

RELAZIONE DI CALCOLO DEL PONTE TERMICO

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

EDIFICIO	- Lecco (MI)
RELAZIONE a cura di	Ingegnere Annachiara Castagna
DATA	24/03/2021
	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 ψ 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.

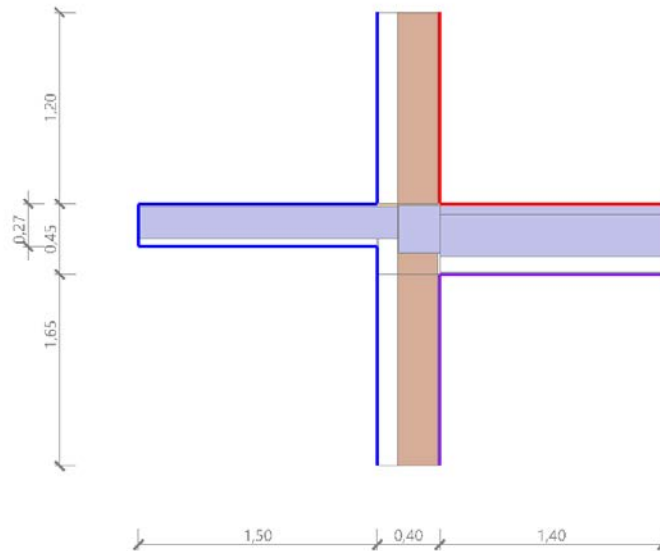
Il presente metodo numerico rispetta tutte le regole contenute nell'appendice A. In particolare:

- 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	λ [W/mK]
1	Calcestruzzo (2200 kg a m3)	1,650
2	Intonaco plastico per cappotto	0,330
3	Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione (20 kg/m3)	0,040
4	Blocco forato 250 x 250 foratura 46% verticale (giunti malta 5 mm)	0,284
5	Intonaco di calce e gesso	0,700
8	Blocco forato 250 x 250 foratura 46% verticale (giunti malta 5 mm)	0,284
9	Intonaco di calce e gesso	0,700
10	Intonaco di calce e gesso	0,700
11	Intonaco plastico per cappotto	0,330
12	Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione (20 kg/m3)	0,040
13	Blocco forato 250 x 250 foratura 46% verticale (giunti malta 5 mm)	0,284
14	Intonaco di calce e gesso	0,700
15	Piastrelle	1,000
16	Calcestruzzo (2200 kg a m3)	1,650
17	Blocco da solaio (interni) 240 x 495 con elementi collaboranti in opera	0,743
18	Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione (20 kg/m3)	0,040
19	Intonaco interno	0,700

20	Piastrelle	1,000
22	Polistirene espanso estruso con pelle (35 kg/m ³)	0,033
6	Intonaco plastico per cappotto	0,330
7	Polistirene espanso in lastre stampate per termocompressione (20 kg/m ³)	0,040
21	Calcestruzzo (2200 kg a m ³)	1,650

5. CONDIZIONI AL CONTORNO

La valutazione è eseguita nel comune di Lecco - (MI).

Di seguito il dettaglio delle condizioni al contorno utilizzate per la valutazione della trasmittanza termica lineica.

Nelle condizioni al contorno sono specificati l'ambiente interno e uno o più ambienti esterni con le relative resistenze di calcolo.

Dettaglio dei confini

	Confine	T [°C]	R [m ² K/W]
1	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	4,3	0,04
2	Temperatura esterna: direzione discendente del flusso	4,3	0,04
3	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	4,3	0,04
4	Temperatura esterna: direzione ascendente del flusso	4,3	0,04
5	Temperatura esterna: direzione orizzontale del flusso	4,3	0,04
6	Temperatura interna: direzione orizzontale del flusso	20,0	0,13
7	Temperatura interna: direzione discendente del flusso	20,0	0,17
8	Temperatura zona non riscaldata: direzione orizzontale del flusso	7,4	0,13
9	Temperatura interna: direzione ascendente del flusso	7,4	0,10

