

Gennaio
2025

SPECIALE CALENDARIO 2025

Comfort e Benessere

L'importanza dell'isolamento: non solo risparmio energetico

Stefano Silvera, Edilclima

Fra gli **interventi di efficientamento energetico più importanti da realizzare sugli edifici esistenti**, possiamo certamente considerare **l'isolamento termico delle strutture disperdenti**. Questo intervento permette di ridurre la **trasmissione termica**. La trasmittanza termica, espressa in W/m^2K , indica quanti Watt vengono trasmessi da una struttura attraverso un metro quadro di superficie disperdente quando fra gli ambienti che separa vi è una differenza di $1^{\circ}C$. La riduzione della trasmittanza consente quindi all'involucro di trasmettere meno calore, ad esempio verso l'ambiente esterno, ed è quindi alla base degli interventi di riqualificazione energetica.

Un aspetto meno conosciuto ma altrettanto importante, direttamente collegato con l'isolamento delle strutture, è il **miglioramento del comfort interno**. Con una **simulazione agli elementi finiti**, è infatti possibile valutare l'andamento delle isoterme all'interno della struttura, determinando la **temperatura superficiale interna**. Per l'analisi agli elementi finiti realizzate in questo articolo, è stato utilizzato il software **Mold Simulator** di Dartwin per il quale è stata predisposta un'apposita **interfaccia di scambio dati** con **EC700 – calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici**.

In figura 1 vengono rappresentate le isoterme e la temperatura superficiale interna di una parete disperdente non isolata. Le isoterme sono pressoché equamente distribuite lungo lo spessore della parete in quanto essendo una struttura composta da un blocco in laterizio non si hanno variazioni di conduttività. La temperatura superficiale calcolata in condizioni esterne di progetto si attesta attorno ai $16^{\circ}C$.

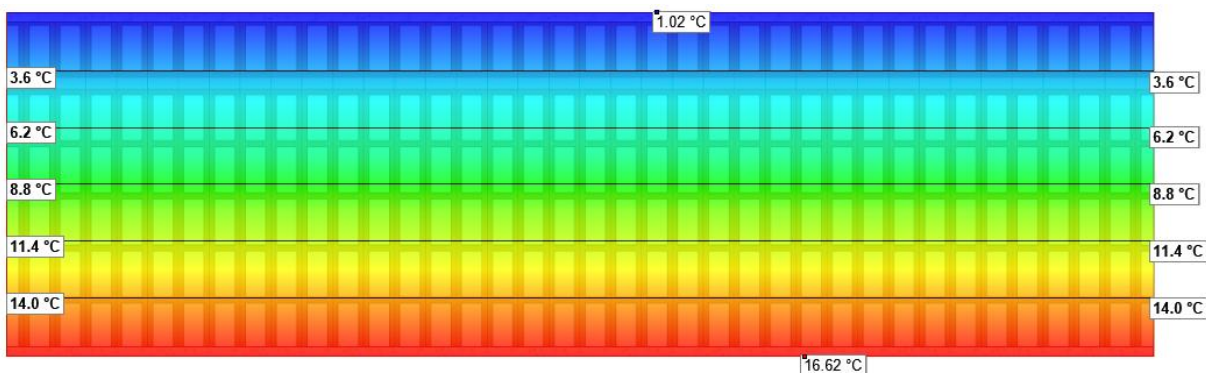


Figura 1 - Isotherme e temperatura superficiale interna per una parete disperdente verso esterno non isolata.

Andando ad isolare la parete applicando un cappotto esterno e ripetendo la simulazione agli elementi finiti otteniamo il risultato mostrato nella figura 2. Le isoterme si concentrano nella parte esterna della parete evidenziando la presenza dell'isolante. Il laterizio rimane quindi più "caldo" grazie alla copertura fornita dall'isolante esterno e ciò consente di calcolare una temperatura superficiale interna più alta pari a circa $19^{\circ}C$ e quindi molto vicina ai $20^{\circ}C$ del locale interno.

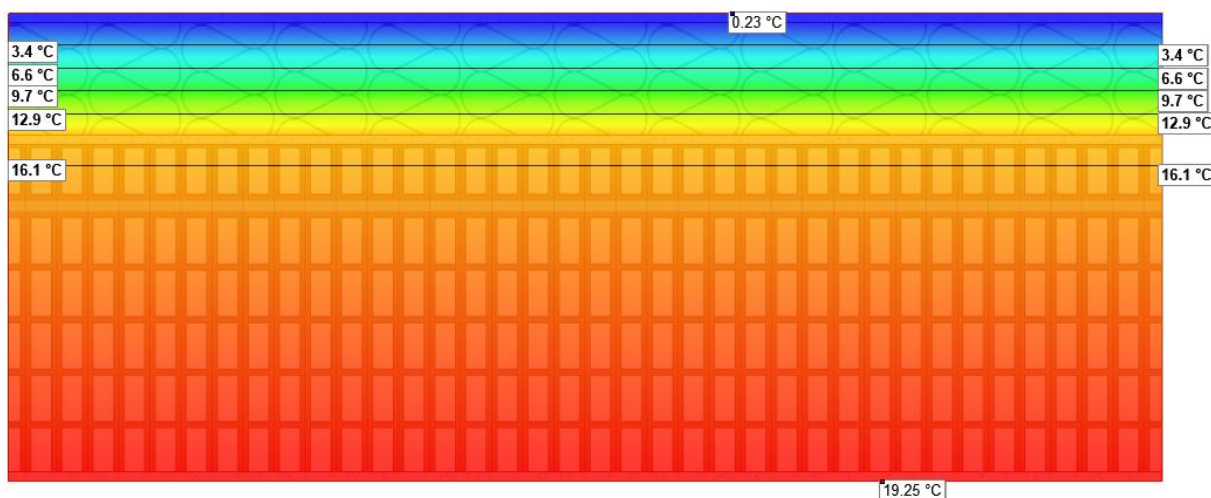


Figura 2 - Isotherme e temperatura superficiale interna per una parete disperdente verso esterno isolata.

