

# Relazione di calcolo del ponte termico

Calcolo della trasmittanza lineica del ponte termico e  
verifica del rischio di formazione di muffa

RELAZIONE a cura di:	
EDIFICIO	- Milano ()
DATA	14/01/2020

Firma: \_\_\_\_\_

## **INDICE**

1. PREMESSA METODOLOGICA
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO e METODO DI CALCOLO
3. VALIDAZIONE DEL METODO DI CALCOLO
4. DETTAGLI DEL PONTE TERMICO
5. CONDIZIONI AL CONTORNO
6. DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI
7. CURVE DI TEMPERATURA
8. RISULTATI DI CALCOLO
9. VALUTAZIONE DEL PONTE TERMICO CORRETTO
10. VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

## 1. PREMESSA

Il ponte termico è una discontinuità dell'involucro edilizio nella quale la resistenza termica non è uniforme e cambia in modo significativo; i ponti termici localizzati per la maggioranza dei casi nelle giunzioni tra gli elementi e provocano due effetti:

- Modifica del flusso termico
- Modifica della temperatura superficiale
- rispetto agli stessi elementi privi di ponte termico.

La presente relazione riporta la valutazione della trasmittanza lineica  $\psi$  del ponte termico tramite analisi ad elementi finiti, per ponti termico geometrico o strutturale.

Per ciascun ponte termico è analizzata la distribuzione del flusso termico, il coefficiente di accoppiamento termico e la mappa delle temperature interne al nodo. La valutazione del rischio di formazione di muffa e quindi di condensa superficiale si ottiene valutando la temperatura superficiale raggiunta sulla faccia interna.

## 2. NORMA DI RIFERIMENTO E METODO DI CALCOLO

Di seguito le norme di riferimento utilizzate per il calcolo.

- UNI EN ISO 10211 – *Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures General calculation methods.*
- UNI EN ISO 13788 - *Hygrothermal performance of building components and building elements – Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods*
- UNI EN ISO 6946 - *Building components and building elements - Thermal resistance and thermal transmittance - Calculation method*

Il metodo di calcolo utilizzato nella valutazione del ponte termico si basa su quanto indicato dalla norma UNI EN ISO 10211.

La norma specifica la definizione dei limiti geometrici del modello e dei criteri da adottare per la sua suddivisione, le condizioni termiche al contorno, i valori termici e le relazioni da utilizzare.

La norma si fonda sulle seguenti ipotesi:

- le condizioni termiche si intendono stazionarie
- tutte le proprietà fisiche sono indipendenti dalla temperatura
- non ci sono sorgenti di calore all'interno delle strutture edilizie

## 3. VALIDAZIONE DEL METODO DI CALCOLO

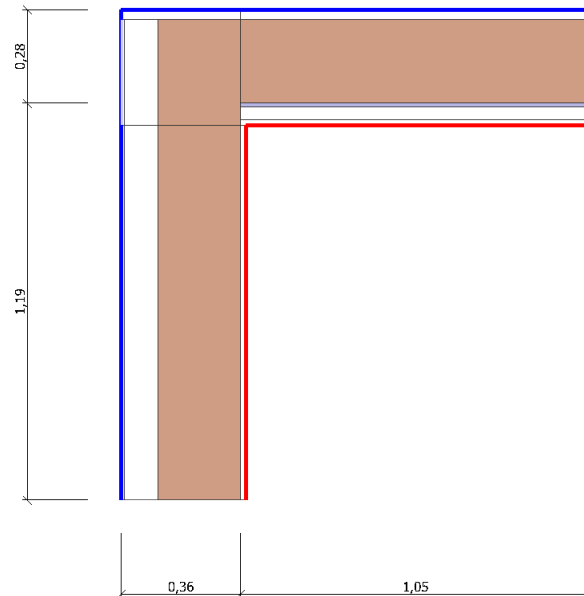
L'Appendice A della norma UNI 10211 riporta le condizioni generali e i requisiti che deve rispettare il metodo numerico per considerarsi validato.

