



Consorzio POROTON® Italia

Via Gobetti 9 - 37138 VERONA

Tel 045.572697 Fax 045.572430

www.poroton.it - info@poroton.it

News - Termica

11 dicembre 2008

Le proprietà dei materiali edilizi per i calcoli termici ed energetici

Parte seconda: caratteristiche termofisiche delle murature.

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

(*) Dipartimento di Fisica Tecnica, Università di Padova

(**) R & D ALDESITALIA, Modena

Questo articolo costituisce il completamento di quello pubblicato nella newsletter POROTON® n. 58 (Ottobre 2008) relativo alle caratteristiche termofisiche dei materiali da costruzione e riguarda le murature intese come manufatti costituiti appunto da quei materiali.

Anche in questo caso il riferimento alla normativa di settore è particolarmente importante, considerata la complessità e la numerosità delle soluzioni tipologiche e tecnologiche presenti sul mercato.

1. Le proprietà termiche delle murature nel contesto delle normative europee di prodotto

Nella prima parte dell'articolo è stato citato in premessa il fatto che, nel settore di cui si tratta, parallelamente alle norme italiane ne esistono di corrispondenti europee: entrambe sono vigenti, ma i loro contenuti a volte sono differenti e contrastanti.

Si precisa che una "**norma armonizzata**" è una specifica tecnica adottata da un organismo di normazione europeo (CEN, CENELEC, ETSI), sulla base di un mandato della Commissione CE, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Comunità Europea.

Quindi, per il produttore, rispettare una norma armonizzata per la fabbricazione di un certo prodotto vuol dire godere della presunzione di conformità ai requisiti essenziali di sicurezza; conseguentemente il suo prodotto può liberamente circolare nella Comunità.

Le norme armonizzate elaborate dal CEN, identificate con la **sigla "EN"**, devono essere obbligatoriamente recepite e pubblicate sulle Gazzette Ufficiali degli Stati Membri con lo scopo di uniformare la normativa tecnica in tutta la Comunità Europea e, nel caso dell'Italia, la sigla di riferimento diventa UNI EN.

La redazione di norme europee armonizzate e la **marcatrice CE**, rientrano nell'ambito della Direttiva 89/106/CE [a].

Il marchio CE è stato introdotto dalla Comunità Europea come strumento di ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri nell'ambito dei prodotti da costruzione. La presenza di tale marchio garantisce la conformità del prodotto a determinati requisiti essenziali, nonché la libera circolazione all'interno del mercato dell'Unione Europea.

All'atto della pubblicazione della Direttiva era prevista la successiva stesura di una serie di norme armonizzate, successivamente pubblicate, la cui elaborazione ha come finalità la realizzazione di prodotti che rispecchino determinati requisiti di sicurezza delle opere, salute, durabilità, risparmio energetico, tutela dell'ambiente ed altri aspetti importanti per il pubblico interesse.

In Italia la Direttiva è stata recepita con il D.P.R. 21/04/1993 n. 246 [b]. Il Ministero delle Attività Produttive con il Decreto del 15/05/2006 [c] ha pubblicato nella G.U. della Repubblica italiana la lista delle norme nazionali di riferimento, riportando anche l'indicazione delle corrispondenti norme europee armonizzate, già in precedenza pubblicate nella G.U. dell'Unione Europea n. 319 del 14/12/2005.

I requisiti prestazionali che un elemento per muratura deve possedere, sono fissati quindi da opportune norme, specificamente quelle della serie UNI EN 771, divisa in sei parti il cui elenco è riportato in tab. 1.

Tab. 1 - Elenco delle norme di prodotto serie EN 771.

Norma EN	Titolo	Norma UNI
EN 771-1	Specifica per elementi per muratura Parte 1: Elementi per muratura di laterizio	UNI EN 771-1:2005
EN 771-2	Specifica per elementi per muratura Parte 2: Elementi di muratura di silicato di calcio	UNI EN 771-2:2005
EN 771-3	Specifica per elementi per muratura Parte 3: Elementi per muratura di calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri)	UNI EN 771-3:2005
EN 771-4	Specifica per elementi per muratura Parte 4: Elementi di muratura di calcestruzzo aerato autoclavato	UNI EN 771-4:2005
EN 771-5	Specifica per elementi per muratura Parte 5: Elementi per muratura di pietra agglomerata	UNI EN 771-5:2005
EN 771-6	Specifica per elementi di muratura Parte 6: Elementi di muratura di pietra naturale	UNI EN 771-6:2006

Ciascuna di queste parti tratta elementi realizzati con differenti tipi di materiali.