Strutture disperdenti caratterizzate da temperature superficiali maggiori ed uniformi migliorano il livello del comfort interno.

Il corpo umano, infatti, trovandosi circondato dalle strutture con temperature superficiali maggiori, scambierà meno energia a livello radiativo. **Si troverà quindi a cedere meno calore per radiazione limitando la sensazione di "freddo".**

C'è un ulteriore aspetto da citare riguardo la temperatura superficiale delle strutture **ovvero il rischio di formazione della muffa**. La norma UNI EN ISO 13788:2013, dedicata alla prestazione igrometrica dei componenti e degli elementi per edilizia, **ha proprio lo scopo di fornire una metodologia di calcolo finalizzata a determinare, a livello progettuale, le condizioni che possono portare alla formazione di muffa superficiale**. In sostanza, è una valutazione volta a determinare che sulla superficie interna di una struttura disperdente **non si verifichi un'umidità relativa maggiore dell'80%**. Al di sopra di tale valore, possono verificarsi fenomeni che possono comportare la comparsa della muffa. La verifica, richiede di conoscere due dati fondamentali.

- **La quantità di umidità interna.**
- **La temperatura superficiale interna delle strutture disperdenti.**

La quantità di umidità interna con cui condurre la verifica viene determinata in funzione della **classe di concentrazione del vapore**. Per gli ambienti residenziali, viene considerato un valore di default pari a 0,06 Kg/m³. **La presenza di un impianto di ventilazione meccanica** permette di svolgere la verifica considerando un valore inferiore, pari a 0,04 kg/m³ per via del fatto che la presenza di tale impianto consente di ridurre l'umidità interna durante il periodo invernale.

La temperatura superficiale interna dipende invece da quanto è isolata la struttura. Generalizzando, possiamo affermare che bastano pochi cm di isolante (di meno rispetto a quelli richiesti dal decreto requisiti minimi per le verifiche di trasmittanza) per evitare il rischio di formazione muffa in luogo delle strutture disperdenti. Purtroppo, però, **l'andamento della temperatura superficiale sulle strutture disperdenti non è sempre omogeneo**. Discontinuità materiche, interruzione di posa del materiale isolante o semplicemente differenze di natura geometrica (superficie esterna lorda differente da quella interna netta) comportano una **distorsione ed un infittimento dei flussi termici con conseguente aumento delle dispersioni e riduzione della temperatura superficiale**. Questi punti o zone prendono il nome di **ponti termici**.

La riduzione della temperatura superficiale in luogo dei ponti termici può essere così importante da generare condizioni in cui possa proliferare la muffa. **La progettazione dell'isolamento deve quindi estendersi anche ai ponti termici verificando che, anche in questi punti, non ci siano rischi di formazione muffa.**

Un classico esempio di ponte termico critico sotto il punto di vista igrometrico è quello della posa del serramento.

Ipotizziamo di realizzare un cappotto esterno su una muratura esistente in laterizio congiuntamente con la sostituzione dei serramenti. I Benefici del cappotto termico sono quelli descritti in precedenza, mentre la sostituzione dei serramenti esistenti in favore di nuovi componenti più prestanti porterà i seguenti benefici:

- **Minor trasmittanza e quindi minori dispersioni.**
- **Miglior isolamento acustico.**
- **Riduzione degli apporti solari, soprattutto estivi, grazie a vetri dal basso fattore g.**
- **Maggior tenuta all'aria con riduzione degli spifferi.**

La riduzione degli spifferi è certamente un aspetto positivo che riduce la perdita di calore involontaria per ventilazione. Venendo a mancare gli spifferi **viene però meno quel ricambio d'aria (involontario e pressoché continuo) che durante il periodo invernale consente di ridurre l'umidità interna**. Nell'abitazione si riscontreranno quindi valori tendenzialmente maggiori di umidità interna (a meno che non venga installato un impianto di ventilazione meccanica dell'aria). L'aumento dell'umidità interna può quindi accrescere il rischio di formazione della muffa soprattutto in caso di presenza di punti freddi.

Vediamo quindi di analizzare, sempre con una simulazione di calcolo agli elementi finiti, cosa può accadere in questi casi. **La figura n. 3 mostra il dettaglio di posa del serramento sulla parete dotata di cappotto esterno.** Il serramento, ancorato al contro telaio, è posto nelle vicinanze del filo interno della muratura. Parte della spalletta è quindi esposta all'interno del locale.