6. DISCRETIZZAZIONE DEGLI ELEMENTI

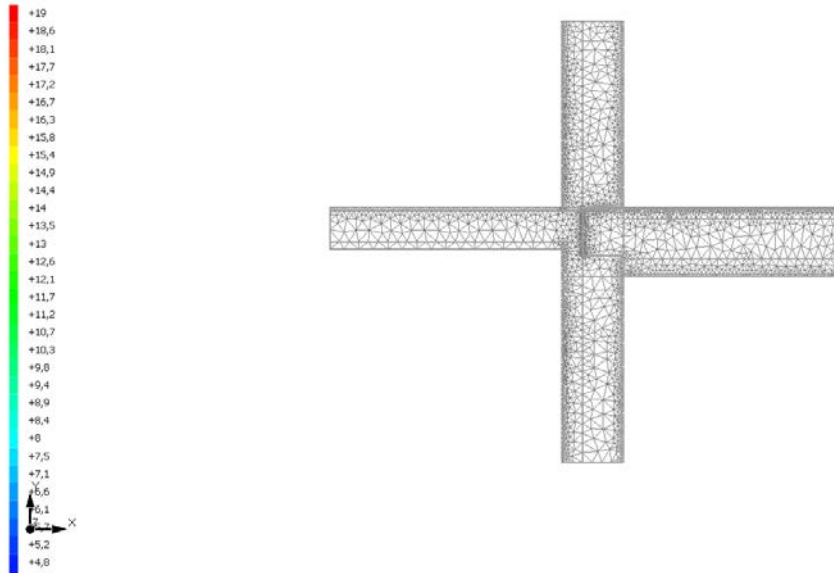
Per portare a convergenza il risultato finale il Ponte termico calcolato è stato suddiviso in triangoli, la mesh di calcolo.

Numero di triangoli utilizzati per la discretizzazione degli elementi 2.616

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

Temperatura T [°C] (calcolo psi)

Parete - pavimento con balcone

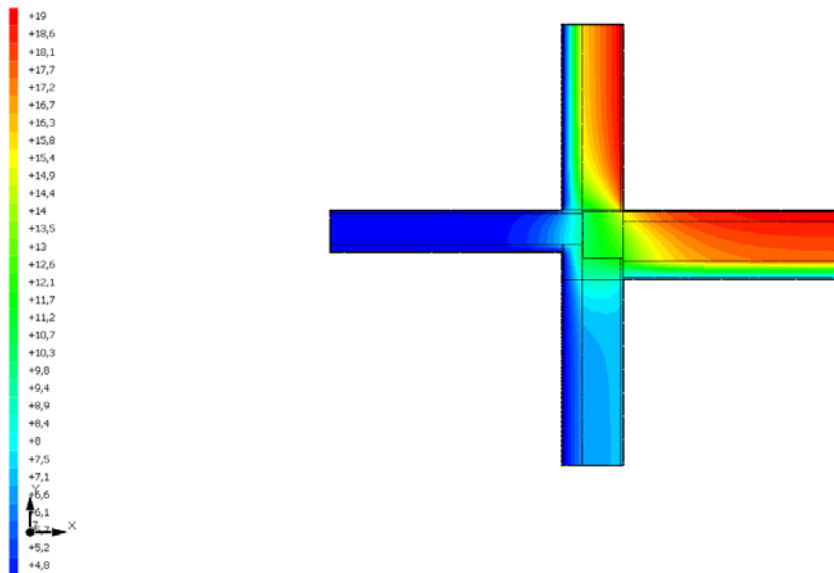


7. CURVE DI TEMPERATURA

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] (calcolo psi)

Parete - pavimento con balcone



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 Φ	17,85	W/m
Ψ interno	0,4932	W/mK
Ψ esterno	0,2856	W/mK
Coefficiente di accoppiamento L2D	0,80	W/mK
Temperatura minima	14,9	°C

9. VALUTAZIONE DEL PONTE TERMICO CORRETTO

L'Allegato A del D.Lgs 311/2006 introduce la definizione di ponte termico 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 4,7%

