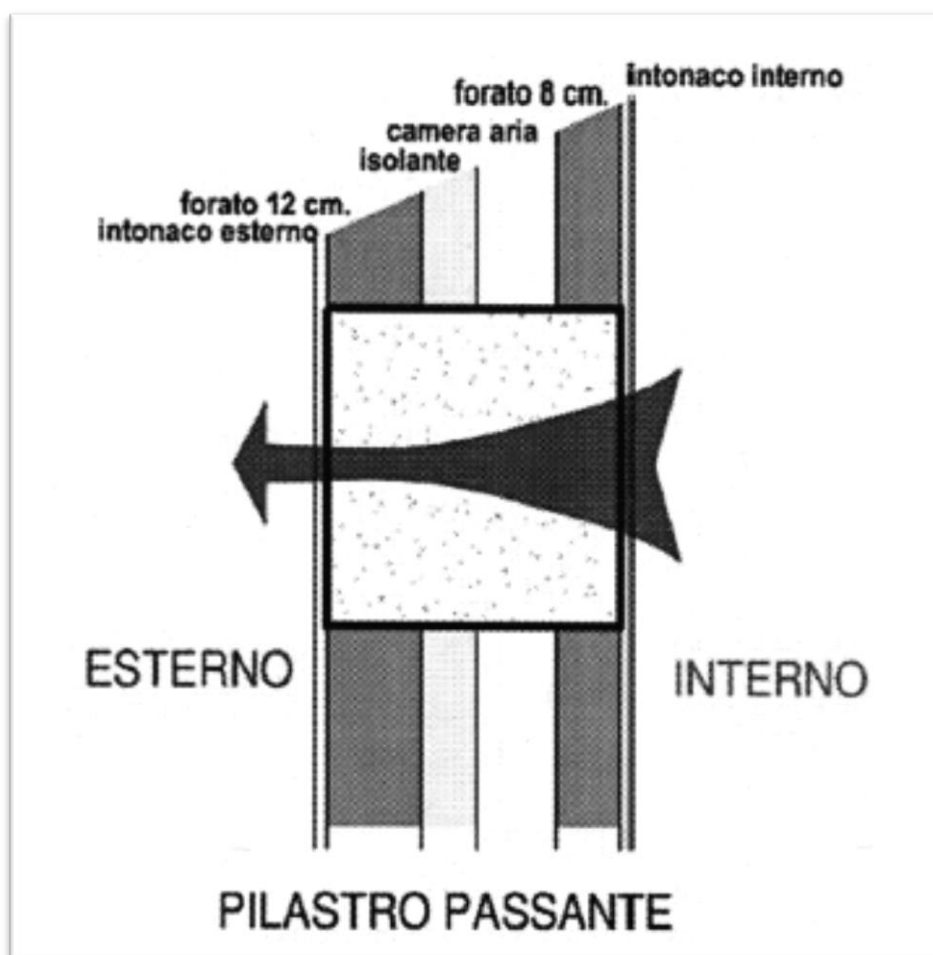


PONTI TERMICI

THERMAL BRIDGES



VOLUME 16



Via M. A. Colonna, 46 – 20149 Milano

Tel + 39 02 33 60 65 29 – Fax + 39 02 33 60 66 04 – NR. VERDE: 800 101 303

e-mail: aipe@epsass.it – www.aipe.biz

PONTI TERMICI THERMAL BRIDGES

Testi a cura di AIPE – Marco Piana

VOLUME 16



Documentazione specifica sull'EPS

può essere ritrovata nel sito

dell'Associazione

www.aipe.biz

Sommario

1. Premessa
2. Il ponte termico
3. Le cause dei ponti termici
4. Le tipologie dei ponti termici
5. Gli effetti dei ponti termici
6. Valutazione dei ponti termici secondo il DPR 59/09
7. Riferimenti normativi
8. Calcolo dei ponti termici secondo la UNI EN 14683
9. Tipologie di isolamento per la risoluzione dei ponti termici
10. Abaco dei serramenti
11. Riferimenti bibliografici

Contents

- 1. Introduction*
- 2. Thermal bridge*
- 3. Causes of thermal bridges*
- 4. Types of thermal bridges*
- 5. Effects of thermal bridges*
- 6. Evaluation of thermal bridges according to DPR 59/09*
- 7. Reference standards*
- 8. Calculation of thermal bridges according to UNI EN 14683*
- 9. Types of insulation to avoid thermal bridges*
- 10. Door and window schedule*
- 11. Bibliographic references*

1.

Premessa

I tamponamenti esterni degli edifici rappresentano la protezione dell'ambiente di vita e corrispondono, con una semplice analogia, il vestito che riveste il corpo umano.

La regolazione del clima interno per mantenere il benessere avviene attraverso una buona progettazione e costruzione dell'involucro e dell'impianto.

L'involucro viene realizzato con molteplici materiali e tipologie che evidenziano a volte, aspetti non voluti e non desiderati, i ponti termici.

Per ponti termici si intende comunemente le superfici del tamponamento che presentano variazioni di conducibilità del calore da quelle immediatamente confinanti.

La presenza di zone con materiali a conducibilità differente crea aree ad alto rischio di condensa, formazione di muffe dispersioni di calore indesiderato, temperature superficiali della parete non omogenee.

I tamponamenti esterni nell'evoluzione dei materiali costruttivi sono stati affrontati, limitati e risolti. I sistemi costruttivi attuali sono più consapevoli delle patologie che un ponte termico provoca ma avendo aumentato il livello di isolamento termico, ciò che prima non veniva riscontrato oggi invece viene messo alla luce.

Il contenuto della presente pubblicazione permette al progettista ed al costruttore di adattare le misure idonee e previste per superare il ponte termico e poter utilizzare l'EPS come materiale isolante per risolvere tutte le necessità e le particolarità costruttive.

Documenti a supporto di tutto quanto necessario a completarne le conoscenze e il presente documento sono disponibili nel sito di AIPE www.epsass.it.

1.

Introduction

External walls of buildings protect the life environment and correspond, with a simple analogy, to a dress enveloping human body.

The regulation of the inside climate to keep the wellbeing is obtained through a good design and construction of the building envelope and the plant.

The envelope is made up of several materials of different types, which sometimes emphasize unwanted and undesired aspects, that is thermal bridges.

Thermal bridging usually occurs when the wall surfaces have a different heat conductivity from the neighboring ones.

The presence of materials having different conductivities creates areas with high risk of condensation, creation of molds, unwanted heat losses and uneven surface temperature of the wall.

With the evolution of construction materials, problems with external walls have been faced, limited and solved. The current construction systems are more aware of the problems caused by thermal bridging, but since the level of thermal insulation increased, what in the past was not noticed, now is highlighted.

The content of this publication allows designers and construction companies to adjust the suitable envisaged measures to overcome thermal bridging, thus being able to use EPS as insulating material to satisfy all construction needs and details.

Documents supporting what is required to supplement your knowledge and this document are available at the AIPE website www.epsass.it.

2.

Il ponte termico

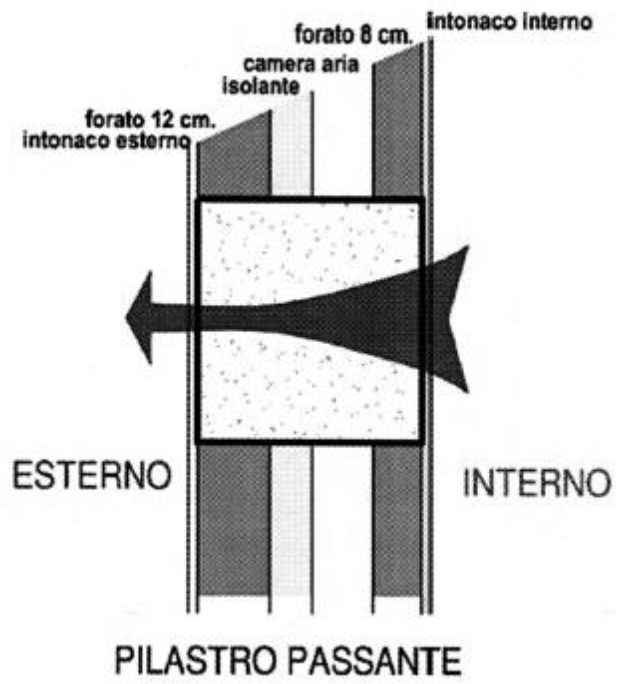
Il ponte termico è quella zona locale limitata dell'involucro edilizio che rappresenta una densità di flusso termico maggiore rispetto agli elementi costruttivi adiacenti.

Il ponte termico è tanto frequente nella "tradizionale edilizia italiana" o meglio nell'attuale tecnica costruttiva italiana, quanto spesso serenamente ignorato; ed è responsabile di molti guai secondari, anche seri.

Alcuni materiali costruttivi (il cemento armato, l'acciaio) non isolano in pratica nulla: bene, laddove la barriera fra interno ed esterno sia costituita solo da essi, caldo e freddo passano a piacere; questo è un ponte termico.

Caratteristica intrinseca del ponte termico è quella di avere una temperatura superficiale inferiore a quella delle zone circostanti.

Per capire l'entità del ponte termico si ricorre alla valutazione delle isoterme. L'isoterma è una linea immaginaria che collega punti con la stessa temperatura. L'isoterma da tenere sott'occhio è quella dei 13 °C, perché rappresenta il punto di rugiada nella verifica delle condizioni di progetto, e cioè temperatura di 20 °C e umidità relativa al 65%. Il punto di rugiada è la temperatura in cui, per un determinato valore di umidità relativa, il vapore acqueo diventa rugiada, condensando.



3.

