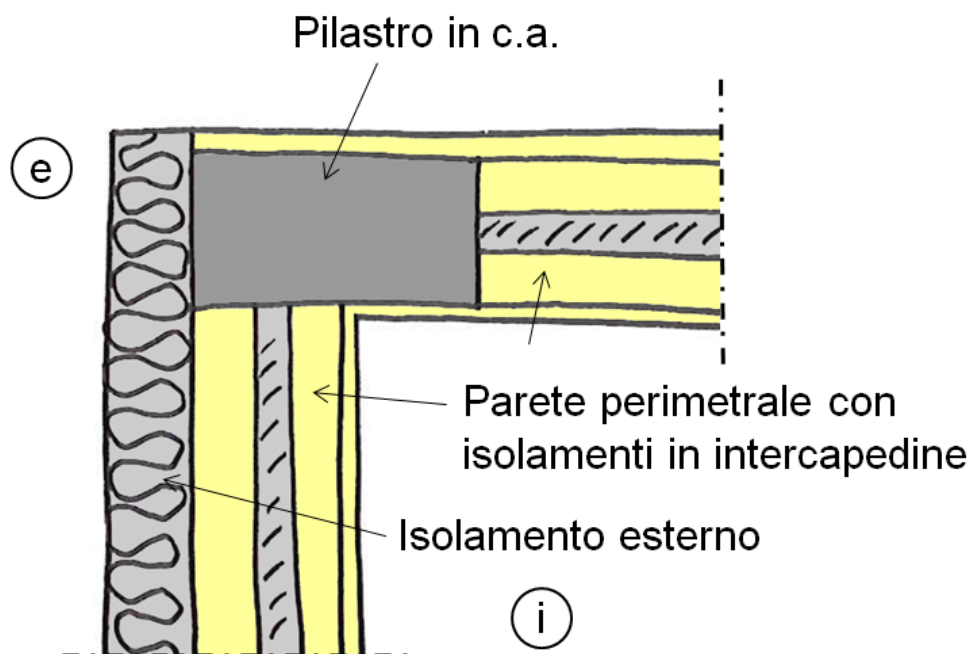


PT

ESEMPI DI PONTI TERMICI



LOGICHE DI UTILIZZO DEL SOFTWARE IRIS 4

Milano, 13 novembre 2017

Il manuale è basato sulla versione di IRIS 4.1.0.7

Sviluppo software: TEP s.r.l.

Distribuzione software: ANIT

Via Lanzone, 31 – 20123 Milano

P. IVA e C. F. 10429290157

tel. 02-89415126

software@anit.it

www.anit.it

INDICE

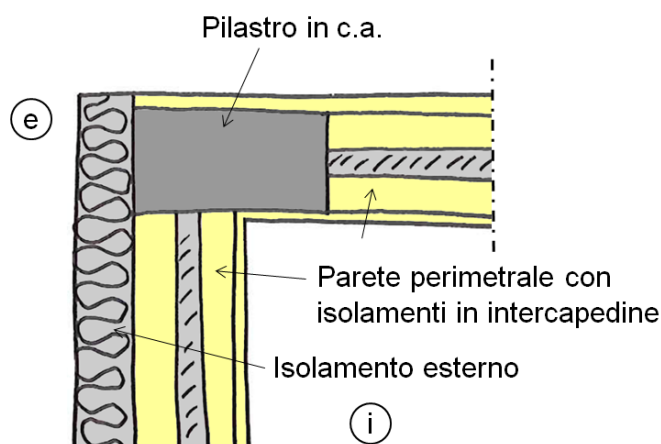
1. Ponte termico d'angolo	3
2. Serramento: davanzale	9
3. Balcone	13
4. Pilastro fuori spessore	18
5. Copertura disomogenea	23
6. Nodo controterra	27
7. Nodo controterra con vespaio	33
Appendice A. Significato del coefficiente Ψ	38
Coefficiente Ψ verso l'ambiente esterno.....	39
Coefficiente Ψ verso locali non riscaldati	40
Coefficiente Ψ verso il terreno	41
Appendice C. Logiche di modellizzazione	43

Tutti i diritti sono riservati

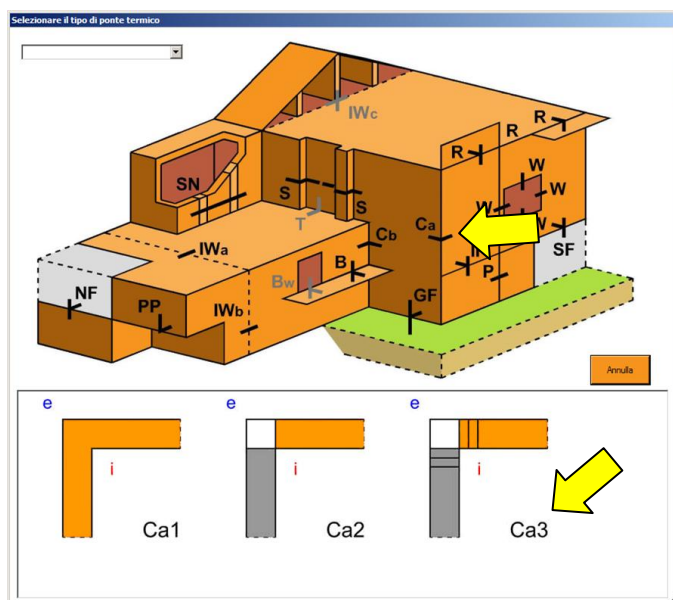
Nessuna parte di questo documento può essere riprodotta o divulgata senza l'autorizzazione scritta di ANIT.
I contenuti sono curati dallo Staff ANIT e sono aggiornati alla data in copertina.

1. Ponte termico d'angolo

Ponte termico d'angolo con pilastro a base rettangolare e isolamento esterno su una sola facciata. Lo studio del nodo potrebbe simulare il caso di una riqualificazione energetica di un edificio esistente.



1. Come prima cosa bisogna individuare lo schema di partenza per l'analisi del ponte termico. Nel nostro caso la tipologia è Ca3.



2. Dalla schermata d'analisi viene visualizzato lo schema di partenza per la creazione del nodo. Il nome del ponte termico è modificato in "Esempio 1".

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Pariete 1	0.30	5.882
Pariete 2	0.30	5.882

Inserisci materiale

Tipo di materiale:

Descrizione:

Conducibilità: W/m K

Fattore di resistenza al vapore:

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Seleziona parete 1	Da archivio	Crea struttura
Seleziona parete 2	Da archivio	Crea struttura

3. A questo punto l'utente deve descrivere la stratigrafia delle due pareti incidenti sull'angolo. Attraverso i comandi "Seleziona parete" è possibile richiamare strutture già elaborate con il software PAN o creare le nuove stratigrafie direttamente con IRIS. Nel nostro caso si decide di richiamare sia per la parete 1 che per la parete 2 la stratigrafia di un elemento di tamponamento con doppio tavolato e isolamento in intercapedine.

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

	Spessore [m]	Trasmittanza [W/m²K]
Pariete 1	0.28	0.677
Pariete 2	0.28	0.677

Inserisci materiale

Tipo di materiale:

Descrizione:

Conducibilità: W/m K

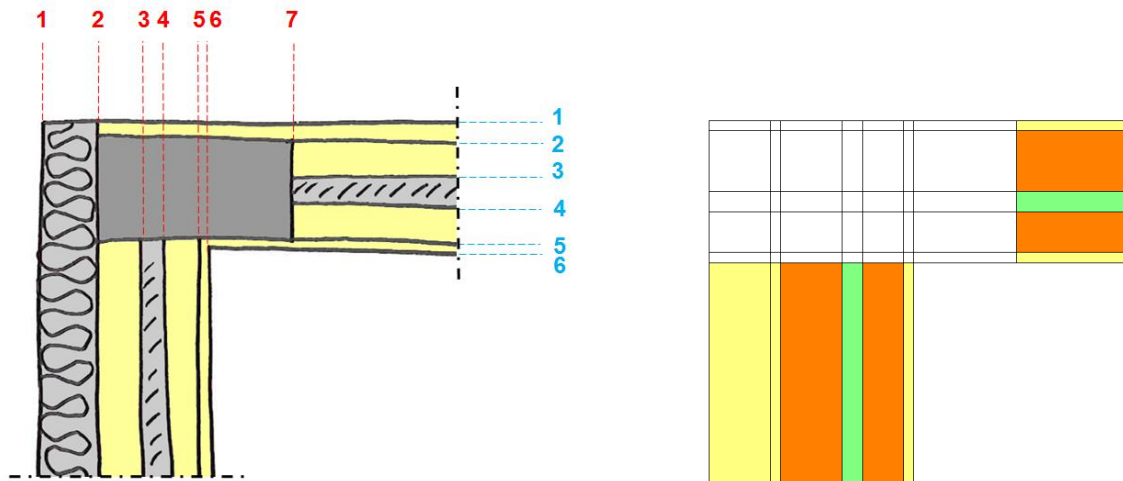
Fattore di resistenza al vapore:

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Seleziona parete 1	Da archivio	Crea struttura
Seleziona parete 2	Da archivio	Crea struttura

4. Per la configurazione geometrica si parte dallo studio dei piani di taglio verticali e orizzontali necessari per la descrizione del ponte termico. Nel nostro caso il nodo si può descrivere con 7 piani di taglio verticali e 6 orizzontali.



5. Per ottenere la configurazione geometrica mostrata al punto precedente l'utente può:
 - modificare gli spessori (verticali e orizzontali) dalla sezione “modifica spessori”
 - creare nuovi piani di taglio utilizzando il comando “dividi strato” disponibile cliccando col tasto destro del mouse sullo strato selezionato.

Nell'esempio si è diviso lo strato dell'intonaco esterno sul lato sinistro dello schema e si sono corretti gli spessori con i seguenti dati:

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture

Seleziona materiali

Modifica spessori

Condizioni al contorno

	1	2	3	4	5	6	7	8
► Spessore [m]	0.12	0.02	0.12	0.04	0.08	0.02	0.2	0

	Spessore [m]
► 1	0.02
2	0.12
3	0.04
4	0.08
5	0.02
6	0
7	0

6. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali in uno dei seguenti modi:
 - Copia e inserisci: se il materiale è già presente nello schema si può cliccare su di esso col tasto destro del mouse, selezionare il comando “Copia materiale”, e copiare le stesse caratteristiche in un'altra sezione del disegno col comando “Inserisci materiale” (sempre dal tasto destro del mouse).
 - Seleziona materiali: dalla voce del menu si può accedere all'archivio dei materiali di IRIS e selezionare un materiale presente. A questo punto spostando il cursore sul disegno si clicca col tasto destro del mouse e si seleziona “Inserisci materiale”.

- Materiale utente: l'utente può descrivere le caratteristiche di un materiale utilizzando i comandi posti a destra del disegno. Una volta compilati tutti i campi, si sposta il cursore del mouse sul punto desiderato e col tasto destro si inserisce il materiale nello schema.

Nel nostro caso per i materiali presenti nella stratigrafia si è optato per il comando “copia e inserisci”, per la descrizione dell'isolamento esterno si è creato un “materiale utente” e per la descrizione del pilastro in c.a. si è utilizzato l'archivio dei materiali di norma.

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

Spessore [m]	1	2	3	4	5	6	7	8
Spessore [m]	0.12	0.02	0.12	0.04	0.08	0.02	0.2	0

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Spessore [m]	1	2	3	4	5	6	7	8
Spessore [m]	0.12	0.02	0.12	0.04	0.08	0.02	0.2	0

Utilizzo del comando
“copia materiale”

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Tipo di materiale: CLS - Calcestruzzo

Provenienza dei dati: UNI 10351 - prosp. 2, UNI 10355, UNI EN ISO 10456, Materiali aziende ANIT, Materiali utente

Descrizione	Densità [kg/m³]	Conducibilità [W/mK]	Calore specifico [J/kgK]	Fattore resistenza al vapore
1. CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2000	1.162	0.21	70
2. CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2200	1.484	0.21	100
3. CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2400	1.909	0.21	150
4. CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2000	1.313	0.21	70
5. CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2200	1.677	0.21	100
6. CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2400	2.158	0.21	150
7. CLS di argilla espansa per pareti interne o esterne protette	500	0.168	0.22	30

Utilizzo dell'archivio dei
materiali inclusi nel database di
IRIS

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

Copia materiale
Inserisci materiale
Dividi strato
Elimina strato

Inserisci materiale

Tipo di materiale: ISO - Isolanti

Descrizione: Pannello isolante XY

Conduttività: 0.036 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 30

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Tipo di materiale: CLS - Calcestruzzo

Provenienza dei dati:

- ☒ UNI 10351 - prosp. 2
- ☐ UNI 10355
- ☐ Materiali esterni ANIT
- ☐ UNI 10351 - prosp. A.1
- ☐ UNI EN ISO 10456
- ☐ Materiali utente

Elementi 1-50 su 98

	Descrizione	Densità (kg/m³)	Conduttività (W/mK)	Calore specifico (J/kgK)	Fattore resistenza vapore
1	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2000	1.162	0.21	70
2	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2200	1.454	0.21	100
3	CLS con aggregato naturale per pareti interne o esterne protette	2400	1.746	0.21	130
4	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2000	1.313	0.21	70
5	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2200	1.677	0.21	100
6	CLS con aggregato naturale per pareti esterne non protette	2400	2.158	0.21	150
7	CLS di argilla espansa per pareti interne o esterne protette	500	0.168	0.22	30
8	CLS di sabbia espansa per pareti interne o esterne protette	600	0.192	0.22	40

Creazione di un materiale utente dal form "Inserisci materiale"

7. Prima di lanciare il calcolo è bene verificare le condizioni al contorno. Nel nostro caso l'edificio è stato simulato selezionando i dati climatici esterni di Alessandria e le condizioni interne tipiche di un ambiente residenziale (classe di concentrazione di vapore 3). Il mese critico individuato dal software è dicembre.

Nome del ponte termico: Esempio 1

Calcola il ponte termico

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Condizioni esterne

Valori da dati climatici: Dicembre

Temperatura: 1.1 °C

Umidità relativa: 96.8 %

Condizioni interne

Temperatura: 20.0 °C

Umidità relativa: 60.4 %

Resistenze superficiali

Esterna: 0.04 m²K/W

Interna: 0.13 m²K/W

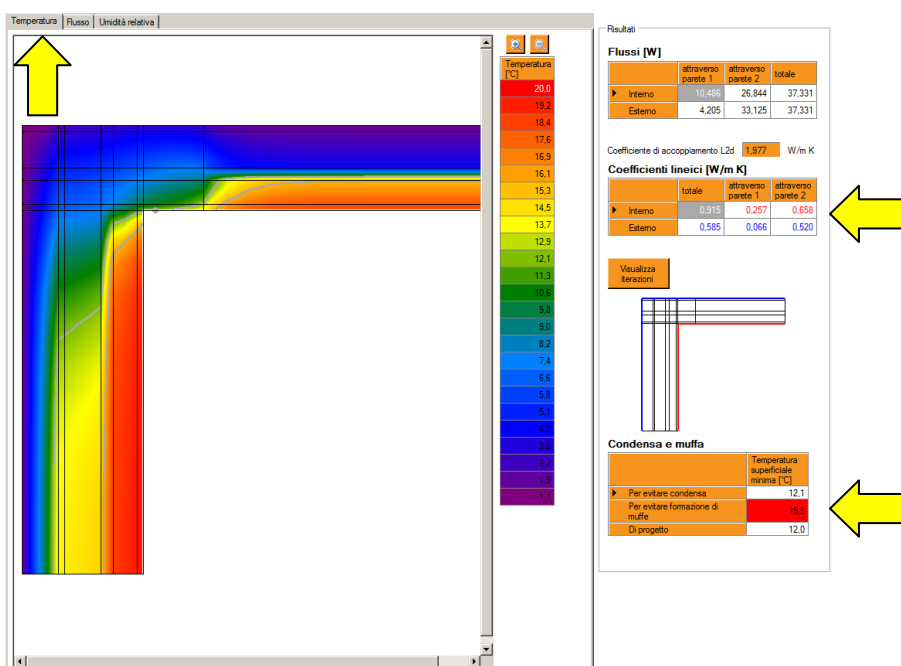
Interna flusso orizzontale: 0.13 m²K/W

Interna flusso ascendente: 0.1 m²K/W

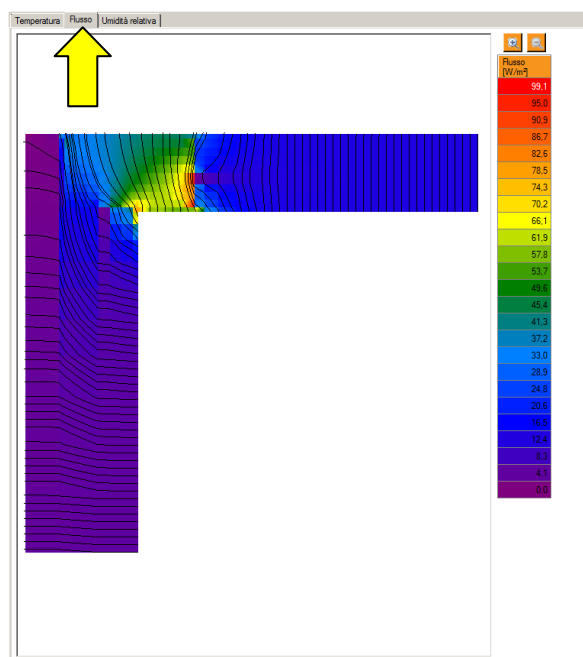
Interna flusso discendente: 0.17 m²K/W

8. Lanciata la simulazione, il software presenta a sinistra la distribuzione delle temperature nel nodo e a destra i risultati di calcolo energetici e igrotermici. Il segnale in rosso sulla casella della temperatura superficiale minima indica che il ponte termico non soddisfa il requisito di assenza del rischio di formazione di muffa.

