POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

La determinazione dei parametri termici di progetto dei materiali da costruzione

*Original*
La determinazione dei parametri termici di progetto dei materiali da costruzione / Corrado, Vincenzo. - In: LA TERMOTECNICA. - ISSN 0040-3725. - STAMPA. - 2:Marzo 2011(2011), pp. 53-58.

*Availability:*
This version is available at: 11583/2461216 since:

*Publisher:*
L'Editrice Sas

*Published*
DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

12 October 2024

053_TER_mar_corrado.qxd:46-48_TER_mar_profilo 2-03-2011 13:27 Pagina 53



# La determinazione dei parametri termici di progetto dei materiali da costruzione

Ai fini della caratterizzazione termo-igrometrica dei materiali e dei prodotti per l'edilizia, la recente normativa tecnica internazionale specifica metodi e procedimenti per l'effettuazione delle misure e delle analisi statistiche sui dati misurati, il passaggio da un valore frattile ad un altro, la conversione dei valori per tenere conto delle condizioni di temperatura e umidità. Considerando la persistenza di alcuni dubbi nell'interpretazione della normativa, soprattutto riguardo alle condizioni al contorno da adottare nei calcoli energetici sugli edifici, l'articolo propone un'analisi critica della normativa tecnica con l'obiettivo di chiarirne i vari aspetti applicativi. Attraverso una serie di flowchart sono esemplificate le procedure per la determinazione dei valori termici di progetto a partire da valori misurati, dichiarati oppure tabulati. A seconda dell'applicazione (diagnosi, progettazione preliminare, progettazione definitiva) sono indicate le varie norme tecniche da applicare per la determinazione dei valori termici di progetto. In conclusione viene approfondito il tema della determinazione dei valori di progetto della conduttività degli isolanti termici in relazione alla loro temperatura di esercizio nelle condizioni estive ed invernali.

La Direttiva 89/106 prevede che i prodotti da costruzione siano suddivisi in diverse categorie merceologiche e che per ogni categoria siano definiti i limiti di soddisfacimento dei requisiti essenziali specifici in base all'uso che viene fatto del prodotto o materiale. I livelli di rendimento e i requisiti vengono riportati nelle norme di prodotto armonizzate. Laddove non esista una norma specifica, il produttore dovrà definire le prestazioni in base ad altre procedure tecniche riportate in documenti normativi europei o nazionali di riferimento. La caratterizzazione termo-igrometrica di materiali e prodotti per l'edilizia avviene attraverso la definizione di un numero limitato di parametri:

- per i *materiali*, la massa volumica ($\rho$), la conduttività termica ($\lambda$), il calore specifico ($c_p$), il fattore di resistenza al vapore ($\mu$);
- per i *prodotti*, la resistenza termica ($R$), la capacità termica frontale ($C$), lo spessore equivalente d'aria relativo alla diffusione del vapore ($s_d$).

Per uno specifico materiale o prodotto i parametri termici sono influenzati da alcune proprietà (massa volumica, spessore, età) e dalle condizioni al contorno (temperatura, contenuto di umidità). Nello specificare il valore dei parametri termici occorre distinguere se si fa riferimento a:

- specifiche condizioni esterne e interne considerabili come tipiche in un componente edilizio (valori di progetto);
- valori attesi valutati a partire da dati misurati in condizioni di riferimento di temperatura e umidità, per un frattile e livello di confidenza definiti, corrispondenti ad una ragionevole durata prevista in esercizio in condizioni normali (valori dichiarati);
- valori misurati;
- valori tabulati.

La normativa tecnica specifica metodi e procedimenti per:

- effettuare le misure;
- effettuare analisi statistiche su serie di dati misurati;
- passare da un valore frattile ad un altro;
- convertire i valori per tenere conto delle condizioni di temperatura e umidità, e dell'invecchiamento.

## Inquadramento della normativa tecnica

La normativa tecnica sulle proprietà igrometriche dei materiali edilizi comprende le seguenti norme:

- UNI EN ISO 10456:2008;
- UNI EN 1745:2005;
- UNI 10351:1994;
- UNI 10355:1994.

La UNI EN ISO 10456:2008 specifica i metodi per la determinazione dei valori termici dichiarati e di progetto per materiali e prodotti per l'edilizia termicamente omogenei.

Prof. ing. Vincenzo Corrado, Dipartimento di Energetica, Politecnico di Torino.