Le cause dei ponti termici

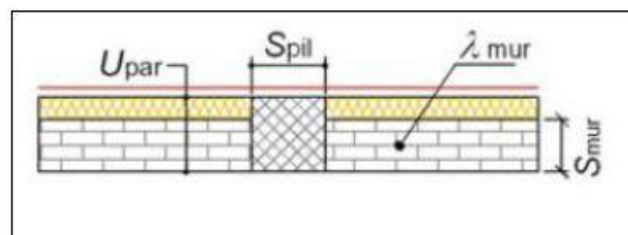
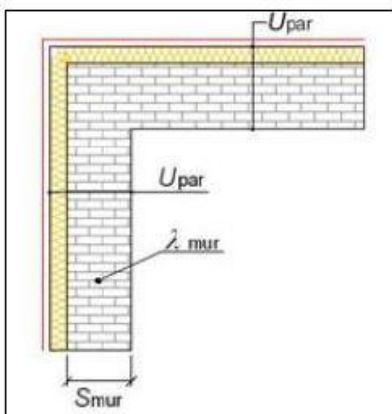
Le principali cause per la formazione dei ponti termici sono due:

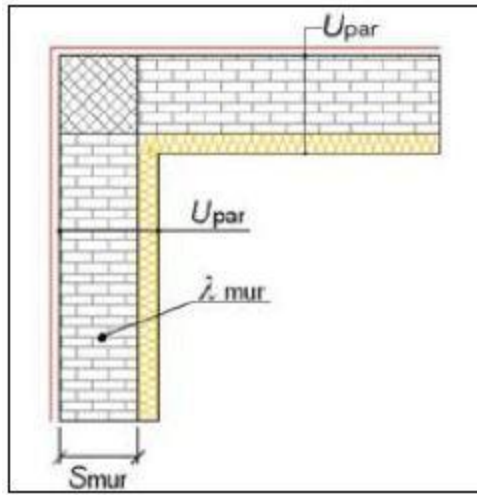
Disomogeneità geometrica:

1. Differenza tra l'area della superficie disperdente sul lato interno e quella del lato esterno, come avviene per esempio in corrispondenza dei giunti tra parete e pavimento o parete e soffitto, un classico esempio sono gli spigoli (ad esempio collegamenti tra parete e parete, l'innescio tra parete e solaio, la connessione tra pareti e serramenti, ecc.) in corrispondenza dei quali aumenta la superficie disperdente e le superfici isoterme, perpendicolari al flusso termico, si incurvano.
2. Variazione dello spessore della costruzione (cavedi, nicchie, vani tecnici, canne fumarie).

Disomogeneità dei materiali:

Discontinuità di resistenza termica che si può verificare in corrispondenza compenetrazione totale o parziale di materiali con conduttività termica diversa nell'involucro edilizio (pilastri, setti, travi e cordoli, chiodi di fissaggio del cappotto isolante esterno, elementi di collegamento di balconi, sovrastrutture esterne attacchi per tende, scuretti, tettoie mensole).



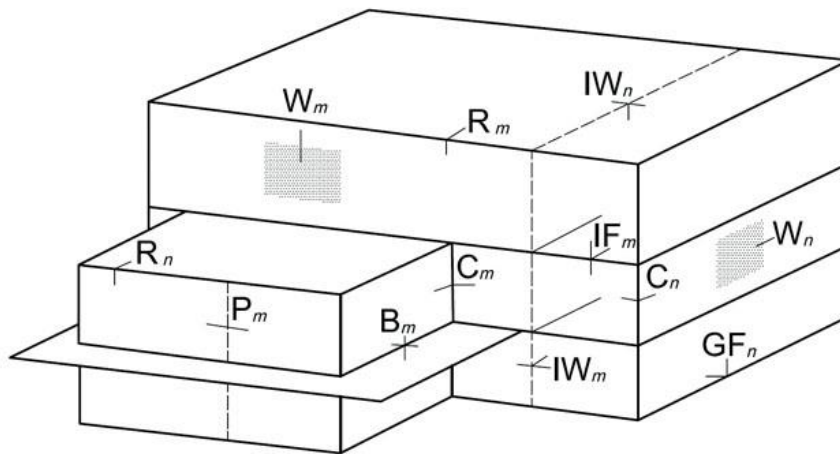


4.

Le tipologie dei ponti termici

I ponti termici possono essere divisi in due principali categorie in base alla loro posizione all'interno della struttura.

1. **Lineari:** cordoli, travi, aggetti, pilastri (nello sviluppo verticale), marciapiedi, davanzali passanti, distanziatori nelle vetrate.
2. **Puntali:** pilastri (attacco a pavimento ed a soffitto), chiodi cappotto termico, travi a sbalzo, attacchi di sovrastrutture esterne



Raffigurazione schematica della distribuzione dei ponti termici nell'involucro di un edificio. UNI 14663

5.

Gli effetti dei ponti termici

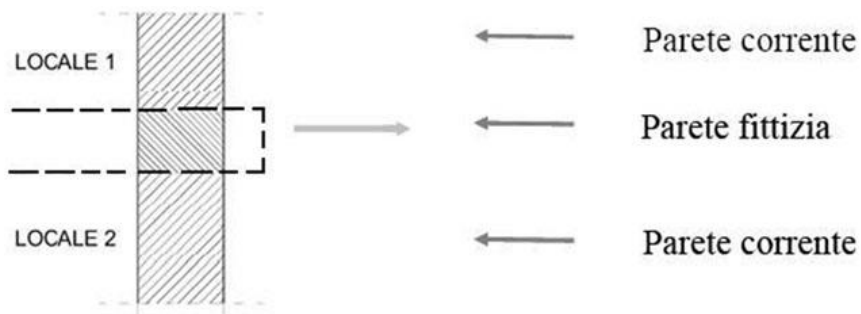
La presenza dei ponti termici nell'involucro dell'edificio può comportare seri problemi, con un conseguente calo del comfort abitativo, gli effetti hanno un impatto principalmente sui seguenti aspetti:

1. **Igienico-sanitari:** la presenza di ponti termici può portare alla formazione di muffe e macchie dovuta alla condensa superficiale che si forma nelle zone superficiali a bassa temperatura.
2. **Strutturali:** la presenza di condensa porta ad avere anche un degrado delle strutture e dei materiali con una riduzione delle prestazioni e della durabilità dei materiali stessi.
3. **Comfort:** a causa della differenza di temperatura disomogenee all'interno dell'edificio si ha un calo del comfort termico.
4. **Energetiche:** il maggior flusso termico attraverso i ponti termici provoca una maggior dispersione globale dell'edificio con conseguente aumento dei consumi energetici.

6.

Valutazione dei ponti termici secondo il DPR 59/09

Il decreto definisce il ponte termico corretto come la trasmittanza della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) che non superi per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.



Le prescrizioni sulle caratteristiche energetiche minime degli edifici sono contenute nell'art. 4 del DPR 59.

In sintesi si riportano di seguito le prescrizioni per edifici di nuova costruzione e per ristrutturazioni.

- EDIFICI NUOVI O RISTRUTTURAZIONI INTEGRALI

Ci sono due alternative per gli edifici di nuova costruzione per la verifica delle prestazioni energetiche globali:

1. Comma 2 e 5 – Prescrizioni da rispettare:

- Indice di prestazione energetica per la climatizzazione energetica invernale $E_{P_i} < E_{P_i}$ limite calcolato con le tabelle dell'allegato C.
- Rendimento globale medio stagionale $\eta_g \geq (65+3\log P_n) \%$ se $P_n < 1000$ kW
Rendimento globale medio stagionale $\eta_g \geq 74 \%$ se $P_n \geq 1000$ kW

2. Comma 8 – Prescrizioni da rispettare:

Quando nell'edificio il rapporto tra la superficie trasparente complessiva dell'edificio e la sua superficie utile è inferiore a 0,18 è possibile omettere il calcolo di E_{P_i} ,

purché si rispettino, oltre ad alcune prescrizioni di carattere impiantistico, i seguenti limiti sulle trasmittanze:

- Trasmittanza strutture opache verticali a ponte termico corretto \leq valori limiti tabellati
- Trasmittanza strutture opache orizzontali a ponte termico corretto \leq valori limiti tabellati
- Trasmittanza chiusure trasparenti \leq valori limite tabellati
- Trasmittanza vetri \leq valori limiti tabellati

- RISTRUTTURAZIONI O MANUTENZIONI STRAORDINARIE DI EDIFICI ESISTENTI

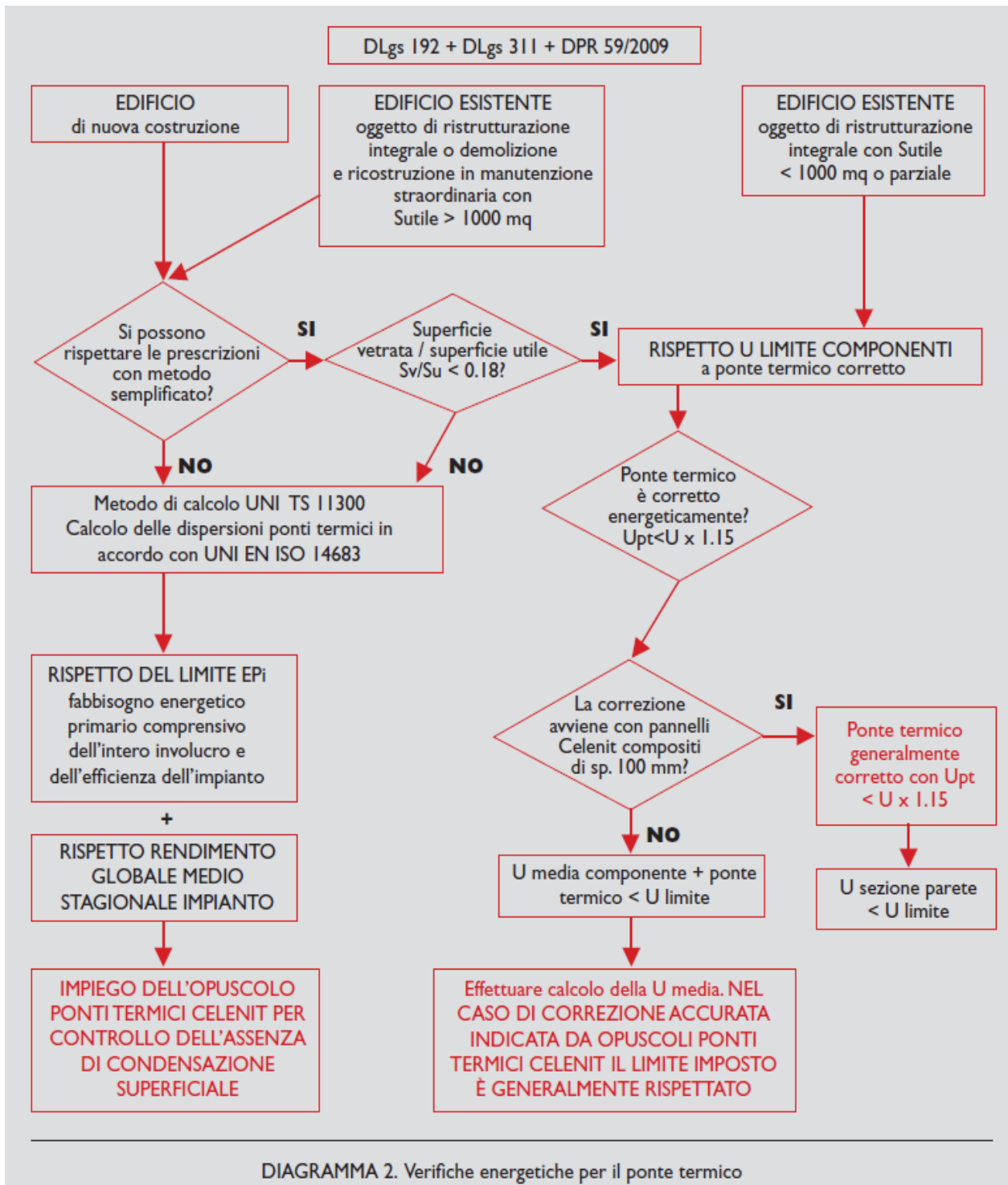
1. Comma 4 – Prescrizioni da rispettare:

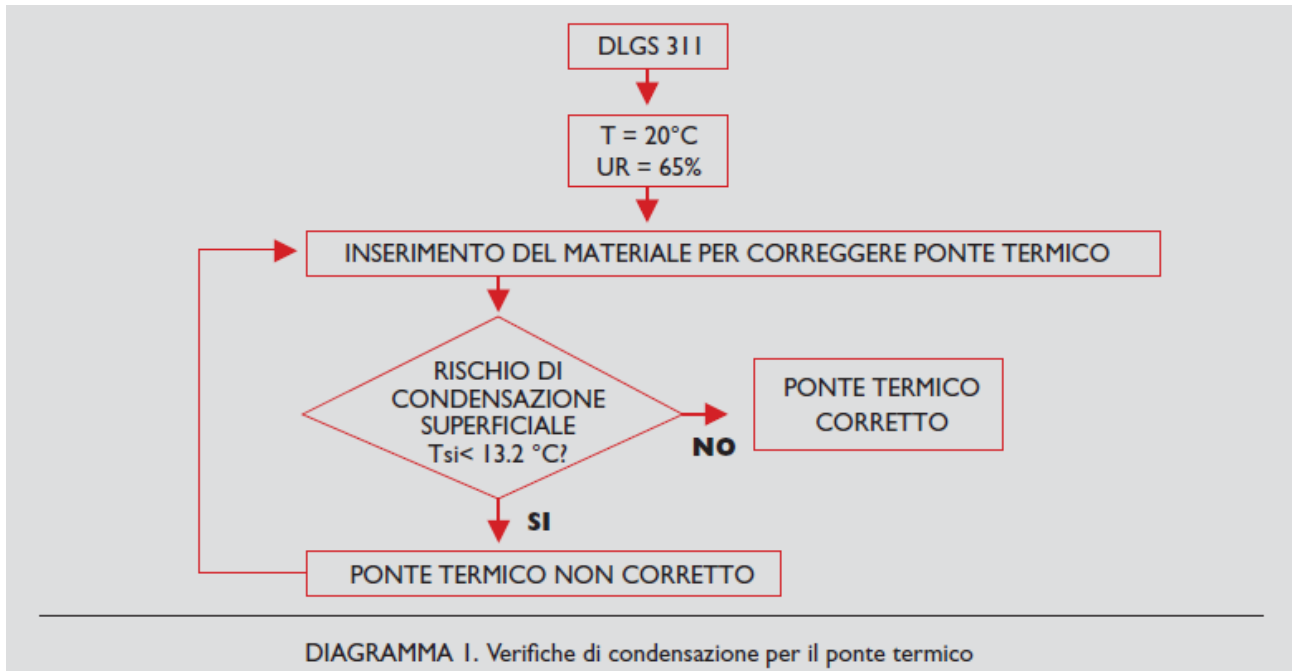
- Trasmittanza strutture opache verticali a ponte termico corretto \leq valori limiti tabellati
- Trasmittanza strutture opache orizzontali a ponte termico corretto \leq valori limiti tabellati
- Trasmittanza chiusure trasparenti \leq valori limite tabellati
- Trasmittanza vetri \leq valori limiti tabellati

N.B Qualora un ponte termico non risulti corretto, il limite su strutture orizzontali e verticali deve essere rispettato dalla trasmittanza media pesata della struttura.

Come deducibile dalle definizioni, il ponte termico è considerato corretto quando la trasmittanza della parete fittizia non superi il 15 % rispetto alla trasmittanza della parete corrente.

La metodologia descritta nel Dlgs 311 per la verifica dei ponti termici che prevede di attribuire al ponte termico una trasmittanza e quindi di considerarlo come una grandezza bidimensionale.





7.

Riferimenti normativi

- **Decreto del presidente della repubblica 2 aprile 2009 n. 59** – attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- **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.
- **UNI EN ISO 14683:2008** - Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.
- **UNI EN ISO 10211:2008** - Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati.
- **UNI EN ISO 6946:2007** - Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.

8.

Calcolo dei ponti termici secondo la UNI EN 14683

La normativa di riferimento per il calcolo dei ponti termici è la UNI 14683.

La normativa prevede diverse possibilità per il calcolo della trasmittanza termica lineica, ogni metodo implica un diverso grado di precisione che si riflette sull'accuratezza del calcolo utilizzato.

I metodi sono:

- Calcolare la trasmittanza lineica con un calcolo numerico o utilizzare un atlante dei ponti termici dinamici, con una precisione del + o - 5 %.
- Utilizzare un atlante dei ponti termici, precisione del + o - 20 %.
- Eseguire un calcolo manuale, precisione del + o - 20 %.
- Attribuire una trasmittanza termica lineica tabulata sulla base della tipologia del nodo in esame, precisione dallo 0 al 50 %.

Calcolo numerico

Calcolo eseguito utilizzando appositi software che basandosi sul metodo degli elementi finiti, calcolano il flusso termico attraverso un modello bidimensionale del ponti termico.

Dal valore del flusso così ottenuto si ricavano valori abbastanza accurati della trasmittanza lineica.

Il calcolo del flusso termico deve essere eseguito secondo la norma EN 10211-1.

La trasmittanza termica lineare (Ψ) può essere ricavata utilizzando l'equazione seguente:

$$\Psi = L^{2D} - \sum L_i U_i$$

Dove:

L^{2D} è il coefficiente di accoppiamento ottenuto dal calcolo bidimensionale agli elementi finiti dell'elemento di separazione tra interno ed esterno, compreso il ponte termico.

U_i è la trasmittanza termica dell'i-esimo componente unidimensionale che separa i due ambienti considerati.

L_i è la lunghezza a cui si applica la trasmittanza U_i .

Nel metodo descritto deve essere specificato che dimensioni si utilizzano interne o esterne.

Atlante dei ponti termici

Gli esempi riportati sugli atlanti dei ponti termici hanno parametri fissi e non modificabili (materiali, dimensioni, ecc.) per cui risultato essere meno flessibile da utilizzare rispetto ai calcoli in situazioni particolari o complesse.

Il nodo dell'atlante raramente corrisponde per tutto alla situazione reale in cui ci troviamo, di conseguenza la precisione del metodo cala.

I valori trovati all'interno degli atlanti devono essere in accordo con la norma EN 10211-1.

Calcoli manuali

Ci sono numerosi metodi per calcolare i ponti termici manualmente, eseguibili sia a mano che con software adatta, tuttavia non si può fornire un'indicazione generale sull'accuratezza di questi metodi, dato che la maggior parte dei calcoli manuali si applica ad un solo tipo di ponti termico, perciò il metodo del calcolo manuale può essere molto accurato nello specifico ambito di applicazione, molto poco accurato al di fuori di questo ambito.

Valori tabulati

La norma contiene una gamma di valori già pre calcolati di Ψ , tenendo conto dei vari parametri a favore della sicurezza.

I valori della trasmittanza vengono dati per ogni nodo in base alla posizione dell'isolamento e alle misure utilizzate considerando più casi possibili, si corre il rischio di non trovare il caso adatto alle proprie esigenze influenzando così la precisione del calcolo che in alcuni casi può arrivare fino al 50 %.

9.

Tipologie di isolamento per la risoluzione dei ponti termici

Isolamento esterno delle pareti verticali a cappotto.