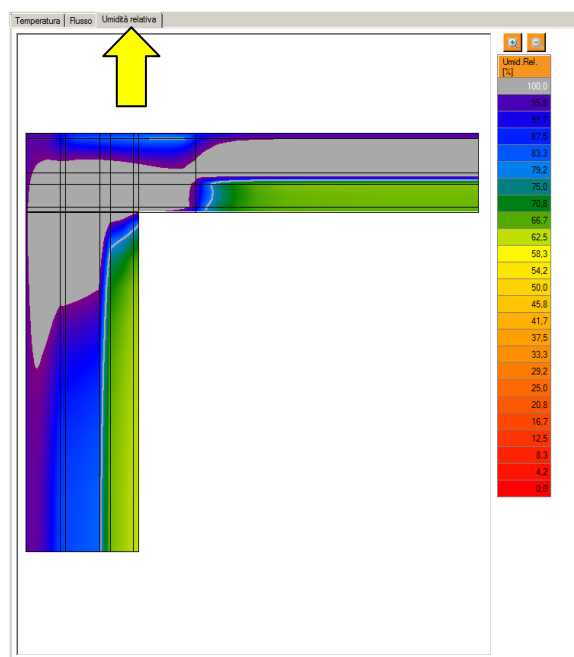
Dai grafici “Flusso” e “Umidità relativa” si può analizzare la distribuzione dei parametri lungo tutta la geometria del nodo.



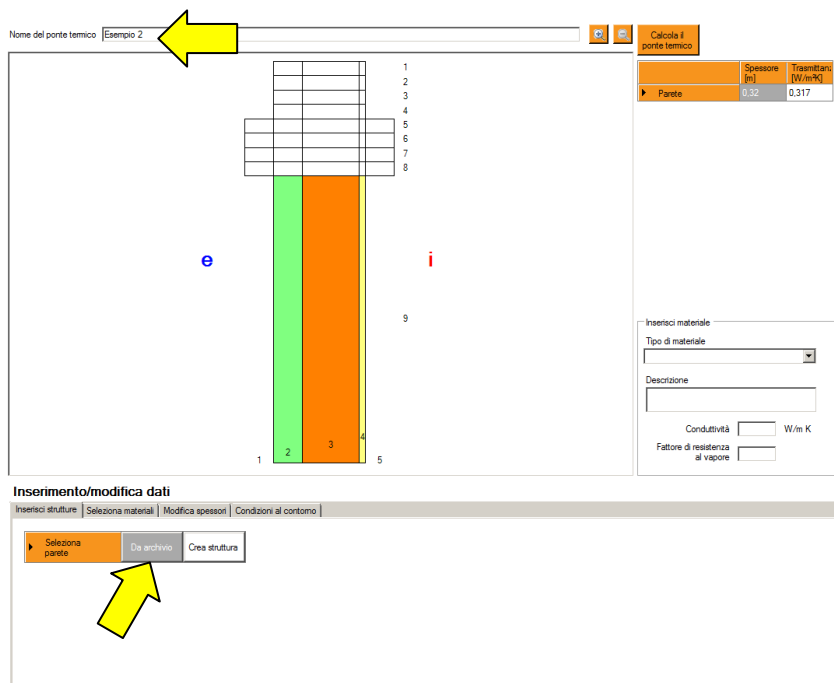
Visualizzazione della distribuzione del flusso



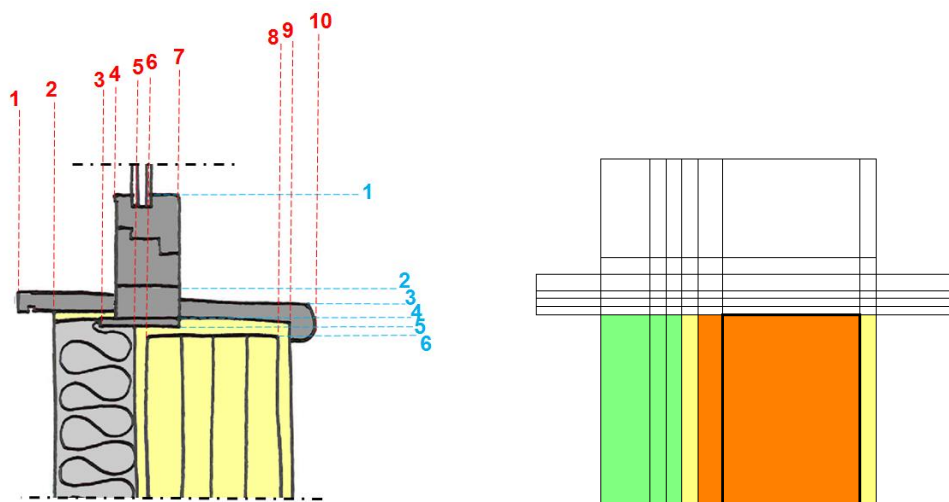
Distribuzione della distribuzione dell'umidità relativa

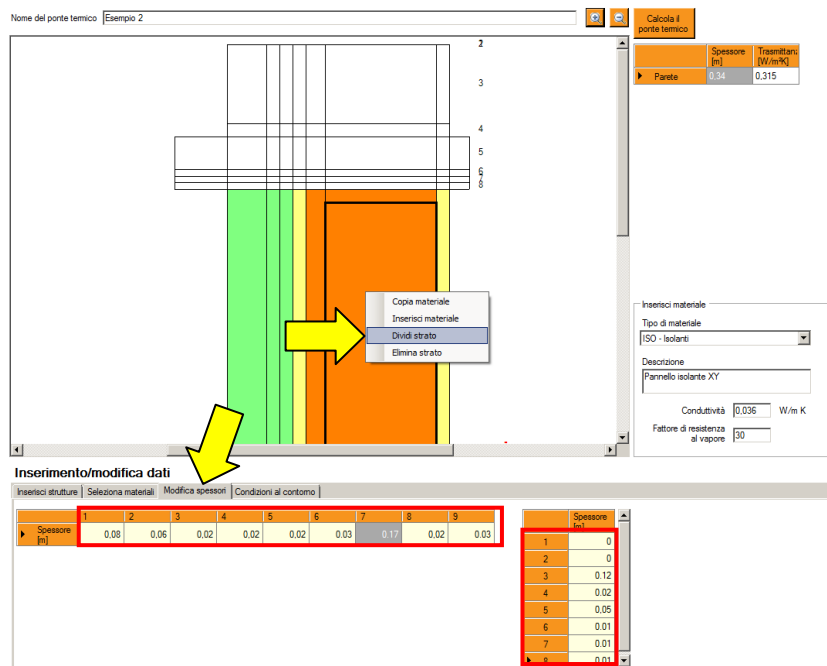


2. Dalla schermata di analisi del ponte termico si corregge il nome del nodo in “Esempio 2” e si richiama la stratigrafia della parete perimetrale dalla voce “Seleziona parete”. Anche in questo caso si suppone che la stratigrafia sia già stata creata col software PAN e poi richiamata “Da archivio”.



3. Per la creazione del nostro nodo sono necessari 10 piani di taglio verticali e 6 piani orizzontali come mostrato di seguito. Il che significa che è necessario predisporre lo schema di IRIS in modo congruente attraverso i comandi:
- Dividi strato (tasto destro del mouse): per incrementare la complessità sull’asse verticale
 - Modifica spessori: per correggere la configurazione geometrica ed eventualmente ridurre a 0 gli strati in eccesso.



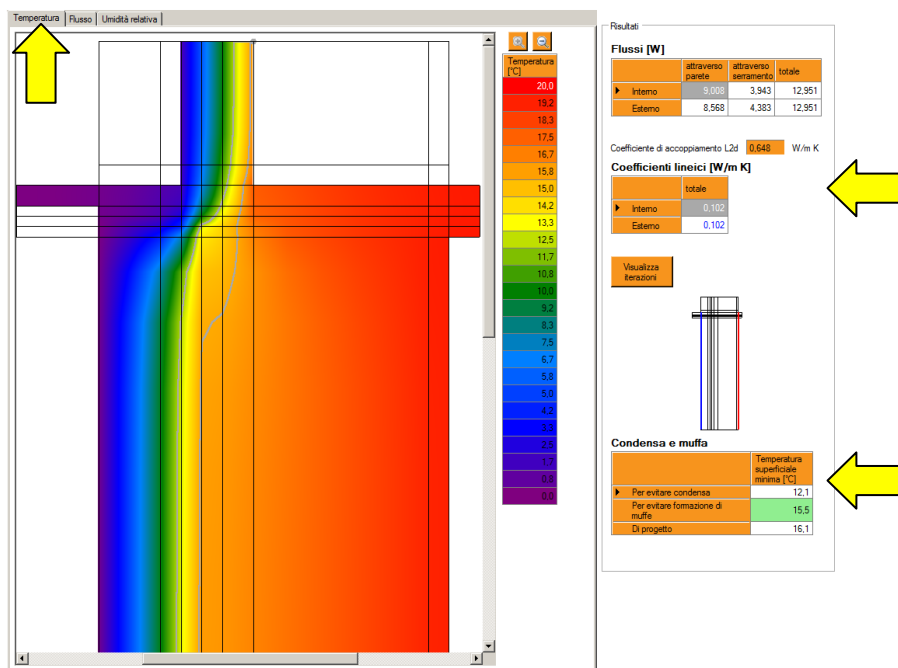


4. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali in uno dei modi illustrati nell'esempio 1:

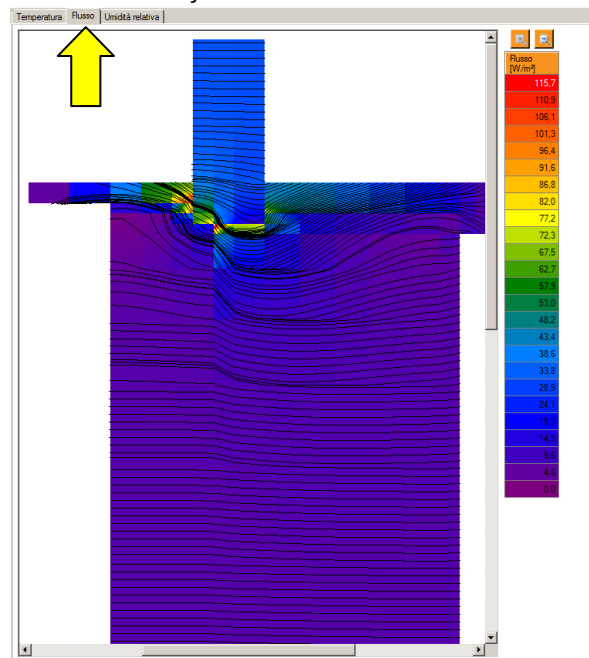
- Copia e inserisci
- Seleziona materiali
- Materiale utente



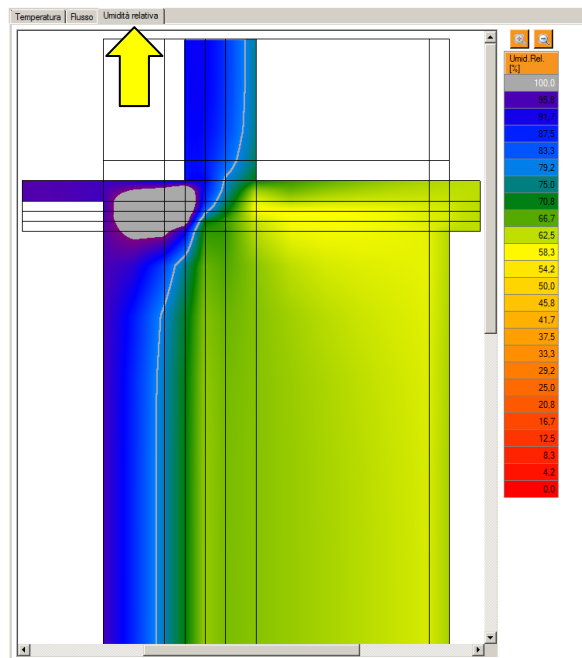
5. Lanciata la simulazione, IRIS mostra la distribuzione geometrica della temperatura, del flusso termico e dell'umidità relativa. I dati di calcolo sono mostrati sul lato destro della schermata.



Distribuzione del flusso termico

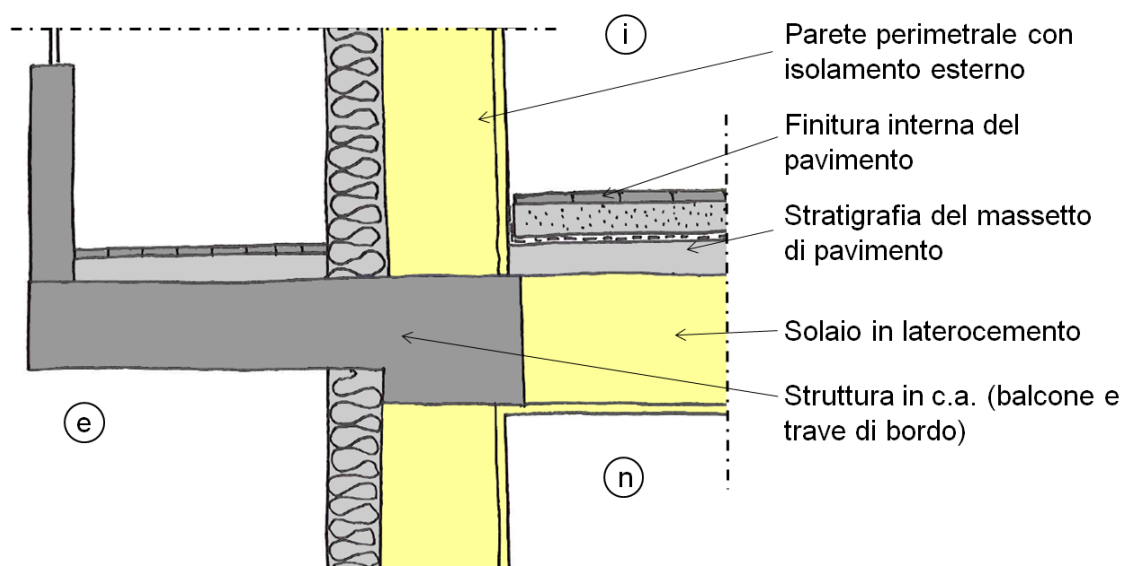


Distribuzione dell'umidità relativa

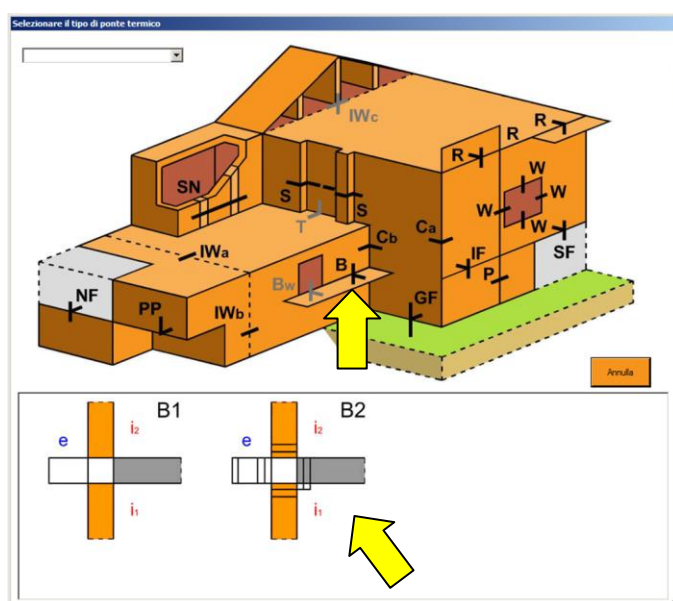


3. Balcone

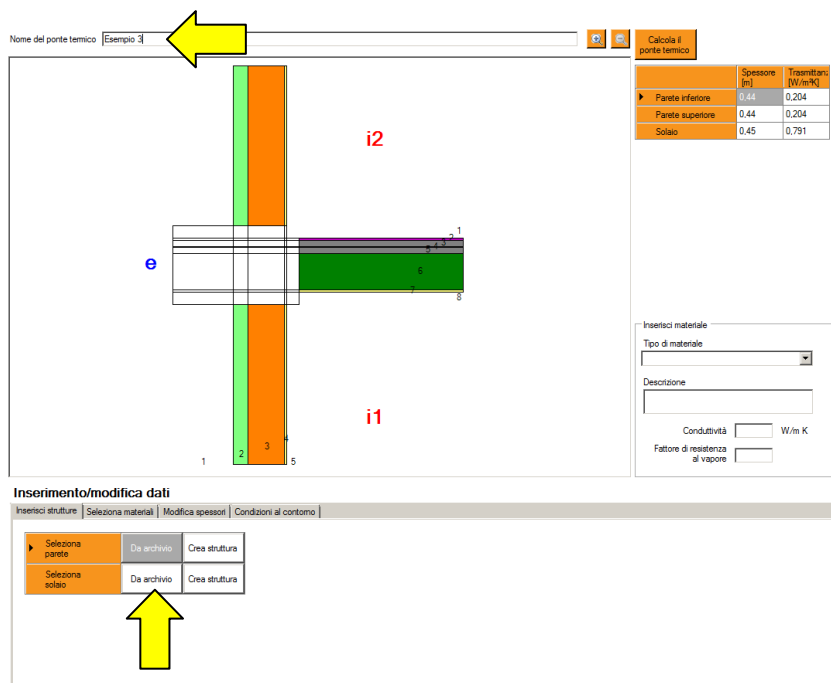
Il nodo rappresenta il ponte termico del balcone in calcestruzzo armato collegato alla trave di bordo. Nel disegno sono visualizzati gli strati e le geometrie della parete perimetrale e del solaio interno. Gli ambienti al contorno sono: (e) l'ambiente esterno, (i) l'ambiente interno riscaldato e (n) l'ambiente interno non riscaldato.