053_TER_mar_corrado.qxd:46-48_TER_mar_profilo 2-03-2011 13:27 Pagina 54



**TABELLA 1 - Procedure per la determinazione dei valori di progetto**

| Tipo di operazione | Fase | Provenienza dei dati<br>da valori misurati | da valori dichiarati | da valori tabulati |
|---|---|---|---|---|
| Misure | 1 | Misura diretta dei valori termici | | |
| Conversioni | 2 | Se non tutti i dati sono stati misurati con lo stesso insieme di condizioni, questi devono essere ricondotti allo stesso insieme di condizioni (fasi da 6 a 8) | | |
| Determinazione indiretta | 3 | Correlazione statistica con una proprietà collegata quale la massa volumica | | |
| Calcoli statistici | 4 | Valutazione statistica dei valori misurati | | |
| | 5 | Conversione tra valore medio e valore frattile | Eventuale conversione a diverso valore frattile | |
| Conversioni | 6 | Conversione per la temperatura | | |
| | 7 | Conversione per l'umidità | | |
| | 8 | Conversione per l'invecchiamento | | |
| Arrotondamenti | 9 | Arrotondamento | | |

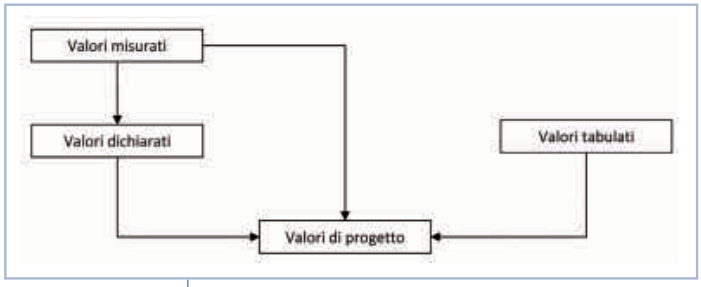



**FIGURA 1**
**Schema del calcolo dei valori termici di progetto (UNI EN ISO 10456)**

Essa fornisce inoltre:
- i procedimenti per convertire i valori ottenuti per un insieme di condizioni in quelli validi per un altro insieme di condizioni (questi procedimenti sono validi per temperature ambiente di progetto comprese tra -30 °C e +60 °C, mentre i coefficienti di conversione per temperatura e umidità sono validi per temperature medie tra 0 °C e 30 °C);
- i valori di progetto tabulati che possono essere utilizzati nei calcoli di trasferimento di calore e umidità per materiali termicamente omogenei e prodotti comunemente utilizzati nella costruzione degli edifici.

**abstract**

ENGLISH

**Determining Design Thermal Values of Construction Materials**

For the purposes of the thermal and moisture characterization of materials and construction products, the latest international technical standards specifies methods and procedures for carrying out the measures and statistical evaluation of measured data, the translation from one fractile to another, the conversion of values for temperature and moisture. Given the persistence of doubts in the interpretation of standards, especially concerning the boundary conditions to be taken in building energy performance calculations, the article proposes a critical analysis of technical standards with the aim of clarifying the various aspects of application. Through a series of flow-charts, the procedures for determining design thermal values from the measured, declared or tabulated values are exemplified. Depending on the application (energy audit, preliminary design, final design) the various technical standards to be applied for determining design thermal values are reported. In conclusion the article investigates the issue of the determination of design values of thermal conductivity of the insulation materials in relation to their operating temperature in summer and winter conditions.

La UNI EN 1745:2005 fornisce le procedure per determinare i valori termici di progetto (resistenza termica e/o conduttività termica) di muratura o prodotti per muratura. La UNI 10351:1994, parzialmente superata dalle norme sopra riportate, fornisce i valori di conduttività termica e di permeabilità dei materiali da costruzione, valori da impiegare quando non esistano norme specifiche per il materiale considerato.
La UNI 10355:1994, infine, parzialmente superata dalla UNI EN 1745, fornisce i valori delle resistenze termiche unitarie relative alle tipologie di murature e solai maggiormente diffuse in Italia. Essa si basa sui risultati conseguiti da prove di laboratorio e verifiche mediante calcolo.

## Determinazione dei valori termici di progetto

Secondo la UNI EN ISO 10456:2008 i valori di progetto possono essere ricavati da valori dichiarati, da valori misurati oppure da valori tabulati (Figura 1). La procedura per la determinazione dei valori termici di progetto è riassunta in Tabella 1 in funzione della provenienza dei dati: da valori misurati, dichiarati o tabulati.