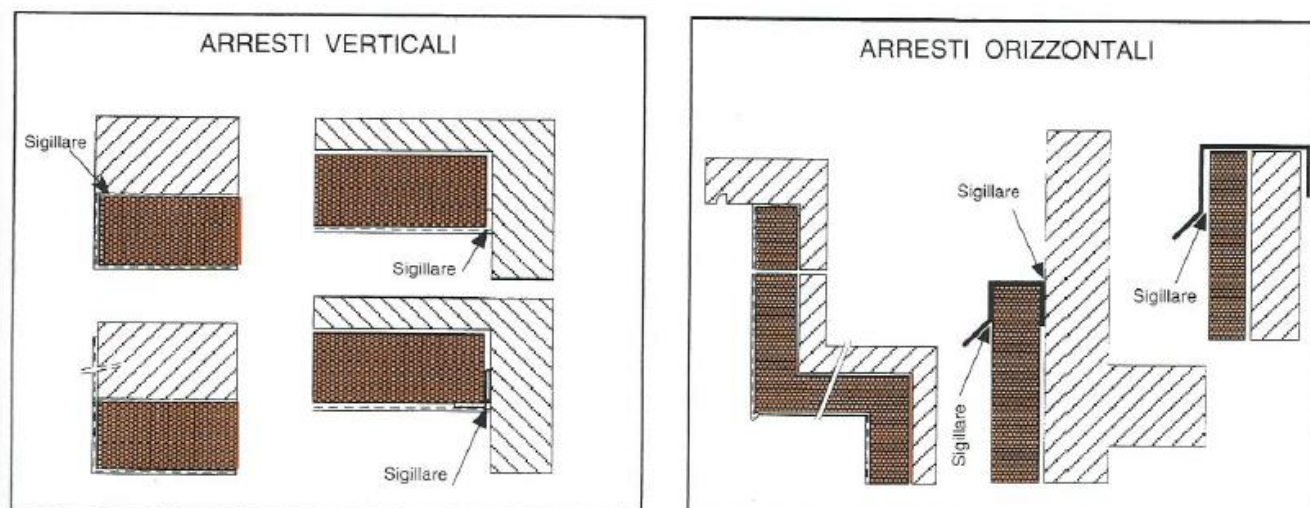
Il cappotto o isolamento termico dall'esterno, per pareti verticali con intonaco sottile su isolante, è il sistema oggi e da oltre 30 anni più utilizzato in Europa per la coibentazione degli edifici civili, industriali nuovi e preesistenti.

Il cappotto è costituito da un insieme di materiali inscindibili e sinergici:

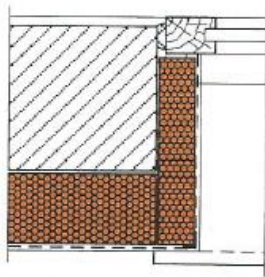
- Lastre isolanti
- Collante-rasante
- Rete di armatura
- Primer
- Finitura di rivestimento
- Sagome in lega leggera per i profili

Il cappotto svolge la funzione di isolare completamente l'involucro esterno senza discontinuità dal freddo e dal caldo oltre che dagli agenti atmosferici, il tutto al fine di ottimizzare le condizioni termo igrometriche dell'edificio per migliorare le condizioni di benessere all'interno e migliorare sensibilmente il risparmio energetico.

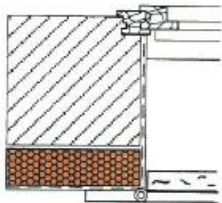
Esempi di montaggio di cappotto in varie parti dell'edificio.



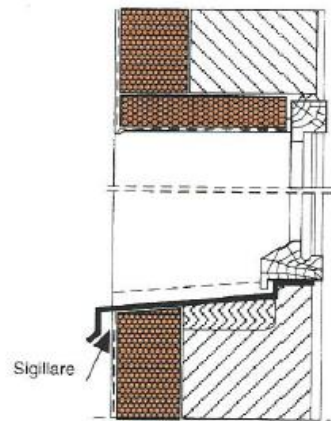
SPALLETTA ISOLATA



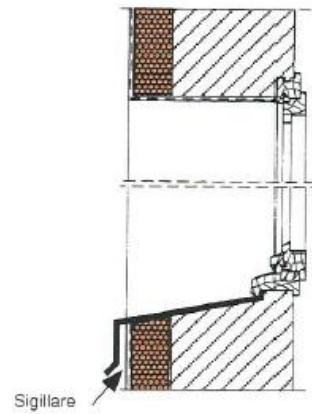
SPALLETTA NON ISOLATA



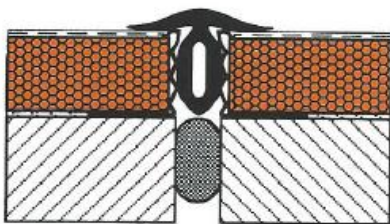
ARCHITRAVE ISOLATA



ARCHITRAVE NON ISOLATA



ARRESTO SU GIUNTO DI DILATAZIONE



Isolamento esterno di pareti verticali ventilate

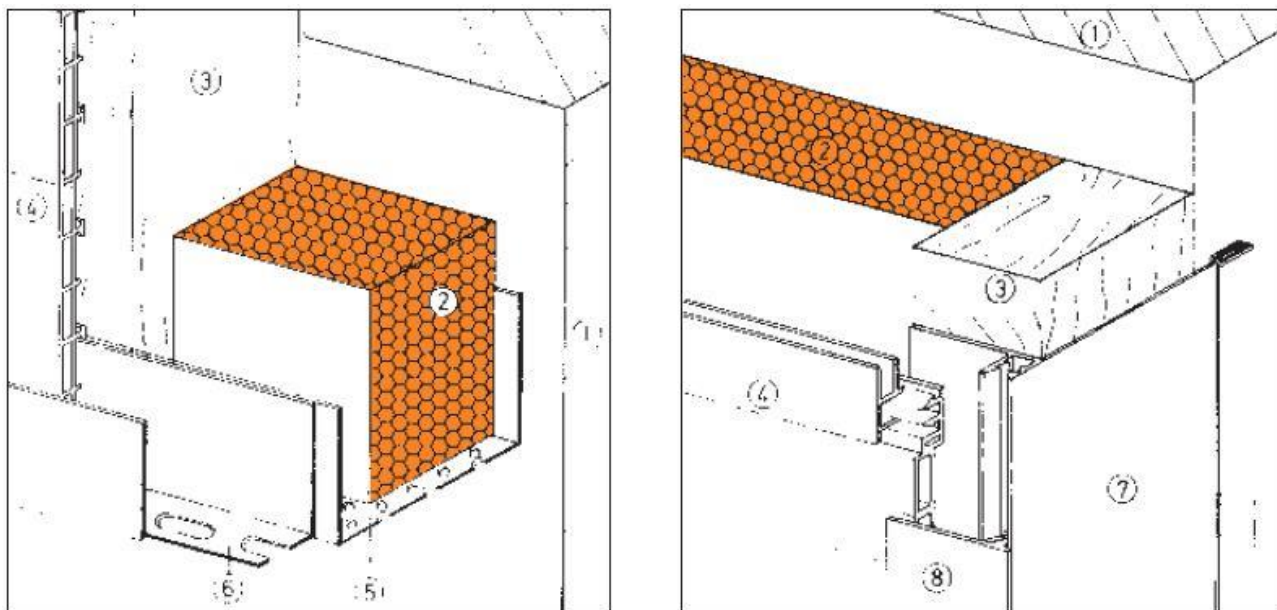
La parete ventilata è un'evoluzione dei sistemi di isolamento esterni tradizionali "a cappotto", di cui potenzia le prestazioni ed elimina gli svantaggi.

La facciata ventilata è caratterizzata essenzialmente dalla posizione dello strato di rivestimento esterno, che non aderisce alla parete di tamponamento ma ne risulta distanziato per formare un'intercapedine. In questo modo, si ottiene la circolazione naturale dell'aria nello spazio dell'intercapedine, per effetto del moto convettivo prodotto dalla presenza di aperture disposte alla base e alla sommità della facciata.

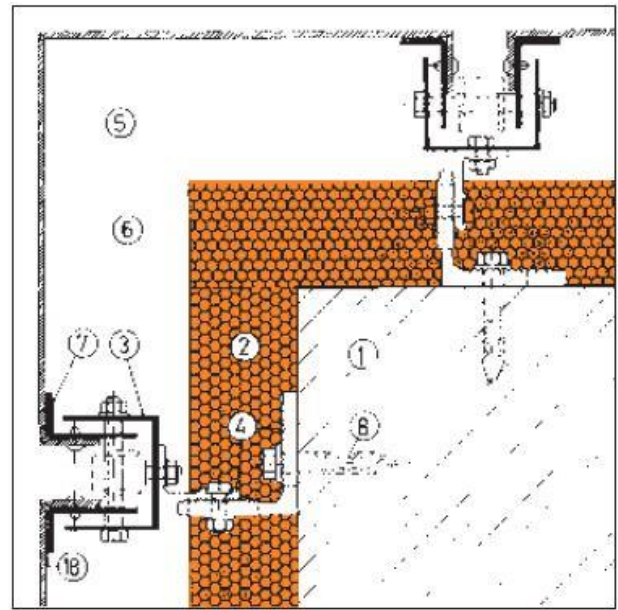
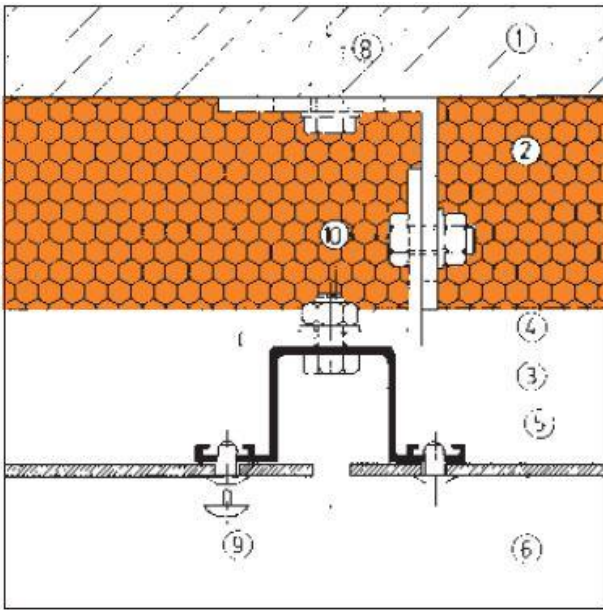
Il sistema di facciata a parete ventilata è la tecnologia di rivestimento esterno degli edifici più efficace per risolvere le problematiche della protezione dall'umidità e dagli agenti atmosferici e dell'isolamento termico e acustico.

Grazie alla struttura multistrato da cui è costituita, la facciata ventilata attiva un processo continuo di ventilazione naturale lungo la facciata eliminando l'umidità in eccesso e fornendo un contributo fondamentale al raffrescamento estivo e al controllo della dispersione termica invernale.