1. Dallo schema si seleziona il nodo B2. La geometria del balcone è semplificata: nella rappresentazione non si tiene conto del muretto esterno.

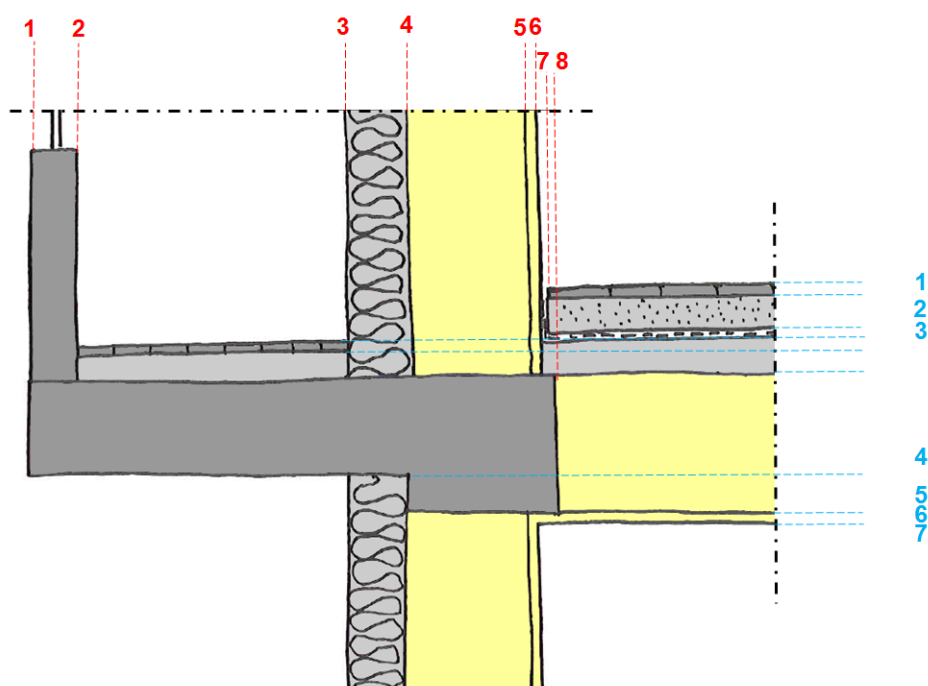


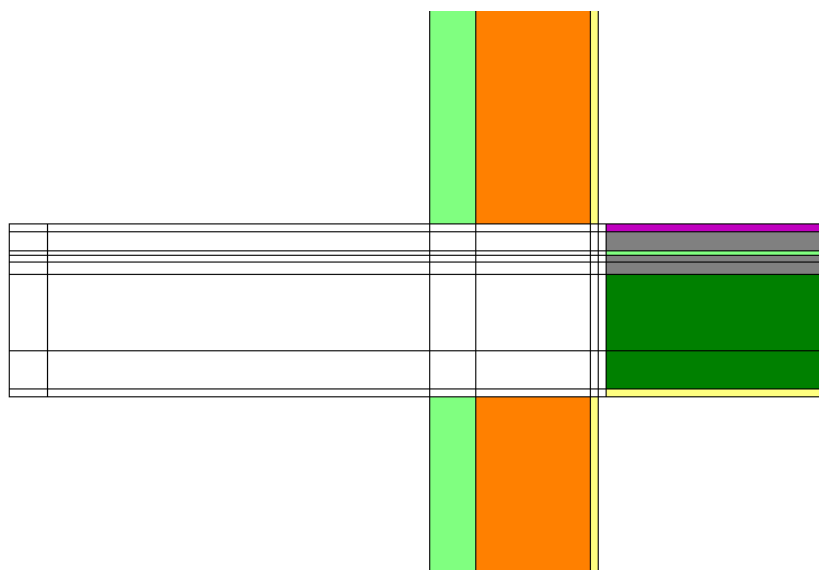
Dall'elenco dei ponti termici si clicca sul tasto "Analizza" per accedere alla pagina di creazione del ponte termico. Da qui si inserisce il nome "Esempio 3" e si richiamano le stratigrafie della parete perimetrale e del solaio interno ipotizzando di averle già elaborate e salvate con PAN.



2. Il ponte termico in oggetto può essere descritto attraverso 8 piani di taglio verticali e 7 orizzontali come mostrato di seguito. Questa configurazione può essere ottenuta governando spessori e strati attraverso:

- il comando "dividi strato" cliccando sul disegno col tasto destro del mouse
- le tabelle della sezione "modifica spessori"





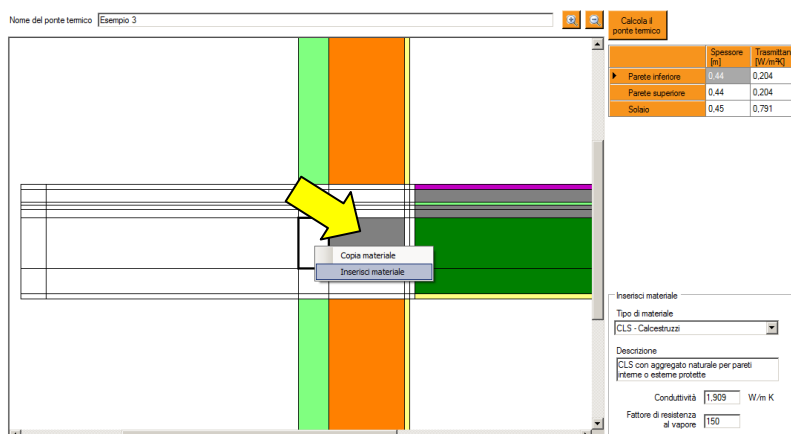
Ricostruzione della configurazione geometrica con IRIS. Alcuni strati sono stati disattivati, altri sdoppiati per incrementare la complessità lungo l'asse orizzontale

Inserimento/modifica dati

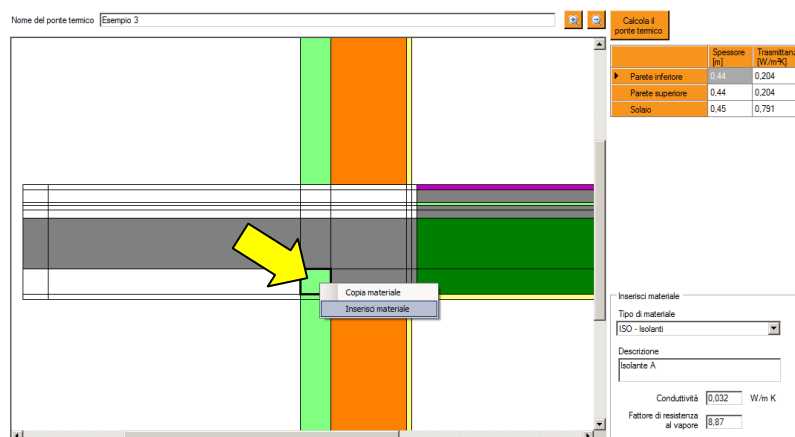
Inserisci strutture		Seleziona materiali		Modifica spessori		Condizioni al contorno	
Spessore [m]	1	2	3	4	5	6	
	0,1	1	0,12	0,3	0,02	0,01	

Spessore [m]	
2	0,02
3	0,05
4	0,01
5	0,02
6	0,03
7	0,2
8	0,1
9	0,02

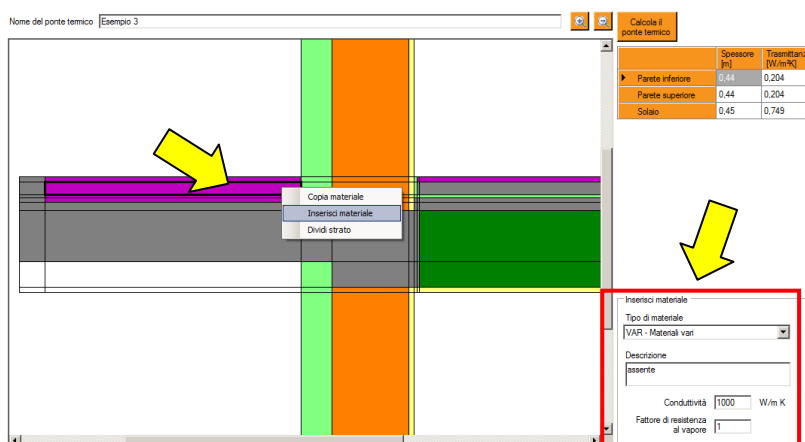
3. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali attraverso i soliti 3 modi ("copia e inserisci", "seleziona materiali" e "inserisci materiale"). Per descrivere l'abbassamento della linea di pavimento tra l'interno e il balcone, visto che non è possibile lanciare il calcolo lasciando in bianco il materiale, si inserisce un materiale fittizio altamente conduttivo (conduttività = 1000 W/mK) e con resistenza al vapore pari a quella dell'aria (fattore di resistenza al vapore = 1).



Inserimento delle caratteristiche del materiale a partire dall'archivio di norma.



Inserimento delle caratteristiche dell'isolante esterno a partire da quello già presente nella stratigrafia attraverso i comandi "Copia materiale" e "Inserisci materiale".



Creazione di un materiale fittizio per simulare l'assenza di dati in prossimità della pavimentazione del balcone.

4. Una volta inserite le informazioni su geometria e materiali, si procede con le condizioni al contorno. Nel caso in esame si correggono le temperature in modo da far risultare l'ambiente 2 come zona riscaldata e l'ambiente 1 come zona non riscaldata.

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Selezione materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

☐ Condizioni al contorno di default

Condizioni esterne

Valori da dati climatici: Dicembre

Temperatura: 1.1 °C
Umidità relativa: 96.8 %

Condizioni interne

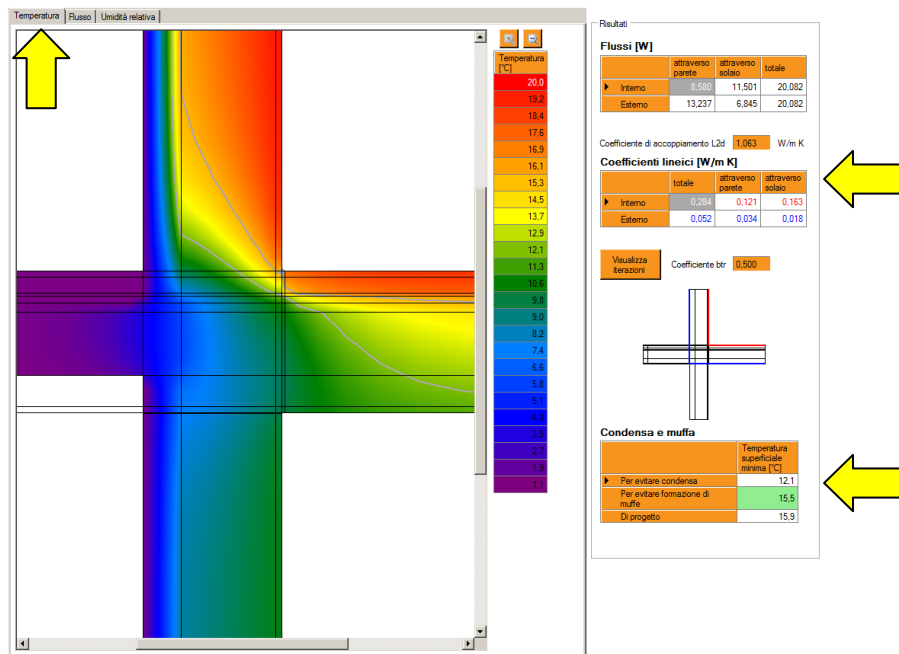
☐ Entrambi gli ambienti riscaldati ☐ Ambiente 1 riscaldato ☒ Ambiente 2 riscaldato

Ambiente 1: Temperatura 10.6 °C, Umidità relativa 78.6 %
Ambiente 2: Temperatura 20.0 °C, Umidità relativa 60.4 %

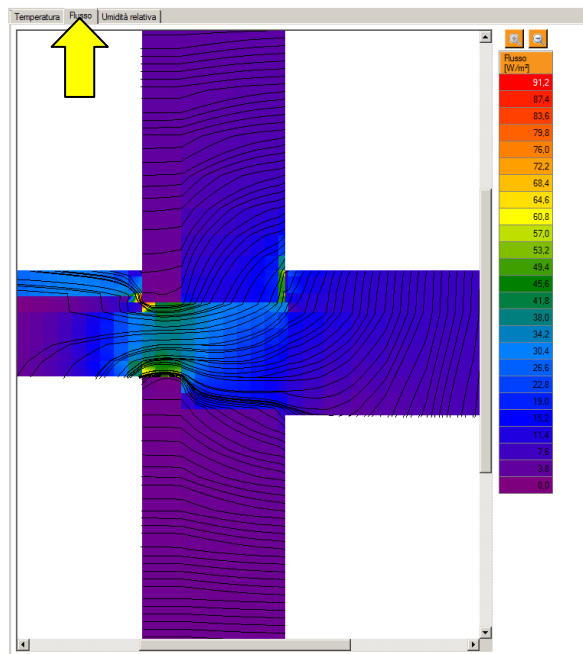
Resistenze superficiali

Esterna: 0.04 m²K/W
Interna flusso orizzontale: 0.13 m²K/W
Interna flusso ascendente: 0.1 m²K/W
Interna flusso discendente: 0.17 m²K/W

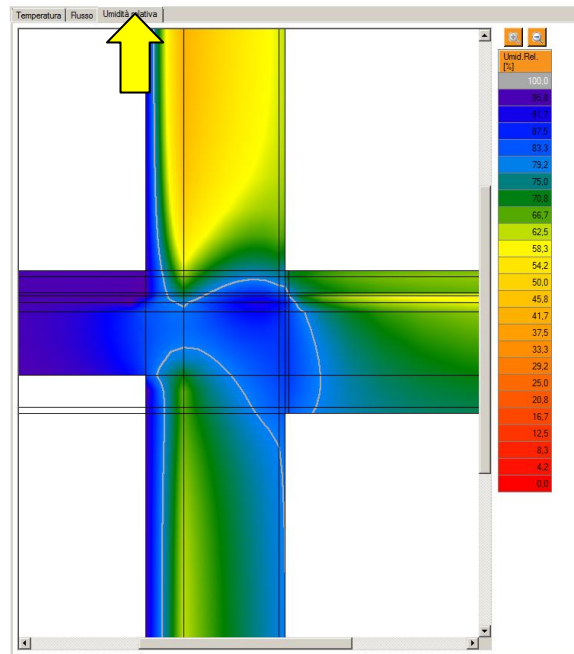
5. Dalla schermata dei risultati si può visualizzare la distribuzione della temperatura, del flusso termico e dell'umidità relativa e le tabelle di sintesi con i dati energetici e igrotermici della simulazione.



