
Il ponte termico del cassonetto: come affrontarlo nel calcolo e nella progettazione efficiente

Ing. Beatrice Soldi – Edilclima

Programma

- L'elemento cassonetto
- Le norme corrette per valutarlo
- I dubbi di modellazione

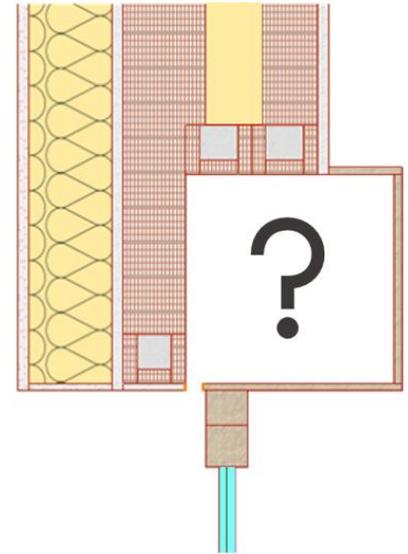


L'elemento cassonetto

Cassonetti perché così tanti dubbi?

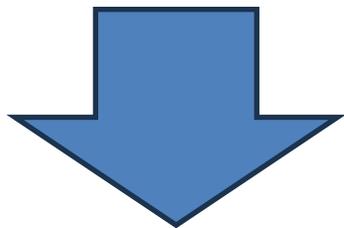
I cassonetti rappresentano una soluzione molto diffusa, ma la loro integrazione nel modello energetico solleva tante difficoltà principalmente per 2 motivi:

- Non hanno una geometria piana
 - non rappresentabili come una sequenza lineare di strati dotati di resistenza termica specifica
- Non posso gestirli semplicemente come ponti termici
 - nonostante rappresentino una discontinuità nell'isolamento termico facilmente rappresentabile con una trasmittanza termica lineica



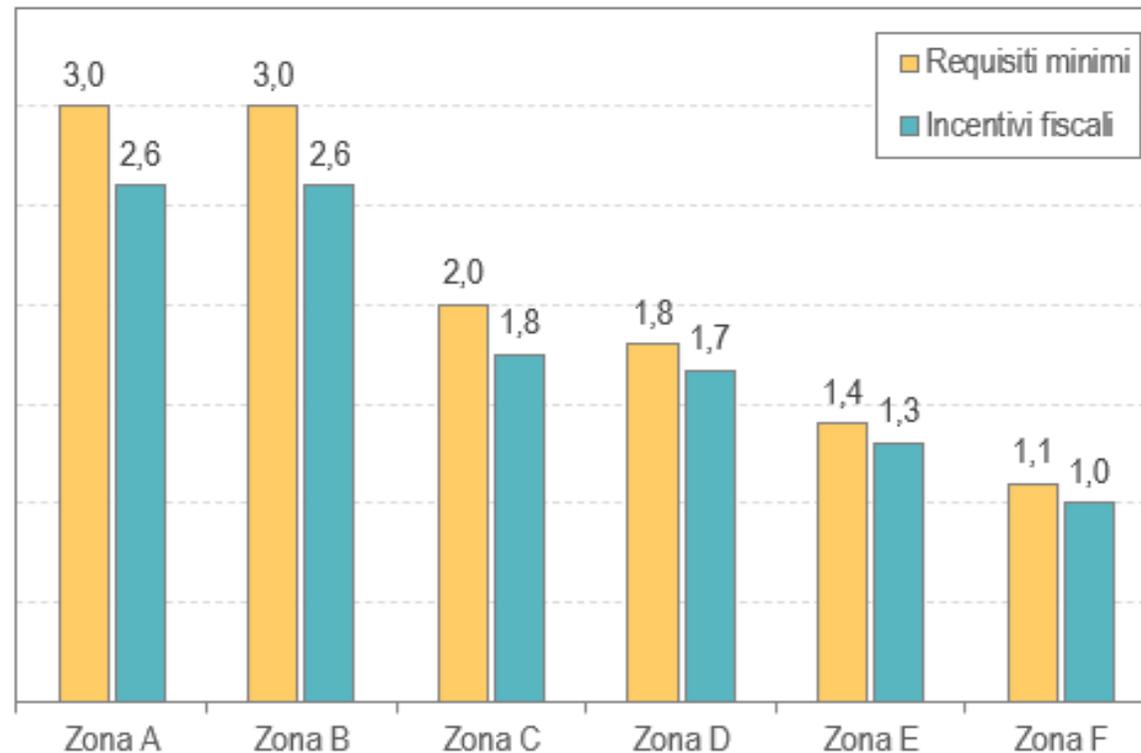
Perché non posso gestirli come ponti termici

Le attuali leggi pongono dei limiti di trasmittanza anche al cassonetto



Non posso gestirlo come ponte termico, ho bisogno di definire una **trasmittanza** per il cassonetto.

