

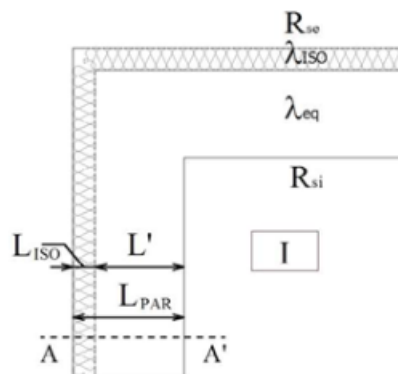
Tutorial di Termolog

I ponti termici

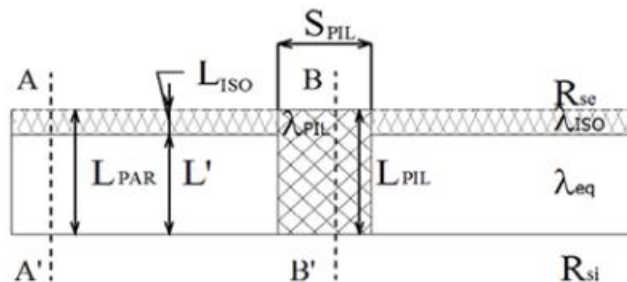
Cosa sono i ponti termici?

In generale esistono tre tipologie di ponte termico:

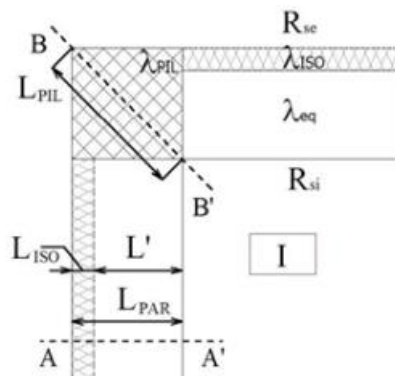
- il ponte termico **geometrico**, dove la discontinuità è data dalla differente superficie disperdente tra interno ed esterno come nel caso di un angolo nel quale la superficie esterna fredda è maggiore di quella interna più calda;



- il ponte termico con **discontinuità termo-fisica**, dove l'interruzione e la diversità di materiale provocano un diverso comportamento al passaggio di calore;



- il ponte termico caratterizzato da **discontinuità geometrica e termo-fisica**, che unisce i due comportamenti precedenti.



Una definizione di ponte termico è anche contenuta nell'Allegato A del D.Lgs 192/2005: "è la discontinuità di isolamento termico che si può verificare in corrispondenza agli innesti di elementi strutturali (solai e pareti verticali o pareti verticali tra loro)".

Il ponte termico potrà quindi non essere considerato qualora la realizzazione dell'involucro edilizio non individui discontinuità al passaggio di calore, ad esempio in presenza di isolanti che fasciano un balcone aggettante o un cappotto esterno con risvolto sulla mazzetta dell'infisso, casi in cui non si presentano vie preferenziali del flusso di calore tra interno ed esterno.

Il parametro caratteristico di dispersione di un ponte termico lineare è la trasmittanza termica lineica Ψ , ovvero la quantità di flusso termico scambiato attraverso un metro di ponte termico con salto termico pari ad un grado.

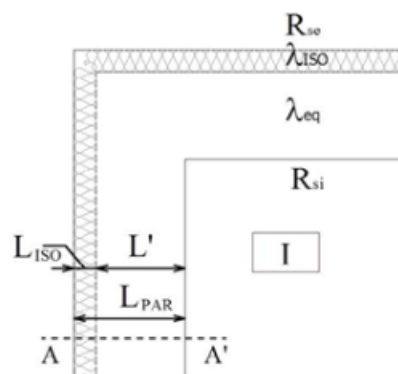
Cosa si intende per trasmittanza termica lineica interna ed esterna?

Il valore di trasmittanza termica lineica Ψ per un ponte termico geometrico può variare a seconda che le dispersioni siano calcolate sul profilo esterno (o lordo) o sul profilo interno (o netto) dell'edificio.