Distribuzione del flusso termico

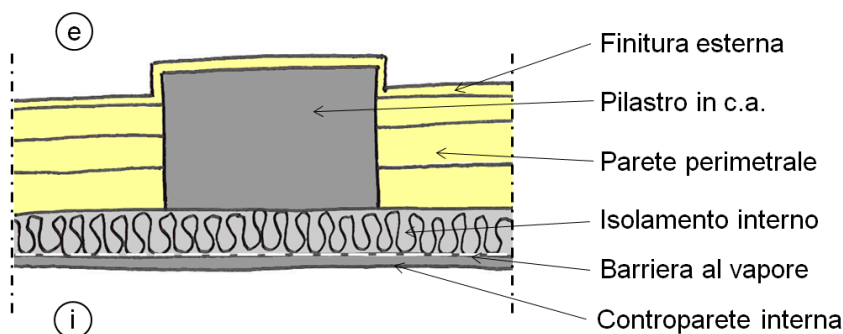


Distribuzione dell'umidità relativa

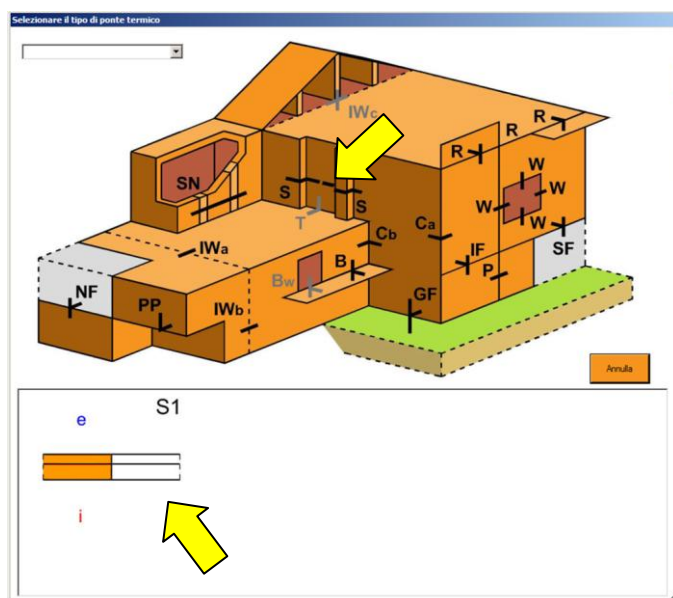


4. Pilastro fuori spessore

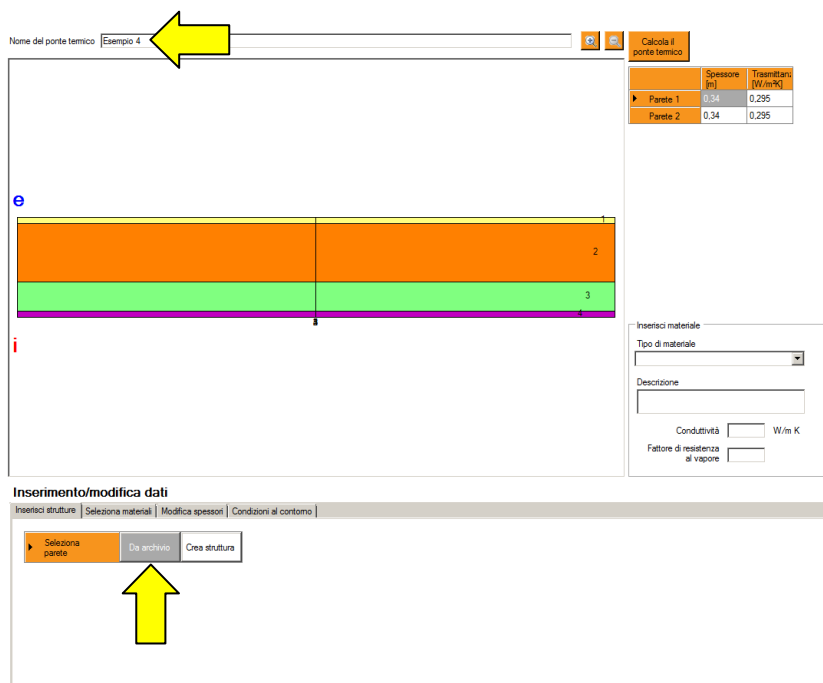
Il ponte termico è dovuto alla presenza di un pilastro a base rettangolare sporgente rispetto al filo esterno di facciata.



1. Per analizzare il ponte termico si parte dalla selezione del nodo S1. Questa famiglia di nodi può essere utilizzata per lo studio di cambi di spessore di una struttura perimetrale o per la descrizione di elementi non allineati rispetto agli altri.



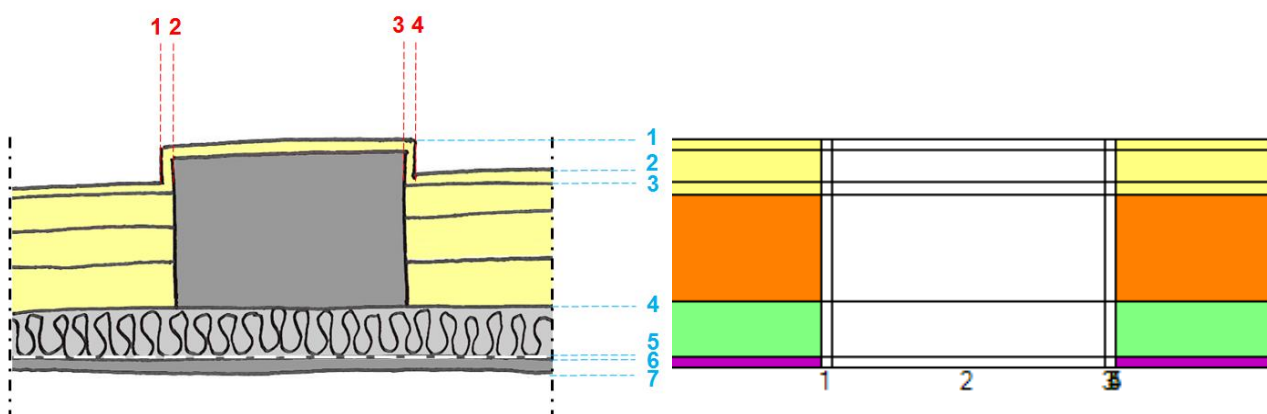
2. Dalla pagina iniziale si inserisce il nome “Esempio 4” e si richiama la stratigrafia della parete ipotizzando che sia stata già elaborata col software PAN. La parete prevede una struttura di tamponamento in laterizio alveolato da 20 cm intonacata sul lato esterno e una controparete interna con pannello isolante, barriera al vapore e lastra di finitura interna.

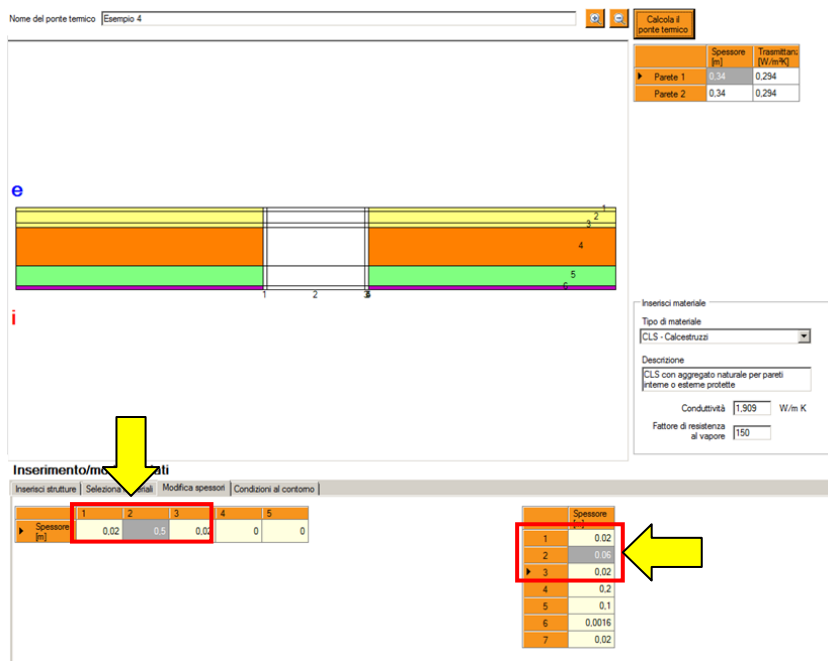


3. Dalla voce del menu “modifica spessori” si configura la geometria del nodo per ricostruire lo schema del pilastro fuori spessore con 4 piani di taglio verticali e 7 orizzontali.

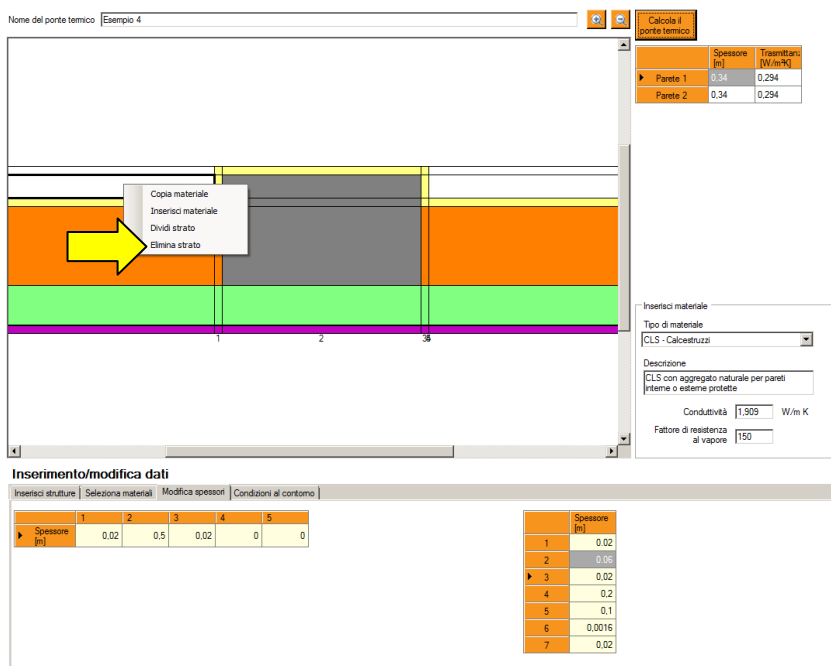
Per ottenere questa configurazione è necessario:

- attivare gli strati verticali 1, 2 e 3 inserendo gli spessori corrispondenti;
- suddividere lo strato più esterno (nel nostro caso l'intonaco) due volte e correggere gli spessori fino ad ottenere la configurazione mostrata nel disegno.

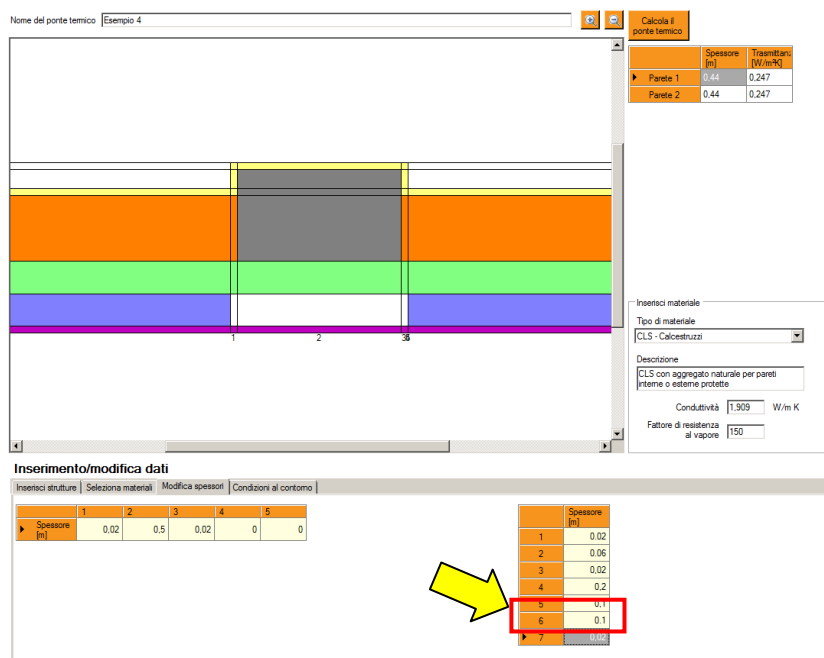




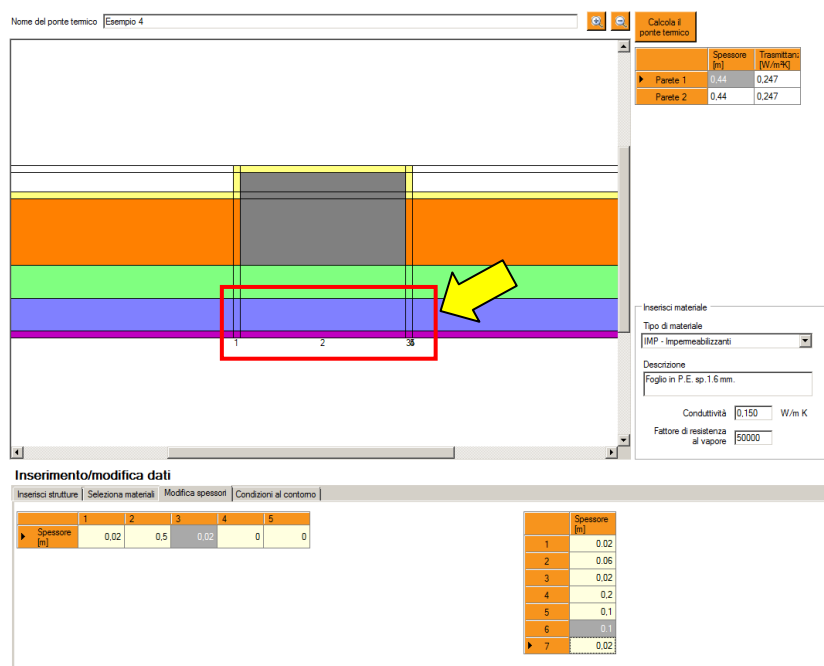
- Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali attraverso i soliti 3 modi ("copia e inserisci", "seleziona materiali" e "inserisci materiale").
- La peculiarità del nodo S è data dalla possibilità di eliminare alcuni elementi sul lato esterno (o interno) per descrivere il disallineamento geometrico del nodo. Il comando per attivare questa opzione è "Elimina strato" disponibile cliccando sull'elemento di interesse col tasto destro del mouse.



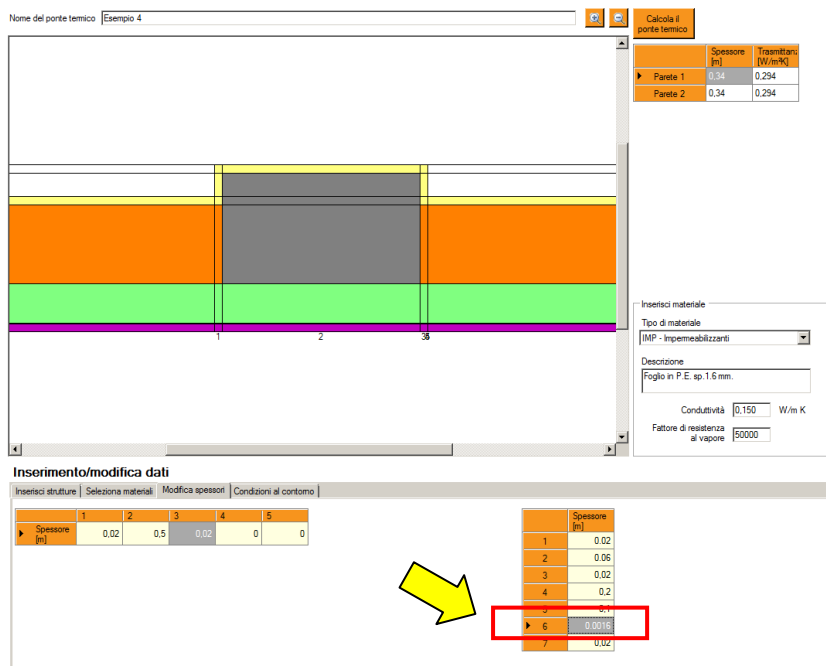
6. In presenza di una barriera al vapore, o in generale di uno strato millimetrico, si può superare la difficoltà di selezione degli strati modificando momentaneamente lo spessore della membrana. Di seguito un'illustrazione dei passaggi.



Modifica momentanea dello spessore della barriera al vapore per poter selezionare gli strati col mouse

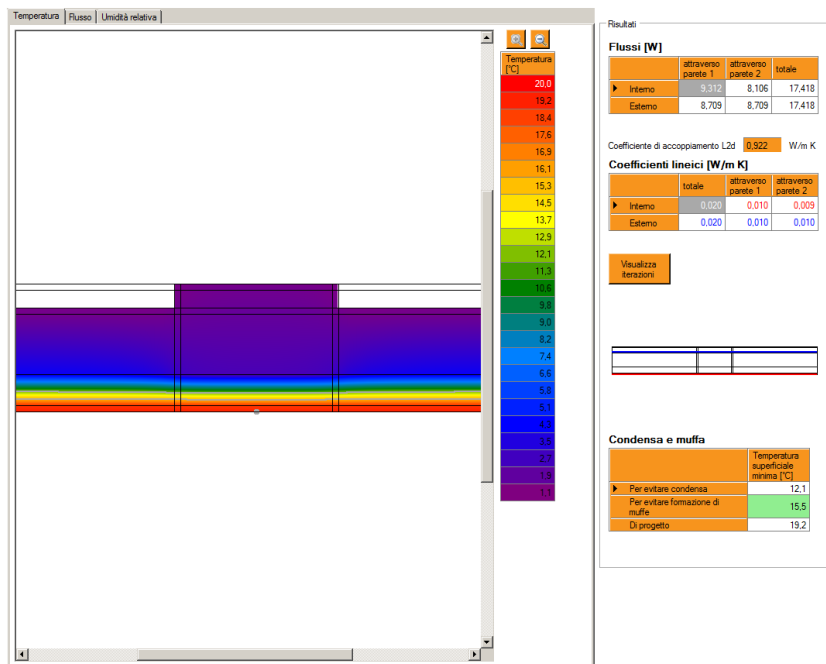


Attribuzione delle caratteristiche della barriera al vapore attraverso i comandi "Copia materiale" e "Inserisci materiale".