Valori limite di U_{RS} in W/m^2K



Cosa dicono le norme

- **DM 26.06.15:**

Appendice A, paragrafo 1, tabella 4: cassonetti assimilati agli infissi dando medesimi valori trasmittanza

Appendice B, paragrafo 1, tabella 4: stesse considerazioni anche per ristrutturazioni importanti e riqualificazioni

- **DM 06.08.2020:**

Articolo 5, comma 1, lettera iii, limite di trasmittanza termica presentato per i cassonetti identico a quello per gli infissi (Tabella 1, Allegato E)

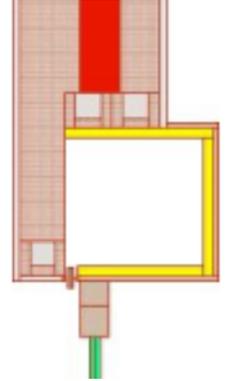


Le norme correlate per calcolarlo

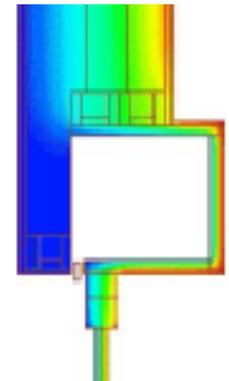
- **UNI TS 11300-1**: fornisce valori forfettari di trasmittanza termica
 - 1 W/m²K se isolati
 - 6 W/m²K se non isolati
- **UNI EN ISO 10077-2: 2018**: calcolo dettagliato agli elementi finiti
 - Fissare le condizioni al contorno
 - Individuare superfici adiabatiche, verso esterno, verso interno

COME FUNZIONA?

☑ Valore noto



☑ L_{2D}



Parametri da determinare

Per poter effettuare il calcolo energetico e le verifiche di legge devo determinare:

- Trasmittanza cassonetto U_{RS}
- Ponte termico di architrave Ψ

Cassonetto

Struttura: M3 - cassonetto

Altezza: H_{case} 40,0 cm

Larghezza: L_{case} 140,0 cm

Profondità: P_{case} 0,0 cm

Area frontale: 0,56 m²

Dimensioni serramento

Larghezza: L 140,0 cm

Altezza: H 250,0 cm

Area: 3,50 m²

Ponte termico

Trascura nei calcoli della trasmittanza media

	Struttura	Ψ lineica W/mK	Lunghezza m
Ponte termico	Z1 - W - Parete - Telaio	0,161	6,4
<input checked="" type="checkbox"/> Davanzale	Z2 - W - Parete - Telaio	0,237	1,4
<input checked="" type="checkbox"/> Architrave	Z5 - W - Ponte termico CASSONETTO	0,363	1,4

Il calcolo del cassonetto secondo UNI 10077-2: elementi

Attraverso un software agli elementi finiti occorre avere le informazioni di tre elementi:

Il serramento:

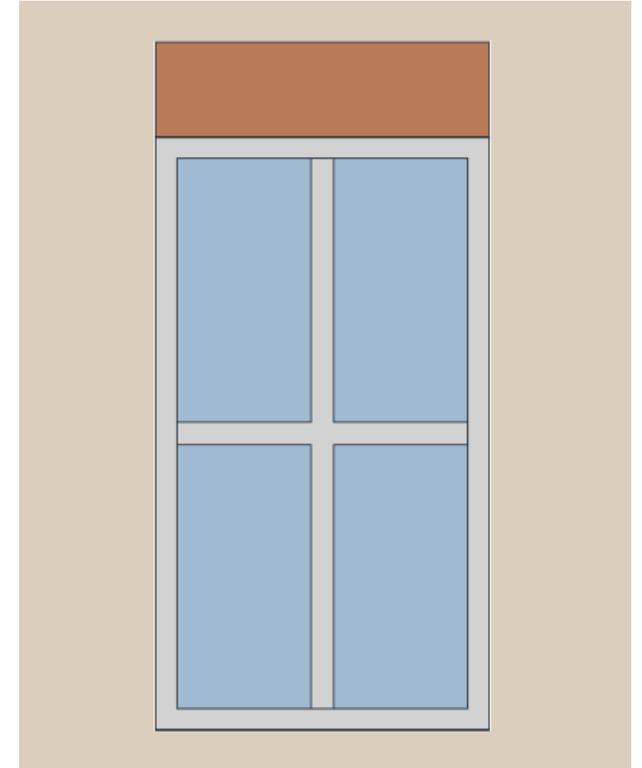
coefficiente di accoppiamento termico bidimensionale L_W^{2D}

Il cassonetto:

coefficiente di accoppiamento termico bidimensionale L_{RS}^{2D} e la trasmittanza termica U_{RS}

La parete su cui è posta la finestra

coefficiente di accoppiamento termico trasmittanza termica U



Il calcolo del cassonetto secondo UNI 10077-2: formula Ψ

Nel calcolo agli elementi finiti si applica la seguente equazione:

Considera posa serramento e ancoraggio cassonetto

$$\psi = L_{2D} - U \cdot d_{\min} - L_W^{2D} - L_{RS}^{2D}$$

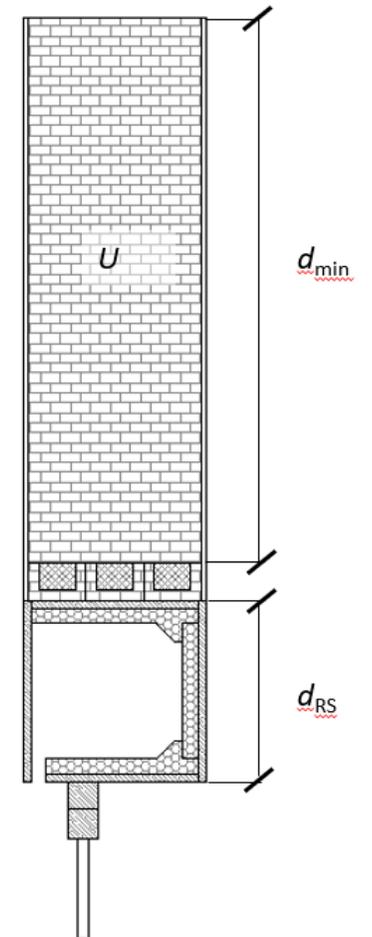
Ponte termico architrave

Flusso globale disperso dal nodo

Dati della parete

Flusso termico finestra

Flusso termico cassonetto

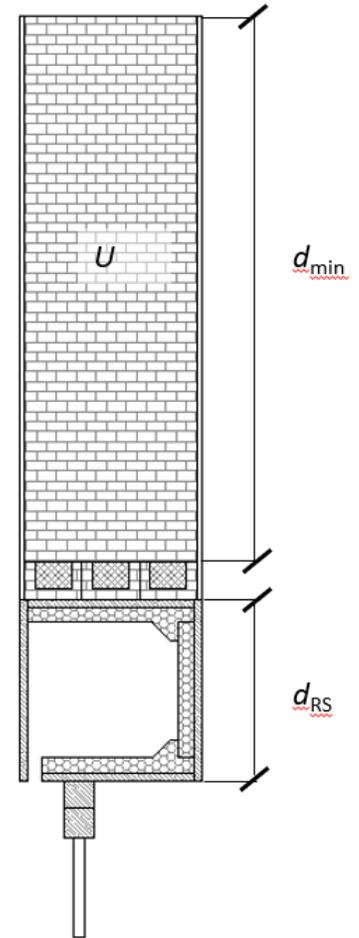


Il calcolo del cassonetto secondo UNI 10077-2: formula Ψ

$$\psi = L_{2D} - U \cdot d_{\min} - L_{W}^{2D} - L_{RS}^{2D}$$

L_{2D} coefficiente di accoppiamento termico bidimensionale, è il flusso termico totale scambiato in prossimità del nodo per unità di lunghezza del ponte termico e per una differenza di temperatura unitaria.

d_{\min} tratto di parete da considerare, pari al valore maggiore tra 1 m e tre volte lo spessore dell'elemento di parete adiacente il nodo.



Il calcolo del cassonetto secondo UNI 10077-2: formula Ψ

Caso 1:

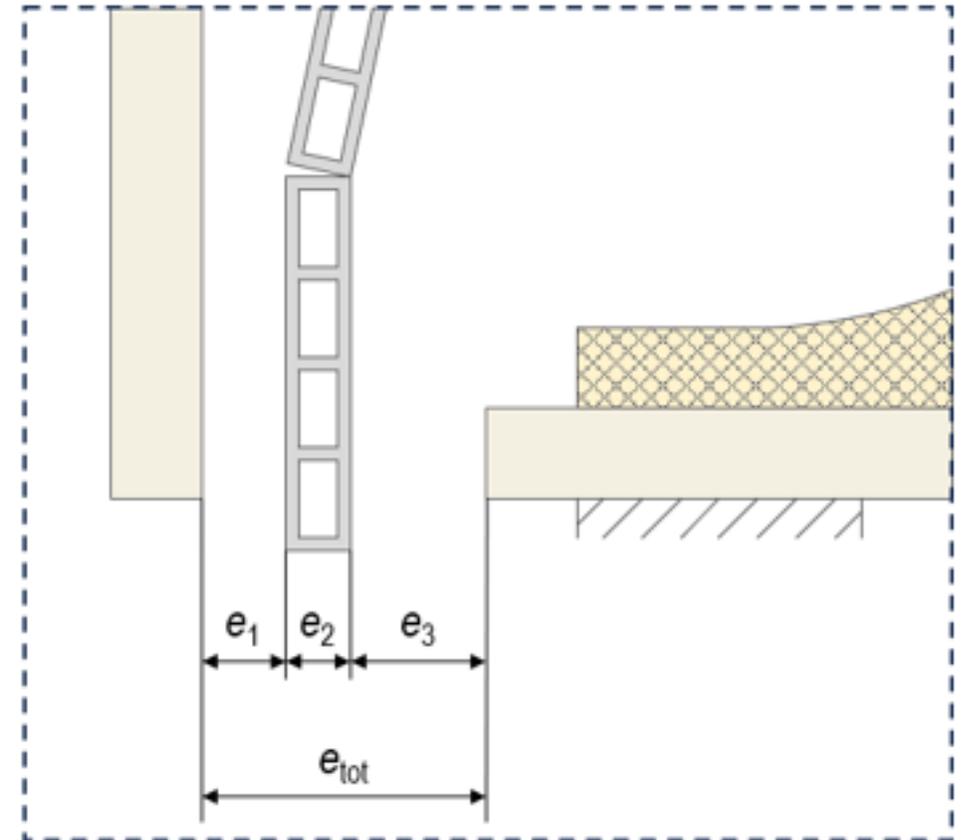
$e_1 + e_3 \leq 2 \text{ mm}$
Non ventilata
Calcolo scambio termico convettivo e radiativo
Inserimento spazzolini!