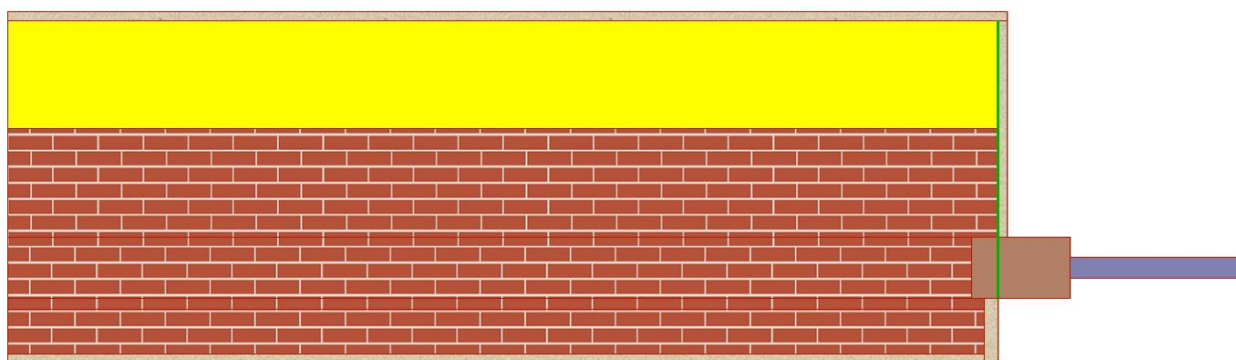


Figura 3 - Modello per analisi di calcolo agli elementi finiti

La simulazione agli elementi finiti è in grado di fornire, nella figura n. 4, **l'andamento dei flussi termici all'interno della struttura.** È possibile vedere come la spalletta comporti un aumento della superficie disperdente che va a distorcere le linee di flusso. Queste ruotano attorno al telaio concentrandosi proprio sulla spalletta. Qui si riscontra un **aumento del flusso termico che causa la comparsa di un punto freddo in prossimità del telaio sulla spalletta che si affaccia all'interno del locale.**

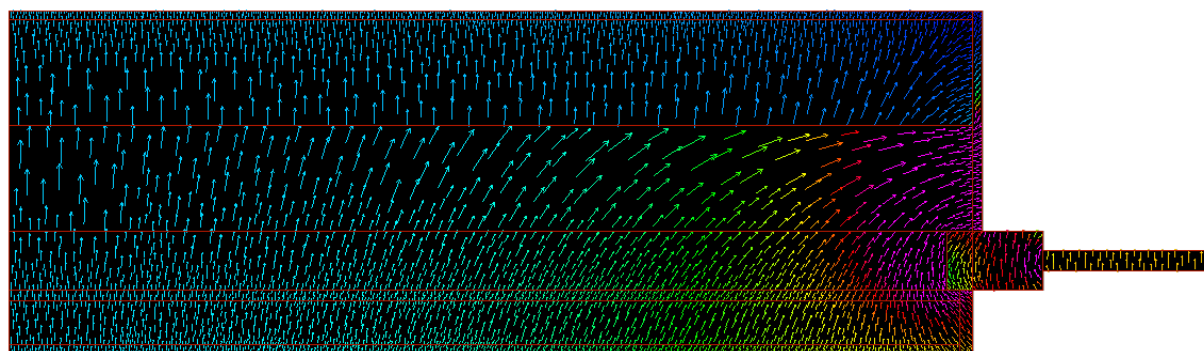


Figura 4 - Analisi dei flussi termici

È proprio in questo punto che la percentuale di umidità relativa può eccedere il valore limite dell'80%, dando luogo al rischio di formazione della muffa. La figura n. 5 mostra, in colore viola, l'isoterma del rischio di formazione della muffa. **Fintanto che l'isoterma rimane all'interno della struttura non vi sono rischi di formazione di muffa superficiale. Qualora l'isoterma si affacci sulla superficie interna, allora viene segnalato il rischio di formazione muffa (evidenziato dall'isoterma di colore viola).**