Ripristino dello spessore originario della barriera al vapore pari a 0.0016 m.

7. Una volta descritto il nodo sotto tutti i punti di vista (geometria e materiali) e controllate le condizioni al contorno, si può lanciare il calcolo e analizzare i risultati della simulazione.



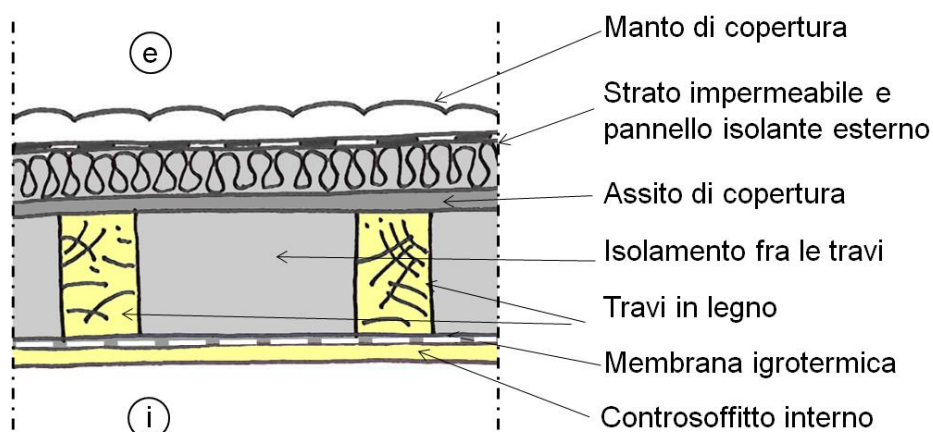
5. Copertura disomogenea

In presenza di uno schema costruttivo con elementi portanti ravvicinati e disposti a intervalli regolari si può far riferimento al concetto di struttura “disomogenea”.

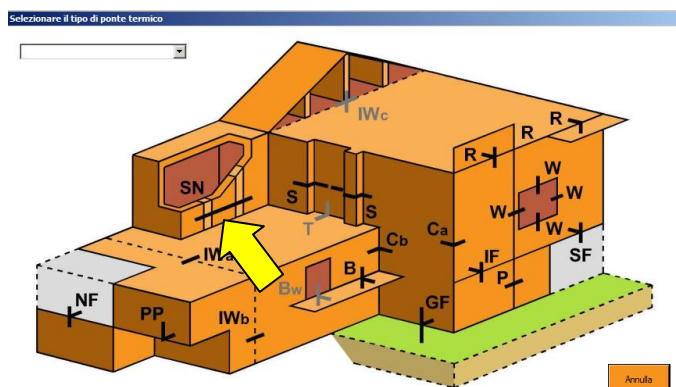
Su questo tema la norma UNI EN ISO 6946 propone un metodo semplificato per il calcolo della trasmittanza termica (basato su una doppia media pesata dei valori di trasmittanza delle singole sezioni) applicabile però ai soli casi in cui la disomogeneità non è rilevante.

In generale il modo migliore per analizzare una struttura disomogenea è attraverso un calcolo agli elementi finiti in accordo con UNI EN ISO 10211 per tener conto del comportamento reale del flusso termico attraverso gli strati e le geometrie descritte.

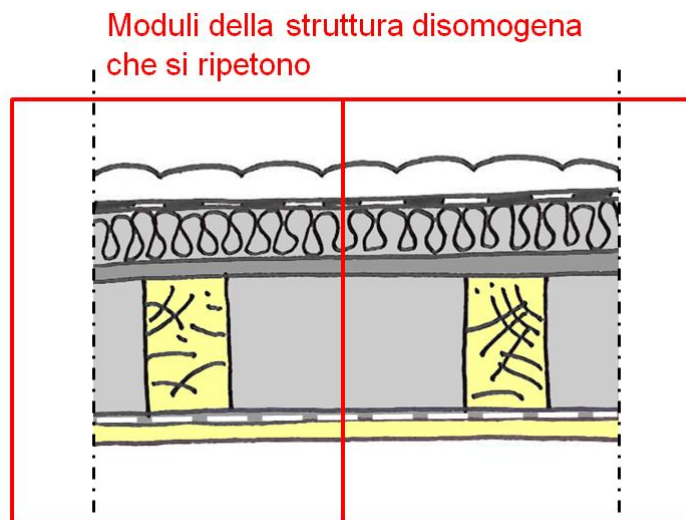
Il caso in esame riguarda una stratigrafia disomogenea di copertura con travi in legno e materiale isolante interposto.



1. Dallo schema generale dei ponti termici si seleziona il nodo SN.



2. La configurazione del nodo parte dall'individuazione del modulo della struttura disomogenea, che nel nostro caso è rappresentato dalla trave di legno affiancata dagli elementi di tamponamento:



Nome del ponte termico: Esempio 5

Calcola il ponte termico

Limite superiore resistenza	0,17 mK/W
Limite inferiore resistenza	0,17 mK/W
Resistenza totale	0,17 mK/W
Rapporto tra resistenze	1,00
Errore resistenza	0,00 %

Inserisci materiale

Tipo di materiale: IMP - Impermeabilizzanti

Descrizione: Foglio in P.E. sp. 1,6 mm.

Conducibilità: 0,150 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 50000

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Seleziona struttura principale | Di archivio | Crea struttura

Schermata iniziale del nodo SN

3. La creazione del nodo parte dalla descrizione della stratigrafia di tamponamento e successivamente dall'inserimento dell'elemento di disomogeneità. Per il caso in esame si richiama la stratigrafia della copertura e poi si inserisce la trave in legno nel blocco centrale dello schema come mostrato di seguito.

Nome del ponte termico: Esempio 5

Calcola il ponte termico

Limite superiore resistenza	6,64 m ² /K/W
Limite inferiore resistenza	6,64 m ² /K/W
Resistenza totale	6,64 m ² /K/W
Rapporto tra resistenze	1,00
Errore resistenza	0,00 %

Inserisci materiale

Tipo di materiale: IMP - Impermeabilizzanti

Descrizione: Foglio in P.E. sp. 1,6 mm.

Conducibilità: 0,150 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 50000

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Selezione materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Selezione struttura principale | **Da archivio** | Crea struttura

La stratigrafia della copertura è richiamata "Da archivio" perché si suppone sia stata già elaborata col software PAN

Nome del ponte termico: Esempio 5

Calcola il ponte termico

Limite superiore resistenza	4,32 m ² /K/W
Limite inferiore resistenza	3,64 m ² /K/W
Resistenza totale	3,98 m ² /K/W
Rapporto tra resistenze	1,19
Errore resistenza	8,61 %

Inserisci materiale

Tipo di materiale: LEG - Legni

Descrizione: Pino (flusso parallelo alle fibre)

Conducibilità: 0,220 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 20

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Selezione materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

Tipo di materiale: LEG - Legni

Provenienza dei dati: UNI 10351 - prosp. 2, UNI 10355, Materiali aziende ANIT, Materiali utente

	Descrizione	Densità [kg/m ³]	Conducibilità [W/mK]	Calore specifico [kcal/kgK]	Fattore resistenza vapore
1	Abete (flusso perpendicolare alle fibre)	450	0,12	0,65	60
2	Abete (flusso parallelo alle fibre)	450	0,18	0,65	20
3	Pino (flusso perpendicolare alle fibre)	550	0,12	0,65	60
4	Pino (flusso parallelo alle fibre)	550	0,22	0,65	20
5	Acero (flusso perpendicolare alle fibre)	710	0,18	0,57	60
6	Acero (flusso parallelo alle fibre)	710	0,27	0,57	20
7	Quercia (flusso perpendicolare alle fibre)	850	0,22	0,57	60
8	Quercia (flusso parallelo alle fibre)	850	0,32	0,57	20

Il materiale della trave è inserito a partire dal database di IRIS

Per il nodo SN la descrizione degli spessori è finalizzata all'identificazione della geometria del modulo della struttura disomogenea. L'utente deve inserire il valore dello spessore dell'elemento centrale (nel nostro caso la trave) e la distanza a destra e a sinistra dello stesso fino al punto di simmetria col modulo contiguo.

Nel nostro caso si suppone che la trave sia larga 0.2 m e che lo spazio tra due travi sia pari a 1 m. Ne consegue che la distanza tra la trave e il punto di simmetria è pari a 0.5 m.

Nome del ponte termico: Esempio 5

Calcola il ponte termico

Limite superiore resistenza	5.23 m ² /K/W
Limite inferiore resistenza	4.48 m ² /K/W
Resistenza totale	4.86 m ² /K/W
Rapporto tra resistenze	1.17
Errore resistenza	7.68 %

Inserisci materiale

Tipo di materiale: LEG - Legni

Descrizione: Pino (flusso parallelo alle fibre)

Conducibilità: 0.220 W/m K

Fattore di resistenza al vapore: 20

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno

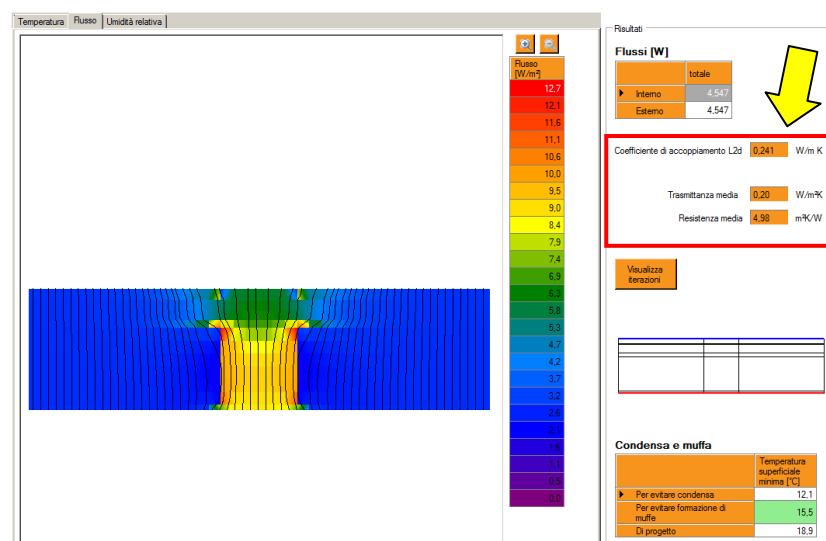
Spessori (m): 0.5 | 0.2 | 0.5

Spessore (m):

1	0.03
2	0.003
3	0.05
4	0.02
5	0.2
6	0.015

4. I risultati della simulazione mostrano i grafici della distribuzione di temperatura, flusso termico e umidità relativa come per gli altri nodi di IRIS.

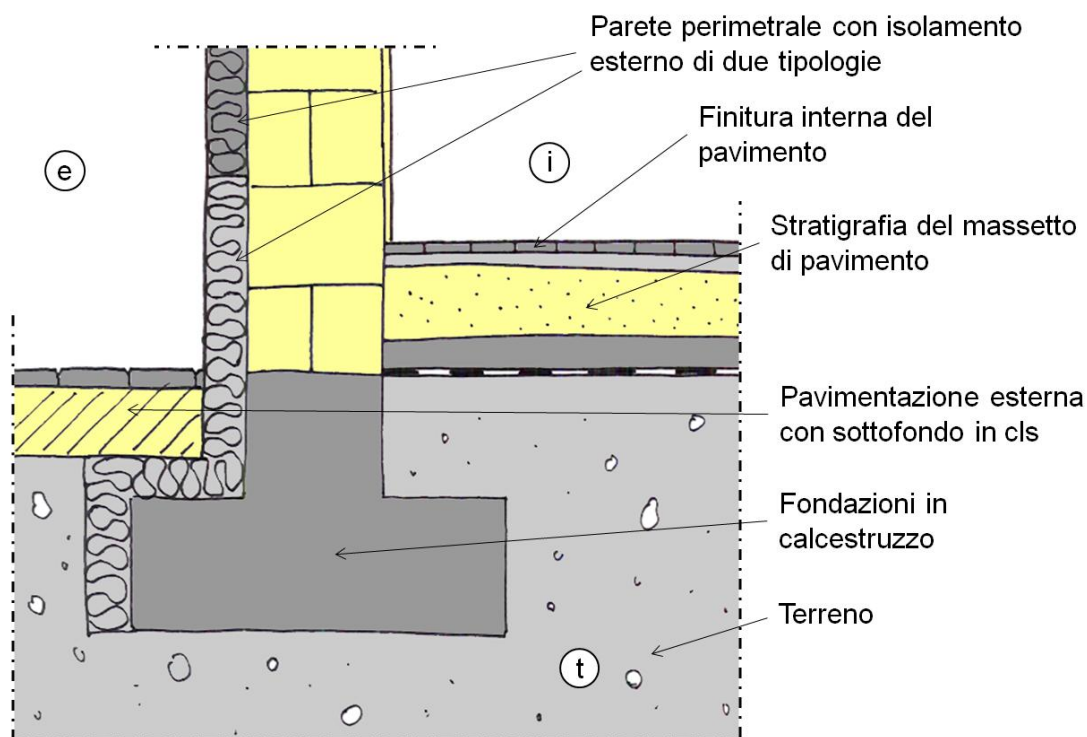
La peculiarità del nodo SN riguarda il risultato del comportamento energetico: il software in questo caso elabora il valore della trasmittanza media del modulo al posto della trasmittanza lineica. Questa infatti è l'informazione che caratterizza il comportamento di una struttura disomogenea.



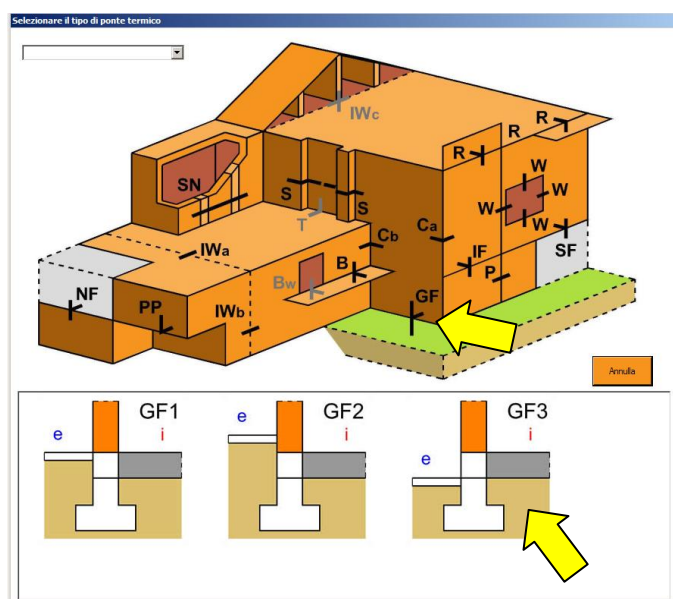
Per il nodo SN i risultati mostrano il valore della trasmittanza media

6. Nodo controterra

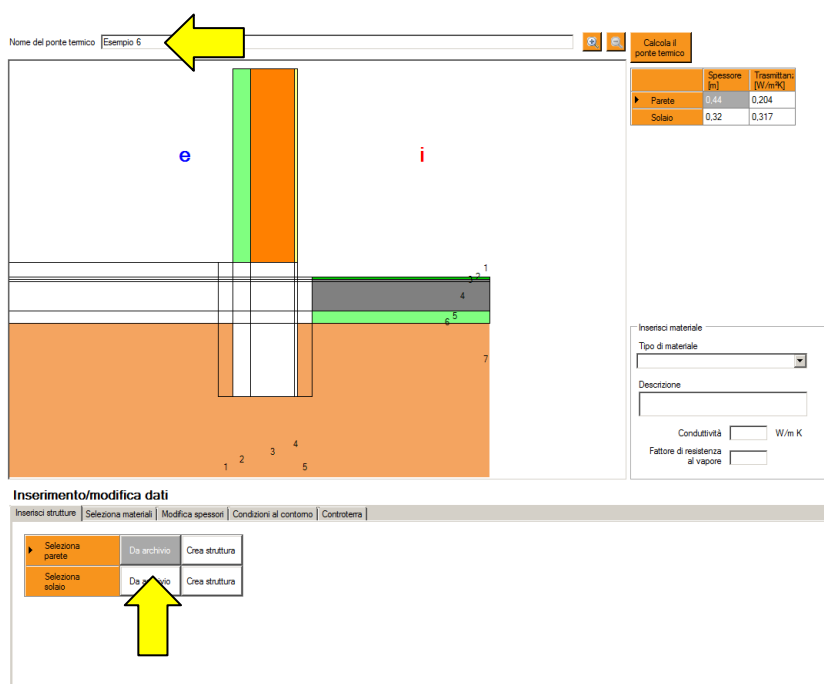
Il nodo rappresenta un tipico ponte termico controterra con solaio su terreno, parete perimetrale e fondamenta isolate. Il livello del terreno sul lato esterno è più basso del livello della pavimentazione interna.