Caso 2:

$2 < e_{\text{tot}} \leq 35 \text{ mm}$
Debolmente ventilata
 $R_{\text{se}} = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$

Caso 3:

$e_{\text{tot}} > 35 \text{ mm}$
Fortemente ventilata
 $R_{\text{se}} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$





I dubbi di modellazione

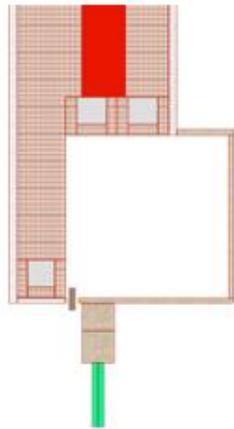


Quanto incide il cappotto esterno sulla U_{RS} del cassonetto e sulla Ψ di architrave?

E quanto incide se isolo l'interno del cassonetto?

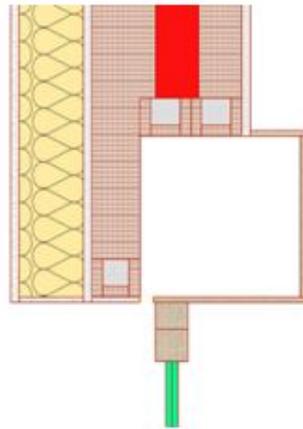
Intercapedine debolmente ventilata, faccio variare cappotto e isolamento interno al cassonetto: cosa succede?

Cassonetto intercapedine debolmente ventilata



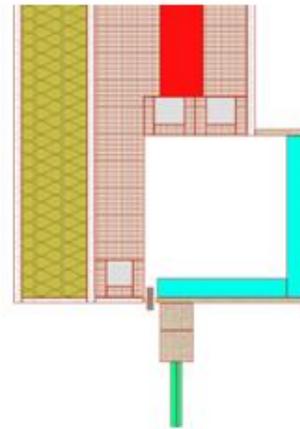
$$U_{RS} = 4,088 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi^* = 0,168 \text{ W}/(\text{m K})$$

Cassonetto intercapedine debolmente ventilata cappotto 12 cm



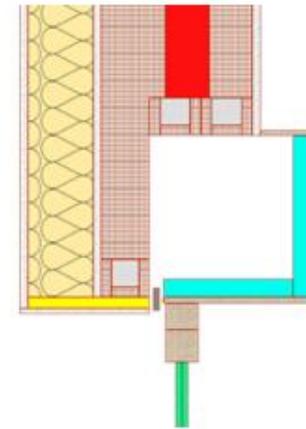
$$U_{RS} = 4,087 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi^* = 0,365 \text{ W}/(\text{m K})$$

Cassonetto intercapedine debolmente ventilata con 2 pannelli interni EPS



$$U_{RS} = 1,587 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi^* = 0,352 \text{ W}/(\text{m K})$$

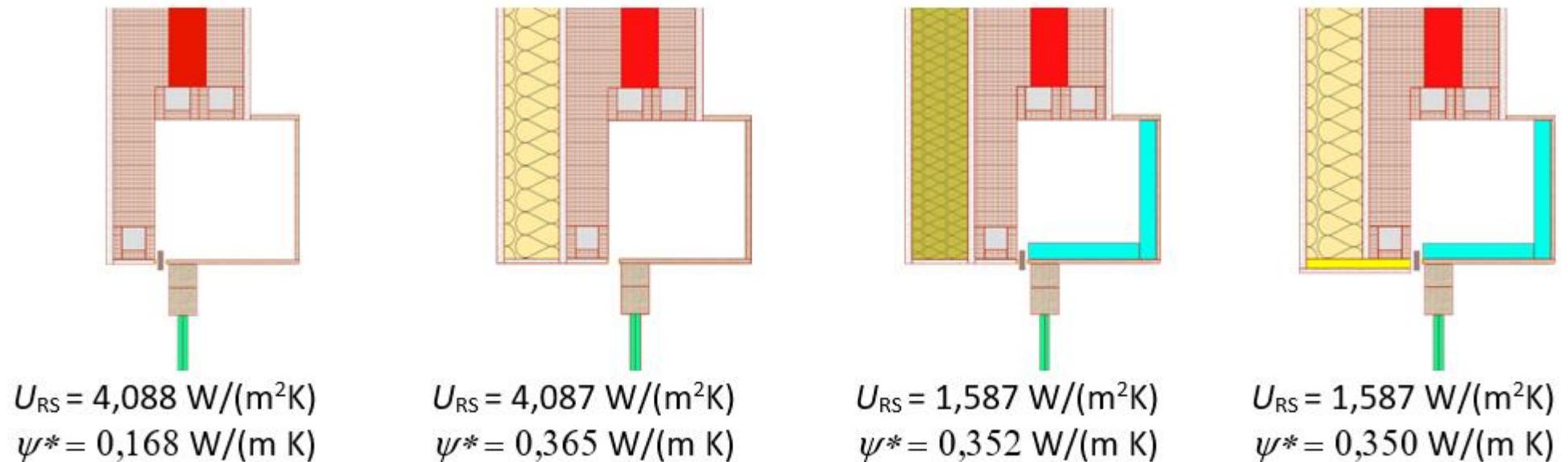
Cassonetto intercapedine debolmente ventilata con 2 pannelli interni EPS e correzione di architrave (2 cm di aerogel)