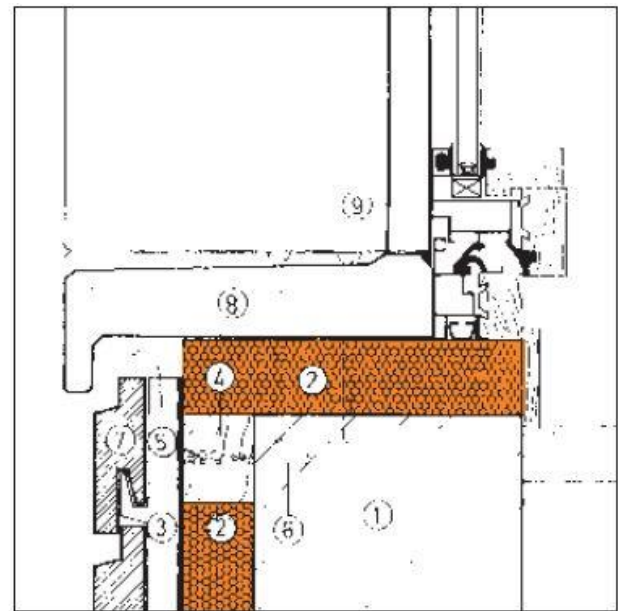
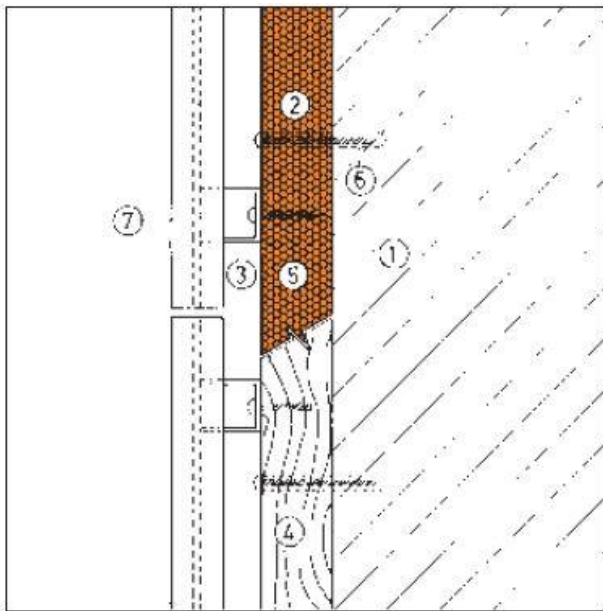
Alcuni esempi di installazione corretta.



Strato di rivestimento in PVC



Strati di rivestimento in alluminio.



Strato di rivestimento in doghe di calcestruzzo.

Isolamento delle pareti verticali in intercapedine

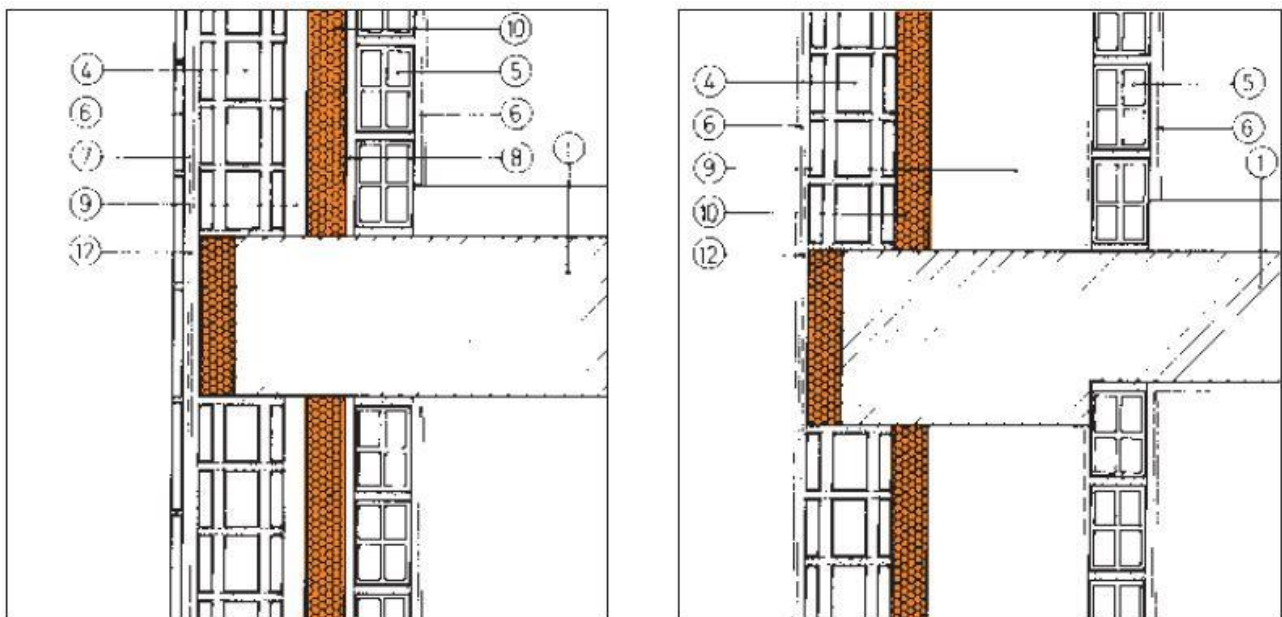
Sistema composto dall'isolamento termico in intercapedine, è la tipologia più diffusa in Italia grazie alla sua facilità di installazione e a un buon rapporto costo/prestazione.

L'impiego di strati con differenti caratteristiche fisico-chimiche e morfologiche comporta l'ottimizzazione del funzionamento complessivo della parete, del quale è possibile attuare un controllo attraverso l'analisi delle prestazioni specifiche del singolo strato rispetto a fenomeni sollecitanti diversi, al fine di ottenere sia condizioni di microclima interno ottimali in rapporto all'uso, sia un'efficace protezione dagli agenti atmosferici.

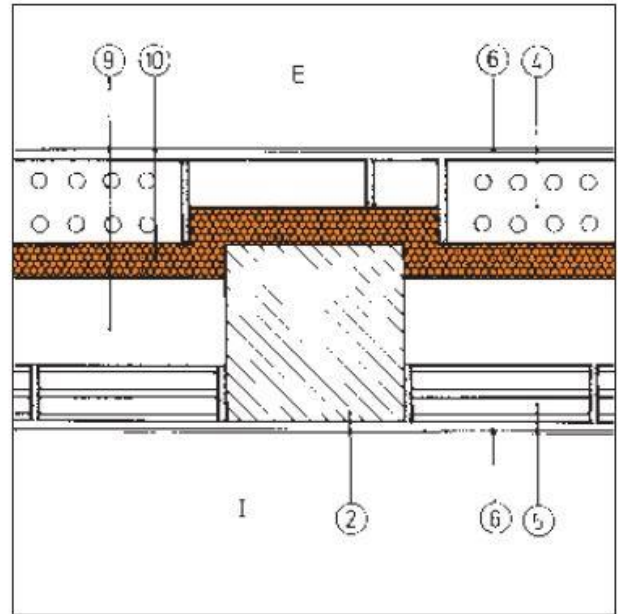
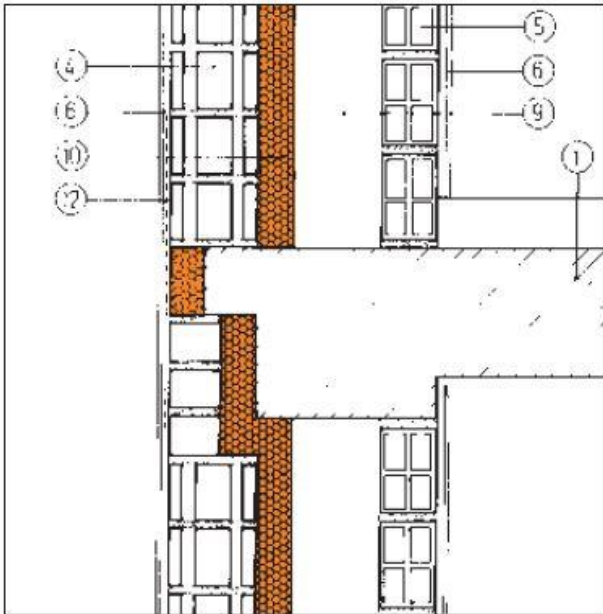
Il sistema è composto principalmente dai seguenti strati:

- Strato di protezione e rivestimento esterno
- Strato portante
- Strato termoisolante
- Strato d'aria
- Strato di barriera al vapore
- Paramento
- Strato di finitura interna

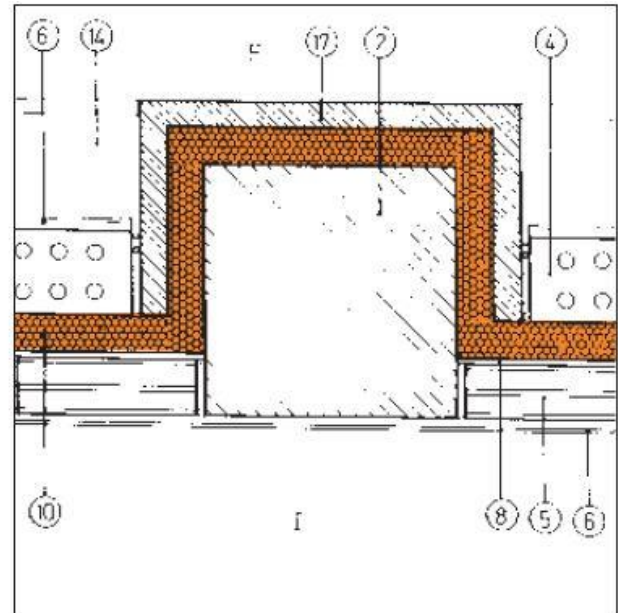
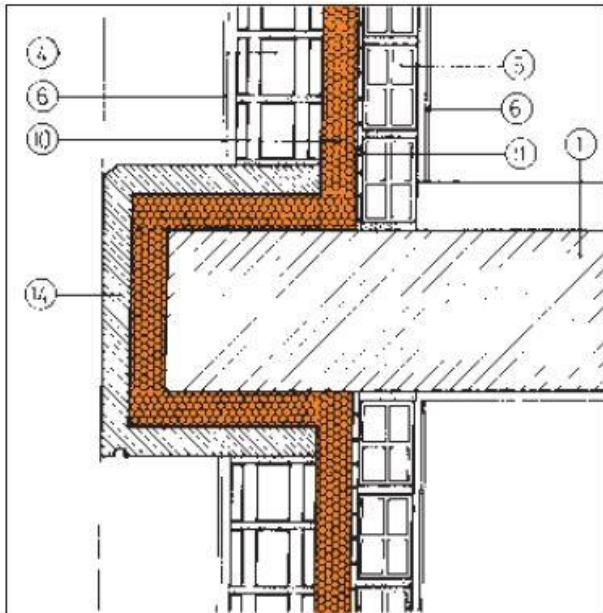
Esempi di installazione corretta.



