

IL TAGLIO DEI PONTI TERMICI

di * Rossella Esposti, Alessandro Panzeri e Daniele Pozzan

Premessa

Il tema dei ponti termici è affrontato dall'Associazione da molti anni ai fini della risoluzione dei problemi energetici e di rischio muffa. Risale infatti alla fine degli anni '90 la distribuzione in Italia del software EuroKobra, e al 2005 la produzione e distribuzione del software IRIS per il calcolo dei ponti termici agli elementi finiti. Da molto tempo è quindi consolidata la risoluzione dei ponti termici con la principale strategia di "continuità dello strato di isolamento termico" affiancata, nei casi in cui tale criterio non è realizzabile (per tanti motivi tecnologici, economici...) con il criterio di "allungamento del percorso dell'energia". La corretta valutazione dei ponti termici e la loro correzione, sono temi progettuali trasversali ai soggetti che sono parte del processo di ideazione, progettazione e realizzazione degli edifici. L'articolo si sofferma sul tema del "taglio" dei ponti termici strutturali, mostrando quali tecnologie e con quali risultati sono disponibili sul mercato. Le conseguenze di ponti termici mal progettati o realizzati, sono infatti contenziosi e cause.

Contenziosi e responsabilità

Il tema della formazione di muffa nei ponti termici è purtroppo all'origine di molti contenziosi. Al manifestarsi del problema, si verifica un rimbalzo delle responsabilità tra i vari soggetti coinvolti (conduttore, impresa, immobiliare, direttore lavori, progettista...). Il formarsi della muffa dipende da un insieme di condizioni ambientali e costruttive che non sempre è di facile individuazione. Si riporta un esempio di quesito posto dal giudice al consulente tecnico del tribunale (CTU) che sintetizza molto bene le questioni che emergono nei contenziosi:

"dica il consulente tecnico del tribunale - CTU se: i vizi lamentati dagli attori sussistano [...] con riferimento alle efflorescenze di muffa; [...]. Dica il CTU quali ne siano le cause e se gli stessi sono eliminabili e con quali costi ed opere. [...] Nel rispondere al quesito, il CTU farà riferimento alla normativa in vigore alla data di costruzione dell'immobile [...]."

La tabella riassume quali sono i soggetti principali potenzialmente coinvolti in funzione della causa che ha generato la formazione di muffa. La tabella individua in funzione di una precisa causa qual è il soggetto responsabile. È da evidenziare che spesso le cause sono più di una.

Soggetti responsabili	Cause		
	Progetto di correzione del ponte termico errato	Realizzazione edile non conforme al progetto corretto	Gestione non conforme alla "gestione" standard di progetto
Progettista ex-L10	X		
Direttore dei lavori		X	
Impresa installatrice		X	
Conduttore			X

Tab. 1 - Cause e soggetti responsabili

Per stabilire le cause alla base del fenomeno e le relative modalità di un eventuale intervento da quantificare a livello economico, è possibile realizzare le seguenti attività durante la stagione invernale:

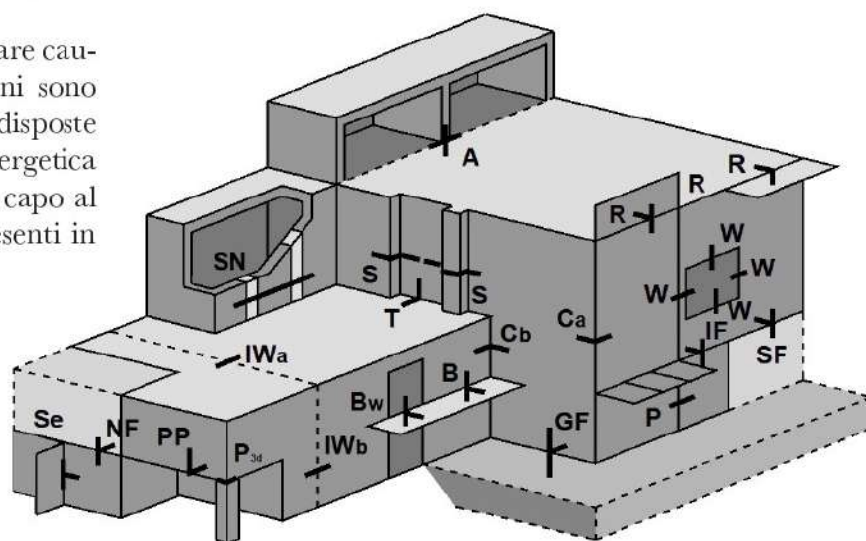
- analisi approfondita del progetto, della documentazione e delle foto di cantiere, al fine di capire le tecniche realizzative;
- verifica visiva dei punti in cui il fenomeno appare;
- rilievi termografici interni ed esterni delle superfici;
- determinazione delle strutture costruttive dell'edificio con simulazione dei livelli di correzione dei ponti termici e conformità con quanto presente nel progetto e asseverato dal DL (relazione ex-legge 10);
- monitoraggio strumentale e analisi delle condizioni di temperatura e umidità all'interno degli alloggi, al fine di definire il regime mantenuto negli ambienti e confrontarlo con le condizioni standard di progetto.