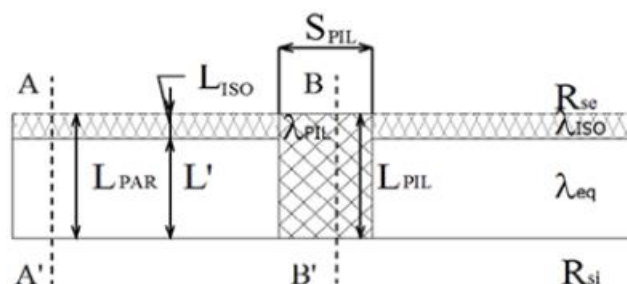
- Ψ_e , quando le dispersioni dell'edificio sono riferite alle profilo esterno dell'edificio ovvero le superfici disperdenti dell'involucro vengono inserite con dimensioni lorde;
- Ψ_i , quando le dispersioni dell'edificio sono riferite al profilo interno dell'edificio ovvero le superfici disperdenti dell'involucro vengono inserite con dimensioni nette;

La norma considera un terzo valore di calcolo Ψ_{oi} quando si valutano le dispersioni sulle dimensioni interne al lordo dei tramezzi interni, tuttavia questo terzo parametro non è utilizzato nella pratica.

Le due trasmittanze Ψ_e e Ψ_i hanno valori diversi quando le dimensioni sul lato esterno ed interno sono differenti. Ad esempio se la superficie disperdente è calcolata sul profilo esterno la superficie fredda del fabbricato è sovrastimata rispetto a quella calda del profilo interno; in questo caso la Ψ_e del ponte termico d'angolo "corregge" l'energia dispersa maggiorata e potrà avere anche valore negativo. Viceversa il valore Ψ_i ha il compito di maggiorare l'energia dispersa calcolata sul profilo interno e quindi avrà valore positivo.



Se invece le dimensioni di un elemento disperdente non sono diverse tra interno ed esterno, per un ponte termico dovuto a discontinuità materica i valori di trasmittanza lineica Ψ_e e Ψ_i coincidono.



Da ultimo occorre considerare che anche la lunghezza di sviluppo del ponte termico dovrà seguire queste stesse regole: ad esempio per un pilastro, nel caso in cui si valutino le dispersioni con dimensioni esterne lorde, la lunghezza di sviluppo sarà l'altezza lorda comprensiva degli spessori di pavimento e soffitto; alternativamente dovrà essere utilizzata l'altezza netta tra estradosso e intradosso dei solai.

Come si calcola la dispersione termica attraverso i ponti termici?

In tutte le regioni, in ottemperanza a quanto indicato dalle UNI TS 11300 parte 1 del 2014 (paragrafo 11.1.3), la dispersione attraverso i ponti termici deve essere sempre valutata con **metodo di calcolo puntuale** e non può più essere calcolata forfettariamente incrementando la dispersione attraverso una superficie opaca con valore percentuale prelevato da tabella.

Tale vincolo vale sia per il calcolo di progetto che ai fini della produzione di un certificato energetico, pertanto il coefficiente di scambio termico relativo ad un ponte termico dovrà essere sempre valutato con la formula seguente:

$$H = \Psi \cdot l \quad [\text{W/K}]$$

dove

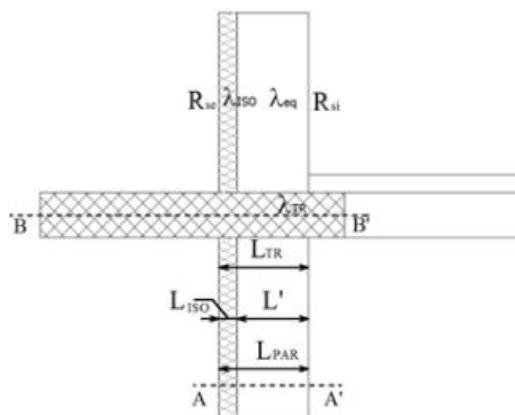
Ψ è la trasmittanza lineica del ponte termico [W/(mK)]

l è la lunghezza del ponte termico [m]

Ad esempio in una parete dove è presente un balcone di lunghezza l pari a 3 metri, la cui soletta costituisce un elemento di interruzione dello strato isolante disposto sulla parete, supponendo di aver ricavato una trasmittanza lineica Ψ del ponte termico pari a 0,8 W/(mK), il coefficiente di scambio termico deve essere così calcolato:

$$H = 0,8 \cdot 3 \cdot 0,5 = 1,2 \text{ W/K}$$

Il coefficiente 0,5 è stato applicato perché presumibilmente il balcone sarà condiviso tra due pareti (sovrastante e sottostante la soletta) pertanto potrà essere equamente ripartito tra i due elementi. A tal proposito nella UNI TS 11300 si riporta infatti: *“nel caso in cui il ponte termico si riferisca ad un giunto tra due strutture che coinvolgono due zone termiche diverse il valore della trasmittanza termica lineare deve essere ripartito in parti uguali tra le due zone interessate”*.