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

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

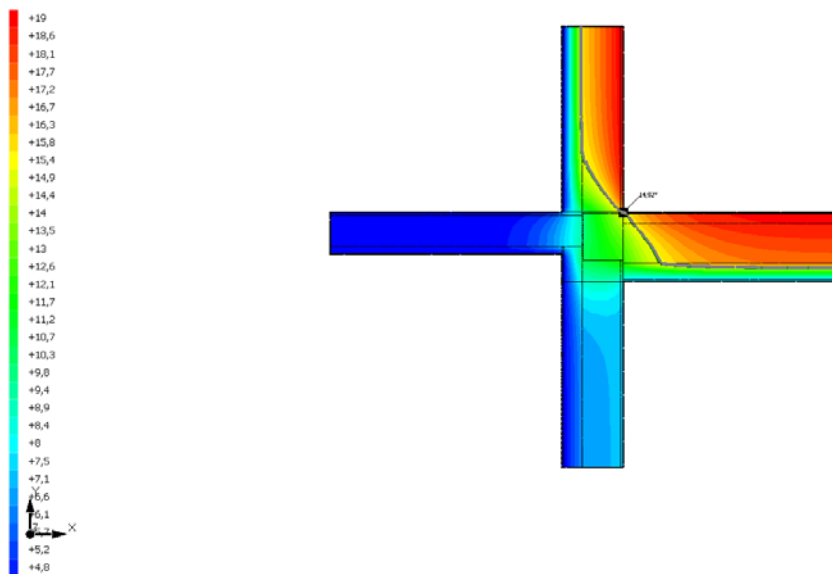
Con θ_{si} temperatura superficiale interna [°C]

θ_e temperatura dell'aria esterna [°C]

θ_i temperatura dell'aria interna [°C]

Temperatura T [°C] (calcolo psi)

Parete - pavimento con balcone



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 Lecco, MI

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

Tipo di calcolo

Classi di concentrazione

Classe di edificio

Edifici con indice di affollamento non noto

Contorno interno - esterno

Mese	Te [°C]	φ_e [%]	Pe [Pa]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
ottobre	14,60	80,7	1.340,4	291,7	1.632,1	2.040,2	17,82	20,00	0,5971
novembre	8,30	84,8	928,0	515,3	1.443,3	1.804,2	15,89	20,00	0,6484
dicembre	4,30	83,4	692,4	657,3	1.349,7	1.687,1	14,84	20,00	0,6715
gennaio	5,00	74,5	649,5	632,5	1.282,0	1.602,5	14,05	20,00	0,6031
febbraio	4,30	75,7	628,4	657,3	1.285,8	1.607,2	14,09	20,00	0,6237
marzo	10,10	51,8	640,0	451,4	1.091,5	1.364,3	11,59	20,00	0,1505
aprile	14,00	67,4	1.076,9	313,0	1.389,9	1.737,3	15,30	20,00	0,2163

Contorno interno - altro contorno

Mese	Te [°C]	φ_e [%]	Pe [Pa]	Δp [Pa]	Pi [Pa]	Psi [Pa]	Tsi [°C]	Ti [°C]	fRsi
ottobre	15,68	80,7	1.436,8	253,4	1.690,2	2.112,7	18,38	20,00	0,6252
novembre	10,64	84,8	1.086,2	432,3	1.518,5	1.898,2	16,68	20,00	0,6457
dicembre	7,44	83,4	860,7	545,9	1.406,6	1.758,2	15,48	20,00	0,6404
gennaio	8,00	74,5	798,8	526,0	1.324,8	1.656,0	14,55	20,00	0,5461
febbraio	7,44	75,7	781,2	545,9	1.327,1	1.658,9	14,58	20,00	0,5685
aprile	15,20	67,4	1.163,6	270,4	1.434,0	1.792,6	15,79	20,00	0,1220

Te temperatura esterna media mensile [°C]

φ_e umidità relativa esterna [%]

Pe pressione esterna [Pa]

ΔP variazione di pressione [Pa]

Pi pressione interna [Pa]

Psi pressione di saturazione interna [Pa]

Tsi Temperatura superficiale interna [°C]

Ti Temperatura superficiale interna [°C]

fRsi Fattore di resistenza superficiale

ESITO DELLA VERIFICA DI ASSENZA DI MUFFA

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsi

0,677

Fattore di resistenza superficiale nel mese critico fRsiAmm

0,671

Mese critico

Dicembre

ESITO VERIFICA DI CONDENSA SUPERFICIALE

fRsi > fRsi,max: assenza di muffa