Le attività descritte consentono di valutare cause e responsabilità. Le possibili sanzioni sono decise a conclusione del contenzioso e disposte dai giudici. Le regole dell'efficienza energetica individuano solo sanzioni specifiche in capo al progettista termotecnico per errori presenti in relazione ex-L10.

Elenco dei ponti termici più frequenti

Ma quali sono i possibili ponti termici in un edificio? Per identificarli ci serviamo dello schema contenuto nel software IRIS. Tra questi, generalmente, i più "pericolosi" sono quelli caratterizzati dal cemento armato, ovvero quelli di natura strutturale: B (balcone), SE (setti in c.a.), R (aggetti gronda e parapetti). Il cemento armato si distingue per un valore elevato di conduttività termica e quindi per essere un buon conduttore di energia. In questi casi strutturali la scelta del criterio "continuità dello strato isolante" può essere realizzata con l'impiego di elementi pensati ad hoc e dimensionati per questa funzione: gli elementi a taglio termico.

fig. 1 - possibili ponti termici in un edificio



A	Nodi tra quattro strutture	P	Pilastrini in parete
B	Balconi	P _{3d}	Attacco pilastro tridimensionale
B _w	Balconi con serramento	PP	Piano Pilotis (innesto pilastri-solai)
C _a	Angoli convessi	R	Aggetti di gronda e parapetti
C _b	Angoli concavi	S	Cambiamento di spessore o materiale
GF	Nodi controterra	Se	Setto verticale in parete
IF	Solai interpiano	SF	Solai su ambiente non riscaldato
IW _a	Nodo tra parete interna e solaio	SN	Elementi non omogenei
IW _b	Nodo tra parete interna e parete esterna	T	Terrazze
NF	Solai sotto ambiente non riscaldato	W	Contorno serramenti

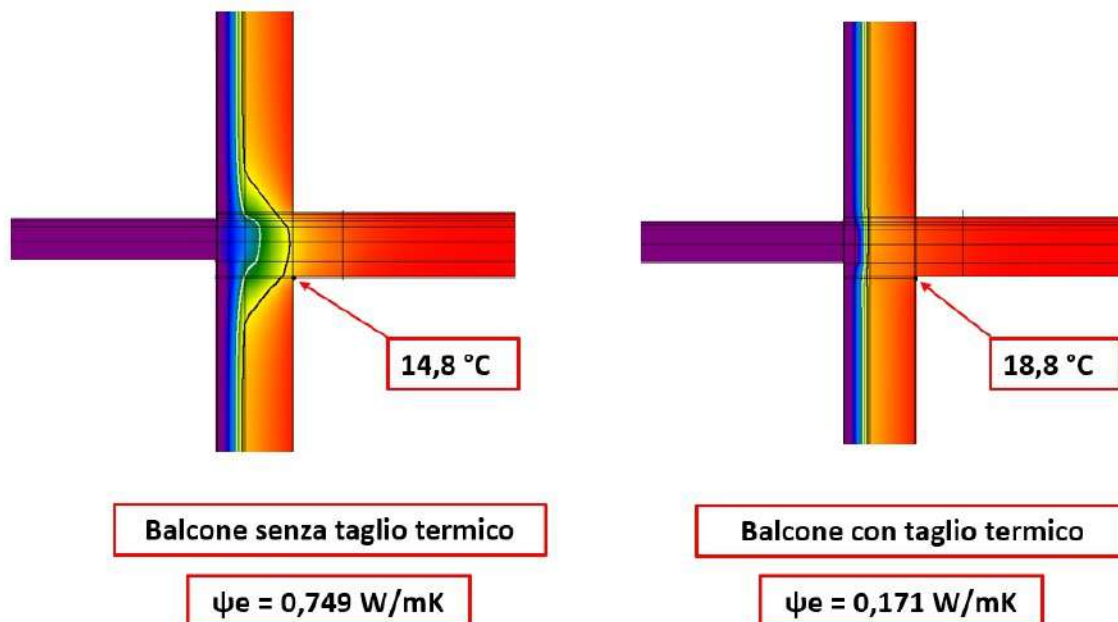


fig. 2 - Distribuzione di temperatura senza taglio termico (a sinistra) e con taglio termico (a destra)