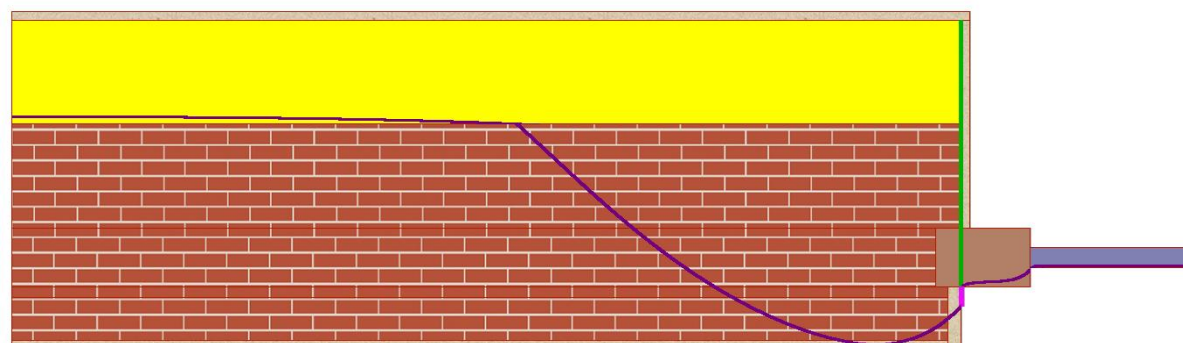


Figura 5 - Andamento dell'isoterma del rischio formazione muffa

L'intervento migliorativo così progettato non può pertanto ritenersi soddisfacente per quanto riguarda il comfort igrometrico. Dall'analisi dei flussi è risultato evidente come la fuoriuscita di calore avvenga principalmente sulla spalletta ed è pertanto in questo punto che sarà necessario studiare un'apposita correzione. Il poco spessore a disposizione per la correzione non consente di risvoltare il cappotto esterno, pertanto, bisognerà optare per l'utilizzo di materiali specifici dedicati alla correzione dei ponti termici. Uno di questi è l'aerogel che è in grado di fornire un buon livello di isolamento in pochi centimetri di spessore grazie ad una conducibilità termica particolarmente bassa ($\lambda = 0,014 \text{ W/mK}$). **Nella figura n. 5 è stata simulata una correzione della spalletta con uno strato di aerogel.** Per ricavare lo spazio necessario alla posa dell'aerogel potrebbero essere richiesti lavori edili aggiuntivi, come la rimozione di eventuali spallette in marmo o dello strato di intonaco esistente.

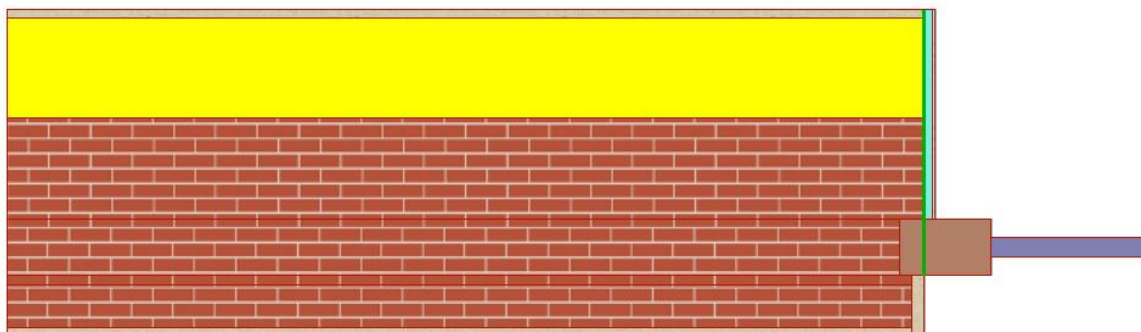


Figura 6 - Correzione della spalletta con aerogel

Confrontando la figura n. 7 con la precedente figura n. 4 **risulta evidente come la presenza dell'aerogel sia in grado di limitare i flussi termici che transitano attraverso la spalletta.**

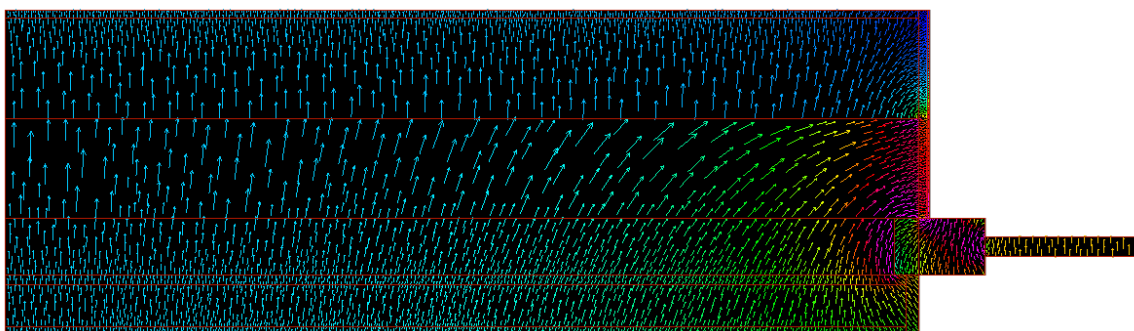


Figura 7 - Analisi dei flussi termici con spalletta corretta

La riduzione dei flussi termici fa sì che la temperatura superficiale sul lato interno della spalletta sia maggiore rispetto al caso precedente scongiurando, anche nel mese più freddo, condizioni tali da generare il rischio di formazione della muffa. L'isoterma del rischio muffa, mostrata nella figura n. 8, rimane **infatti sempre all'interno della stratigrafia senza mai affacciarsi sulla superficie interna della spalletta.**

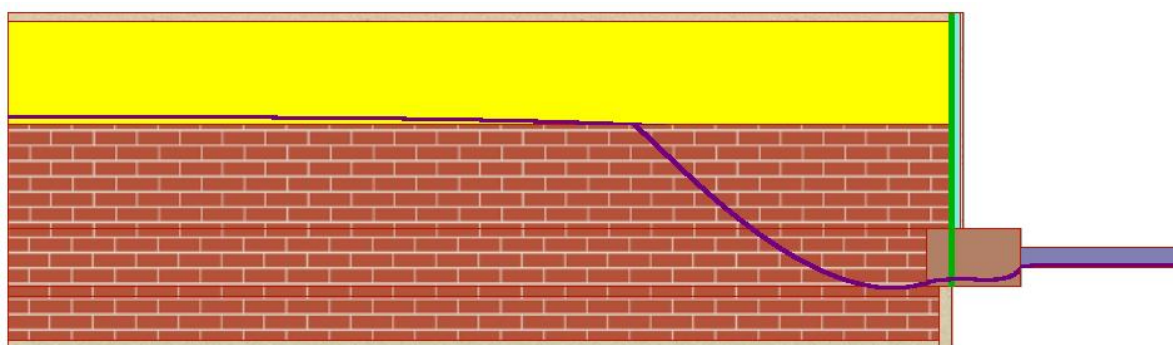


Figura 8 - Andamento dell'isoterma del rischio formazione muffa con spalletta corretta