La UNI EN 771-1:2005 riguarda gli elementi per muratura di laterizio e costituisce il recepimento nazionale della EN 771-1:2003. Essa definisce, per esempio, le prestazioni relative a tolleranze dimensionali, resistenza, massa volumica, da misurare tramite appropriati metodi di prova, illustrati in apposite norme europee.

Nel caso in cui, per l'utilizzo cui è destinato il prodotto, sia rilevante la sua prestazione termica, la UNI EN 771-1 indica la EN 1745 [d] come norma di riferimento per la valutazione di tale proprietà caratteristica.

Recentemente il D.Lgs. 192/05 [e] ha abrogato l'art. 1 del D.M. 6/8/1994 [f] che recepiva la UNI 10351 [g] per i valori di conduttività termica dei materiali e la UNI 10355 [h] per il calcolo della resistenza termica di murature e solai. Ancorché tali norme risultino citate nell'Allegato M del D.Lgs. 311/06 [i], ma solo nella sezione riguardante le banche dati, queste norme sarebbero da ritenersi superate, seppur ancora vigenti, e appare più idoneo l'utilizzo delle più recenti UNI EN 10456 [j] e UNI EN 1745 la quale, a sua volta, richiama procedimenti di calcolo codificati dalla UNI EN ISO 6946 [k], posteriore alle citate UNI 10351 e UNI 10355.

Da un confronto immediato tra le due norme in oggetto (EN 1745 e UNI 10355) non emerge una chiara tendenza a sottostimare o sovrastimare (una rispetto all'altra) i valori delle resistenze termiche dei vari tipi di muratura: le tipologie e le forature dei diversi elementi considerati non sono praticamente mai coincidenti e nei casi di maggior similitudine i risultati non indicano una tendenza riconoscibile.

Certamente la EN 1745, proponendo metodologie più dettagliate e articolate (valori tabellari, valori misurati, metodi di calcolo) consente una maggior affidabilità ai fini proposti.

2. I contenuti delle norme riguardanti le caratteristiche termofisiche delle murature

2.1 La normativa italiana: i contenuti della UNI 10355

La norma UNI 10355 fornisce i valori delle resistenze termiche unitarie relative alle tipologie di murature e solai (definite poi dalla norma come "strutture") maggiormente diffuse in Italia.

Essa si basa su risultati conseguiti da prove di laboratorio e verifiche mediante calcolo, condotte nel corso degli anni antecedenti il 1994.

I valori di resistenza termica proposti in questa norma sono stati calcolati con il metodo degli elementi finiti, secondo le procedure e le ipotesi descritte nella relativa appendice A.

I valori riportati nei prospetti (vedi esempio in fig. 1) sono relativi a strutture senza intonaco e si riferiscono alla pareti esterne per gli elementi che possono essere utilizzati sia all'esterno che all'interno, o alle pareti interne per gli elementi che possono essere utilizzati solo all'interno.

I valori riportati nel prospetto per i solai si riferiscono ai solai che separano due ambienti interni. Per i materiali costituenti e per la malta, si fa riferimento alle conduttività utili di calcolo ricavate dalla UNI 10351 che tengono conto, in condizioni medie di esercizio, del contenuto di umidità, dell'innalzamento, della manipolazione e dell'installazione eseguita a regola d'arte, come illustrato nella prima parte di questo lavoro (cfr. newsletter POROTON® n. 58, Ottobre 2008 - n.d.r.).

Le resistenze termiche unitarie sono relative a murature con giunti di malta orizzontali (continui o interrotti) e verticali (quando previsti) di spessore 12 mm.

La norma specifica che nella pratica sono impiegati anche giunti da 5 mm ed in questi casi la resistenza termica della struttura può essere incrementata della percentuale indicata dal fattore di correzione riportato dalla stessa norma.