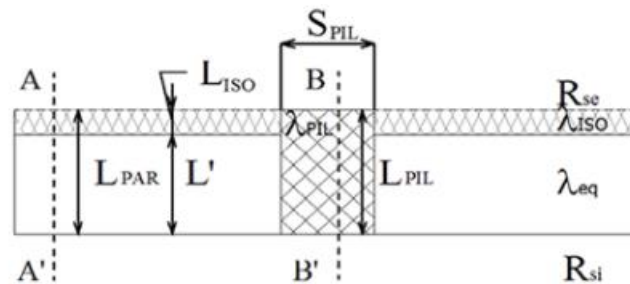
In base a quanto indicato tutti i ponti termici dovranno quindi essere inseriti tra gli elementi disperdenti dell'involucro conoscendo lunghezza e trasmittanza lineica. Le difficoltà maggiori si presentano nel reperimento di questo secondo valore Ψ , soprattutto quando si calcolano edifici esistenti ai fini della certificazione energetica, per i quali non si conosce l'effettiva successione dei materiali presenti nelle stratigrafie ma che risulta necessario ipotizzare per valutare la trasmittanza termica lineica del ponte termico.

Lo stesso paragrafo 11.1.3 della UNI TS 11300 parte 1 del 2014 riporta inoltre che *“i valori di trasmittanza termica lineare devono essere determinati esclusivamente attraverso il calcolo numerico in accordo alla UNI EN ISO 10211 oppure attraverso l'uso di atlanti di ponti termici conformi alla UNI EN ISO 14683 [...]. E' sempre da escludersi l'utilizzo dei valori di progetto della trasmittanza termica lineare riportati nell'allegato A della UNI EN ISO 14683”*.

Secondo quanto specificato il valore di Ψ potrà a questo punto essere valutato con due soli metodi:

- A. Mediante l'utilizzo di abachi o atlanti conformi alla UNI EN ISO 14683;
- B. Mediante analisi termica ad elementi finiti del ponte termico.

L'utilizzo di abachi conformi prevede un calcolo "parametrico" del ponte termico, ovvero sia a partire da caratteristiche generali note ma con valore di trasmittanza dipendente dalle dimensioni geometriche e termiche del ponte stesso. Ad esempio per un pilastro inserito in una parete che comporta un'interruzione dello strato isolante per motivi costruttivi il valore di Ψ dipenderà dalle dimensioni del pilastro, dalla conduttività del calcestruzzo e da spessore e conduttività degli strati di isolante.



Perciò, secondo le disposizioni normative attuali, tutti i progettisti e certificatori energetici dovranno determinare il valore di Ψ mediante l'utilizzo di abachi conformi o con calcolo a elementi finiti.

A cosa serve il modulo PONTI TERMICI di TERMOLOG?

Il Modulo PONTI TERMICI consente di valutare la **trasmittanza termica lineica Ψ** del ponte termico con riferimento agli abachi conformi alla norma UNI di Regione Lombardia e di Suisse Energie in funzione dei parametri caratteristici, della geometria, dei materiali e della posizione dello strato isolante, con riferimento alle norme UNI EN ISO 10211:2008, UNI EN ISO 6946:2008 e UNI EN ISO 14683:2008.

Il modulo calcola la trasmittanza lineica per **più di duecento tipologie parametriche** di ponte termico, ad esempio angoli sporgenti e rientranti, compluvi e displuvi, serramenti, balconi, innesto pareti esterne con pareti interni, solai o pareti con pilastro. Per ottenere la trasmittanza lineica esterna ed interna è sufficiente scegliere tra le tipologie proposte ed indicare le caratteristiche geometriche e di materiale del ponte termico.