Il presente metodo numerico rispetta tutte le regole contenute nell'appendice A. In particolare:

- Fornisce le temperature e i flussi termici
- Consente di calcolare temperature e flussi termici anche in posizioni diverse da quelle indicate.
- Converge alla soluzione analitica (dove esiste) all'aumentare delle suddivisioni.
- Determina il numero di suddivisioni seguendo questa regola: esegue la somma dei valori assoluti di tutti i flussi termici che entrano nell'oggetto considerato, per  $n$  suddivisioni e per  $2n$  suddivisioni. La differenza tra i due risultati non deve essere maggiore del 2% o in alternativa si aumenta il numero di suddivisioni fino a che il criterio non è soddisfatto.
- Le iterazioni di calcolo proseguono finché la somma di tutti i flussi termici (positivi o negativi) entranti nell'oggetto, divisa per la metà della somma dei valori assoluti dei medesimi flussi termici è minore di 0.001

## 4. DETTAGLI DEL PONTE TERMICO

Si riporta di seguito il modello geometrico di ponte termico con il dettaglio dei materiali componenti e delle conduttività termiche utilizzate nella valutazione della trasmittanza.



### Dettaglio dei materiali

	Materiale	$\lambda$ [W/m <sup>2</sup> K]
1	Intonaco di calce e gesso	0,700
2	Intonaco plastico per cappotto	0,330
3	Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione (20 kg/m <sup>3</sup> )	0,040
4	Blocco forato 250 x 250 foratura 46% verticale (giunti malta 5 mm)	0,284
5	Intonaco plastico per cappotto	0,330
6	Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione (20 kg/m <sup>3</sup> )	0,040
7	Blocco forato 250 x 250 foratura 46% verticale (giunti malta 5 mm)	0,284
8	Intonaco di calce e gesso	0,700
9	Intonaco di calce e gesso	0,700
10	Pareti esterne con umidità 1,5 % (1000kg/m <sup>3</sup> )	0,470
11	Calcestruzzo strutt. chiusa, argilla espansa, interni, umidità 4%(1000 kg/m <sup>3</sup> )	0,310
12	Polistirene espanso sinterizzato in lastre da blocchi, UNI 7891 (30 kg/m <sup>3</sup> )	0,040
13	Intonaco di calce e gesso	0,700

### 5. CONDIZIONI AL CONTORNO

La valutazione è eseguita nel comune di Milano - ( ).

Di seguito il dettaglio delle condizioni al contorno utilizzate per la valutazione della trasmittanza termica lineica. Nelle condizioni al contorno sono specificati un ambiente interno e un ambiente esterno e le relative resistenze di calcolo.

## Dettaglio dei confini

	Confine	T [°C]	R [m <sup>2</sup> K/W]
1	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	3,5	0,04
2	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
3	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
4	Temperatura esterna direzione orizzontale del flusso	3,5	0,04

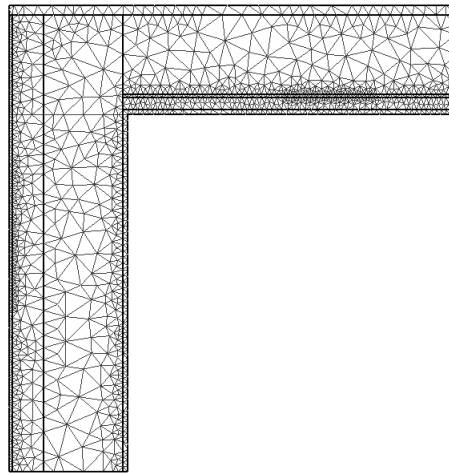
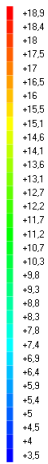
## 6. DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

Per portare a convergenza il risultato finale il Ponte termico calcolato è stato suddiviso in triangoli, la mesh di calcolo.

Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 1.374

Di seguito la rappresentazione della mesh di calcolo del ponte termico:

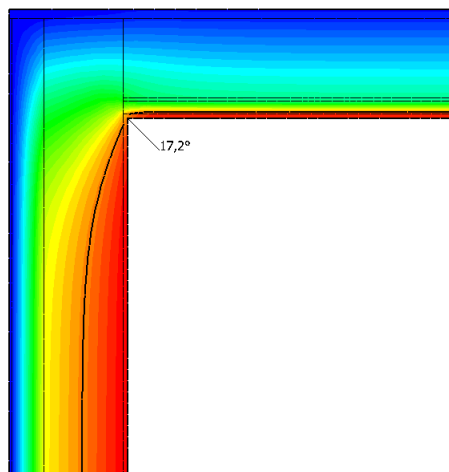
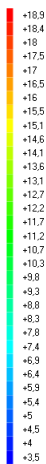
Temperatura T [°C]  
Parete esterna con parete esterna diversa (nicchie e sottofinestra)