Per la malta dei giunti è stata assunta una conduttività termica pari a 0,9 W/(mK). Nel caso di strutture non comprese nella norma, è specificato che per la progettazione si possono utilizzare i dati relativi alla struttura più simile a quella considerata, con massa superficiale uguale o maggiore.

Quando si confrontano elementi forati è essenziale che il numero dei fori disposti nella direzione dello spessore sia uguale nei due elementi mentre le dimensioni hanno minore importanza.

In alternativa ai valori dei prospetti è possibile eseguire il calcolo analitico secondo le modalità previste in Appendice A della norma.

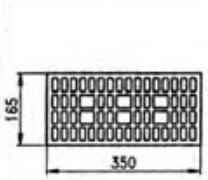
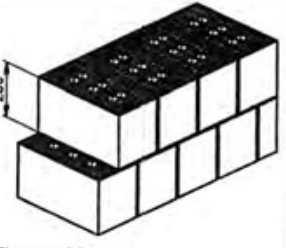
(seguito del prospetto)		Caratteristiche elemento		Caratteristiche struttura							
Rappresentazione dell'elemento	Rappresentazione della struttura	Codice	Foratura %	Spessore mm	Tipo di giunto		Massa volumica** kg/m ³	Massa superficiale kg/m ²	Resistenza termica m ² /K/W	Fattore di conversione %	
		1.1.06	41	V	350	CM	GI	1400	306	1,05	10

Fig. 6 Blocco semipieno

Fig. 1 - Esempio di prospetto tratto dalla norma UNI 10355.

2.2 La recente normativa europea: i contenuti della UNI EN 1745

Accanto alla UNI 10355 risulta attualmente vigente la UNI EN 1745, entrata a far parte del corpo normativo nazionale nell'aprile 2005 e che costituisce il recepimento, in lingua italiana, della versione europea (edizione dell'aprile 2002).

La norma riporta le regole per la determinazione dei valori di progetto per la conduttività termica e la resistenza termica sia della muratura sia dei prodotti per muratura, come malte per murature ed intonaci.

I dati utili ai fini della stima dei *valori termici di progetto*¹ utilizzati nei calcoli energetici, vengono definiti *valori termici di base*².

All'interno del documento sono descritti i metodi per valutare i valori di base e derivare da questi i valori di progetto. Utilizzando tali metodi è possibile esaminare elementi per muratura pieni (punti 4 e 5 della norma), elementi forati, elementi compositi e murature ottenute mediante l'utilizzo di tali elementi e malte (punto 6 della norma).

I diversi procedimenti proposti si differenziano per i dati utilizzati nel calcolo.

Tali procedimenti sono basati sull'uso di:

- valori tabulati di conduttività termica e di resistenza termica;
- valori misurati di conduttività termica e di resistenza termica;
- valori di conduttività termica e di resistenza termica equivalenti.

I valori termici di progetto, determinati mediante i metodi descritti nella norma, devono tener conto dello scopo cui sono destinati: un prodotto da costruzione specifico può avere diversi valori termici di progetto secondo l'applicazione prevista. Possibili usi dei valori di progetto sono:

- calcolo del consumo energetico;
- progettazione dell'impianto di riscaldamento e di raffreddamento;
- determinazione della temperatura superficiale;
- conformità a codici edilizi nazionali;
- considerazioni relative a condizioni termiche non stazionarie degli edifici.

Le indicazioni per il calcolo dei valori di progetto per malte ed elementi per muratura pieni sono le stesse. In questo caso il valore di conduttività termica risulta essere il medesimo per il materiale e per il prodotto.

Nel caso in cui negli elementi siano presenti fori di presa delle malte, non passanti, questi non devono essere considerati come dei vuoti dell'oggetto.

I valori di base da considerare possono essere determinati da prove effettuate su campioni o da tabelle e grafici che mettono in relazione $\lambda_{10, dry}$ alla massa volumica.

La conduttività $\lambda_{10, dry}$ è riferita al materiale considerato allo stato secco e ad una temperatura media pari a 10°C.

In ogni caso il valore di conduttività deve essere rappresentativo del materiale così come definito nella norma di prodotto. Dai valori di λ di base si ricavano i valori di progetto λ_u e R_u prendendo in considerazione l'influenza dell'umidità sulle proprietà del materiale, come indicato nella norma stessa.