## Valori dichiarati

Il decreto 5 marzo 2007 di applicazione di applicazione della direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione stabilisce che il fabbricante di isolanti termici per edilizia dichiari le caratteristiche tecniche alle quali risponde il prodotto. In particolare è prevista la dichiarazione dei valori di conduttività termica.

### *Condizioni per i valori dichiarati*

I valori dichiarati devono essere riferiti alle condizioni sotto riportate:
- temperatura pari a 10 °C oppure 23 °C;
- materiale secco ($\upsilon_{dry}$) oppure contenuto umidità all'equi-

053_TER_mar_corrado.qxd:46-48_TER_mar_profilo 2-03-2011 13:27 Pagina 55



librio con aria a temperatura di 23 °C e umidità relativa del 50% ($\upsilon_{23,50}$);
- materiale invecchiato;
- spessore sufficientemente elevato da rendere trascurabile l'effetto dello spessore stesso, oppure spessore piccolo corrispondente a quello del prodotto.

### *Frattili per i valori dichiarati*

Per i materiali isolanti aventi una norma di prodotto e quindi soggetti a marcatura CE, viene prescritto che il valore di λ deve essere rappresentativo di almeno il 90% della produzione determinato a un livello di confidenza del 90% ($\lambda_{90/90}$). Per il produttore di materiali isolanti, dichiarare il $\lambda_{90/90}$ significa controllare la conformità, per mezzo di prove realizzate nel corso della produzione in accordo con la propria norma di prodotto, delle caratteristiche termiche dei propri prodotti commercializzati, rispetto alla conduttività termica testata su campioni da laboratori terzi notificati in determinate condizioni di umidità relativa e differenza di temperatura.

### *Arrotondamento*

La UNI EN ISO 10456 prescrive di arrotondare per eccesso i valori dichiarati di λ, per difetto i valori dichiarati di *R*. La precisione dell'arrotondamento dipende dal valore del parametro considerati (es. λ arrotondato allo 0,001 W(m·K) superiore per λ ≤ 0,8).

## Metodi e condizioni di prova

Occorre specificare le seguenti condizioni di prova:
- spessore e massa volumica del campione;
- temperatura media di prova;
- contenuto di umidità del provino;
- età del provino e procedure di condizionamento.

In Tabella 2 sono riassunti i metodi e le norme di riferimento per la misura dei parametri termici.

## Procedura per l'analisi statistica

Per i parametri termici si assume una distribuzione statistica di tipo gaussiano.

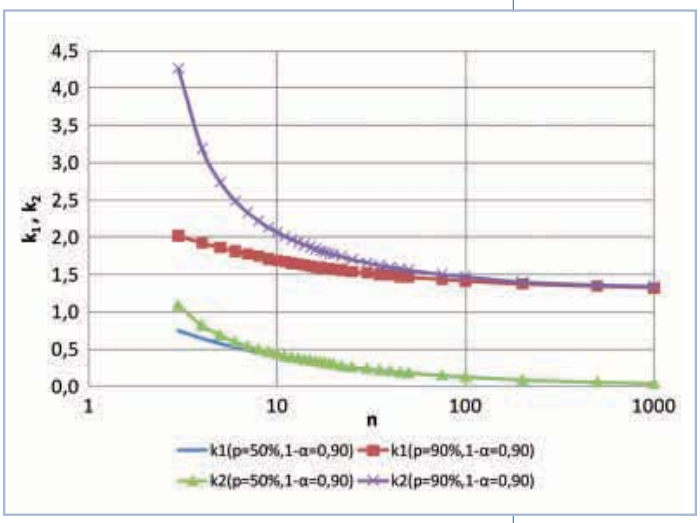



**FIGURA 2 - Coefficienti per l'analisi statistica (UNI EN ISO 10456)**

L'analisi statistica dei parametri termici misurati viene effettuata secondo le seguenti norme tecniche:
- ISO 16269-6:2005 per il calcolo degli intervalli di tolleranza statistica;
- ISO 2602:1980 per la stima delle medie;
- UNI ISO 2854:1988 per il confronto di due medie.