1. Dallo schema si seleziona il nodo GF3 che rispecchia il disallineamento tra la pavimentazione interna ed esterna.



2. Dall'elenco dei ponti termici si clicca sul tasto "Analizza" per accedere alla pagina di creazione del ponte termico. Da qui si inserisce il nome "Esempio 6" e si richiamano le stratigrafie della parete perimetrale e del solaio controterra ipotizzando di averle già elaborate e salvate con PAN.



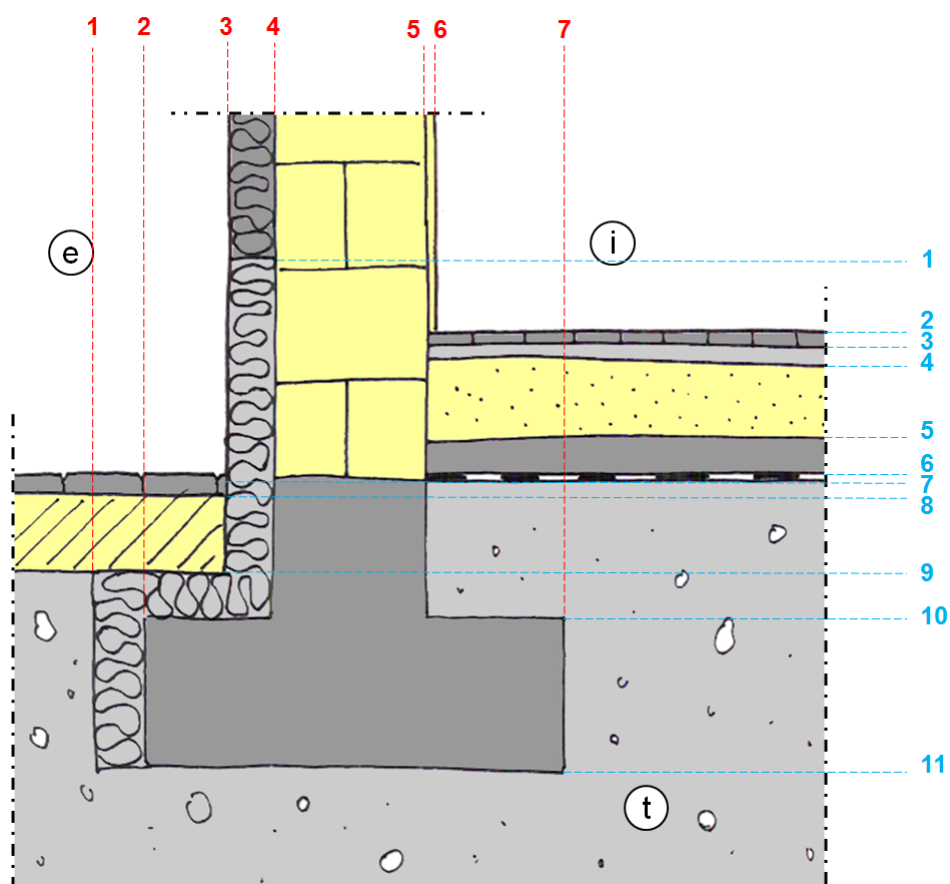
3. Il ponte termico in oggetto può essere descritto attraverso 7 piani di taglio verticali e 11 orizzontali come mostrato di seguito. Questa configurazione può essere ottenuta governando spessori e strati attraverso:
- il comando "dividi strato" cliccando sul disegno col tasto destro del mouse
 - le tabelle della sezione "modifica spessori"

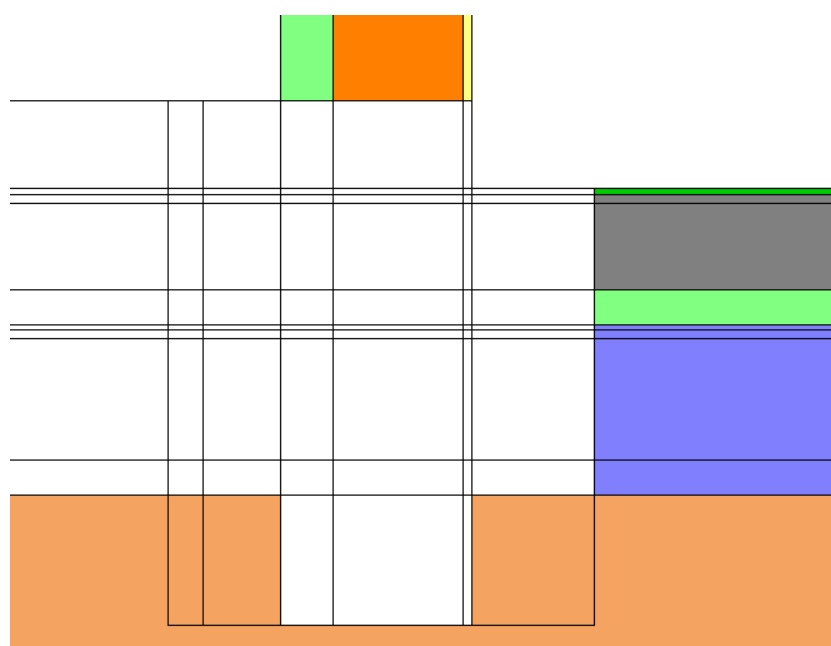
Per facilità di lettura del nodo, come mostrato anche nell'esempio 4, lo spessore dello strato impermeabile del solaio interno è stato momentaneamente portato a 0.01m.

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture		Selezione materiali		Modifica spessori		Condizioni al contorno		Controtela	
Spessore (m)	1	2	3	4	5	6			
	0.08	0.18	0.12	0.3	0.02	0.28			

	Spessore (m)
1	0.2
2	0.015
3	0.02
4	0.2
5	0.08
6	0.01
7	0.02
8	0.2



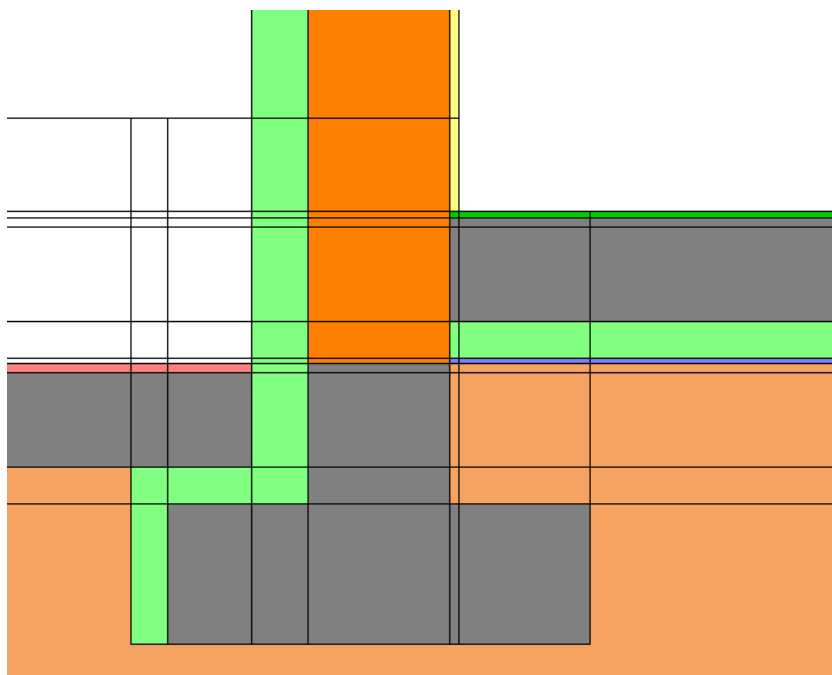


*Ricostruzione della
configurazione geometrica
con IRIS.*

4. Una volta completata la configurazione geometrica, si può procedere con l'assegnazione dei materiali attraverso i soliti 3 modi ("copia e inserisci", "seleziona materiali" e "inserisci materiale").

Le caratteristiche del terreno sono determinate dalla scheda "Controtterra". È importante selezionare la tipologia di terreno desiderata prima di copiare il materiale in altre parti dello schema.

A questo punto possiamo riportare lo spessore dello strato impermeabile al valore originario (pari a 0.0016 m) e concludere la descrizione del nodo con la compilazione dei dati geometri del pavimento necessari per l'analisi della dispersione in accordo con UNI EN ISO 13770.



Inserimento delle caratteristiche dei materiali e del terreno attraverso i comandi "copia-inserisci" oppure attraverso il database delle norme.

Inserimento/modifica dati

Inserisci strutture | Selezione materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno | **Controtterra**

Tipo di terreno

Argilla o limo (densità 1800 kg/m³)

Conduttività 1.5 W/mK

Fattore di resistenza al vapore 50

Dati geometrici del pavimento

Larghezza 8 m

Lunghezza 8 m

Area 64 m²

Perimetro 32 m

Dimensione caratteristica B 4.00 m

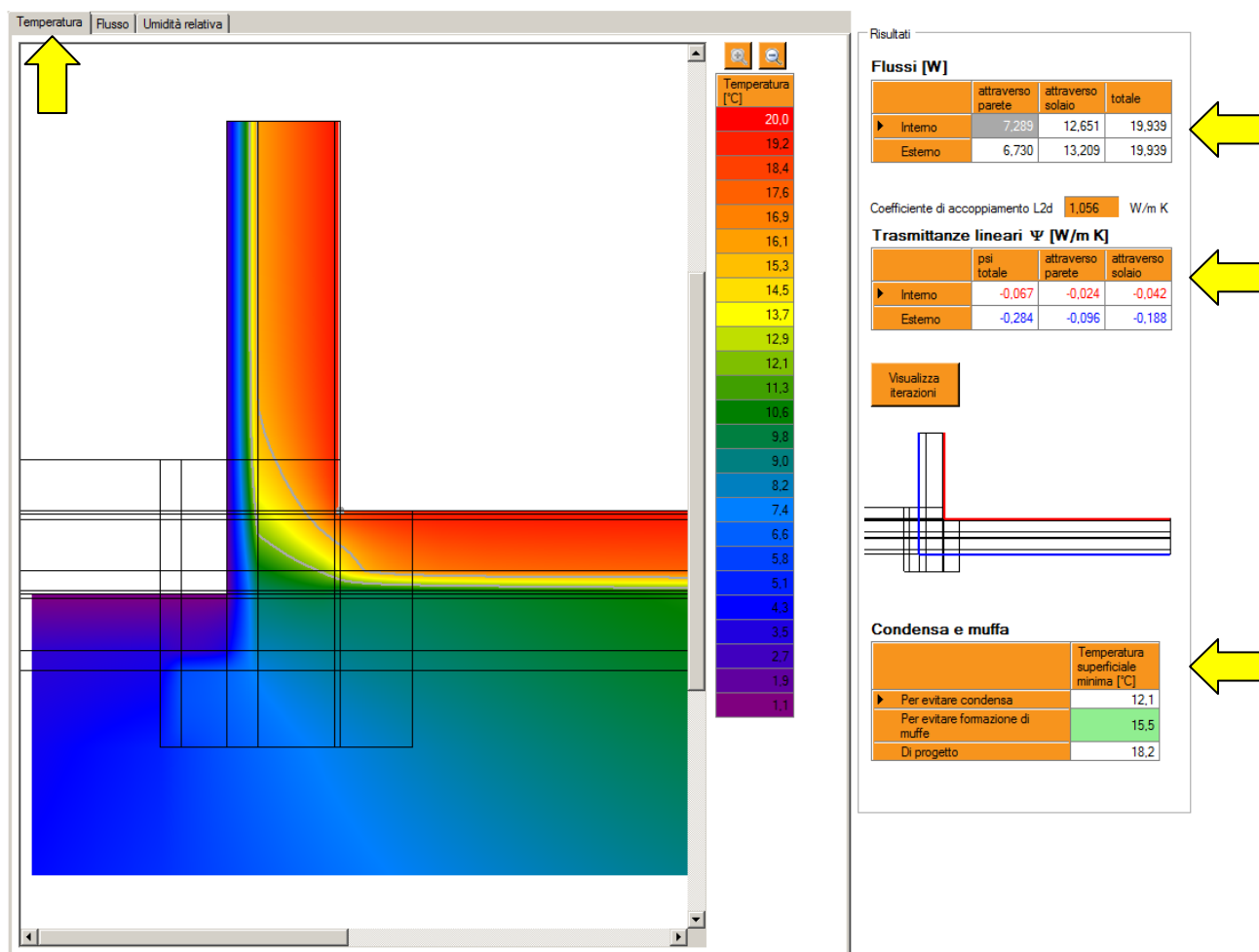
Trasmittanze equivalenti

U_{bf} 0.203 W/m²K

U_{bw} 0.000 W/m²K

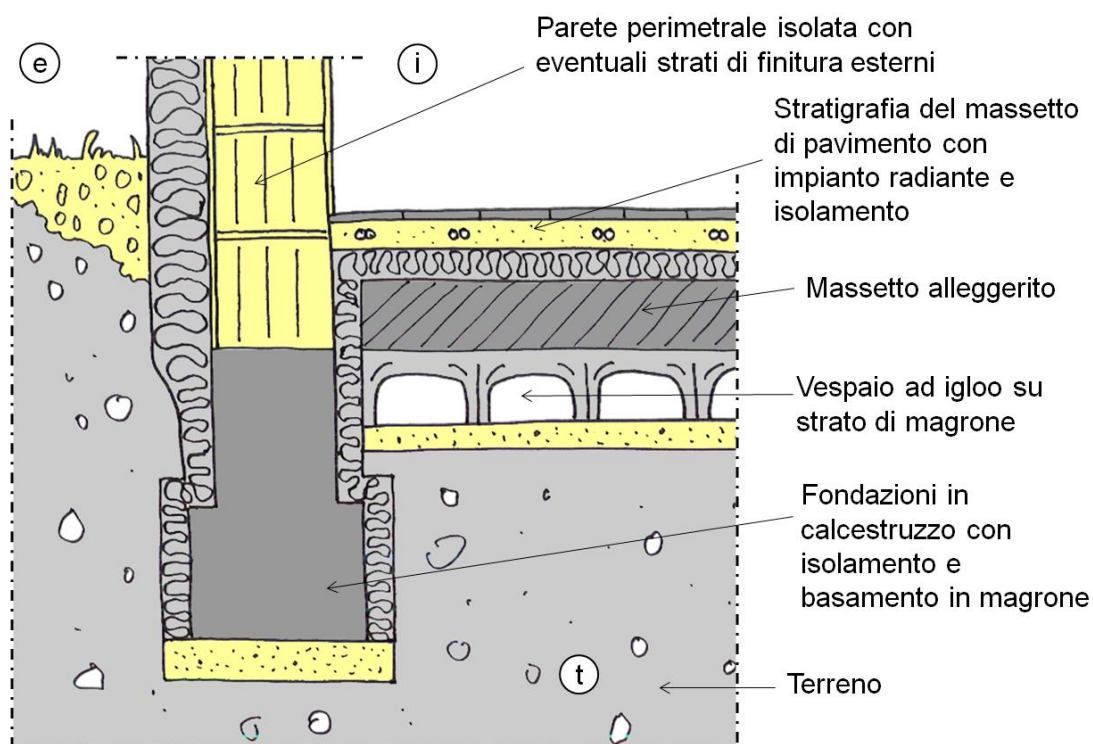
Per i nodi GF è necessario compilare anche la scheda "Controtterra" per definire le caratteristiche del terreno e le dimensioni del pavimento interessato dalla dispersione.

5. La schermata dei risultati riporta a sinistra gli schemi con la distribuzione della temperatura, del flusso e dell'umidità relativa e a destra i dati numerici calcolati, ovvero i valori dei flussi termici, le trasmittanze lineari (Ψ) e l'analisi del rischio di condensa superficiale e muffa sul lato interno del nodo. Per approfondire le modalità di calcolo del coefficiente Ψ per un nodo controterra si rimanda all'Appendice B.