In particolare, l'appendice A, di carattere normativo, riporta valori tabellari di $\lambda_{10, dry}$ [fig. 2] dei materiali utilizzati per i prodotti per muratura e malta, nonché i valori del fattore di resistenza al vapore acqueo μ (vedi definizione nelle note del precedente articolo - cfr. newsletter Poroton® n. 58, Ottobre 2008 - n.d.r.), la capacità termica di massa ed il coefficiente di conversione per il contenuto di umidità (già definito nel precedente articolo).

Massa volumica del materiale [kg/m ³]	$\lambda_{10,dry}$ [W/mK]		Coefficiente di diffusione del vapore acqueo μ	c [kJ/kgK]
	$P=50\%$	$P=90\%$		
1 000	0,20	0,27	5/10	1,0
1 100	0,23	0,30	5/10	1,0
1 200	0,26	0,33	5/10	1,0
1 300	0,30	0,36	5/10	1,0
1 400	0,34	0,40	5/10	1,0
1 500	0,37	0,43	5/10	1,0
1 600	0,41	0,47	5/10	1,0
1 700	0,45	0,51	5/10	1,0
1 800	0,49	0,55	5/10	1,0
1 900	0,53	0,60	5/10	1,0
2 000	0,58	0,64	5/10	1,0
2 100	0,62	0,69	5/10	1,0
2 200	0,67	0,74	5/10	1,0
2 300	0,72	0,79	5/10	1,0
2 400	0,77	0,84	5/10	1,0

$f_u = 10 \text{ (m}^3/\text{m}^3)$.
Per materiali di argilla aventi una massa volumica tra 1 800 kg/m³ e 2 400 kg/m³ utilizzati come materiali per facciata, che sono generalmente cotti ad una temperatura significativamente alta, il valore μ è 50/100 invece di 5/10.

Fig. 2 - Prospetto A.1 tratto dalla UNI EN 1745: proprietà di elementi di argilla (argilla cotta); f_u è il fattore di conversione di umidità (punto 4.3 della norma).

I valori tabellari sono indicati come frattili (p) del 50% e del 90% della gamma esistente di valori di λ del materiale considerato per una determinata massa volumica.

Essi sono validi per i materiali che vengono sottoposti solamente al controllo di produzione della massa volumica.

Nel caso in cui si vogliono utilizzare valori di λ ottenuti da misurazioni, è necessario attenersi al metodo di prova indicato nella norma. Le indicazioni riguardano la scelta dei provini ed il condizionamento a cui devono essere sottoposti, il metodo di prova e la determinazione del valore di base.

Innanzitutto il provino deve essere rappresentativo del prodotto per muratura: è consigliato quindi di prelevare il campione direttamente dagli elementi per muratura.

Le norme di riferimento da considerare sono la ISO 8302 [1] e la UNI EN 12664 [m].

Il calcolo del valore di base di λ avviene mediante la conoscenza di opportune grandezze quali: la correlazione esistente tra λ e massa volumica del materiale, la gamma di possibili masse volumiche o le tolleranze accettate secondo quanto riportato nelle norme di prodotto pertinenti ed almeno tre misurazioni di prova sulla massa volumica e su λ .

Queste ultime devono garantire che il valore di base sia rappresentativo del materiale di produzione corrente. A tal fine i provini devono essere prelevati da lotti di produzione diversi.

Le misure di massa volumica sui tre provini devono essere conformi a quanto riportato in una delle seguenti norme: UNI EN 772-4 [n], UNI EN 772-13 [o] per elementi per muratura, o UNI EN 1015-10 [p] per le malte.

Dai dati misurati, mediante un procedimento grafico che richiede anche l'utilizzo dei valori tabulati, viene ricavato il valore di base del materiale.

Dai valori di base, si calcolano i valori di progetto utilizzando i coefficienti di conversione dell'umidità indicati nell'appendice A della norma per ciascun tipo di materiale.

Il calcolo deve essere effettuato secondo la UNI EN ISO 10456 descritta nella prima parte di questo lavoro (cfr. newsletter POROTON® n. 58, Ottobre 2008 - n.d.r.).