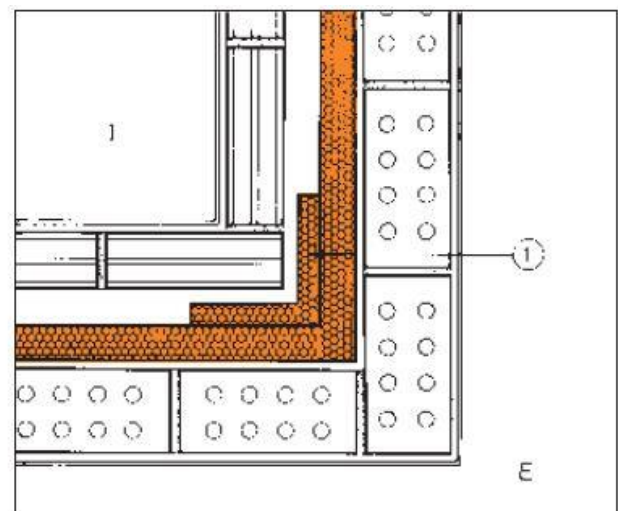
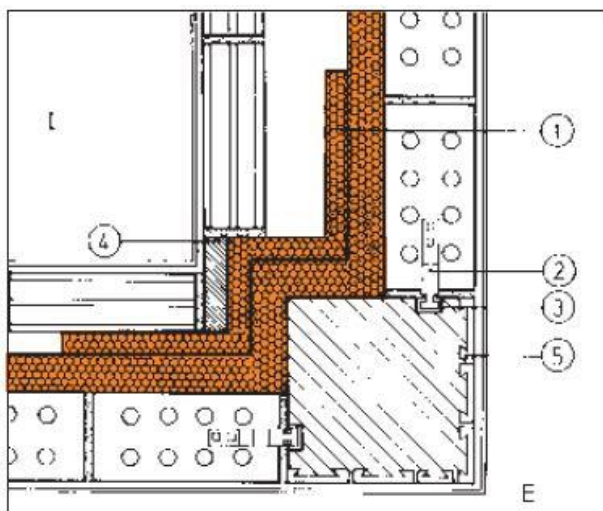
Parete verticale.



Trave di bordo.



Marcapiano orizzontale (sopra) - Isolamento angoli (sotto).



10.

Abaco dei ponti termici

Di seguito proposte le schede contenenti una schematizzazione delle tipologie di ponti termici, con anche le indicazioni sulle misure caratteristiche da usare per la valutazione della trasmittanza termica lineare con una descrizione sintetica della tipologia.

Di seguito i principali parametri utilizzati nelle schede con una breve descrizione.

| | | |
|--|--|---|
| RESISTENZA TERMICA | $R_i = \frac{s}{\lambda}$ | Resistenze termiche di ciascuno strato. Rapporto tra lo spessore del rispettivo strato di materiale e la sua conduttività termica |
| CONDUCIBILITÀ TERMICA | λ | Rapporto, in condizioni stazionarie, fra il flusso di calore e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore. Attitudine di una sostanza a trasmettere il calore |
| CONDUCIBILITÀ TERMICA EQUIVALENTE DEL PACCHETTO TECNOLOGICO, ESCLUDENDO L'ISOLANTE | $\lambda_{eq} = C \cdot L$ | Dove: $C = \frac{1}{\sum \frac{L_i}{\lambda_i}}$ Conduttanza del pacchetto tecnologico escluso l'ISOLANTE. $L = \sum L_i$ Spessore del pacchetto tecnologico escluso l'ISOLANTE |
| RESISTENZA TERMICA SUPERFICIALE INTERNA | $R_{si} = \frac{1}{h_i}$ | Resistenza superficiale interna. Inverso del coefficiente di scambio termico interno |
| RESISTENZA TERMICA SUPERFICIALE ESTERNA | $R_{se} = \frac{1}{h_e}$ | Resistenza superficiale esterna. Inverso del coefficiente di scambio termico esterno |
| RESISTENZA TERMICA TOTALE | $R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$ | Indica la difficoltà del calore nell'attraversare un mezzo solido |
| TRASMITTANZA TERMICA | $U = \frac{1}{R_T}$ | Definisce la capacità isolante di un elemento ed è l'inverso della resistenza |
| TRASMITTANZE TERMICHE di progetto | $U_{PAR} \quad U_{PIL} \quad U_{TR} \quad U_{TEL} \quad U_{SOL}$ | Trasmittanze termiche del relativo pacchetto tecnologico considerato (incluso l'ISOLANTE) |

Il campo di validità è definito in termini di proprietà termofisiche globali e/o dimensionali, più che in termini di dimensioni puramente geometriche dell'elemento tecnico utilizzato per la generazione delle singole trasmittanze lineari Ψ (si veda per ciascuna tipologia di ponte termico il capitolo 3).

Se i ponti termici analizzati con l'ausilio delle correlazioni sviluppate hanno dimensioni diverse da quelle riportate nelle tabelle, le correlazioni sono comunque utilizzabili a patto di mantenersi entro i campi di validità specifici di ogni scheda, che sono generalmente di tipo termofisico (U , U^* , L^* , l_{eq} , etc.).

PARETE - PILASTRO ISOLATI E NON ISOLATI

| PIL.001 | PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'ESTERNO CON PILASTRO NON ISOLATO |
|---|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate dall'esterno, con presenza di pilastro non isolato nella giunzione. | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| <p>Il diagramma mostra una sezione orizzontale di una parete con un pilastro non isolato. La parete è composta da due parti isolate dall'esterno (L'ISO) e una parte non isolata (L'PAR). Il pilastro ha una sezione S_PIL e una lunghezza L_PIL. Le resistenze termiche R_se e R_si sono indicate all'esterno e all'interno rispettivamente. I coefficienti di conduzione termica lambda_PIL e lambda_eq sono indicati per il pilastro e la parete equivalente. Le linee A-A' e B-B' indicano le sezioni di riferimento.</p> | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0.695 - 0.0635 \cdot U^* + 2.231 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.695 - 0.0635 \cdot U^* + 2.231 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: Trasmissione adimensionale | $U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmissione del pilastro | $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmissione della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $5.29 \leq U^* \leq 12.14 \quad 0.30 \leq S_{PIL} \leq 0.50 \text{ (m)} \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.09 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.09 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

| PIL.002 | PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'INTERNO CON PILASTRO NON ISOLATO |
|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate dall'interno, con presenza di pilastro non isolato nella giunzione. | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0.455 - 0.047 \cdot U^* + 2.179 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.455 - 0.047 \cdot U^* + 2.179 \cdot S_{PIL} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: | |
| Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmittanza del pilastro | $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | |
| $5.29 \leq U^* \leq 12.14$ | $0.30 \leq S_{PIL} \leq 0.50 \text{ (m)} \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | |
| $IC_E^{95\%} = \pm 0.08$ | $IC_I^{95\%} = \pm 0.08 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

| PIL.007 | PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'ESTERNO CON PILASTRO ISOLATO ALL'ESTERNO |
|--|---|
| Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate all'esterno, con presenza di pilastro isolato dall'esterno nella giunzione. | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: | |
| Campo di validità | |
| Intervallo di confidenza | |

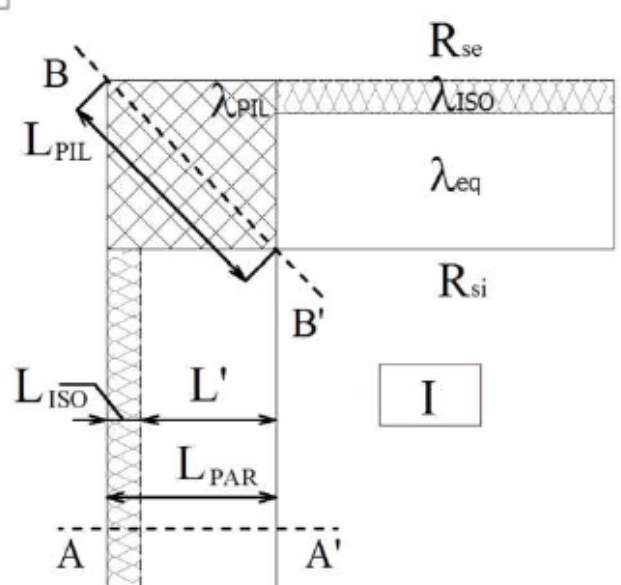
| PIL.008 | PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'INTERNO CON PILASTRO ISOLATO ALL'INTERNO |
|--|---|
| Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate all'interno, con presenza di pilastro isolato dall'interno nella giunzione. | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: | |
| Campo di validità | |
| Intervallo di confidenza | |