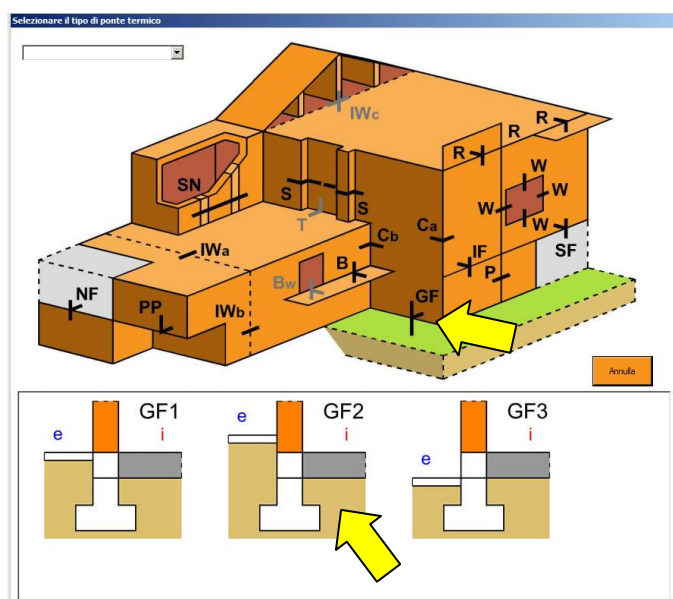


7. Nodo controterra con vespaio

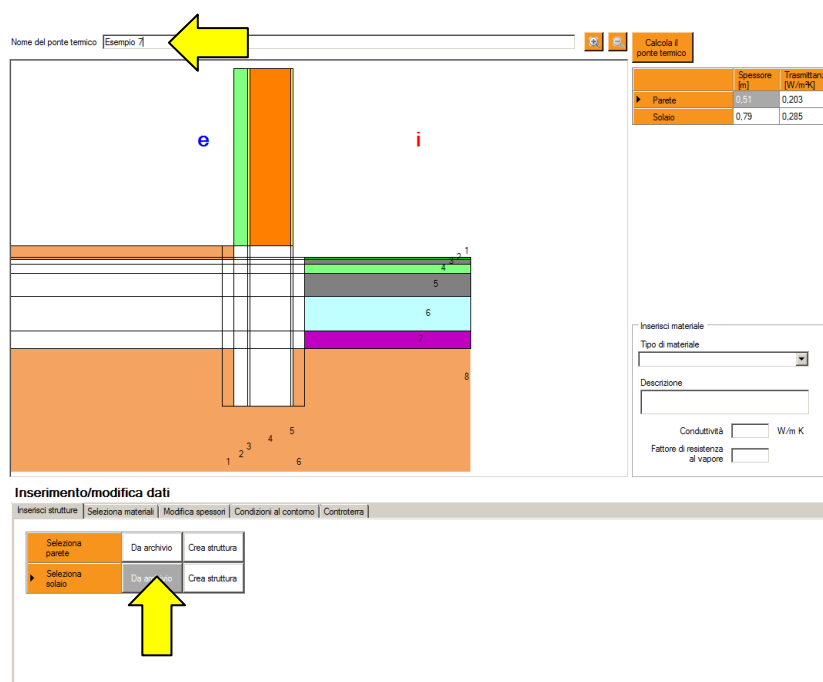
Il nodo sviluppato in questo esempio rappresenta il caso di un ponte termico tra un solaio poggianti su vespaio e una parete perimetrale isolata. Il livello del terreno sul lato esterno è più alto del livello della pavimentazione interna. Il vespaio è modellizzato come intercapedine d'aria non ventilata facente parte della stratigrafia del solaio su terreno.



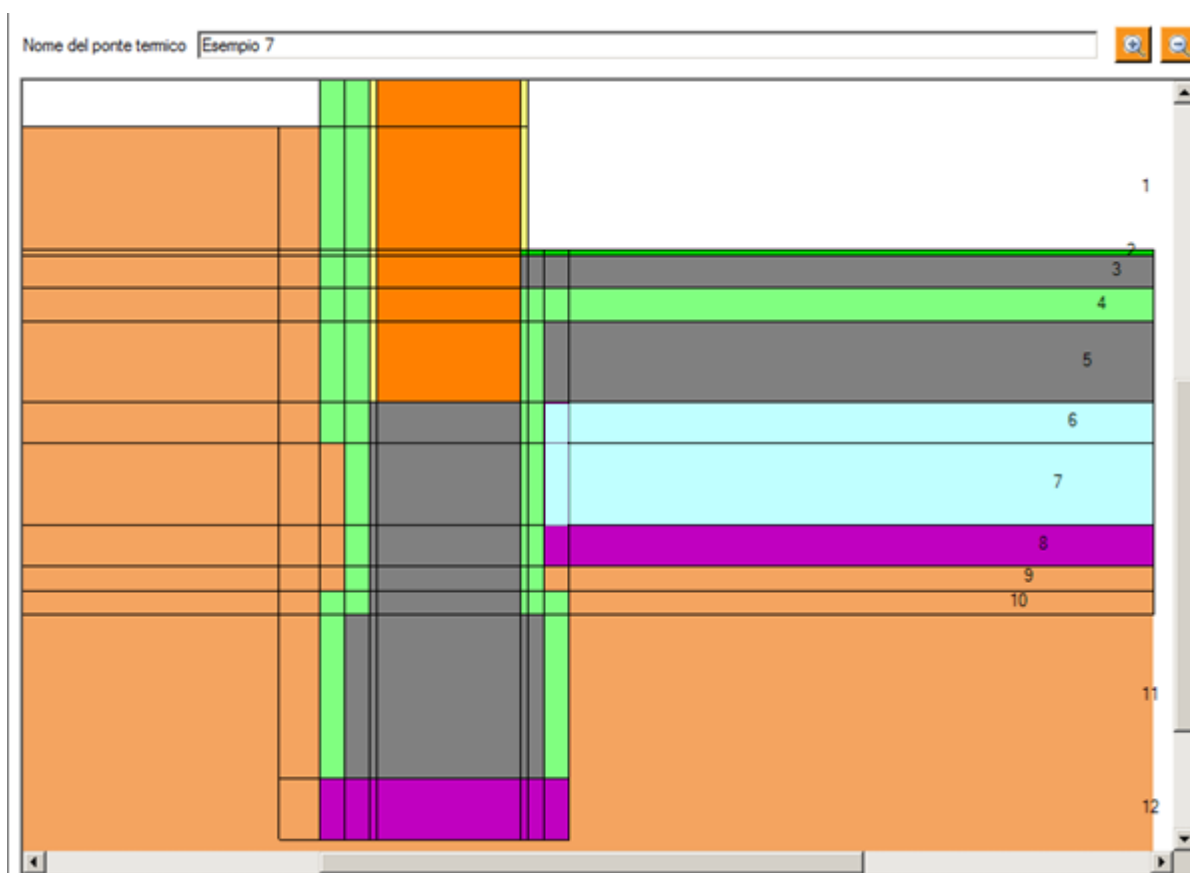
1. Dallo schema si seleziona il nodo GF2.



2. Dall'elenco dei ponti termici si clicca sul tasto "Analizza" per accedere alla pagina di creazione del ponte termico. Da qui si inserisce il nome "Esempio 7" e si richiamano le stratigrafie della parete perimetrale e del solaio controterra ipotizzando di averle già elaborate e salvate con PAN.



3. Il ponte termico in oggetto può essere descritto attraverso 5 piani di taglio verticali e 13 orizzontali come mostrato di seguito. Questa configurazione può essere ottenuta governando spessori e strati attraverso:
- il comando "dividi strato" cliccando sul disegno col tasto destro del mouse
 - le tabelle della sezione "modifica spessori"



4. Le caratteristiche del terreno sono determinate dalla scheda "Controterra". È importante selezionare la tipologia di terreno desiderata prima di copiare il materiale in altre parti dello schema e compilare i dati geometri del pavimento necessari per l'analisi della dispersione in accordo con UNI EN ISO 13770.

Inserimento/modifica dati

Inserisci struttura | Seleziona materiali | Modifica spessori | Condizioni al contorno | **Controterra**

Tipo di terreno

Argilla o limo (densità 1800 kg/m³)

Conduttività: 1.5 W/mK

Fattore di resistenza al vapore: 50

Dati geometrici del pavimento

Larghezza: 10 m

Lunghezza: 6 m

Area: 60 m²

Perimetro: 32 m

Dimensione caratteristica B': 3.75 m

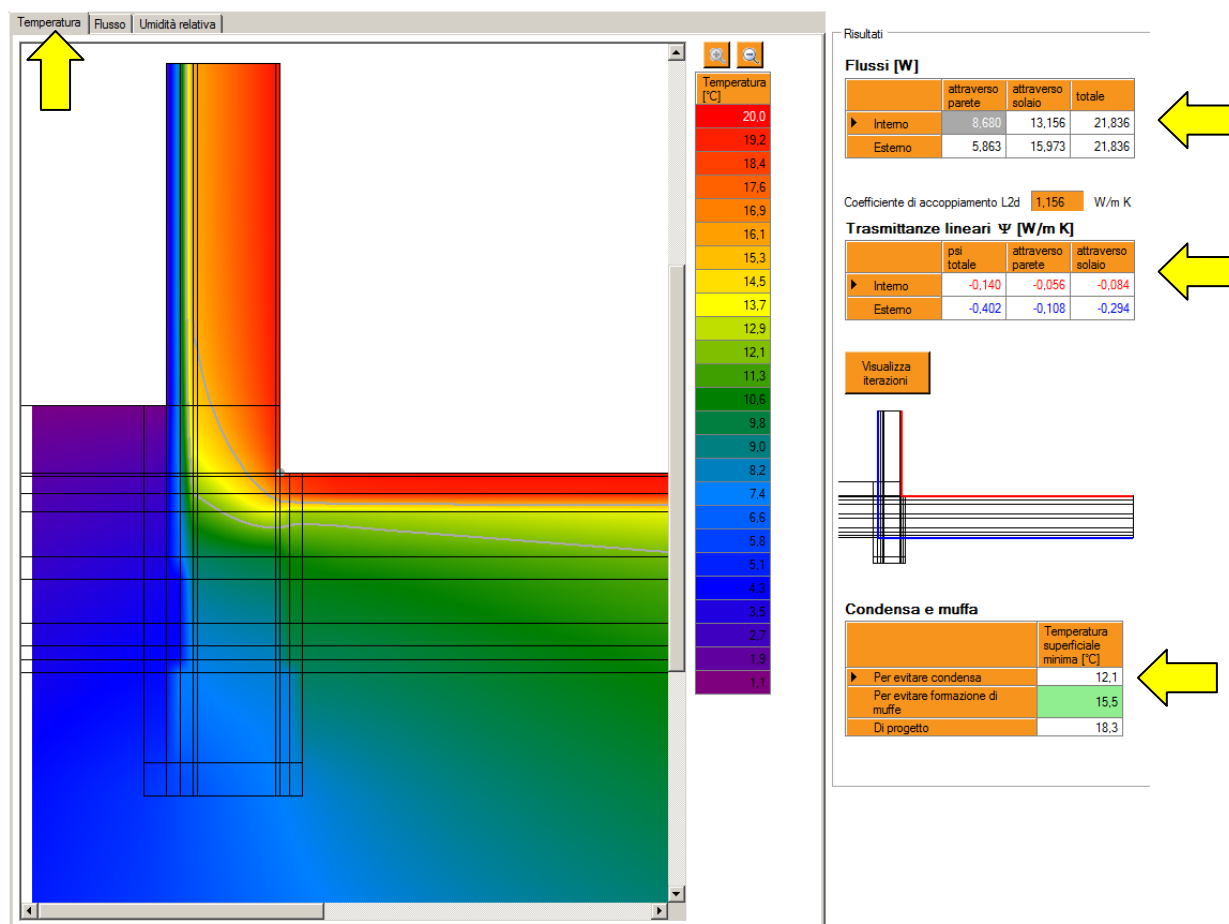
Trasmittanze equivalenti

U_{bf}: 0.186 W/m²K

U_{bw}: 0.187 W/m²K

Per i nodi GF è necessario compilare anche la scheda "Controterra" per definire le caratteristiche del terreno e le dimensioni del pavimento interessato dalla dispersione.

6. Anche in questo caso la schermata dei risultati riporta gli schemi grafici con la distribuzione della temperatura, del flusso e dell'umidità relativa e i dati numerici calcolati. Il vespaio è stato analizzato quindi come un'intercapedine non ventilata con conduttività equivalente nota (ereditata dai dati della stratigrafia elaborata con PAN). Per approfondire le modalità di calcolo del coefficiente Ψ per un nodo controterra si rimanda all'Appendice B.



Appendice A. significato del coefficiente Ψ

Il coefficiente Ψ (coefficiente di trasmittanza lineica o trasmittanza termica lineare) secondo la norma UNI EN ISO 10211 è un parametro che descrive l'influenza del ponte termico lineare sul flusso termico totale. Va inteso quindi non come parametro a se stante, ma come parte del calcolo del coefficiente di dispersione dell'involucro all'interno della seguente formula:

$$H = \sum(U \cdot A) + \sum(\Psi \cdot l) \quad [B.1]$$

dove:

H è il coefficiente di dispersione per trasmissione espresso in W/K;

$\sum(U \cdot A)$ è la sommatoria delle trasmittanze degli elementi disperdenti moltiplicate per l'area degli stessi;

$\sum(\Psi \cdot l)$ è la sommatoria dei coefficienti di trasmittanza lineica dei ponti termici moltiplicati per l'estensione lineare degli stessi.

Il calcolo del coefficiente Ψ è condotto in accordo con la seguente formula:

$$\Psi = L_{2D} - \sum(U \cdot l) \quad [B.2]$$

dove:

Ψ è il coefficiente di trasmittanza lineica; è indicato come "interno" (Ψ_i) o "esterno" (Ψ_e) in base alla geometria considerata nel calcolo [W/mK];

L_{2D} è il coefficiente d'accoppiamento termico ottenuto dal calcolo 2D agli elementi finiti del ponte termico [W/mK];

U è la trasmittanza termica del componente di separazione tra le zone termiche individuate;

l è la lunghezza a cui si applica la trasmittanza termica U (la lunghezza può riferirsi alle dimensioni interne o esterne del ponte termico) [m].

Il software IRIS per determinare il valore dei coefficienti Ψ esegue un calcolo secondo norma attraverso la seguente procedura:

- 1- identifica il valore di L_{2D} per il ponte termico in oggetto. Il dato è calcolato come rapporto tra il flusso termico del nodo analizzato agli elementi finiti (flusso ϕ espresso in W) e il salto termico definito delle condizioni al contorno del ponte termico;
- 2- calcola la sommatoria $\sum(U \cdot l)$ per gli elementi che compongono il ponte termico;
- 3- risolve l'equazione [B.2] utilizzando sia le dimensioni interne che esterne del ponte termico per ottenere il valore di Ψ_i e Ψ_e .

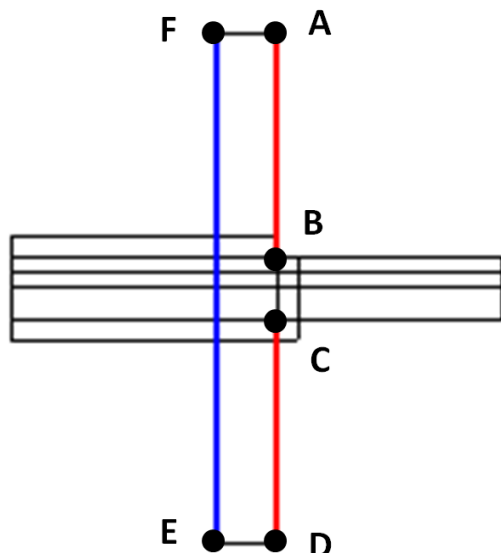
Di seguito riportiamo tre esempi di calcolo che illustrano come sono eseguiti i calcoli per un ponte termico che divide:

- l'ambiente riscaldato dall'ambiente esterno,
- l'ambiente riscaldato dall'ambiente esterno e da un ambiente non riscaldato,
- l'ambiente riscaldato dal terreno.

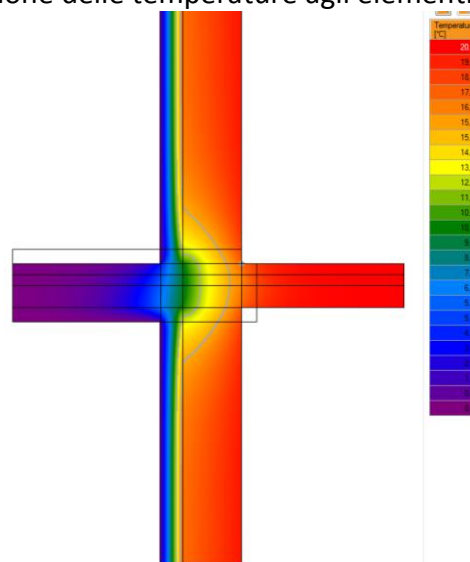
Coefficiente Ψ verso l'ambiente esterno

Consideriamo un ponte termico di un balcone schematizzato come segue. Le superfici a contatto con l'ambiente riscaldato (a 20°C) sono AB e CD. La superficie a contatto con l'ambiente esterno (a 0°C) è EF. I piani di taglio AF e ED sono determinati a una distanza dal nodo pari a 1m (oppure pari a 3 volte lo spessore della sezione dell'elemento omogeneo se superiore).