## 7. CURVE DI TEMPERATURA

In base al modello di ponte termico e alle sue condizioni al contorno si ottiene la seguente distribuzione di temperatura all'interno degli elementi:

Temperatura T [°C]  
 Parete esterna con parete esterna diversa (nicchie e sottofinestra)



## 8. RISULTATI DI CALCOLO

Di seguito vengono esposti i risultati di calcolo relativi alla struttura di ponte termico. Il principale risultato il flusso termico per ogni metro di lunghezza e per ogni grado di differenza di temperatura: la trasmittanza termica lineica del ponte termico viene ottenuta per differenza tra la dispersione del modello geometrico comprensivo di ponte termico e la dispersione in assenza di discontinuità.

Flusso $\Phi$	17,03	W/m
$\Psi$ interno	0,1443	W/mK
$\Psi$ esterno	-0,1600	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	1,03	W/mK
Temperatura minima	17,2	°C

## 9. VALUTAZIONE DEL PONTE TERMICO CORRETTO

L'Allegato A del D.Lgs 311/2006 introduce la definizione di ponte termico corretto. Un ponte termico di considera corretto quando la trasmittanza termica della parete fittizia (il tratto di parete esterna in corrispondenza del ponte termico) non supera per più del 15% la trasmittanza termica della parete corrente.

Percentuale di attribuzione del ponte termico alla trasmittanza della struttura corrente	3,7%
Il ponte termico può considerarsi corretto?	Si

## 10. VERIFICA DI ASSENZA DI FORMAZIONE DI MUFFA

Il metodo di calcolo della condensa superficiale su superficie interna è contenuto nella norma UNI EN ISO 13788 che prevede il calcolo del fattore di temperatura superficiale  $f_{Rsi}$  calcolato come segue

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

Con  $\theta_{si}$  temperatura superficiale interna [°C]

$\theta_e$  temperatura dell'aria esterna [°C]

$\theta_i$  temperatura dell'aria interna [°C]

La norma precisa che al fine di evitare formazione di muffa, l'umidità superficiale critica da considerare nella valutazione della pressione di saturazione deve essere pari all' 80%.

I dati climatici utilizzati nella verifica sono riferiti al comune di **Milano**,

Di seguito il dettaglio di pressione e temperatura valutati lungo tutto l'arco dell'anno:

Tipo di calcolo	<b>Classi di concentrazione</b>
Classe di edificio	<b>Edifici con indice di affollamento non noto</b>
Volume interno V	<b>0,00 m<sup>3</sup></b>
Produzione nota di vapore G	<b>0,00 kg/h</b>

Mese	$\theta_e$ [°C]	Fie [%]	Pe [Pa]	$\Delta p$ [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	$\theta_{Ti}$ [°C]	fRsi
ottobre	14,1	0,50	1320,27	309,45	1629,72	2037,15	17,8	20,0	0,6273
novembre	7,5	0,50	820,7	543,75	1364,45	1705,56	15,01	20,0	0,6008
dicembre	3,5	0,50	633,24	685,75	1318,99	1648,74	14,49	20,0	0,6658
gennaio	4,0	0,50	681,17	668	1349,17	1686,46	14,84	20,0	0,6772
febbraio	7,1	0,50	765,25	557,95	1323,2	1654	14,53	20,0	0,5763
marzo	10,6	0,50	809,96	433,7	1243,66	1554,57	13,58	20,0	0,3169
aprile	13,4	0,50	1046,41	334,3	1380,71	1725,89	15,19	20,0	0,2719

#### Legenda

$\theta_e$  temperatura esterna media mensile [°C]

$P_e$  pressione esterna [Pa]

$n$  numero di ricambi orari [1/h]

$\Delta P$  variazione di pressione [Pa]

$P_i$  pressione interna [Pa]

$P_{Si}$  pressione di saturazione interna [Pa]

$\theta_{Si}$  Temperatura superficiale interna [Pa]

$f_{Rsi}$  Fattore di resistenza superficiale

#### ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico $f_{Rsi}$	<b>0,862</b>
Fattore di resistenza superficiale nel mese critico $f_{RsiAmm}$	<b>0,677</b>
Mese critico	<b>Gennaio</b>
ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE	<b>frsi&gt;frsi,max: assenza di muffa</b>