Il Modulo PONTI TERMICI permette di **calcolare** in accordo con la UNI EN ISO 14683 **la trasmittanza lineica a partire dalle stratigrafie** delle strutture che compongono il ponte termico. Questa valutazione è estremamente utile sia al certificatore che al progettista; per quest'ultimo soprattutto per il progetto degli involucri molto performanti caratteristici degli **edifici a energia quasi zero**. Ad esempio è possibile valutare come varia il flusso termico tra un balcone completamente privo di isolamento, un balcone isolato superiormente, inferiormente, completamente fasciato o isolato tramite connettori.

Associazione dei ponti termici

In base alle novità normative descritte è richiesto che tutti i ponti termici di un edificio siano associati alle strutture opache disperdenti di appartenenza. La procedura di associazione è richiesta sia per la certificazione energetica ai fini dell'esportazione dei file .XML che per il progetto per la verifica di trasmittanza corretta tenendo conto dei ponti termici. L'operazione di associazione non modifica in alcun modo il calcolo di energia primaria o la classificazione energetica, tuttavia tale procedura è formalmente obbligatoria.

Ad esempio, se tra le dispersioni la parete esposta a nord è provvista di tre balconi con relativi ponti termici, questi ultimi devono essere associati alla suddetta parete nord.

Per **associare un ponte termico alla dispersione opaca di appartenenza** occorre scegliere la struttura disperdente di appartenenza dal *menù Associa alle strutture*, facendo riferimento al codice dell'elemento disperdente.

pt0023 - Ponte termico: L=2,71 m

cerca fra le strutture

	Codice	Struttura	Or.	%
Zona 1 - soggiorno 1				
<input checked="" type="checkbox"/>	pa0022	Parete esterna	N	50,0
<input type="checkbox"/>	pv0001	Pavimento vs zona non climatizzata	-	
Zona 1 - cucina 1				
<input type="checkbox"/>	pa0003	Parete esterna	N	
<input type="checkbox"/>	pa0014	Parete esterna	W	
Zona 1 - bagno 1-b				
<input type="checkbox"/>	pa0005	Parete esterna	N	
<input type="checkbox"/>	pa0026	Parete esterna	W	
Zona 1 - bagno 1				
<input type="checkbox"/>	pa0002	Parete esterna	W	
<input type="checkbox"/>	pa0016	Parete esterna	S	
Zona 1 - camera 1-b				
<input type="checkbox"/>	pa0004	Parete esterna	W	
<input type="checkbox"/>	pa0013	Parete esterna	S	
Zona 1 - camera 1-a				
<input type="checkbox"/>	pa0012	Parete esterna	S	

Le strutture che disperdono verso l'interno o verso locali riscaldati da altri impianti non sono elencate, perché ad esse non deve essere associato il ponte termico.

OK Annulla

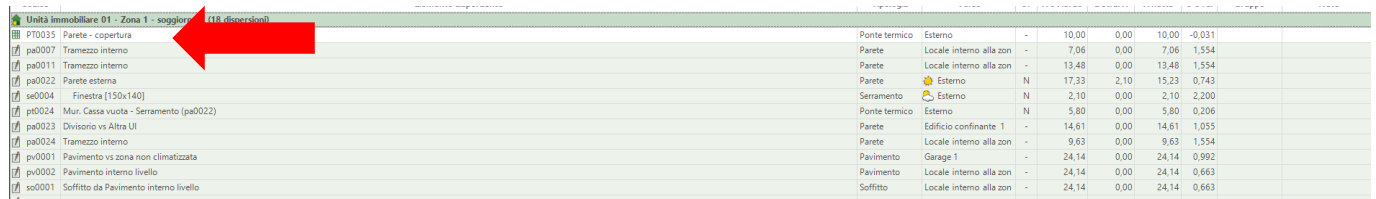
Per l'associazione dei ponti termici sono previste alcune regole:

- In base a precise indicazioni normative non possono essere associati ponti termici a strutture trasparenti;
- Non possono essere associati ponti termici inseriti per via tabellare a strutture inserite per via grafica e viceversa. Può essere introdotta un'associazione solo tra elementi inseriti con la stessa modalità di input;
- I ponti termici aggiunti come elementi disperdenti in un serramento sono automaticamente associati alla parete su cui è disposto il serramento in detrazione.