$$U_{RS} = 1,587 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi^* = 0,350 \text{ W}/(\text{m K})$$

Esempi elaborati con EC709 + Mold simulator

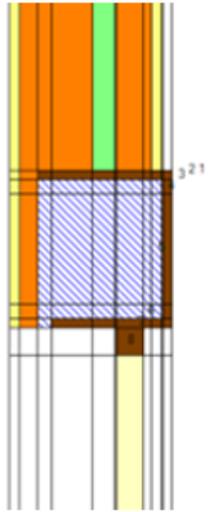
- A parità di cassonetto la presenza del cappotto ha avuto pochissima incidenza sulla U_{RS} e molta incidenza sulla Ψ_{arch}
- Per abbassare U_{RS} occorre isolare internamente il cassonetto, questa operazione influisce poco su Ψ_{arch}



Esempi elaborati con IRIS 6.0 ANIT: il balcone

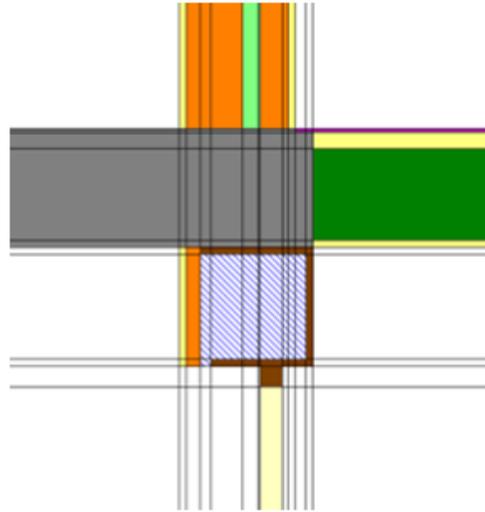
Come variano U_{RS} e Ψ_{arch} in presenza di un balcone?

Intercapedine fortemente ventilata



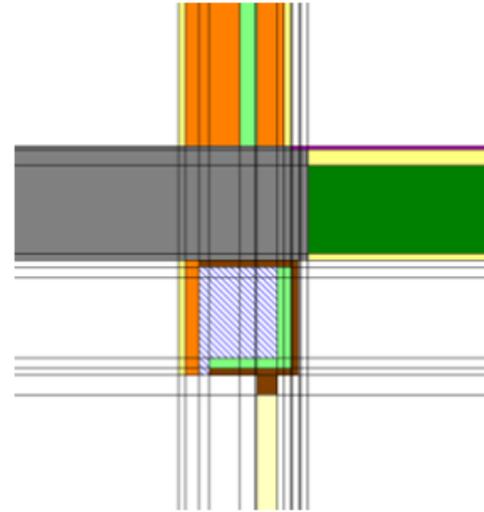
$$U_{RS} = 2,133 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 0,289 \text{ W}/(\text{m K})$$

Intercapedine fortemente ventilata con balcone



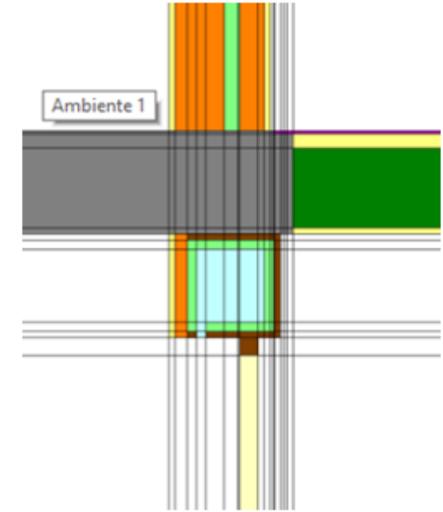
$$U_{RS} = 2,133 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 1,154 \text{ W}/(\text{m K})$$

Cassonetto isolato intercapedine fortemente ventilata con balcone



$$U_{RS} = 0,796 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 0,905 \text{ W}/(\text{m K})$$