Elementi a taglio termico

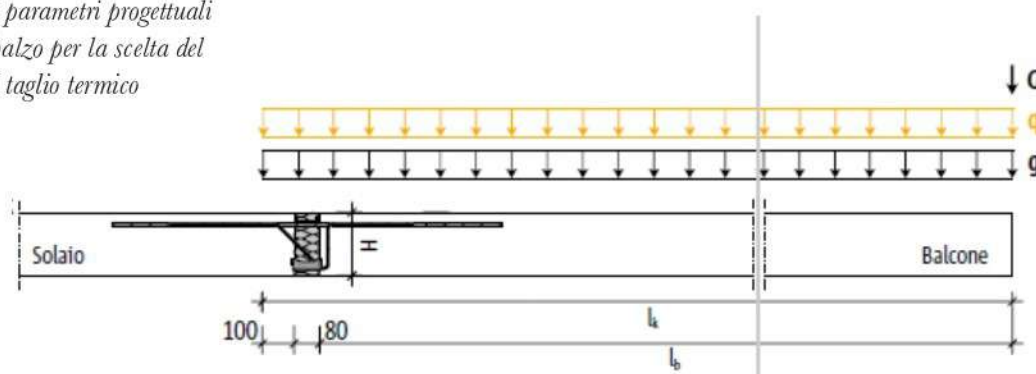
Un esempio di valutazione agli elementi finiti chiarisce immediatamente l'efficacia del criterio di continuità dello strato di isolamento termico nei ponti termici strutturali. Nell'immagine (fig.2) sono riportati i risultati di valutazione per un ponte termico di balcone con o senza taglio termico. Da un valore di progetto di coefficiente lineare senza taglio termico pari a $\psi_e = 0.749$ W/mK si passa, grazie all'impiego del taglio termico, a un valore di $\psi_e = 0.171$ W/mK. È anche evidente il risultato in termini di temperatura superficiale interna di progetto che passa da un valore di 14.8 °C ad uno di 18.8 °C.

Scelta del tipo di elemento

Per la corretta valutazione termotecnica del nodo con i software agli elementi finiti, è necessario conoscere dell'elemento di taglio la dimensione geometrica, la corretta posizione, e il valore di conduttività termica equivalente dell'elemento. La scelta del valore di conduttività da attribuire all'elemento di taglio termico non è banale. Il valore, infatti, dipende dalle indicazioni delle aziende produttrici di questi elementi ed è funzione di diversi parametri progettuali:

- altezza H della soletta da sostenere a mensola;
- classe di portata dell'elemento di taglio termico determinata dal momento flettente e dal taglio sollecitanti all'incastro, a loro volta dipendenti da carichi e geometrie;
- classe di resistenza al fuoco.

fig. 3 - Descrizione dei parametri progettuali su balcone a sbalzo per la scelta del componente del taglio termico



La gamma di prodotti è infatti molto ampia per rispondere alle diverse esigenze progettuali. A ogni elemento, corrisponde una conduttività equivalente che riassume e normalizza i risultati agli elementi finiti 3D che tengono conto dell'influenza delle barre (dimensione, conduttività, posizione, numero, ecc.).

Si riporta un'immagine (Fig.4) che mostra come modellare i suddetti elementi a taglio termico agli elementi finiti in un calcolo bidimensionale.

Una volta definite le caratteristiche progettuali statiche e di resistenza al fuoco, è possibile stabilire la conduttività equivalente con appositi abachi precalcolati. Una volta ottenuto un certo valore, funzione di quanto descritto, si può ridurre ulteriormente grazie a due possibili strategie a parità di condizioni progettuali:

- aumentare lo spessore del componente a taglio termico;
- cambiare il tipo di materiale utilizzato per le barre, passando a barre realizzate in GFRP (vetroresina).