Considerando una muratura costituita da elementi pieni, i valori di progetto possono essere determinati mediante prove effettuate su campioni di muratura oppure mediante calcoli.

Nel primo caso il procedimento generale è il seguente:

- scegliere i campioni da tre lotti differenti;
- con i pezzi di ciascuno di questi lotti erigere una parete;
- misurare la resistenza termica e/o la conduttività termica equivalente, secondo la UNI EN ISO 8990 [q] o la UNI EN 1934 [r];
- calcolare la resistenza termica media e/o la conduttività termica equivalente media di tre risultati di prova;
- ricavare il valore di progetto della parete di muratura, sulla base del valore medio e del tenore di umidità di progetto indicato a livello nazionale.

Come informazioni aggiuntive è necessario citare il tipo di elemento per muratura e la rispettiva EN 771 pertinente, la massa volumica (a secco o al tenore di umidità previsto a livello nazionale) e la geometria dei provini, nonché la conduttività termica e la geometria del giunto di malta utilizzato per la misurazione.

L'influenza del tenore di umidità può essere quantificata mediante prove effettuate a vari contenuti di umidità o utilizzando una eventuale documentazione nazionale.

Nel caso in cui non sia possibile adottare nessuna delle sopraccitate indicazioni la norma pone una correzione fissa pari al 6%, per tutti i tipi di materiali e geometrie, per ogni punto percentuale di volume dell'umidità (punto 5.1). Per l'utilizzo di un metodo di calcolo, è necessario reperire i valori di λ tabellari e misurati degli elementi pieni per muratura e per le

malte al fine di ottenere i valori termici di base.

Per ottenere i valori di progetto della muratura, vengono proposti due metodi di calcolo: uno di calcolo numerico che richiede l'utilizzo di programmi appropriati, i cui requisiti sono riportati in appendice D, ed un altro semplificato che fa riferimento al metodo descritto nella UNI EN ISO 6946.

Le proprietà termiche di elementi per muratura con foratura o elementi per muratura compositi possono essere determinate mediante metodi numerici di vario tipo.

L'appendice D riporta i requisiti che i programmi di calcolo devono possedere per essere idonei. In alternativa ai programmi di calcolo la norma consente di fare riferimento ad un metodo semplificato descritto nella UNI EN ISO 6946.

Negli elementi con foratura il valore di λ del materiale non è sufficiente per determinare le proprietà termiche dell'oggetto, in quanto queste ultime risultano fortemente influenzate dalla forma e dalla geometria dei fori dell'elemento.

I valori di conduttività e/o di resistenza termica equivalenti di murature realizzate con elementi per muratura, con foratura o compositi, possono essere determinati, in alternativa al calcolo, mediante misurazioni o l'utilizzo di valori tabellari.

L'appendice B, di carattere informativo, contiene valori tabellari di base di resistenza termica R o di conduttività termica equivalente λ di murature costituite da elementi contenenti fori di forma specifica.

Tali valori dovrebbero essere presi come riferimento per il calcolo di qualsiasi proprietà termica di progetto qualora non sia disponibile per un prodotto specifico alcuna misurazione di prova individuale né calcolo.

È specificato che le geometrie sono definite numericamente da due cifre:

- il numero di righe di vuoti;
- il numero di vuoti in una riga.

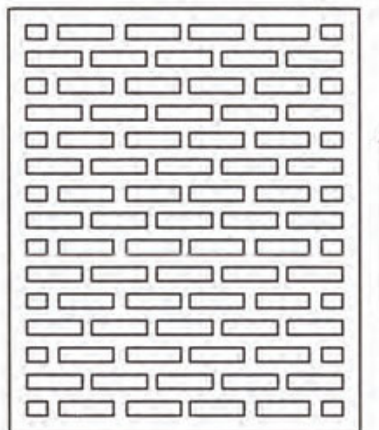
La parte di superficie interna trasversale è definita come la somma degli spessori delle superfici interne trasversali divisa per la lunghezza dell'elemento, espressa come percentuale ed indicata per ogni geometria come informazione aggiuntiva. Per ogni geometria sono riportate ulteriori informazioni sulle dimensioni, che sono alla base del calcolo numerico. I valori dell'appendice B sono stati calcolati utilizzando un programma tridimensionale alle differenze finite.