Il valore di progetto corrisponde a una stima statistica (frattile *p* del 50% e del 90%) del parametro termico. per la conduttività termica:

$$\lambda_{\square} = \overline{\lambda} + \Delta\lambda \qquad (1)$$

In Figura 2 si riporta, per un intervallo di confidenza statistica del 90% i coefficienti da moltiplicare per lo scarto tipo per passare dal valore medio stimato al frattile *p* del 50% e del 90%:
- $k_1$ è il coefficiente da impiegare quando lo scarto tipo è noto (da normativa o letteratura);
- $k_2$ è il coefficiente da impiegare quando lo scarto tipo è stimato (da una serie di dati misurati).

**TABELLA 2 - Metodi e norme tecniche per la misura dei parametri termici**

| Parametro | Metodo | Norma |
|---|---|---|
| Conduttività termica - λ<br>Resistenza termica - *R* | Piastra calda con anello di guardia<br>Termoflussimetro<br>Camera calda calibrata e camera con anello di guardia | UNI EN 12664:2002<br>UNI EN 12667:2002<br>UNI EN 12939:2002<br>UNI EN ISO 8990:1999 |
| Fattore di resistenza al vapore - Spessore equivalente d'aria relativo alla diffusione del vapore – $s_d$ | Pesatura del sistema di prova costituito da un recipiente (secco o umido) e il provino che ne copre l'apertura | UNI EN ISO 12572:2006 |

053_TER_mar_corrado.qxd:46-48_TER_mar_profilo 2-03-2011 13:27 Pagina 56



**TABELLA 3 - Procedura per la conversione dei parametri termici**

| Parametro | Simbolo | Condizioni di riferimento: Temperatura T [°C] | Contenuto di umidità: massa su massa u [kg/kg] | Contenuto di umidità: volume su volume y [m³/m³] | Invecchiamento |
|---|---|---|---|---|---|
| Conduttività termica<br>Resistenza termica | [W(m K)]<br>$R$ [m²·K/W] | $F_T = e^{f_t (T_2 - T_1)}$ | $F_T = e^{f_v (v_2 - v_1)}$ | $F_T = e^{f_\psi (\Psi_2 - \Psi_1)}$ | $F_a$ |
| Fattore di resistenza al vapore<br>Spessore equivalente d'aria relativo alla diffusione del vapore | μ [-]<br>$s_d$ [m] | - | Riferito a due condizioni di prova:<br>- campo asciutto<br>- campo umido<br>(secondo UNI EN ISO 12572) | | - |

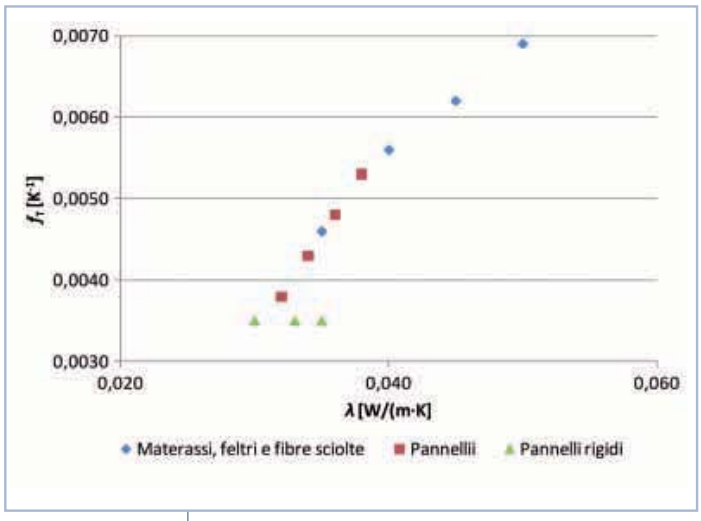



**FIGURA 3** **Coefficienti di conversione per la temperatura delle lane minerali**

## Procedura per la conversione

I parametri termici variano in funzione della temperatura, del contenuto di umidità e dell'invecchiamento (Tabella 3). In particolare per la conduttività termica (λ) e la resistenza termica ($R$) il passaggio da una condizione 1 a una condizione 2 avviene attraverso l'applicazione di opportuni fattori di conversione:

**TABELLA 4 - Norme per i prodotti di materiali isolanti ottenuti in fabbrica**

| Prodotto | Norma |
|---|---|
| Fibre di legno (WF) | UNI EN 13171:2009 |
| Lana di legno (WW) | UNI EN 13168:2009 |
| Lana minerale (MW) | UNI EN 13162:2009 |
| Perlite espansa (EPS) | UNI EN 13169:2009 |
| Polistirene espanso (EPS) | UNI EN 13163:2009 |
| Polistirene espanso estruso (XPS) | UNI EN 13164:2009 |
| Poliuretano espanso rigido (PUR) | UNI EN 13165:2009 |
| Resine fenoliche espanse (PF) | UNI EN 13166:2009 |
| Sughero espanso (ICB) | UNI EN 13170:2009 |
| Vetro cellulare (CG) | UNI EN 13167:2009 |

$$\lambda_2 = \lambda_1 \cdot F_T \cdot F_m \cdot F_a \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{R_1}{F_T \cdot F_m \cdot F_a} \quad (3)$$

*Esempi di fattori maggiorativi*

In Figura 3 si riportano, a titolo di esempio, i coefficienti di conversione per la temperatura (validi per temperature medie tra 0 °C e 30 °C) delle lane minerali.

## Valori tabulati

Nella UNI EN ISO 10456, per i principali materiali da costruzione, sono riportati i valori di progetto tabulati dei seguenti parametri termici:
- conduttività termica;
- calore specifico;
- fattore di resistenza al vapore (materiale secco/umido);
- spessore equivalente d'aria relativo alla diffusione del vapore.

Anche nella UNI 10351 sono riportati, per i principali materiali da costruzione, i valori termici di progetto dei seguenti parametri:
- conduttività termica;
- permeabilità al vapore (materiale secco/umido).

A seguito della pubblicazione della UNI EN ISO 10456 , la UNI 10351 assume unicamente la funzione di *archivio storico*. Essa può essere utilizzata in caso di diagnosi energetica per la determinazione delle prestazioni di edifici esistenti di cui non si abbiano dati attendibili o non vi siano altre possibilità per reperire informazioni sulle caratteristiche dei materiali presenti. I valori di conduttività termica della UNI 10351 non devono essere corretti con i fattori di conversione della UNI EN ISO 10456 perché sono ottenuti con procedure diverse.

## Indicazioni per la determinazione dei valori termici di progetto nella pratica edilizia

Per valutare l'idoneità dei vari prodotti da costruzione è stato elaborato un complesso quadro normativo, valido in

053_TER_mar_corrado.qxd:46-48_TER_mar_profilo 2-03-2011 13:27 Pagina 57



**TABELLA 5 - Schema delle norme da applicare per la determinazione dei valori termici di progetto**

| Applicazione | Isolanti termici | | | Materiali non isolanti | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\lambda$, $R$ | c | $\delta$, $\mu$, $s_d$ | $\lambda$, $R$ | c | $\delta$, $\mu$, $s_d$ |
| Diagnosi energetica di edifici esistenti (ante marcatura CE) | UNI 10351 | UNI EN ISO 10456 (Tab. 4) | UNI 10351 | UNI 10351 | UNI EN ISO 10456 (Tab. 3) | UNI 10351 |
| Progettazione preliminare | UNI 10351 | | UNI EN ISO 10456 (Tab. 4) | UNI EN ISO 10456 (Tab. 3) | | |
| Progettazione definitiva | Valore dichiarato corretto secondo UNI EN ISO 10456 | UNI EN ISO 10456 (Tab. 4) | Valore dichiarato corretto secondo UNI EN ISO 10456 | UNI EN ISO 10456 (Tab. 3) | | |

tutti i paesi UE, al fine di costruire strumenti uniformi di valutazione della qualità. In tali norme vengono presentati tutti i controlli necessari per il conseguimento ed il mantenimento del marchio CE. Le norme di prodotto specificano i requisiti per i prodotti isolanti ottenuti in fabbrica, con o senza rivestimenti, che sono utilizzati per l'isolamento termico degli edifici. Le norme descrivono le caratteristiche del prodotto e include procedimenti di prova, valutazione di conformità, marcatura ed etichettatura.
In Tabella 4 si riporta l'elenco delle norme per la specificazione dei prodotti di isolanti termici ottenuti in fabbrica. In Tabella 5 si riporta uno schema delle norme da utilizzare e della provenienza dei valori termici per diverse applicazioni nella pratica edilizia.