Ma è possibile seguire l'altro criterio di correzione

del ponte termico, ovvero l'allungamento del percorso che deve compiere l'energia? Per valutare altre forme di correzione, è necessario verificare i risultati energetici, igrometrici, di realizzabilità e di conseguenze estetiche, tecnologiche e di durabilità. Si propone un esempio di valutazione energetica e igrometrica su un caso frequente.

Esempio di valutazione energetica ed igrometrica

Il nodo rappresentato è caratteristico degli edifici con struttura portante in cemento armato e tamponatura in laterizio con sistema di isolamento dall'esterno a cappotto. Sono valutate tre soluzioni, descritte in figura 5, dove è evidenziato il materiale isolante in giallo e in blu l'elemento a taglio termico. Il primo ponte termico a sinistra rappresenta l'assenza di correzione, il ponte termico al centro il rispetto del criterio "allungamento del percorso dell'energia" e quello a destra il criterio di "taglio del ponte termico"

Come emerge dai risultati, il criterio di taglio è a maggiore efficacia igrometrica ed energetica.

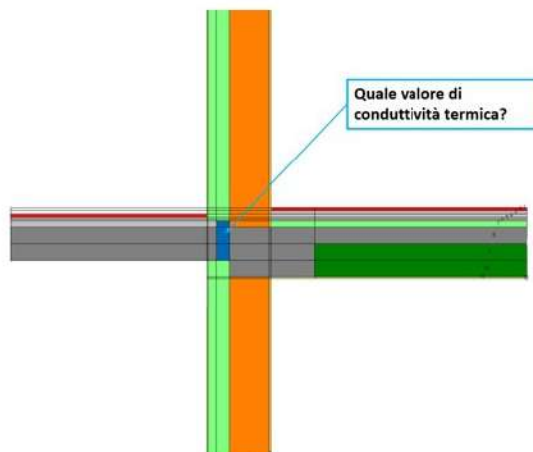
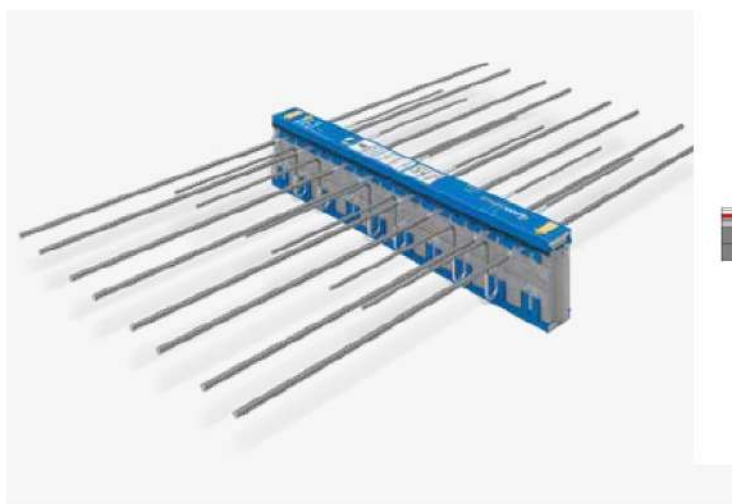
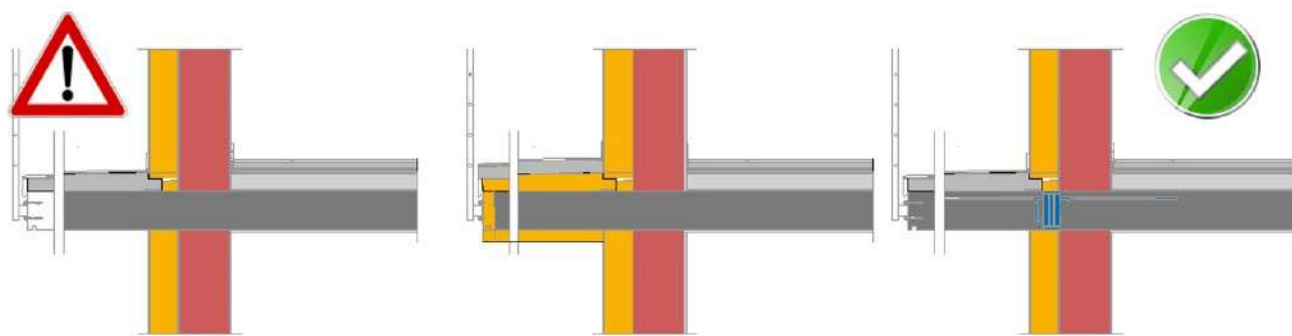


fig. 4 - Esempio di elemento a taglio termico di Schöck, azienda associata ad ANTT

Modellazione geometrica e termica del nodo. Quale conduttività attribuire all'elemento di taglio termico nella valutazione bidimensionale?