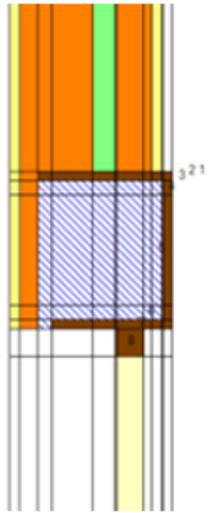
Cassonetto isolato intercapedine non ventilata con balcone



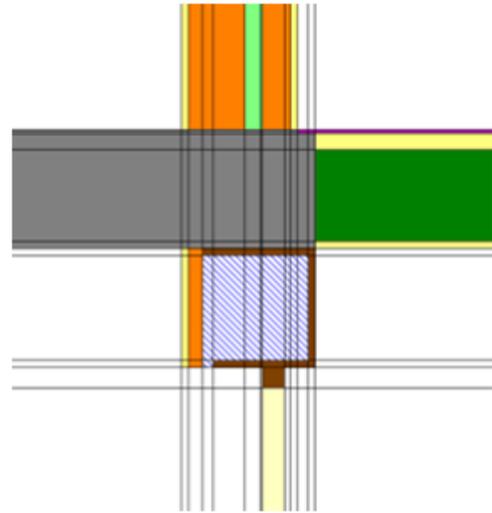
$$U_{RS} = 0,527 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 0,789 \text{ W}/(\text{m K})$$

Esempi elaborati con IRIS 6.0 ANIT: il balcone

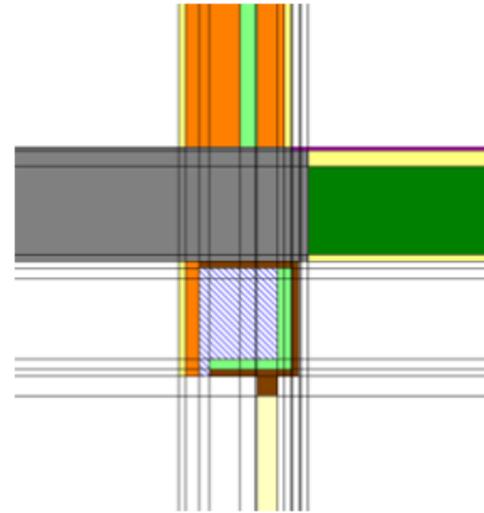
La presenza del balcone fa variare molto Ψ_{arch}
È consigliato effettuare un calcolo agli elementi finiti considerando nel nodo anche il balcone.



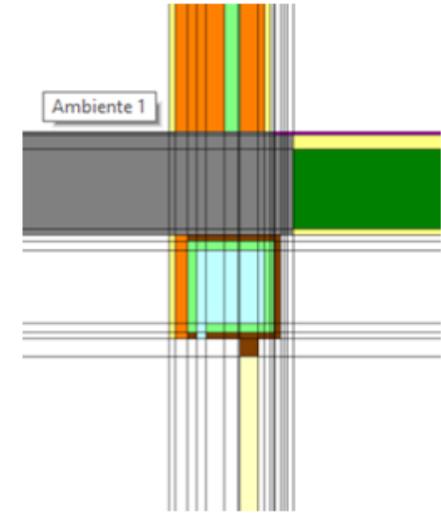
$$U_{RS} = 2,133 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 0,289 \text{ W}/(\text{m K})$$



$$U_{RS} = 2,133 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 1,154 \text{ W}/(\text{m K})$$

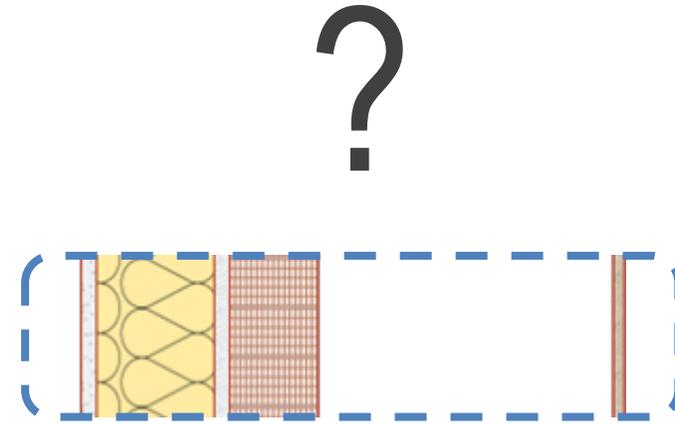
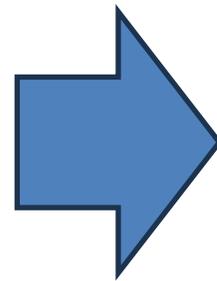
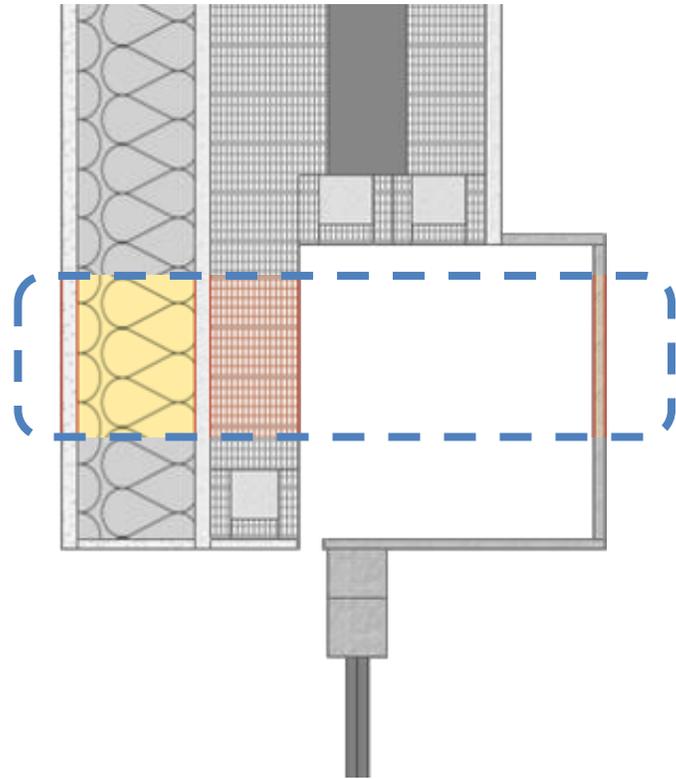