Per interventi più importanti, come nuove costruzioni, demolizioni e ricostruzioni o ristrutturazioni importanti, **possono essere predisposte soluzioni prefabbricate in grado di ridurre al minimo i ponti termici di posa del serramento, evitando abbondantemente il rischio di formazione della muffa.** Si tratta delle soluzioni definite "monoblocco", realizzate direttamente in materiale isolato sulla misura del foro architettonico. L'ancoraggio del serramento all'involucro edilizio risulterà quindi

completamente isolato, non solo sulle spallette, ma anche sul davanzale, l'architrave e l'eventuale cassonetto. Inoltre, permette di gestire anche la presenza di schermature, come le tapparelle, sempre in maniera efficiente senza avere interruzioni del materiale isolante. Oltre ad essere un'ottima soluzione dal punto di vista termico lo è anche dal punto di vista della semplicità di realizzazione in quanto limita le operazioni edilizie da svolgere.

Un altro caso interessante da approfondire è quello che riguarda l'isolamento sul lato interno delle strutture disperdenti. Si tratta di una soluzione percorribile quando, per particolari motivi (ad esempio per edifici posti in centri storici), non è possibile realizzare un cappotto esterno. Concentriamoci quindi su una parete in cui è stato realizzato un cappotto interno ed analizziamo, anche in questo caso tramite una simulazione di calcolo agli elementi finiti, **cosa può accadere lungo lo spigolo posto fra la parete ed il soffitto disperdente su un sottotetto non climatizzato.** Come si può vedere nella figura 8, anche se il soffitto verso sottotetto è isolato, viene a formarsi una netta interruzione dello strato di isolante proprio in prossimità di un elemento alto disperdente come la trave in calcestruzzo. Si tratta quindi di un importante ponte termico non corretto, dotato di un'elevata trasmittanza termica lineica che certamente causerebbe problemi anche per un eventuale verifica della trasmittanza termica media.

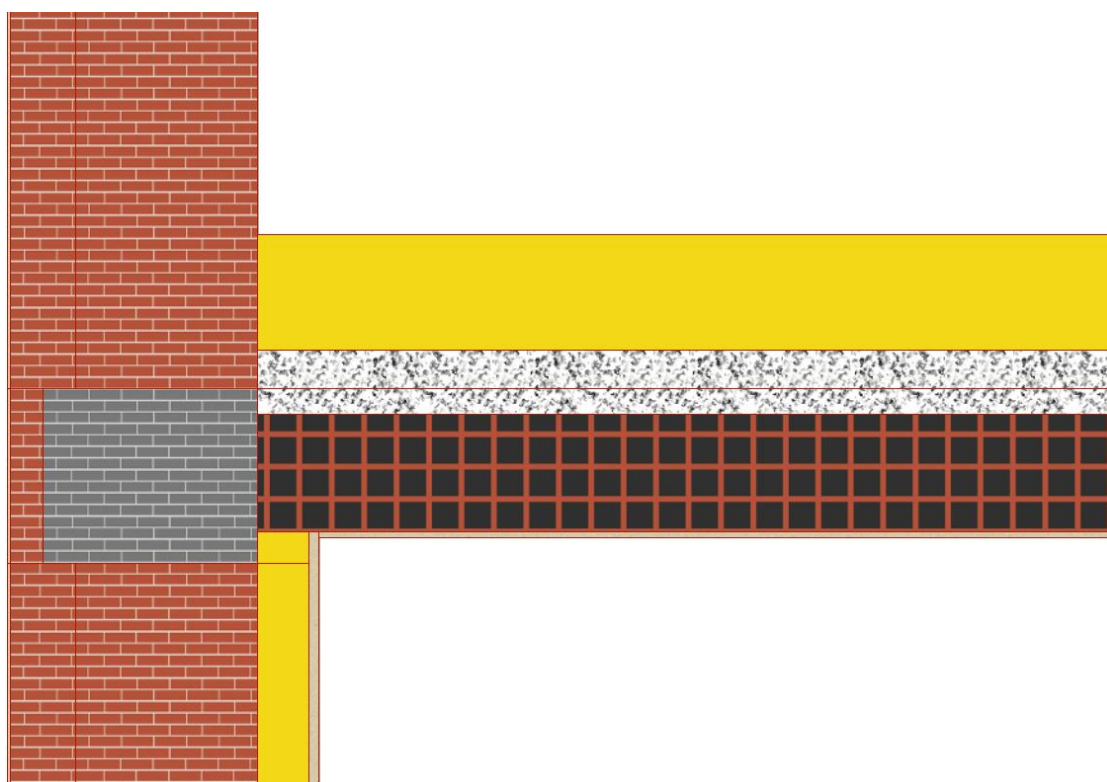


Figura 8 -Modello per analisi di calcolo agli elementi finiti

Nella figura 9 è possibile vedere come il flusso termico si concentri in particolar modo in prossimità dello spigolo fra parete e soffitto, per uscire all'esterno attraverso la trave in calcestruzzo.