Per verificare come sono stati associati i ponti termici occorre aprire dal menù *Involucro* la tabella delle dispersioni *Tabellare + grafico*. Per ogni ponte termico inserito e dotato di associazione è riportato tra parentesi il codice dell'elemento di riferimento.

PT0035	Parete - copertura	Ponte termico	Esterno	-	10	-	-0,031	-0,308	1	-0,308
pa0007	Tramezzo interno	Parete	Locale interno alla Locale	-	7,06	7,06	1,554	10,971	0	0
pa0011	Tramezzo interno	Parete	Locale interno alla Locale	-	13,48	13,48	1,554	20,944	0	0
pa0022	Parete esterna	Parete	Esterno	N	17,33	15,23	0,743	11,313	1	11,313
se0004	Finestra [150x140]	Serramento	Esterno	N	2,1	2,1	2,2	4,62	1	4,62
pt0024	Mur. Cassa vuota - Serramento	Ponte termico	Esterno	N	5,8	-	0,206	1,195	1	1,195
pa0023	Divisorio vs Altra UI	Parete	Edificio confinante Locale	-	14,61	14,61	1,055	15,402	0	0
pa0024	Tramezzo interno	Parete	Locale interno alla Locale	-	9,63	9,63	1,554	14,96	0	0
pv0001	Pavimento vs zona non climatizzata	Pavimento	Garage 1	-	24,14	24,14	0,992	23,937	0,8	19,15
pv0002	Pavimento interno livello	Pavimento	Locale interno alla Locale	-	24,14	24,14	0,663	16,002	0	0
so0001	Soffitto da Pavimento interno livello	Soffitto	Locale interno alla Locale	-	24,14	24,14	0,663	16,002	0	0
pt0011	Mur. blocchi forati ca - Angolo	Ponte termico	Esterno	-	1,61	-	-0,442	-0,709	1	-0,709
pt0009	Mur. Laterizio + pannello prefabbricato - Solaio	Ponte termico	Esterno	-	2,7	-	0,68	1,836	1	1,836
pt0020	Parete - pavimento	Ponte termico	Esterno	-	2,7	-	0,68	1,836	1	1,836
pt0020	Parete - pavimento	Ponte termico	Esterno	-	2,7	-	0,68	1,836	1	1,836
pt0021	Parete - pavimento	Ponte termico	Esterno	-	2,28	-	0,68	1,547	1	1,547
pt0023	Mur. cassa vuota - Copertura	Ponte termico	Esterno	-	1,35	-	0,446	0,603	1	0,603
pt0005	Mur. blocchi forati ca - Angolo	Ponte termico	Esterno	-	1,61	-	-0,442	-0,709	1	-0,709
Totale							134,53			42,209

Se un ponte termico non è stato associato da parte dell'utente è indicato in bianco nella tabella delle dispersioni **Tabellare + grafico**.



Unità immobiliare 01 - Zona 1 - soggiorni (18 dispersioni)									
P70035	Parete - copertura	Ponte termico	Esterno	-	10,00	0,00	10,00	-0,031	
pa0007	Tramezzo interno	Parete	Locale interno alla zon	-	7,06	0,00	7,06	1,554	
pa0011	Tramezzo interno	Parete	Locale interno alla zon	-	13,48	0,00	13,48	1,554	
pa0022	Parete esterna	Parete	Esterno	N	17,33	2,10	15,23	0,743	
sa0004	Finestra [150x140]	Serramento	Esterno	N	2,10	0,00	2,10	2,200	
pt0024	Mur, Cassa vuota - Serramento (pa0022)	Ponte termico	Esterno	N	5,80	0,00	5,80	0,206	
pa0023	Divisione vs Altra UI	Parete	Edificio confinante 1	-	14,61	0,00	14,61	1,055	
pa0024	Tramezzo interno	Parete	Locale interno alla zon	-	9,63	0,00	9,63	1,554	
pv0001	Pavimento vs zona non climatizzata	Pavimento	Garage 1	-	24,14	0,00	24,14	0,992	
pv0002	Pavimento interno livello	Pavimento	Locale interno alla zon	-	24,14	0,00	24,14	0,663	
so0001	Soffitto da Pavimento interno livello	Soffitto	Locale interno alla zon	-	24,14	0,00	24,14	0,663	