$$U_{RS} = 0,796 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 0,905 \text{ W}/(\text{m K})$$



$$U_{RS} = 0,527 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$
$$\psi = 0,789 \text{ W}/(\text{m K})$$

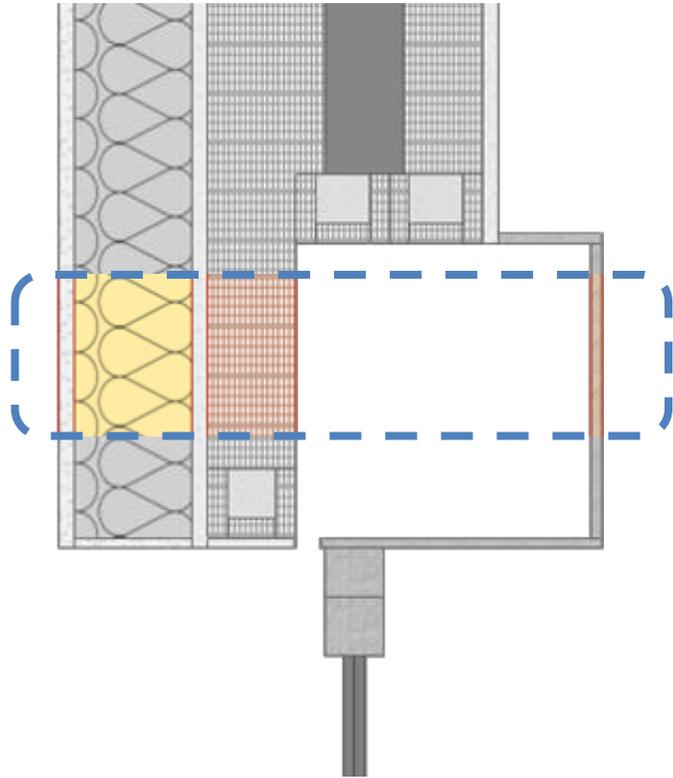
Posso modellare il cassonetto come se fosse un muro?



$$R = \sum \lambda \cdot s \quad [\text{m}^2\text{K}/\text{W}]$$

Calcolo la resistenza come somma dei prodotti tra conduttività λ di ogni strato e il suo spessore s (UNI 6946)

Posso modellare il cassonetto come se fosse un muro?



Questo calcolo non è conforme alle norme: esce dal campo di applicazione della UNI 6946.

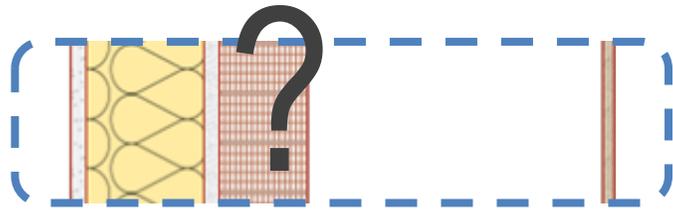


È in ogni caso sempre consigliato il ricorso al metodo di calcolo agli elementi finiti.



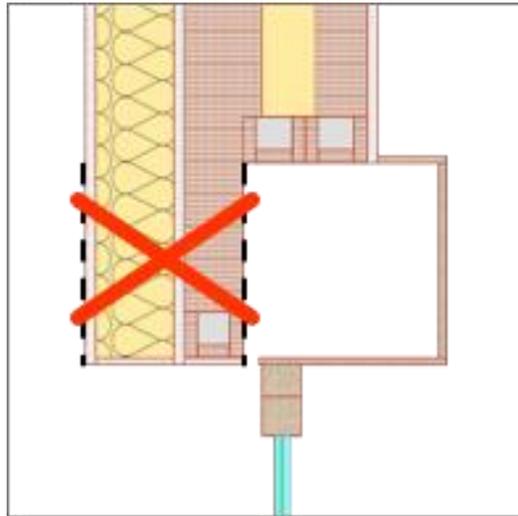
Non utilizzare questo metodo se l'intercapedine è non ventilata

! Valido solo per intercapedini debolmente o fortemente ventilate



- Quanti strati includo nel calcolo?
- Che valori di R_{se} utilizzo?
- Che apporti e temperature considero?
- Che superfici conteggio nel calcolo?