Ponte termico di balcone senza correzione

Correzione del ponte termico con "impacchettamento" dell'elemento in c.a.

Taglio del ponte termico con elemento dedicato Isokorb® T

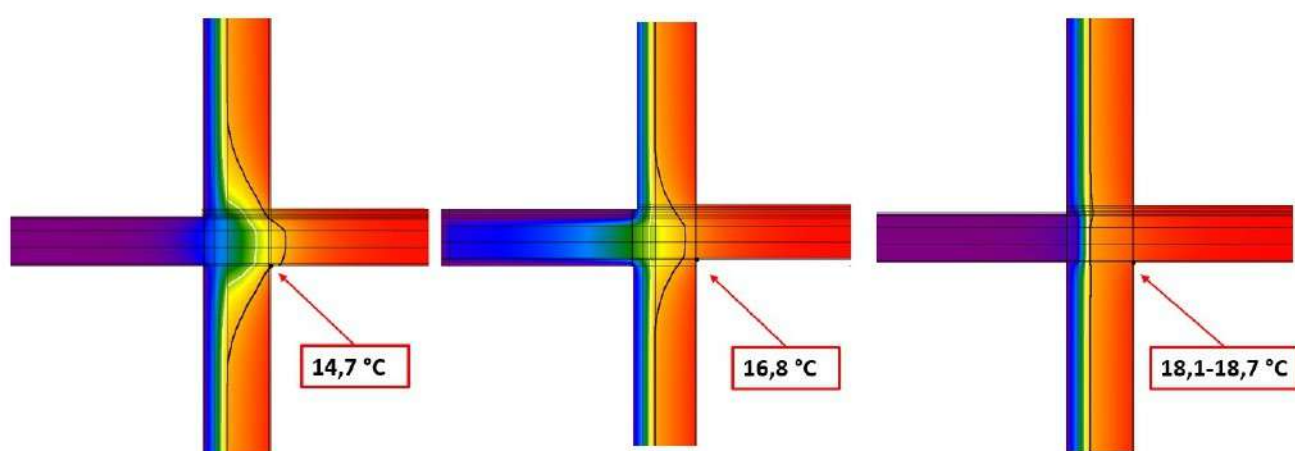


fig. 5 - Esempio di valutazione energetica ed igrometrica

	Senza correzione	Correzione con impacchettamento	Taglio del ponte termico con Isokorb®		
			T	XT	CXT
			8	12	12
			Spessore cm		
			Conduktività eq. W/mK		
			0.101	0.087	0.072
Assenza del rischio di formazione di muffa	●	●	●	●	●
ψ_e [W/mK]	0,750	0,374	0,159	0,084	0,067
Riduzione ψ_e del		50%	79%	89%	91%
Q [W]	26,4	19,0	14,5	13,0	12,7
Riduzione Q del		28%	45%	51%	52%

A questo risultato si affiancano altri benefici, tra i quali è molto rilevante l'aspetto estetico/architettonico di contenimento dello spessore del balcone e di facilità di aggancio degli elementi di protezione (parapetti, ecc.).

La teoria ha un risvolto nella realtà?

Nel corso dell'inverno 2022-2023 si è presentata la possibilità di realizzare una campagna di misura in campo raccogliendo immagini termografiche di prospetti di edifici realizzati con soluzioni a taglio termico. Le indagini termografiche realizzate in condizioni idonee aiutano, infatti, la comprensione del concetto di taglio del ponte termico. Le immagini seguenti (Fig.6, 7 e 8) sono state realizzate in accordo con la norma UNI EN 16714 da operatori termografici qualificati e sono categorizzabili come "qualitative con eccitazione passiva". Le condizioni ambientali sono state di cielo coperto, temperatura dell'aria esterna compresa tra i 0-9 °C e assenza di vento e precipitazioni durante e prima della battuta termografica. L'IFOV della macchina termografica impiegata è idoneo all'individuazione di differenze di temperatura degli angoli in relazione alla distanza tra obiettivo e superficie.