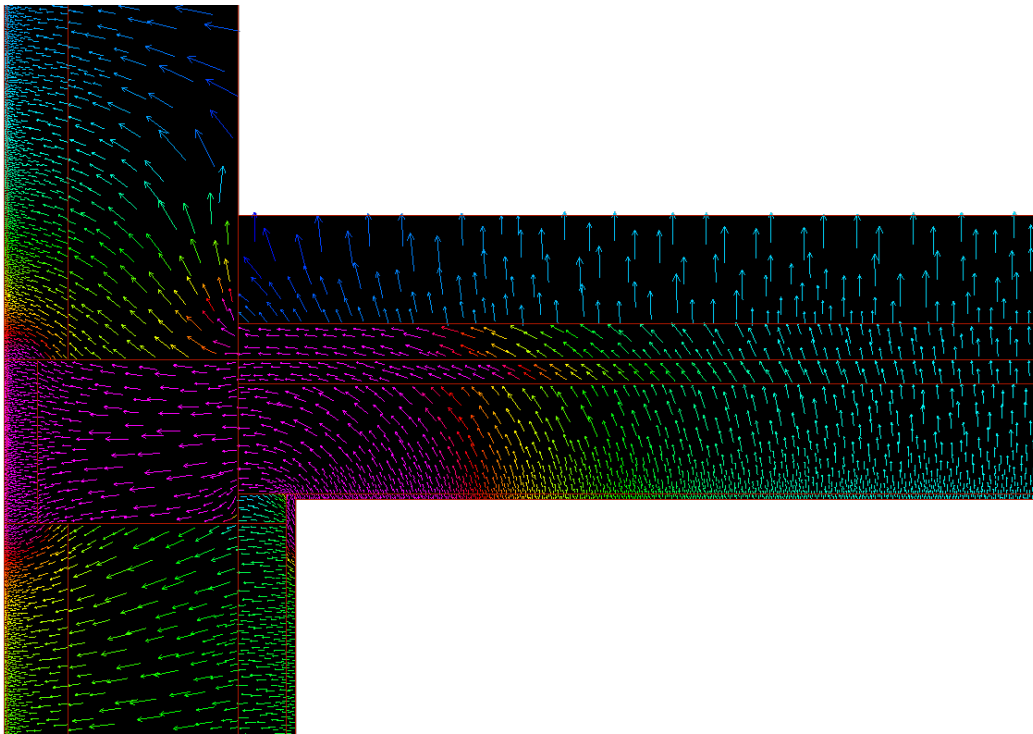


Figura 9 – Analisi dei flussi termici

Il flusso termico è quindi in grado di ridurre la temperatura superficiale a livelli tali da generare un rischio di formazione muffa lungo tutto lo spigolo fra parete e soffitto come rappresentato nella figura n. 10. Questa situazione si viene a verificare pur avendo la parete isolata dal cappotto interno ed il soffitto isolato sull'estradosso estradosso.

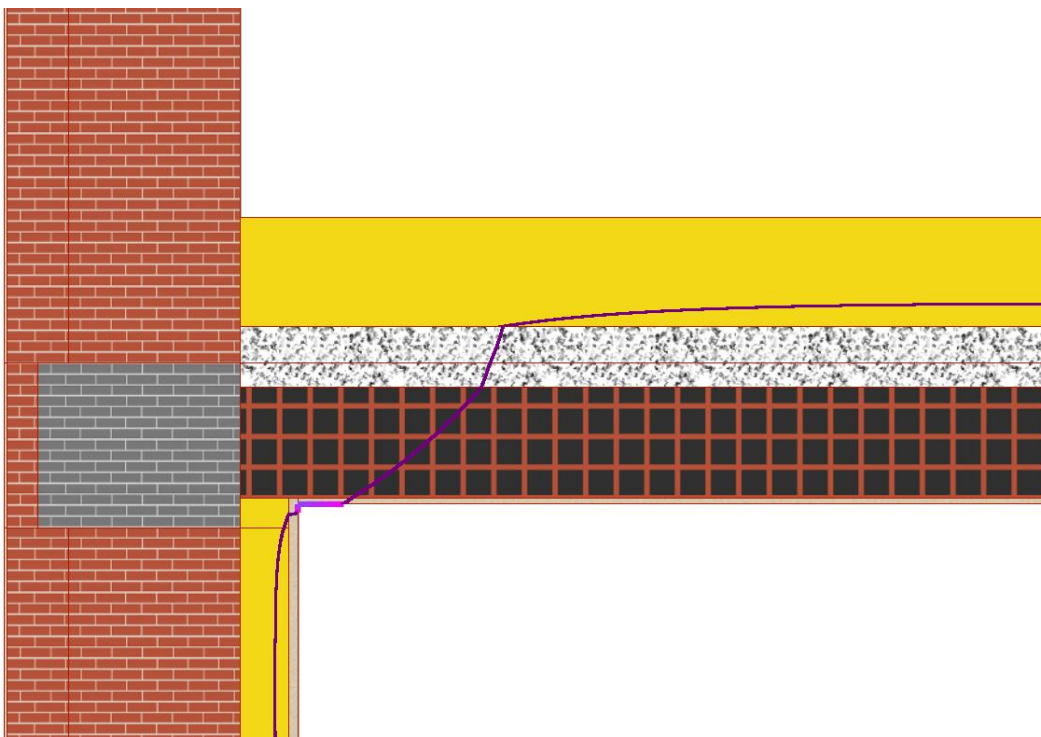


Figura 10 – Andamento dell'isoterma del rischio formazione muffa

È chiaro che un intervento progettato in questa maniera, **pur garantendo un sicuro risparmio energetico, non possa essere valido sotto il punto di vista igrometrico**. Occorre pertanto studiare una soluzione migliore, che non comporti il rischio di formazione della muffa. Una possibile soluzione, mostrata nella figura 11, è quella di utilizzare un pezzo speciale formato da un

pannello a cuneo realizzato in materiale isolante da applicare lungo lo spigolo fra parete e soffitto, proprio nella zona interessata dal rischio muffa.