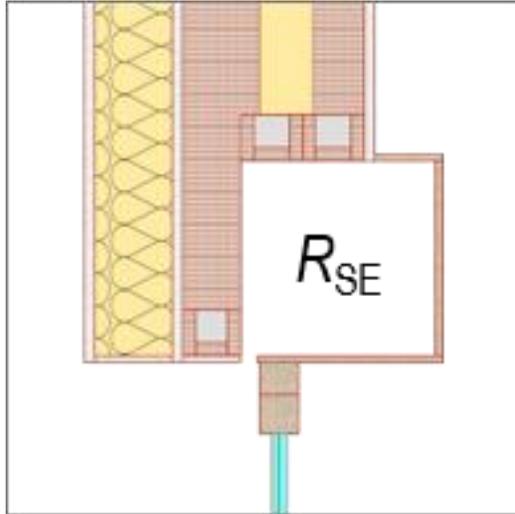
Approfondimento sulle scelte: strati da includere nel calcolo



Il cappotto esterno ed eventuale muro hanno un impatto minimo sul comportamento del cassonetto.

Consigliamo quindi di inserire **solo gli strati che si trovano prima dell'intercapedine.**

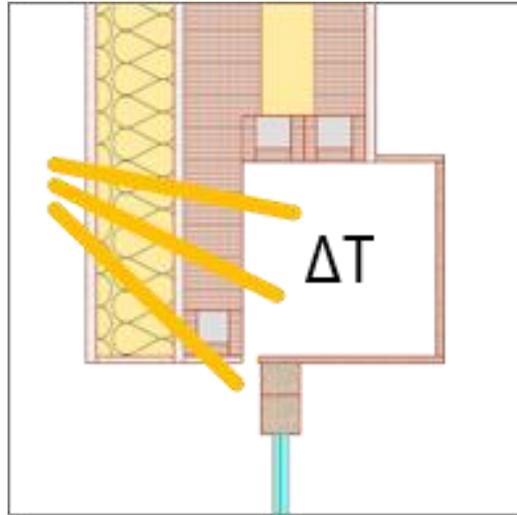
Approfondimento sulle scelte: valori di R_{SE} da utilizzare



Consigliamo di adottare il valore

- $0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ per intercapedini debolmente ventilate
- $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ per le fortemente ventilate

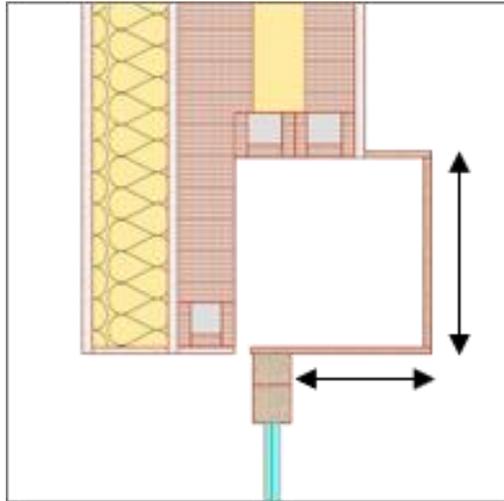
Approfondimento sulle scelte: apporti e temperature da usare



Consigliamo di

- non considerare gli **apporti solari**
- assimilare la **temperatura** della cavità all'ambiente esterno come indicato dalla UNI EN ISO 10077-2 per il calcolo dettagliato

Approfondimento sulle scelte: superfici da conteggiare



Dal confronto con il calcolo agli elementi finiti è risultato necessario **includere tutte le superfici** (anche la profondità e la larghezza totale)

Confronto con il metodo agli elementi finiti

W = flusso termico totale scambiato

- Calcolo elementi finiti:

$$W = U_{RS,fem} \cdot \text{Area frontale}$$

- Calcolo semplificato:

$$W = U_{RS,6946} \cdot \text{Area totale}$$



A parità di $W \rightarrow U_{RS,fem} \gg U_{RS,6946}$



Conclusioni

Conclusioni

- I cassonetti non sono elementi piani, è sempre preferibile il **calcolo agli elementi finiti**.
- Occorre ricavare sia U_{RS} che Ψ_{arch} tenendo in considerazione tutti gli elementi del sistema.
- L'approccio semplificato di modellare i cassonetti come muri nasconde rischi di **sovrastima** delle prestazioni.
- Soltanto se l'intercapedine è **non ventilata** l'applicazione di un cappotto esterno ha influenza sulla U_{RS} del cassonetto.

CONTATTI

Ing. Mario Rossi

Email:

Tel:

- Punto 1
- Punto 2
- Punto 3



Grazie per l'attenzione