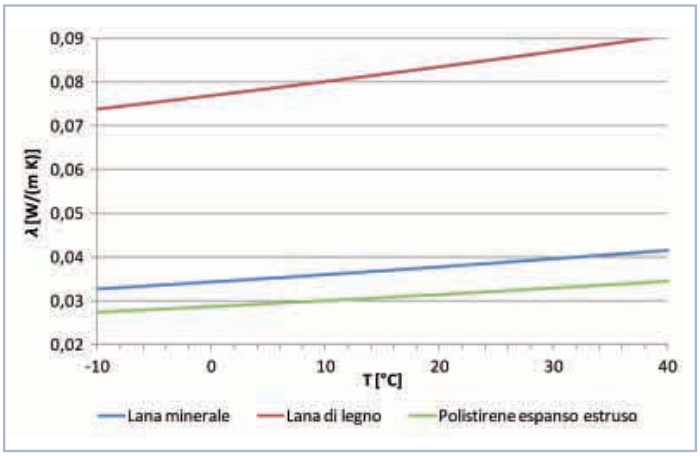
## Esempio di applicazione

Nel presente capitolo si riporta un esempio di calcolo della conduttività termica in condizioni di progetto per tre tipi di isolante dotati di norme di prodotto armonizzate (lana minerale, lana di legno, polistirene espanso estruso). In figura 4 è raffigurato l'andamento della conduttività termica dei isolanti analizzati in funzione della temperatura. I valori di $f_T$ sono rispettivamente pari a 0,0048 $K^{-1}$ per la lana minerale, 0,0041 $K^{-1}$ per la lana di legno e 0,0045 $K^{-1}$ per il polistirene espanso estruso. Al fine di indagare le condizioni estreme di temperatura alle quali il materiale isolante può trovarsi, si considerano due diverse configurazioni costruttive (isolamento sul lato interno della parete, isolamento a cappotto) e due condizioni climatiche (invernali, estive). In Figura 5 si rappresentano le stratigrafie delle due configurazioni; in tabella 6 si riportano invece i valori dello spessore e della conduttività termica degli strati. L'adduttanza termica interna vale 8 W/($m^2$K). Le condizioni invernali sono conformi all'appendine nazionale della norma UNI EN 12831. Per le condizioni estive si sono presi in considerazione i valori medi del giorno estivo di progetto, definito secondo la norma UNI 10349. Ipotizzando l'edificio collocato a Milano e la parete verticale esposta ad Ovest con un fattore di assorbimento solare pa-

**TABELLA 6 - Geometria e proprietà termiche degli strati di parete**

| Strato | Spessore [cm] | Conduttività termica [W/(m·K)] |
|---|---|---|
| Intonaco (interno/esterno) | 2 | 0,8 |
| Strato massivo | 25 | 1,2 |
| Isolante | 10 | dipendente da *T* |

**FIGURA 4** **Variazione della conduttività termica con la temperatura per tre isolanti**



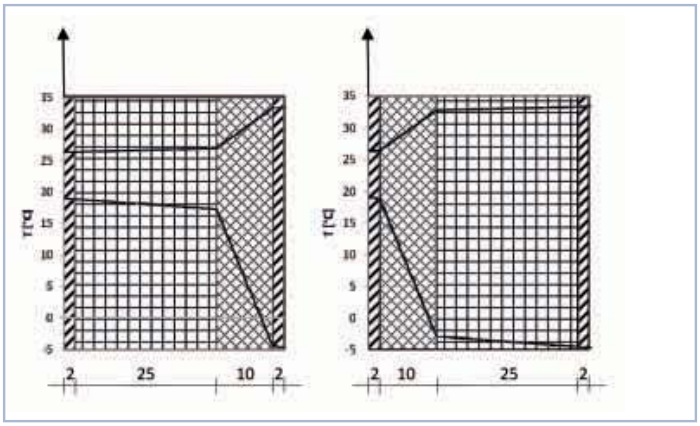




**FIGURA 5 - Configurazioni costruttive considerate**

053_TER_mar_corrado.qxd:46-48_TER_mar_profilo 2-03-2011 13:27 Pagina 58



**TABELLA 7- Condizioni al contorno**

| Condizioni climatiche | Temperat. aria interna [°C] | Temperat. aria esterna [°C] | Irradian. solare [W/m²] | Adduttanza term. esterna [W/(m²K)] | Temperat. sole aria [°C] |
|---|---|---|---|---|---|
| Invernale di progetto | 20 | -5 | 0 | 25,0 | -5 |
| Estiva di progetto | 26 | 25 | 194 | 13,5 | 33,6 |

ri a 0,6 (colore medio), si ottengono le condizioni al contorno descritte in Tabella 7. Si ricorda che in condizioni invernali viene trascurato l'effetto della radiazione solare, mentre in condizioni estive di assume una condizione di cielo sereno. Con riferimento alle condizioni al contorno sopra specificate e considerando come conduttività termica dell'isolante quella relativa alla sua temperatura intermedia, attraverso un calcolo iterativo è possibile ricavare i profili di temperatura all'interno delle due pareti sia in condizioni invernali, sia in condizioni estive (Figura 5), nonché i valori di conduttività termica dell'isolante. Risulta dunque:

In condizioni invernali:

- isolamento a cappotto:
  $T_{is}$ = 6,4 °C, $\lambda_{is}$ = 0,035 W/(m·K));
- isolamento interno:
  $T_{is}$ = 8,0 °C, $\lambda_{is}$ = 0,036 W/(m·K));

In condizioni estive:

- isolamento a cappotto:
  $T_{is}$ = 30,1 °C, $\lambda_{is}$ = 0,040 W/(m·K));
- isolamento interno:
  $T_{is}$ = 29,6 °C, $\lambda_{is}$ = 0,040 W/(m·K)).

Una considerazione riguarda il fatto che, a parità di condizioni al contorno, le differenze della temperatura media dell'isolante e del suo valore di conduttività tra una configurazione e l'altra (isolamento sul lato interno della parete, isolamento a cappotto) sono molto limitate. Considerando inoltre i valori medi della temperatura media dell'isolante nelle due condizioni al contorno analizzate (invernali, estive), si propongono le seguenti assunzioni per i calcoli di progetto:

- valore di progetto della conduttività termica pari al valore dichiarato della conduttività termica, riferito alla temperatura di 10 °C, per i calcoli invernali.;
- valore di progetto della conduttività termica ricavato attraverso la conversione alla temperatura $T$ = 30 °C del valore dichiarato, per i calcoli estivi.

Naturalmente in condizioni al contorno particolari e per località con clima molto diverso da quello considerato, il calcolo potrebbe essere ripetuto, anche se non si ritiene vi possano essere apprezzabili differenze rispetto alle ipotesi sopra formulate.

## NOMENCLATURA

| | | |
|---|---|---|
| $c_p$ | Calore specifico a pressione costante | [J/(kg·K)] |
| $s_d$ | Spessore equivalente d'aria relativo alla diffusione del vapore | [m] |
| $R$ | Resistenza termica | [m²K/W] |
| $T$ | Temperatura | [K] |
| $\delta$ | Permeabilità al vapore | [kg/(m·s·Pa)] |
| $\lambda$ | Conduttività termica | [W/(m·K)] |
| $\upsilon$ | Contenuto di umidità massa su massa | [kg/kg] |
| $\mu$ | Contenuto di umidità volume su volume | [m³/m³] |

## Bibliografia

[1] Direttiva del Consiglio del 21 dicembre 1988 relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione (89/106/CEE).

[2] UNI 10351:1994. *Materiali da costruzione.* Conduttività termica e permeabilità al vapore.

[3] UNI 10355:1994. *Murature e solai.* Valori della resistenza termica e metodi di calcolo.

[4] UNI EN 1745:2005. *Muratura e prodotti per muratura.* Metodi per determinare i valori termici di progetto.

[5] 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 termo flussimetro. Prodotti secchi e umidi con media e bassa resistenza termica.

[6] UNI EN 12667:2002. *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 termo flussimetro. Prodotti con alta e media resistenza termica.

[7] UNI EN 12939:2002. *Prestazione termica dei materiali e dei prodotti per edilizia.* Determinazione della resistenza termica per mezzo della piastra calda con anello di guardia e del metodo del termoflussimetro - Prodotti spessi con resistenza termica elevata e media.

[8] UNI EN ISO 7345:1999. *Isolamento termico.* Grandezze fisiche e definizioni.

[9] 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.

[10] 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.

[11] UNI EN ISO 12572:2006. *Prestazione igrotermica dei materiali e dei prodotti per edilizia.* Determinazione delle proprietà di trasmissione del vapore d'acqua.

[12] UNI ISO 2854:1988. *Interpretazione statistica dei dati.* Metodi per la stima dei valori e test relativi alle medie e alle varianze.

[13] ISO 2602:1980. *Statistical interpretation of test results.* Estimation of the mean. Confidence interval.

[14] ISO 16269-6:2005. *Statistical interpretation of data.* Part 6: Determination of statistical tolerance intervals.