Immagini termografiche di facciate senza correzione dei ponti termici di balcone

Come prime immagini, si mostrano degli esempi di facciate di edifici con strutture di parete isolate termicamente ma assenza di correzione dei ponti termici dei balconi. Le immagini, anche se qualitative, evidenziano rilevanti differenze di temperatura tra spigoli e centro delle pareti. Ciò comporta una maggiore dispersione energetica e una temperatura superficiale interna inferiore. Le immagini sono rappresentative di edifici riscaldati all'interno e con temperature dell'aria esterna comprese tra 0 e 5 °C. Le **differenze di temperatura ΔT tra spigoli e pareti isolate possono arrivare a superare i 2 °C e sono molto evidenti**. Il tutto è confermabile da valutazioni agli elementi finiti.

Emerge dalle immagini, come la soletta del balcone o dell'aggetto di copertura siano oggetto di riscaldamento da dentro verso fuori con evidente spreco di energia.



fig. 6 - Esempi di facciate con assenza di correzione dei ponti termici. La soletta in c.a. del balcone è direttamente a contatto con l'esterno ed è fonte di elevata dispersione termica

Immagini termografiche di facciate con elementi a taglio termico

Seguono alcuni esempi di facciate di edifici con strutture di parete isolate e con taglio termico dei ponti termici di balcone, realizzati con prodotti di Schöck Isokorb®. Le immagini, anche se qualitative, evidenziano ridotte o assenti le differenze di temperatura tra spigoli e centro delle pareti.

Le immagini sono rappresentative di edifici riscaldati all'interno e con temperature dell'aria esterna comprese tra 5 e 9 °C. Le differenze di temperatura ΔT tra spigoli e pareti isolate non superano il °C e sono poco evidenti. Rispetto alle immagini precedenti si evidenzia come non sia presente il fenomeno di "riscaldamento" della soletta dai balconi. Essi hanno infatti una temperatura uniforme che tende a essere simile a quella esterna dell'aria.

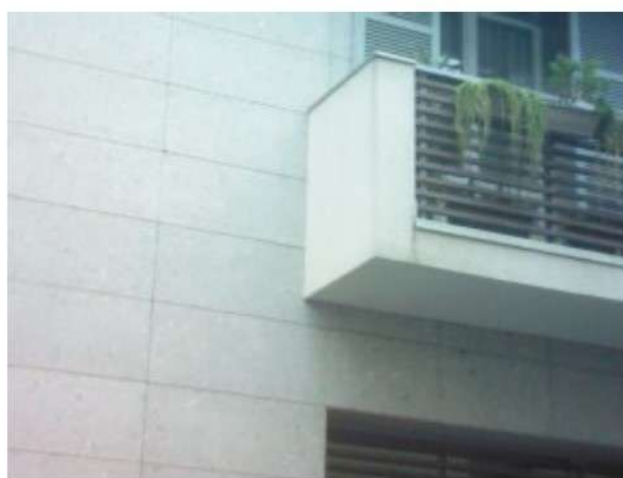



fig. 7 - Esempio di facciata con correzione dei ponti termici. La soletta in c.a. del balcone ha un elemento di taglio termico e quindi superficialmente la temperatura è omogenea ($\Delta T < 1$ °C) come mostrato dai valori indicati nell'area circolare (massimo e minimo) - edificio realizzato a Milano - misure inverno 2022/23



fig. 8 - Esempio di facciata con correzione dei ponti termici. La soletta in c.a. del balcone ha un elemento di taglio termico e quindi superficialmente la temperatura è omogenea ($\Delta T < 1$ °C) come mostrato dai valori indicati dalla linea (massimo e minimo) - edificio realizzato a Milano - misure inverno 2022/23

Conclusioni

L'approccio alla corretta valutazione dei ponti termici strutturali è di natura strutturale e termotecnica. È infatti necessario avere le informazioni dei carichi e spessori da coniugare con quelle del risultato energetico e igrometrico che si vuole ottenere. Elementi a taglio termico sono presenti sul mercato da decenni e la proposta commerciale è molto avanzata dal punto di vista ingegneristico. L'articolo ha sintetizzato alcuni aspetti che possono essere approfonditi nel Manuale ANIT intitolato "la correzione del ponte termico strutturale" realizzato in collaborazione con l'azienda associata Schöck. 

* Alessandro Panzeri, Rossella Esposti
Staff Tecnico ANIT

* Daniele Pozzan
Schöck Italia srl, Area Manager Veneto
e Friuli-Venezia Giulia