Trasmittanza termica media tenendo conto dei ponti termici

Alcuni catasti regionali dei certificati energetici richiedono che sia esportato il valore della trasmittanza termica media per tipologia, tenendo conto dei ponti termici eventualmente associati alle dispersioni opache. Tale valore è così calcolato:

$$U_{media} = \frac{\sum_i U_i b_i A_i + \sum_j \Psi_j b_j l_j}{\sum_i b_i A_i}$$

dove

i rappresenta l'elemento opaco i -esimo di tipo x (ad esempio Parete)

U_i è la trasmittanza termica dell'elemento opaco i -esimo [$W/(m^2K)$]

b_i è il coefficiente di trasmissione che dipende dal verso di dispersione (1 per gli elementi verso esterno, inferiore a 1 per gli elementi verso zone non climatizzate e 0 per strutture disperdenti verso ambienti climatizzati) [-]

A_i è l'area disperdente dell'elemento opaco i -esimo [m^2]

J rappresenta il ponte termico j -esimo associato ad un elemento di tipo x

Ψ_j è la trasmittanza lineica del ponte termico [$W/(mK)$]

b_j è il coefficiente di trasmissione che dipende dal verso di dispersione [-]

l_j è la lunghezza del ponte termico [m]

L'associazione dei ponti termici agli elementi opachi influisce pertanto sul calcolo della trasmittanza media.

Verifica di trasmittanza corretta

Nel caso in cui sia richiesta la verifica di trasmittanza di elementi opachi per ristrutturazioni e riqualificazioni energetiche questa deve essere eseguita tenendo conto dei ponti termici eventualmente associati ad essi.

Per ogni dispersione opaca è calcolato il valore della trasmittanza corretta con la seguente formula:

$$U_{corretta,i} = U_{elemento,i} + \frac{\sum_j \Psi_j l_j}{A_i}$$

dove

i rappresenta l'elemento opaco i -esimo disperdente

$U_{corretta,i}$ è la trasmittanza termica corretta dell'elemento opaco i -esimo tenendo conto dei ponti termici associati [$W/(m^2K)$]

$U_{elemento,i}$ è la trasmittanza termica dell'elemento opaco i -esimo [$W/(m^2K)$]

A_i è l'area disperdente dell'elemento opaco i -esimo [m^2]

J rappresenta il ponte termico j -esimo associato all'elemento i -esimo

Ψ_j è la trasmittanza lineica del ponte termico [$W/(mK)$]

l_j è la lunghezza del ponte termico [m]

La verifica di trasmittanza è eseguita per ogni elemento disperdente tenendo conto dei ponti termici associati (ad esclusione di quelli con valore negativo di Ψ , per mantenersi a favore di sicurezza). Il valore corretto risulterà tipicamente maggiore di quello non corretto poiché per ogni elemento si terrà conto della dispersione attraverso i ponti termici contenuti in quella parete. Osservando la formula si può osservare come sia più difficile superare la verifica qualora ad una struttura siano associati diversi ponti termici e l'area dell'elemento sia piccola.

In Termolog è possibile avere un dettaglio sulle verifiche di trasmittanza corrette tenendo conto dei ponti termici accedendo al menù *Stampa*, scegliendo il tasto *Relazione* e spuntando, tra gli allegati alla relazione del campo *Stampa*, la casella relativa al documento *Mostra la verifica di trasmittanza*.

Regole del motore di regione Lombardia

Oltre a recepire quanto descritto finora il motore di Regione Lombardia richiede alcuni ulteriori vincoli in merito ai ponti termici, in particolare:

- Tutti i ponti termici devono essere associati;
- Per ogni edificio devono essere presenti almeno due tipologie di ponte termico;
- Ogni ponte termico deve essere utilizzato almeno una volta tra le strutture disperdenti

La procedura di validazione della corretta associazione dei ponti termici è svolta da TERMOLOG in fase di avvio del calcolo. Se le suddette regole non sono rispettate TERMOLOG o il motore restituiscono errore non completando il calcolo.