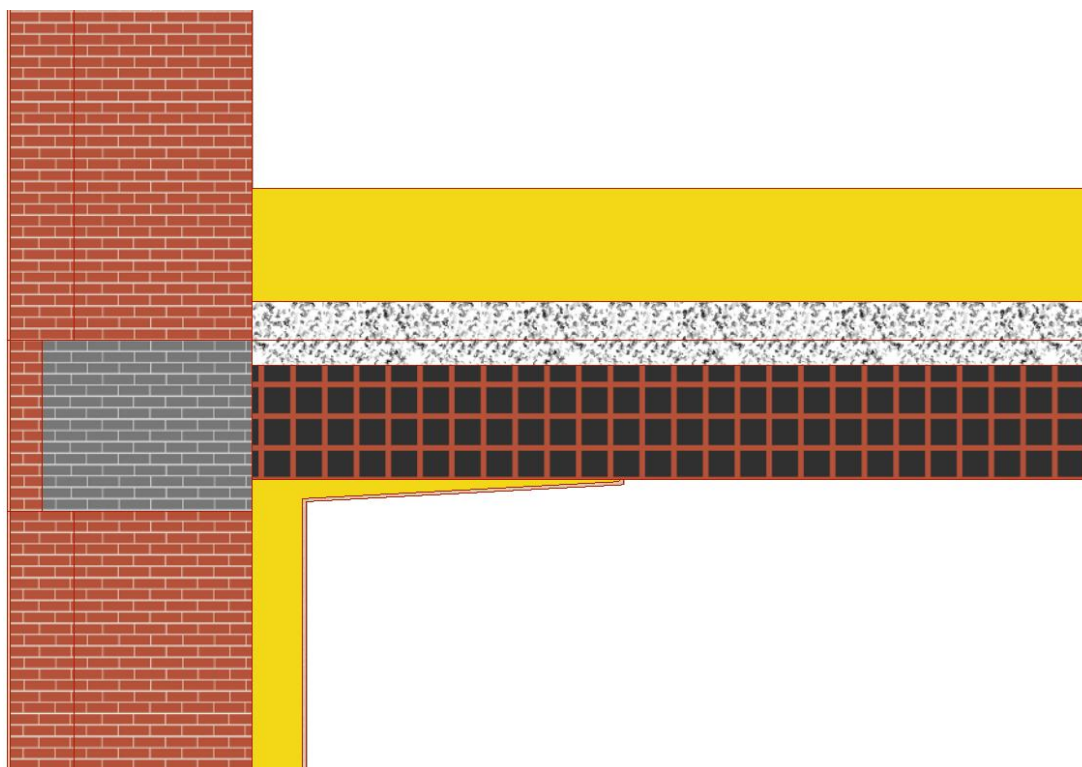


Figura 11 – Correzione con pannello a cuneo

La presenza del pannello a cuneo è in grado di ridurre il flusso termico proprio nella zona più critica del ponte termico. Lo si può vedere in maniera netta confrontando la figura n. 12 con la precedente figura n. 9.

