavare, per altrettanti diversi materiali, i valori dei coefficienti di conversione per la temperatura.

L'appendice B riporta alcuni esempi che illustrano le procedure per derivare valori dichiarati o di progetto dai dati disponibili, mentre l'appendice C riporta alcuni calcoli di tipo statistico relativi al calcolo dei frattili e della conversione tra valori medi e frattili.

In sostanza la nuova versione della UNI EN ISO 10456 è decisamente più dettagliata rispetto alla versione del 2001 ed ingloba i contenuti della citata UNI EN 12524, recentemente ritirata.

Conclusioni

L'analisi effettuata ha permesso di individuare la presenza di norme nazionali di vecchia data e di nuove norme europee di recente emanazione riguardanti le caratteristiche termofisiche dei materiali da costruzione.

Non vi è dubbio nell'affermare che le nuove norme europee sono copiose, dettagliate ed aggiornate.

Per quanto riguarda le proprietà termoigrometriche e l'individuazione dei valori termici dichiarati e di progetto deve essere chiaro che il principale riferimento è la norma UNI EN ISO 10456 nella nuova versione del 2008. Essa richiede l'utilizzo di specifici dati che dovrebbero essere ottenuti e certificati dai produttori utilizzando le opportune norme di prodotto, queste ultime anch'esse di recente emanazione e sempre più aggiornate. Questo testimonia come la normativa di settore stia diventando sempre più precisa e debba senza dubbio costituire un riferimento ed un vincolo non solo per le fasi di progettazione, ma anche per la redazione di voci di capitolato e le successive fasi di realizzazione degli edifici.

L'impiego della norma UNI 10351 può risultare utile qualora non sia possibile reperire dati certificati sulle proprietà dei materiali da costruzione, come nel caso della certificazione di edifici esistenti.

Bibliografia

- UNI 10351:1994, "Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore"
- UNI EN ISO 10456:2008, "Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto"
- UNI 10355:1994, "Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo"
- UNI EN 1745:2005, "Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare i valori termici di progetto"
- UNI EN ISO 10211-1:1998, "Ponti termici in edilizia - Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali - Parte 1: Metodi generali"
- UNI EN ISO 10211-2:2001, "Ponti termici in edilizia - Calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali - Ponti termici lineari"
- UNI EN ISO 14683:2001, "Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento"
- UNI 10344:1993, "Riscaldamento degli edifici. Calcolo del fabbisogno di energia."
- UNI 7357:1974/A101:1983 "Foglio di aggiornamento n. 2 alla UNI 7357 (dic. 1974). Calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento di edifici"
- UNI EN 12524:2001, "Materiali e prodotti per edilizia - Proprietà igrometriche - Valori tabulati di progetto"
- UNI EN ISO 6946:2007, "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo"
- ISO 8302:1991, "Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Guarded hot plate apparatus"
- ISO 8301:1991, "Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Heat flow meter apparatus"

- n. ISO 8990:1994, "Thermal insulation - Determination of steady-state thermal transmission properties - Calibrated and guarded hot box"
- o. UNI EN 13165:2006, "Isolanti termici per edilizia - Prodotti di poliuretano espanso rigido (PUR) ottenuti in fabbrica - Specificazione"

Note

Si riportano le definizioni di alcune grandezze fisiche e parametri inerenti agli argomenti trattati.

(1) Conduttività termica apparente

È una grandezza definita per i materiali granulari, fibrosi e porosi generalmente di bassa massa volumica. Il valore di conduttività termica misurato per ogni materiale di questo tipo non è univoco in quanto dipende dallo spessore e dal gradiente termico. I valori ottenuti dalle prove aumentano all'aumentare degli spessori e aumentano con il gradiente di temperatura. A rigore non si dovrebbe quindi definire la conduttività del materiale, ma solo la resistenza termica, o la conduttanza termica specifica del manufatto in assegnate condizioni di esercizio. Tuttavia, poiché nelle strutture edilizie si ha una ristretta gamma di condizioni di esercizio, e poiché in assenza di convezione la conduttività misurata tende ad un valore costante al crescere dello spessore, si definisce "conduttività apparente" quella relativa ad elementi aventi uno spessore maggiore di 10 cm.

Il valore di tale grandezza rappresenta la conduttività termica di un materiale omogeneo ed isotropo che, sottoposto alle stesse condizioni di gradiente termico, darebbe luogo allo stesso flusso termico specifico.

(2) Permeabilità al vapore

Il valore di permeabilità al vapore è definito rispetto alla pressione parziale del vapore e la sua unità di misura è kg/(m²sPa). Per eventuali approfondimenti si veda la norma UNI EN ISO 9346:2000.

(3) Campo asciutto e campo umido relativi al valore di permeabilità al vapore

Per permeabilità in campo asciutto si intende il valore determinato in condizioni di umidità relativa compresa tra lo 0 e il 50% mentre nel caso di campo umido l'umidità è compresa tra il 50 e il 95%.

(4) Valore termico dichiarato

Valore atteso di una proprietà termica di un materiale o di un prodotto per l'edilizia.

(5) Frattile di una distribuzione

Per frattile "p" di una distribuzione, si intende il valore caratteristico al di sotto del quale si trovano il p% dei valori della distribuzione considerata.

(6) Livello di confidenza

Il livello di confidenza è la probabilità che l'effettivo valore incognito del parametro appartenga all'intervallo considerato. Nel caso della conduttività termica, l'intervallo di confidenza è applicato alla media della popolazione esaminata (vedi esempio in Appendice B della UNI EN ISO 10456:2001). Per eventuali approfondimenti sul concetto di livello di confidenza si veda il prospetto 3 della norma ISO 3207:1975.

(7) Fattore di resistenza al vapore (μ)

È il rapporto tra la permeabilità al vapore d'acqua dell'aria e quella del materiale considerato. Per confrontare la resistenza alla diffusione di due elementi da costruzione, è necessario moltiplicare il fattore μ dei materiali considerati per lo spessore dell'elemento rispettivo: più alto è il prodotto, maggiore è la resistenza alla diffusione.