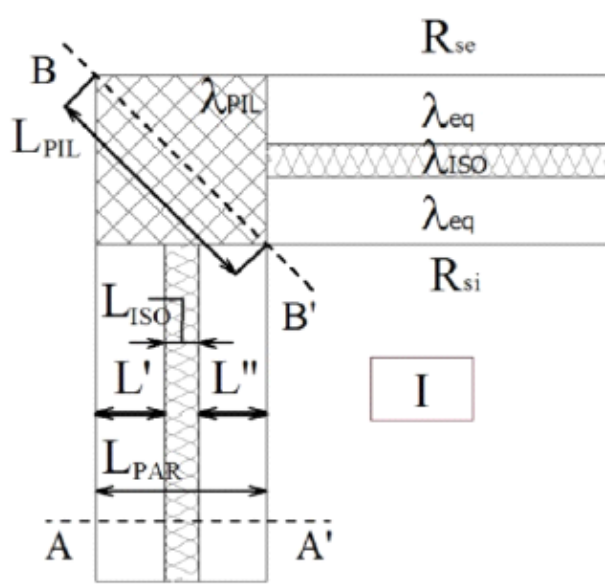
ANGOLI SENZA PILASTRO ISOLATI E NON ISOLATI

| ASP.008 | ANGOLO SPORGENTE ISOLATO DALL'ESTERNO SENZA PILASTRO | |
|--|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione ad angolo sporgente di due pareti uguali isolate dall'esterno, senza pilastro nella giunzione. | | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | | |
| <div style="text-align: center;"> </div> | | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = -0.090 - 0.157 \cdot U_{PAR} + 0.032 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.047 + 0.092 \cdot U_{PAR} + 0.127 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Campo di validità | $0.14 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.02 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.03 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

| ASP.010 | ANGOLO SPORGENTE ISOLATO IN MEZZERIA SENZA PILASTRO |
|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione ad angolo sporgente di due pareti uguali isolate in mezzeria, senza pilastro nella giunzione. | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">E</div> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">I</div> </div> | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = -0.157 - 0.131 \cdot U_{PAR} - \frac{0.01}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.110 + 0.051 \cdot U_{PAR} - \frac{0.012}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L''}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}}$ |
| Campo di validità | $0.17 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \frac{W}{m \cdot K}$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.02 \frac{W}{m \cdot K} \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.01 \frac{W}{m \cdot K}$ |

ANGOLI CON PILASTRO ISOLATI E NON ISOLATI

| ASP.001 | ANGOLO SPORGENTE ISOLATO DALL'ESTERNO CON PILASTRO | |
|--|---|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione ad angolo sporgente di due pareti uguali isolate dall'esterno, con presenza di pilastro non isolato nella giunzione. | | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">E</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">I</div> </div> | | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = -0.408 + 0.058 \cdot U^* + 0.944 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = -0.018 + 0.036 \cdot U^* + 0.996 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: Trasmittanza adimensionale Trasmittanza del pilastro (Riferita alla diagonale) Trasmittanza della parete | $U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$ $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Campo di validità | $4.4 \leq U^* \leq 10.9 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.11 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.11 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

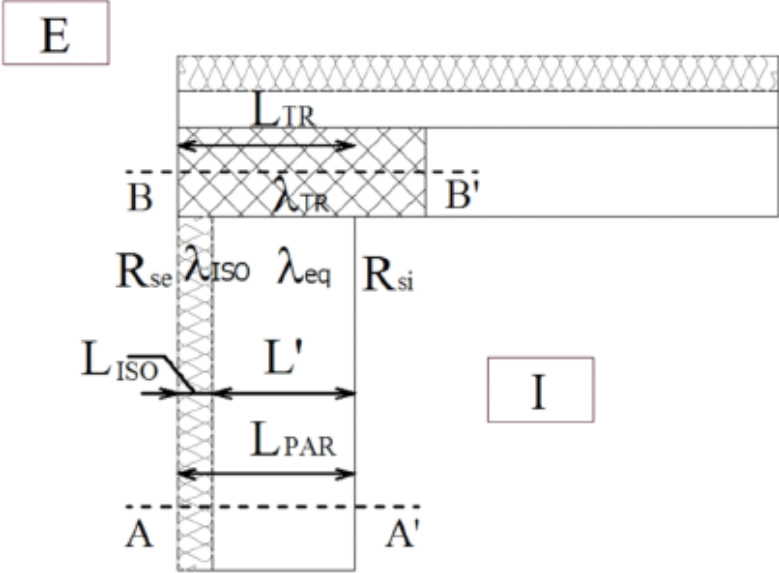
| ASP.003 | ANGOLO SPORGENTE ISOLATO IN MEZZERIA CON PILASTRO |
|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione ad angolo sporgente di due pareti uguali isolate in mezzeria, con presenza di pilastro non isolato nella giunzione. | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">E</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">I</div> </div> | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = -0.310 + 0.047 \cdot U^* + 0.612 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.080 + 0.026 \cdot U^* + 0.664 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: Trasmittanza adimensionale Trasmittanza del pilastro (Riferita alla diagonale) Trasmittanza della parete | $U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$ $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L''}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $4.4 \leq U^* \leq 10.9 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.08 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.08 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

| ASP.005 | ANGOLO SPORGENTE ISOLATO DALL'ESTERNO CON PILASTRO ISOLATO |
|--|--|
| <p>Ponte termico formato dalla giunzione ad angolo sporgente di due pareti uguali isolate dall'esterno, con presenza di pilastro isolato esternamente nella giunzione.</p> | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = -0.281 + 0.147 \cdot U^* + 0.143 \cdot L_{PAR} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.385 - 0.116 \cdot U^* - 0.198 \cdot L_{PAR} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: | |
| Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmittanza del pilastro (Riferita alla diagonale) | $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + \frac{L_{ISO,PIL}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $0.76 \leq U^* \leq 1.18 \quad 0.30 \leq L_{PAR} \leq 0.65 \quad (m)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.01 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.03 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

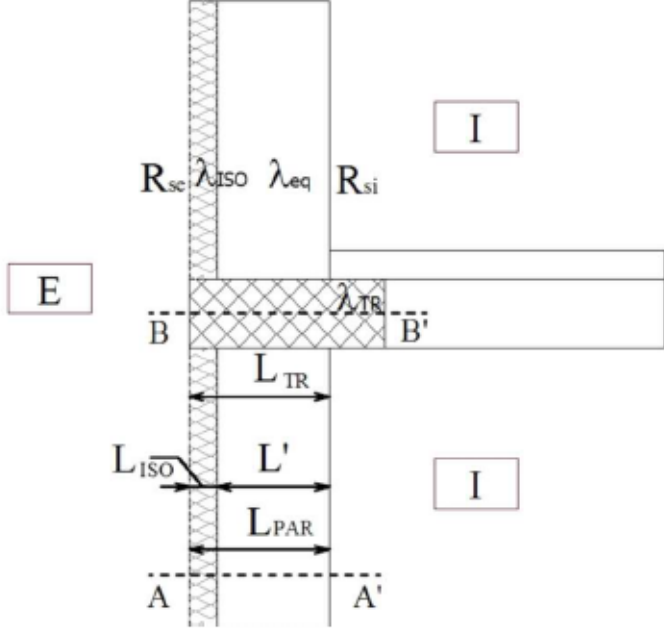
| ASP.006 | ANGOLO SPORGENTE ISOLATO ALL'INTERNO CON PILASTRO ISOLATO |
|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione ad angolo sporgente di due pareti uguali isolate all'interno, con presenza di pilastro isolato esternamente nella giunzione. | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = -0.169 + 0.041 \cdot U^* - 0.144 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.072 + 0.012 \cdot U^* - 0.023 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: | |
| Trasmissione adimensionale | $U^* = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmissione del pilastro (Riferita alla diagonale) | $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + \frac{L_{ISO,PIL}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmissione della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $0.31 \leq U^* \leq 2.51 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.10 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.06 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

PARETE – TETTO PIANO ISOLATO E NON ISOLATO

| COP.001 | PARETE ISOLATA ALL'ESTERNO CON COPERTURA NON ISOLATA E TRAVE NON ISOLATA | |
|--|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione di una parete isolata dall'esterno con una copertura piana non isolata, con trave non isolata. | | |
| SEZIONE VERTICALE | | |
| | | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 1.110 - 0.158 \cdot U^* + \frac{0.077}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 1.258 - 0.057 \cdot U^* + 0.147 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$ | |
| Trasmittanza della trave (per lo spessore pari alla parete) | $U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TR}}{\lambda_{TR}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Campo di validità | $5.3 \leq U^* \leq 12.1 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.11 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.06 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

| COP.005 | PARETE ISOLATA ALL'ESTERNO CON COPERTURA ISOLATA E TRAVE NON ISOLATA |
|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione di una parete isolata dall'esterno con una copertura piana isolata superiormente, con trave non isolata. | |
| SEZIONE VERTICALE | |
|  | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0.429 - 0.050 \cdot U^* + \frac{0.018}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = -0.041 \cdot U^* + 0.785 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmittanza della trave (per lo spessore pari alla parete) | $U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TR}}{\lambda_{TR}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $5.3 \leq U^* \leq 12.1 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.05 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.05 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

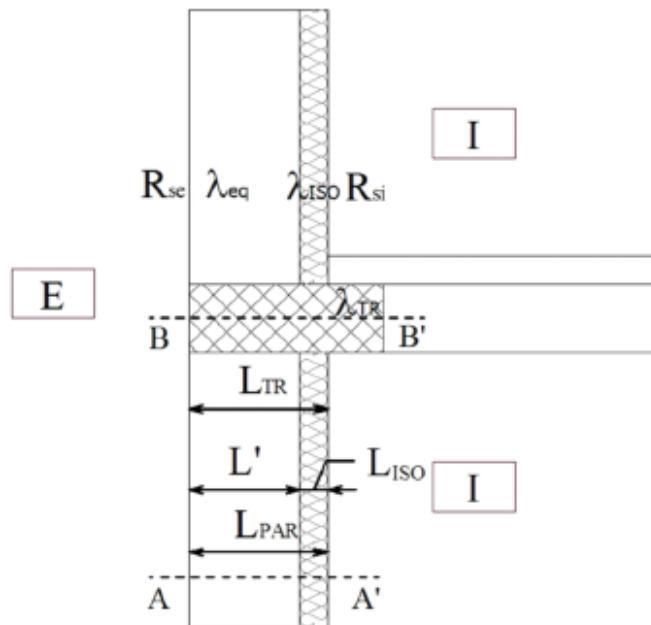
PARETE – SOLAIO ISOLATI E NON ISOLATI

| SOL.001 | PARETE ISOLATA ALL'ESTERNO CON SOLAIO E TRAVE NON ISOLATA | |
|---|--|--|
| <p>Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata all'esterno con un solaio, la cui trave non è isolata.</p> | | |
| SEZIONE VERTICALE | | |
|  | | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\Psi_E = 1.761 - 0.038 \cdot U^* - 1.295 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Riferita alle dimensioni interne | $\Psi_I = 2.068 - 0.056 \cdot U^* - 1.329 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$ | |
| Trasmittanza della trave (per lo spessore pari alla parete) | $U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TR}}{\lambda_{TR}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Campo di validità | $5.75 \leq U^* \leq 14.49 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.21 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.19 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

| | |
|---------|--|
| SOL.002 | PARETE ISOLATA ALL'INTERNO CON SOLAIO E TRAVE NON ISOLATA |
|---------|--|

Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata all'interno con un solaio, la cui trave non è isolata.