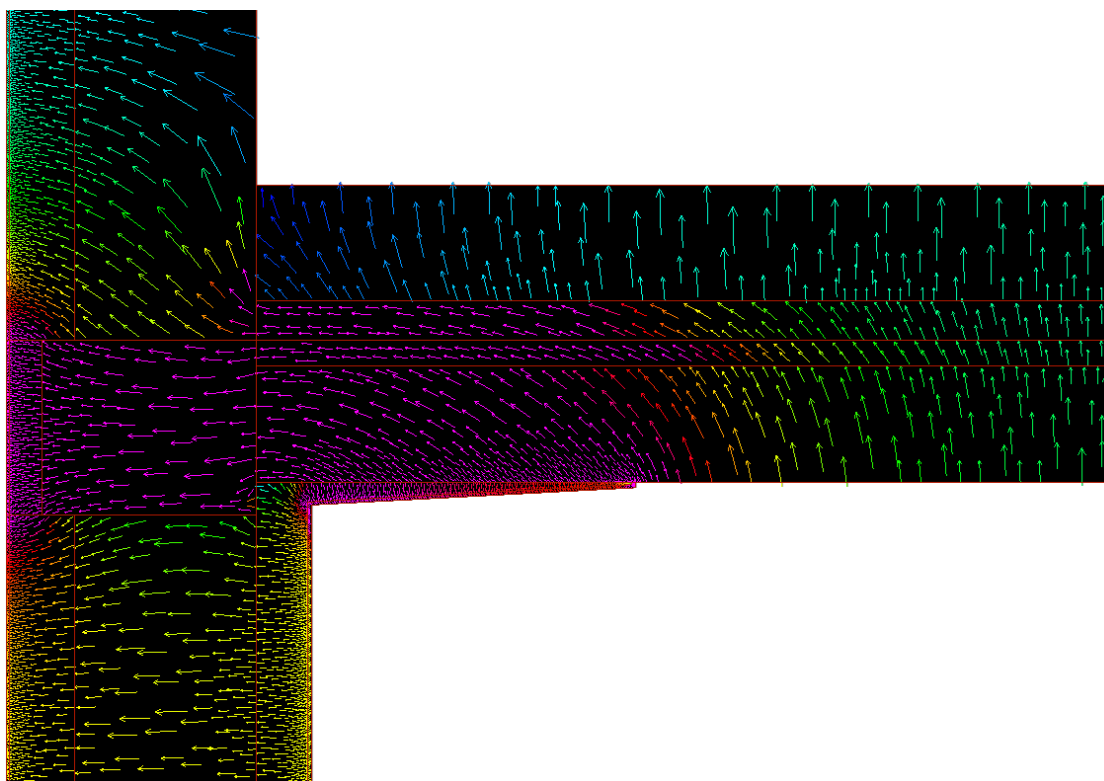


Fig. 12 Analisi dei flussi termici con pannello a cuneo

La riduzione del flusso termico fa sì che la temperatura superficiale sia maggiore rispetto alla soluzione precedente e che sia tale da scongiurare il rischio di formazione della muffa come è possibile vedere nella figura n. 13.

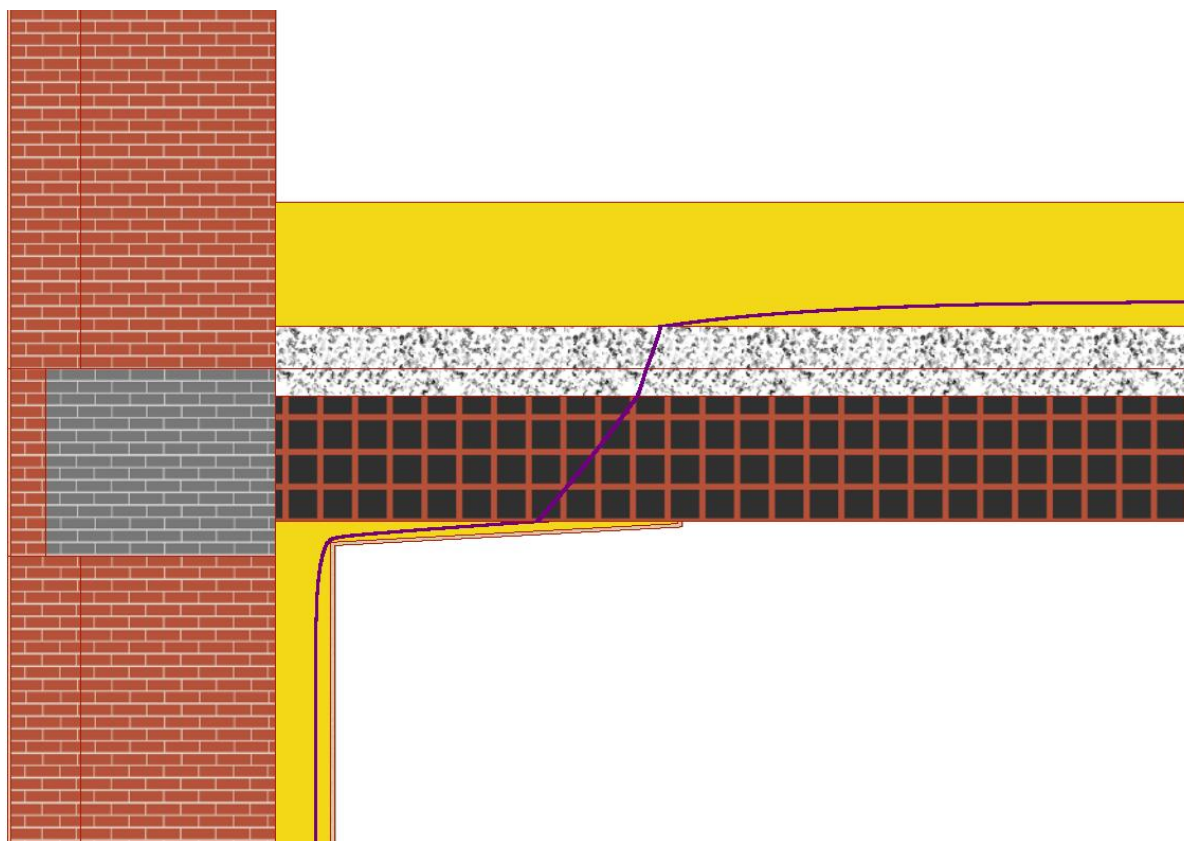


Figura 13 - Andamento dell'isoterma del rischio formazione muffa con pannello a cuneo

Nei casi esaminati abbiamo quindi approfondito come l'isolamento dell'involucro non comporti solamente una riduzione del fabbisogno energetico ma sia responsabile anche del miglioramento del comfort interno. La progettazione dell'intervento, non si deve però limitare alla sola scelta del materiale e dello spessore con cui isolare le strutture. Deve prendere in considerazione anche l'analisi dei ponti termici per individuare tutte quelle lavorazioni aggiuntive necessarie per la loro correzione grazie alle quali si possa evitare il rischio di formazione della muffa superficiale.