La conduttività termica equivalente dell'aria nei vuoti è stata determinata secondo l'appendice B.2 della UNI EN ISO 6946.

Il programma utilizzato è controllato tramite gli esempi riportati nell'appendice D. I valori tabellari contenuti nei prospetti, di cui un esempio è riportato in fig. 3, sono generalmente riferiti a muratura che ha soltanto giunti di malta orizzontali.

In alcuni casi, i valori tabellari sono doppi, uno dei quali è valido senza giunti di malta verticali ed il secondo è valido con giunti di malta verticali.

figura B.2 Elementi per muratura di argilla, perforati in verticale - Geometria 5/2
(parte di superficie interna trasversale: 25,8%; percentuale di vuoti: 37,5%)
dimensioni di base: $l = 250$ mm, $w = 300$ mm, $h_U = 238$ mm, $h_M = 12$ mm



prospetto B.2 Elementi per muratura di argilla, perforati in verticale - Geometria 5/2

λ_{mater} [W/mK] degli elementi	R [m ² K/W] per 100 mm di spessore / λ_{equ} della parete [W/mK]		
	con una malta con conduttività di [W/mK]		
	0,16	0,32	0,80
0,34	0,62/ 0,16	0,59/ 0,17	0,53/ 0,19
0,42	0,58/ 0,18	0,53/ 0,19	0,48/ 0,21
0,51	0,50/ 0,20	0,48/ 0,21	0,43/ 0,23
0,60	0,45/ 0,22	0,44/ 0,23	0,40/ 0,25

Fig. 3 - Esempio di prospetto con valori tabellari di elemento per muratura, tratto dalla norma UNI EN 1745.

Per le classi di geometria che non forniscono valori distinti, si deve utilizzare il procedimento di calcolo indicato nel punto 6.3.1.2 della norma per correggere il dato.

In modo analogo si possono correggere i dati per elementi aventi diversa altezza. I valori sono raggruppati secondo il materiale degli elementi per muratura e pertanto i risultati dei calcoli sono validi anche per altri materiali, purché la geometria e la conduttività termica siano le stesse.

I valori di resistenza termica sono stati inseriti nel prospetto come resistenza per 100 mm, il che significa, per esempio, che per una parete di 300 mm di spessore i valori devono essere moltiplicati per 3.

Come informazione aggiuntiva, i risultati di calcolo sono indicati anche come valori λ_{equ} della muratura, che sono stati calcolati secondo la formula:

$$\lambda_{equ} = \frac{0,1}{R}$$

I valori della percentuale di vuoti indicati nei prospetti sono correlati alla sezione trasversale degli elementi. L'appendice B riporta 34 casi differenti, uno dei quali è riportato a titolo esemplificativo in fig. 3, mentre l'appendice C ne riporta un esempio di utilizzazione.

L'appendice D della norma, di carattere normativo, riguarda i requisiti che un programma di calcolo deve possedere per consentire un procedimento corretto.

Anche l'appendice E è di tipo normativo e contiene informazioni relative ai procedimenti per le prove iniziali e di controllo di produzione di fabbrica relative alle proprietà termiche dei prodotti per muratura. La valutazione di conformità di altre proprietà dei prodotti per muratura è trattata nelle norme prodotto pertinenti.

3. Conclusioni

Il tema della corretta valutazione delle proprietà termoigrometriche dei materiali e dei manufatti è di grande importanza: valori non appropriati possono portare a rilevanti errori nei calcoli progettuali, con possibili evidenti conseguenze.

È fondamentale che i progettisti acquisiscano familiarità con riferimenti importanti quali le norme tecniche del settore, la cui crescente produzione rende disponibili documenti sempre più ricchi ed articolati per la progettazione e la costruzione di edifici e impianti.

In particolare gli argomenti trattati complessivamente nelle due parti di questo lavoro forniscono una panoramica aggiornata sulle procedure che consentono di ricavare in modo appropriato i valori delle grandezze necessarie all'impiego delle norme fondamentali per i calcoli termici relativi agli edifici.