SEZIONE VERTICALE



TRASMITTANZA TERMICA LINEARE

Riferita alle dimensioni esterne
$$\psi_E = 0.934 - 0.037 \cdot U^* + \frac{0.018}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$$

Riferita alle dimensioni interne
$$\psi_I = 1.215 - 0.056 \cdot U^* + \frac{0.025}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$$

Con:
Trasmittanza adimensionale
$$U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$$

Trasmittanza della trave
(per lo spessore pari alla parete)
$$U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TR}}{\lambda_{TR}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

Trasmittanza della parete
$$U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$$

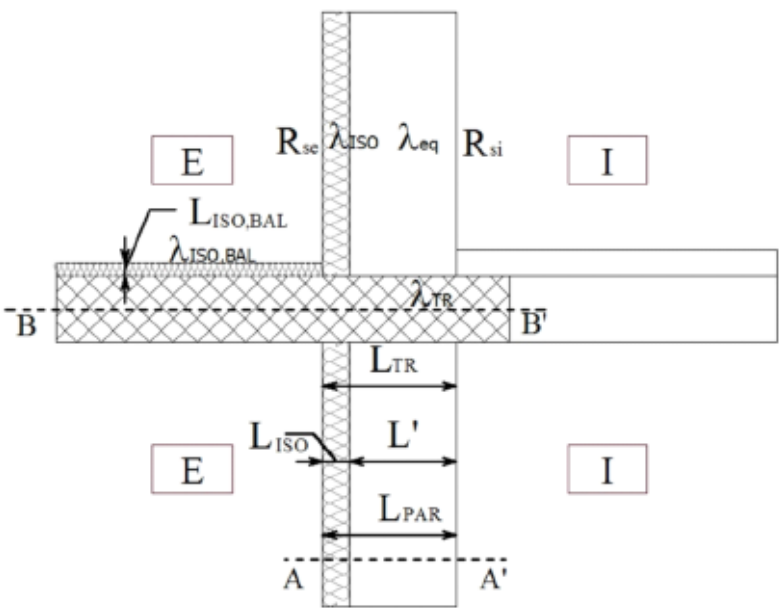
Campo di validità
$$5.75 \leq U^* \leq 14.49 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$$

Intervallo di confidenza
$$IC_E^{95\%} = \pm 0.05 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.08 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$$

| SOL.005 | PARETE ISOLATA ALL'ESTERNO CON SOLAIO E TRAVE ISOLATA |
|---|--|
| <p>Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata all'esterno con un solaio, la cui trave è isolata all'esterno.</p> | |
| SEZIONE VERTICALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = -0.041 + 0.089 \cdot U_{PAR} + \frac{0.171}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = -0.041 + (L_{SOL} + 0.089) U_{PAR} + \frac{0.171}{\lambda_{eq}} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmittanza della trave (per lo spessore pari alla parete) | $U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO,TR}}{\lambda_{ISO,TR}} + \frac{L'_{TR}}{\lambda_{TR}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $0.17 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.02 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.02 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

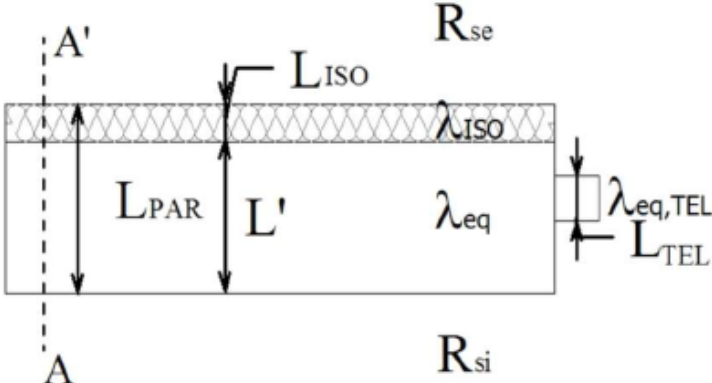
PARETE – BALCONE ISOLATI E NON ISOLATI

| BAL.001 | PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'ESTERNO CON BALCONE NON ISOLATO |
|--|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate dall'esterno, in presenza di balcone non isolato. | |
| SEZIONE VERTICALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0.985 - 0.040 \cdot U^* \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 1.280 - 0.061 \cdot U^* \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmittanza del balcone (per lo spessore pari alla parete) | $U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TR}}{\lambda_{TR}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $5.28 \leq U^* \leq 12.14 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.05 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.07 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

| BAL.005 | PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'ESTERNO CON BALCONE ISOLATO SUL PIANO DI CALPESTIO | |
|--|---|--|
| Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate dall'esterno, in presenza di balcone isolato nella parte superiore. | | |
| SEZIONE VERTICALE | | |
|  | | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0.683 - 0.069 \cdot U^* - 0.074 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.941 - 0.133 \cdot U^* + 0.063 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$ | |
| Trasmittanza del balcone (per lo spessore pari alla parete) | $U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TR}}{\lambda_{TR}} + \frac{L_{ISO,BAL}}{\lambda_{ISO,BAL}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Campo di validità | $1.1 \leq U^* \leq 3.4 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.03 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.05 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

| BAL.006 | PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'ESTERNO CON BALCONE ISOLATO COMPLETAMENTE |
|--|---|
| Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate dall'esterno, in presenza di balcone isolato sia nella parte superiore, sia nella parte inferiore, sia all'estremità. | |
| SEZIONE VERTICALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| Riferita alle dimensioni esterne | $\psi_E = 0.305 + 0.007 \cdot U^* \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Riferita alle dimensioni interne | $\psi_I = 0.554 - 0.056 \cdot U^* \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Con: Trasmittanza adimensionale | $U^* = \frac{U_{TR}}{U_{PAR}}$ |
| Trasmittanza del balcone (per lo spessore pari alla parete) | $U_{TR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TR}}{\lambda_{TR}} + \frac{L_{ISO,BAL}}{\lambda_{ISO,BAL}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmittanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità | $1.1 \leq U^* \leq 3.4 \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |
| Intervallo di confidenza | $IC_E^{95\%} = \pm 0.04 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.02 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ |

SERRAMENTI ISOLATI E NON ISOLATI

| SER.001 | SERRAMENTO IN MEZZERIA SU PARETE ISOLATA ALL'ESTERNO |
|--|--|
| Ponte termico formato dal contatto tra serramento e parete isolata dall'esterno, serramento in mezzeria non a contatto con l'isolante | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| <div style="text-align: center;"> <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">E</div>  <div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-weight: bold; font-size: 24px;">I</div> </div> | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| $\psi_E = \psi_I = \frac{U_{TEL} - 1.90}{3.60} (\psi_2 - \psi_1) + \psi_1 \quad \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: | |
| $\psi_1 = 0.083 - 0.308 \cdot U_{PAR} + 0.533 \cdot \lambda_{eq} \quad \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| $\psi_2 = 0.101 - 0.281 \cdot U_{PAR} + 0.624 \cdot \lambda_{eq} \quad \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Trasmissanza della parete | $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Trasmissanza del telaio | $U_{TEL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{TEL}}{\lambda_{eq,TEL}} + R_{se}} \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ |
| Campo di validità $1.9 \leq U_{TEL} \leq 5.5 \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.17 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \quad \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \quad \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza $IC_E^{95\%} = \pm 0.03 \quad \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.03 \quad \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

| SER.002 | SERRAMENTO IN MEZZERIA SU PARETE ISOLATA ALL'INTERNO |
|--|--|
| Ponte termico formato dal contatto tra serramento e parete isolata dall'interno, serramento in mezzeria non a contatto con l'isolante | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| $\psi_E = \psi_I = 0.080 - 0.273 \cdot U_{PAR} + 0.409 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: Trasmissione della parete $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Campo di validità $0.17 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza $IC_E^{95\%} = \pm 0.04 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{95\%} = \pm 0.04 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

| SER.003 | SERRAMENTO IN MEZZERIA SU PARETE ISOLATA ALL'INTERNO, CON RISVOLTO DELL'ISOLANTE |
|--|--|
| Ponte termico formato dal contatto tra serramento e parete isolata dall'interno serramento in mezzeria a contatto con risvolto dell'isolante | |
| SEZIONE ORIZZONTALE | |
| | |
| TRASMITTANZA TERMICA LINEARE | |
| $\psi_E = \psi_I = 0.043 - 0.063 \cdot U_{PAR} + 0.146 \cdot \lambda_{eq} \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Con: Trasmittanza della parete $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right)$ | |
| Campo di validità $0.17 \leq U_{PAR} \leq 0.58 \left(\frac{W}{m^2 \cdot K} \right) \quad 0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |
| Intervallo di confidenza $IC_E^{0.95\%} = \pm 0.02 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right) \quad IC_I^{0.95\%} = \pm 0.02 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)$ | |

11.

Riferimenti bibliografici

Riferimenti bibliografici

AIPE - Costruire Polistirene espanso sinterizzato in edilizia

AIPE - Prontuario dei materiali isolanti e del risparmio energetico

ANCE e Politecnico di Milano - Abaco dei ponti termici

ANIT – Igrotermia e ponti termici

CELENIT – Ponti termici