Specificamente tali grandezze vengono riprese ed utilizzate nella UNI EN ISO 6946 per quanto riguarda il calcolo delle trasmittanze, nella UNI EN 12831 [s] per il calcolo dei carichi termici di progetto, nella UNI EN ISO 13789 per il calcolo dei coefficienti di trasferimento di calore per trasmissione [t], nella UNI EN ISO 13790 [u] per la valutazione dei fabbisogni di energia per il riscaldamento ed il raffrescamento degli edifici ed in altre ancora.

È da osservare infine che anche nel caso delle murature, così come per i materiali, si presentano situazioni contraddittorie tra la recente normativa europea e la preesistente normativa italiana: è auspicabile un sollecito intervento risolutivo da parte dell'ente normatore al fine di garantire la necessaria autorevolezza ai documenti normativi di questo settore, di primaria importanza dal punto di vista sia tecnico che economico.

Bibliografia

- a. DIRETTIVA 89/106/CEE del 21 dicembre 1988 relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione
- b. Decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246, "Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione"
- c. D.M. 15/5/2006, "Ministero delle Attività Produttive - Elenco riepilogativo di norme armonizzate concernenti l'attuazione della direttiva 89/106/CE, relativa ai prodotti da costruzione"
- d. UNI EN 1745:2005, "Muratura e prodotti per muratura - Metodi per determinare i valori termici di progetto"
- e. Decreto Legislativo 19 agosto 2005, n. 192, "Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
- f. D.M. 6/8/1994, del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, (G.U. del 24/8/1994), relativo al "Recepimento delle norme UNI attuative del D.P.R. 26/8/1993 n. 412, recante il regolamento per il contenimento dei consumi di energia degli impianti termici degli edifici, e rettifica del valore limite del fabbisogno energetico normalizzato"
- g. UNI 10351:1994, "Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore"
- h. UNI 10355:1994, "Murature e solai. Valori della resistenza termica e metodo di calcolo"
- i. Decreto Legislativo 29 dicembre 2006, n. 311, "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia"
- j. UNI EN 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"
- k. UNI EN ISO 6946:2008, "Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo"
- l. ISO 8302:1991, "Thermal insulation - Determination of steady-state thermal resistance and related properties - Guarded hot plate apparatus"
- m. UNI EN 12664:2002, "Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia - Determinazione della resistenza termica con il metodo della piastra calda con anello di guardia e con il metodo del termoflussimetro - Prodotti secchi e umidi con media e bassa resistenza termica"
- n. UNI EN 772-4:2001, "Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della massa volumica reale ed apparente e della porosità aperta e totale degli elementi di muratura in pietra naturale"

- o. UNI EN 772-13:2002, "Metodi di prova per elementi di muratura - Determinazione della massa volumica a secco assoluta e della massa volumica a secco apparente degli elementi di muratura (ad eccezione della pietra naturale)"
- p. UNI EN 1015-10:2007, "Metodi di prova per malte per opere murarie - Parte 10: Determinazione della massa volumica apparente della malta indurita essiccata"
- q. UNI EN ISO 8990:1999, "Isolamento termico - Determinazione delle proprietà di trasmissione termica in regime stazionario - Metodo della doppia camera calibrata e della doppia camera con anello di guardia"
- r. EN 1934:2000, "Prestazione termica degli edifici - Determinazione della resistenza termica per mezzo del metodo della camera calda con termoflussimetro - Muratura"
- s. UNI EN 12831:2006, "Impianti di riscaldamento negli edifici - Metodo di calcolo del carico termico di progetto"
- t. UNI EN ISO 13789:2001, "Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo"
- u. UNI EN ISO 13790:2008, "Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento"

Note

Si riportano le definizioni di alcune grandezze fisiche e parametri inerenti agli argomenti trattati, ad integrazione di quelle riportate nella prima parte dell'articolo.

(1) Valore termico di progetto

Valore della proprietà termica di un materiale o prodotto da costruzione in condizioni interne ed esterne specifiche, che può essere considerato come tipico delle prestazioni di tale materiale o prodotto quando incorporato in un componente edilizio.

(2) Valore termico di base

Valore della proprietà termica di un materiale o prodotto da costruzione nello stato secco, determinato secondo la norma EN 1745 come base per il calcolo dei valori termici di progetto. Tale valore può essere espresso come conduttività termica o come resistenza termica.