Schema del ponte termico:



Distribuzione delle temperature agli elementi finiti:



Risultati del calcolo:

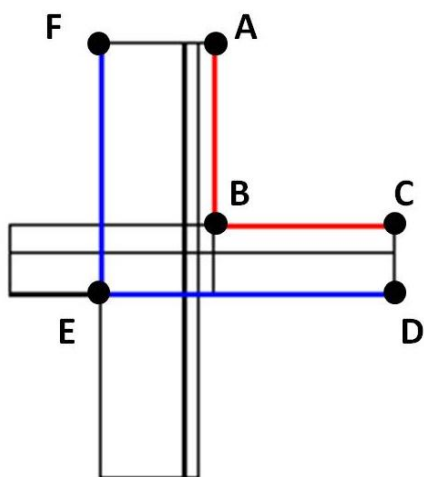
1)	$\Phi_{ABCD} = \Phi_{EF}$	nell'esempio $\Phi = 29.2 \text{ W}$
2)	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$	nell'esempio $L_{2D} = 29.2 / (20 - 0) = 1.46 \frac{\text{W}}{\text{K}}$
3)	$\Psi_i = L_{2D} - (S_{AB} \cdot U_{AF}) - (S_{CD} \cdot U_{DE})$	nell'esempio $\Psi_i = 1.46 - 1.75 \cdot 0.20 - 1.75 \cdot 0.20 = 0.76 \text{ W/mK}$ dove 1.75 è l'altezza della parete
4)	$\Psi_e = L_{2D} - S_{EF} \cdot U_{AF}$	nell'esempio $\Psi_e = 1.46 - 3.8 \cdot 0.20 = 0.70 \text{ W/mK}$

Coefficiente Ψ verso locali non riscaldati

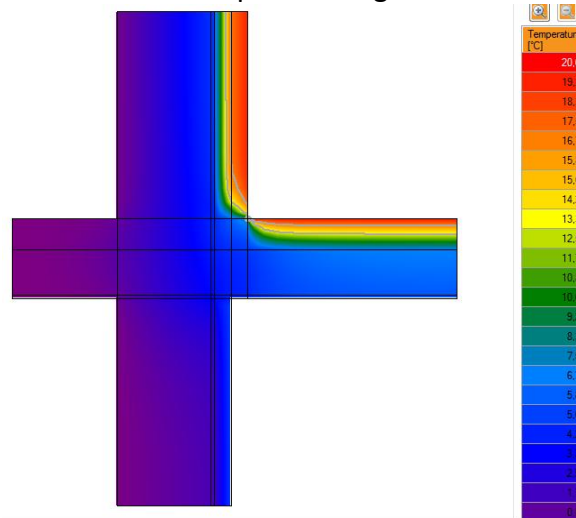
In presenza di locali non riscaldati la valutazione del coefficiente lineico diventa più elaborata.

Nell'esempio schematizzato di seguito le superfici a contatto con l'ambiente riscaldato (a 20°C) sono AB e BC. La superficie a contatto con l'esterno (a 0°C) è definita dal tratto EF e quella a contatto con il locale non riscaldato (a 5°C) dal tratto DE. I piani di taglio AF e CD sono determinati a una distanza dal nodo pari a 1m (oppure pari a 3 volte lo spessore della sezione dell'elemento omogeneo se superiore).

Schema del ponte termico:



Distribuzione delle temperature agli elementi finiti:



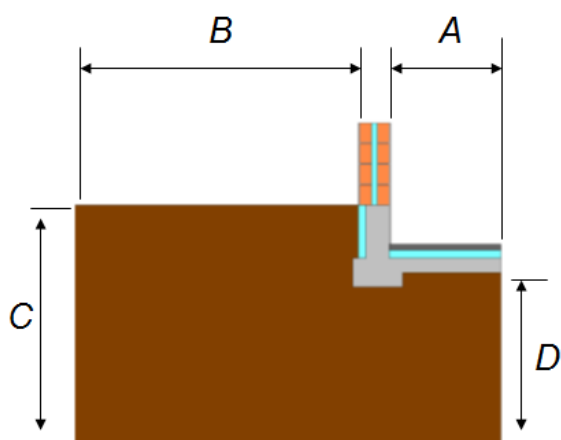
Risultati del calcolo:

1)	$\Phi_{ABC} = \Phi_{DEF}$	nell'esempio $\Phi = 15.4 \text{ W}$
2)	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$	nell'esempio $L_{2D} = 15.4 / (20 - 0) = 0.77 \frac{\text{W}}{\text{K}}$
3)	$\Psi_i = L_{2D} - (S_{AB} \cdot U_{AF}) - b_{tr,U} \cdot (S_{BC} \cdot U_{CD})$	nell'esempio $\Psi_i = 0.77 - 1 \cdot 0.45 - 0.75 \cdot (1 \cdot 0.23) = 0.15 \text{ W/mK}$ dove $b_{tr,U} = \frac{T_{ai} - T_{nr}}{T_{ai} - T_{ae}} = 0.75$ e dove 1 è la lunghezza dei tratti considerati
4)	$\Psi_e = L_{2D} - (S_{EF} \cdot U_{AF}) - b_{tr,U} \cdot (S_{DE} \cdot U_{CD})$	nell'esempio $\Psi_e = 0.77 - 1.45 \cdot 0.45 - 0.75 \cdot (1.50 \cdot 0.23) = -0.14 \text{ W/mK}$ dove $b_{tr,U} = \frac{T_{ai} - T_{nr}}{T_{ai} - T_{ae}} = 0.75$ e dove 1.45 e 1.50 sono le lunghezze dei tratti

Coefficiente Ψ verso il terreno

In presenza di ponti termici a contatto con il terreno la norma UNI EN ISO 10211 prevede un calcolo del coefficiente L_{2D} considerando i seguenti criteri per la definizione dei piani di taglio:

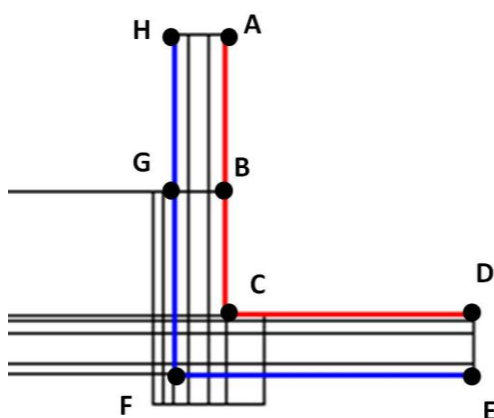
Obiettivo del calcolo		
	Temperatura superficiale	Flusso termico e temperatura superficiale
A	Almeno tre volte lo spessore della parete	0.5 x dimensione del pavimento
B	Almeno tre volte lo spessore della parete	2.5 x larghezza del pavimento
C	Almeno 3 metri	2.5 x larghezza del pavimento
D	Almeno 1 metro	2.5 x larghezza del pavimento



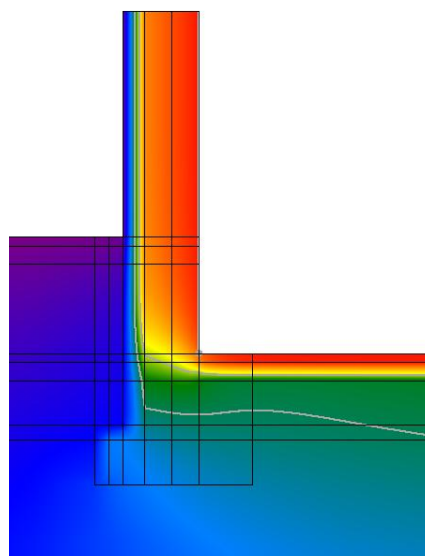
Descrizione delle dimensioni minime per la posizione del piano di taglio per nodi comprendenti il terreno in funzione dell'obiettivo del calcolo. Fonte: UNI EN ISO 10211, Prosp. 1.

Nell'esempio schematizzato di seguito si analizza un esempio in cui le superfici a contatto con l'ambiente riscaldato (a 20°C) sono ABC e CD; la superficie a contatto con l'esterno (a 0°C) è definita dal tratto GH e quella a contatto con il terreno dal tratto orizzontale EF e dal tratto verticale FG.

Schema del ponte termico:



Distribuzione delle temperature agli elementi finiti:



Risultati del calcolo:





1)	$\Phi_{ABCD} = \Phi_{EFGH}$	nell'esempio $\Phi = 20.1 \text{ W}$
2)	$L_{2D} = \Phi / (T_{ai} - T_{ae})$	nell'esempio $L_{2D} = 20.1 / (20 - 0) = 1.0 \frac{\text{W}}{\text{K}}$
3)	$\Psi_i = L_{2D} - S_{AB} \cdot U_{AH} - S_{BC} \cdot U_{BG} - S_{CD} \cdot U_{DE}$ dove $U_{BG} = U_{bw}$ ovvero trasmittanza della struttura parete-terreno e $U_{DE} = U_{bf}$ ovvero trasmittanza della struttura solaio-terreno calcolate in accordo con UNI EN ISO 13370	nell'esempio si ipotizza: $U_{bw} = 0.209 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{bf} = 0.248 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\Psi_i = 1.0 - 1 \cdot 0.238 - 0.65 \cdot 0.209 - 2.3 \cdot 0.248 = 0.06 \text{ W/mK}$
4)	$\Psi_e = L_{2D} - S_{GH} \cdot U_{AH} - S_{GF} \cdot U_{BG} - S_{EF} \cdot U_{DE}$ dove $U_{BG} = U_{bw}$ ovvero trasmittanza della struttura parete-terreno e $U_{DE} = U_{bf}$ ovvero trasmittanza della struttura solaio-terreno calcolate in accordo con UNI EN ISO 13370	nell'esempio si ipotizza: $U_{bw} = 0.209 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U_{bf} = 0.248 \text{ W/m}^2\text{K}$ $\Psi_e = 1.0 - 1 \cdot 0.238 - 1.15 \cdot 0.209 - 2.75 \cdot 0.248 = -0.16 \text{ W/mK}$

Appendice B. Logiche di modellizzazione

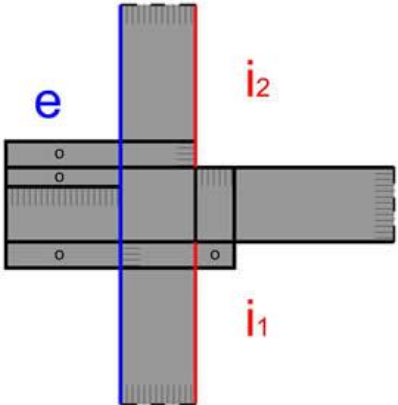
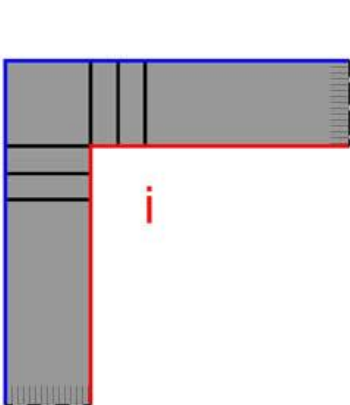
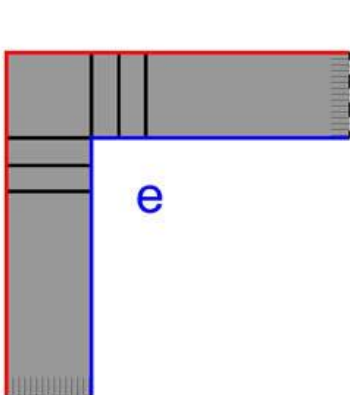
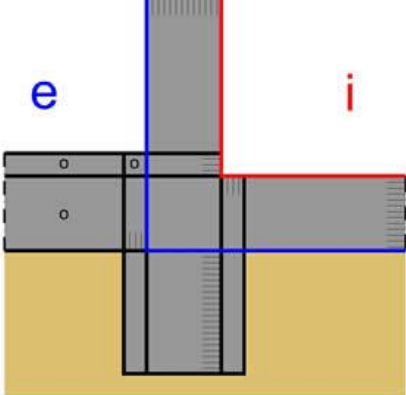
Riportiamo per ogni categoria di ponte termico presente in IRIS lo schema rappresentativo delle logiche di modellizzazione del nodo. Gli schemi evidenziano infatti:

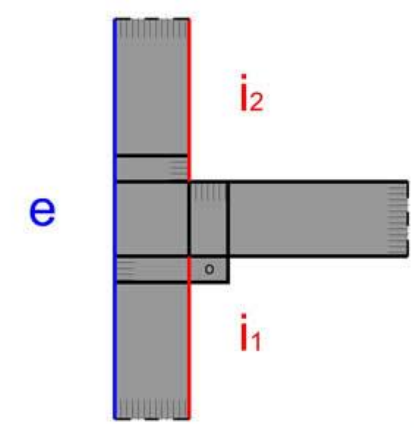
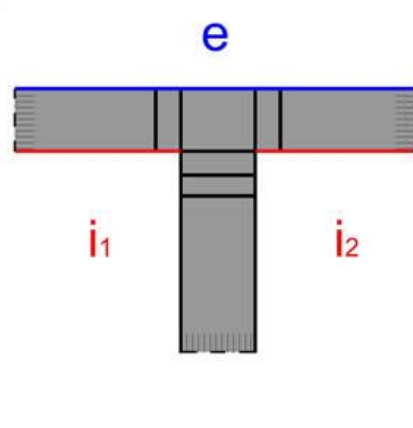
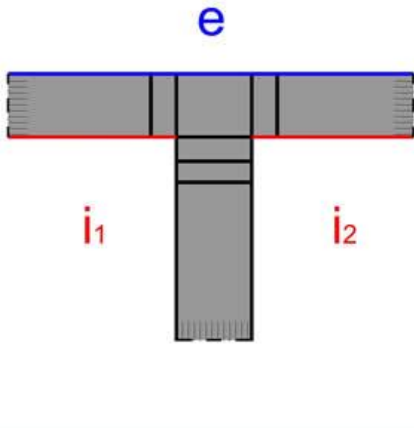
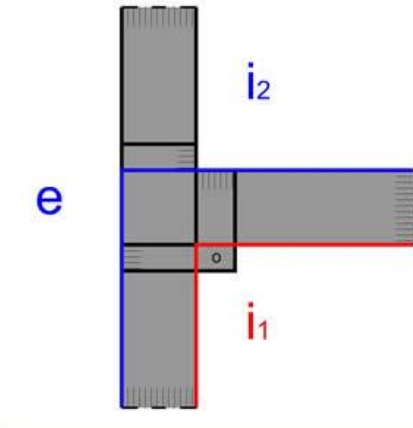
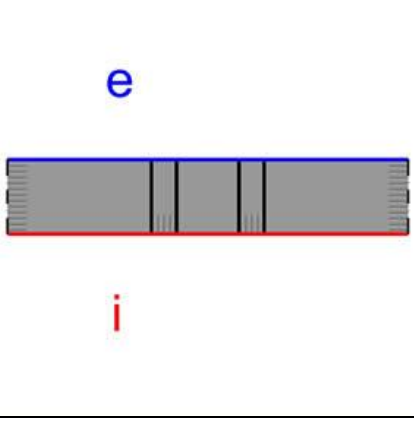
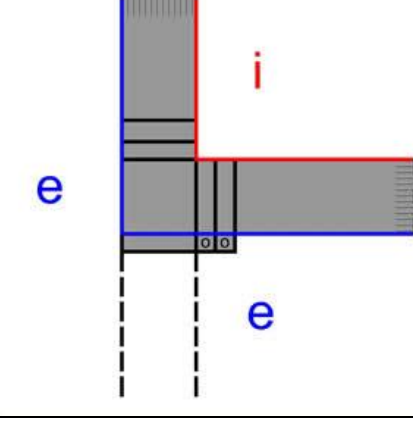
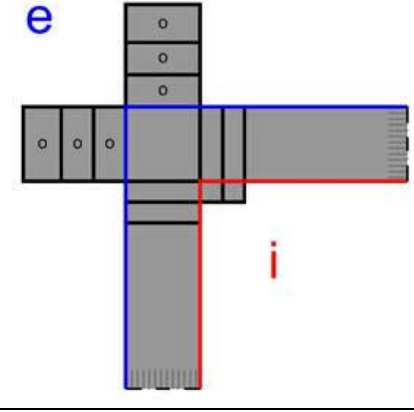
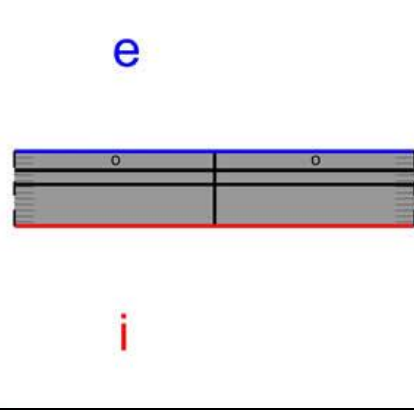
- le porzioni del nodo suddivisibili col comando “dividi strato” (tasto destro del mouse);
- le porzioni del nodo che possono restare in bianco, ovvero che possono non avere l’abbinamento con un materiale,
- le linee di confine utilizzate per l’analisi delle dispersioni.

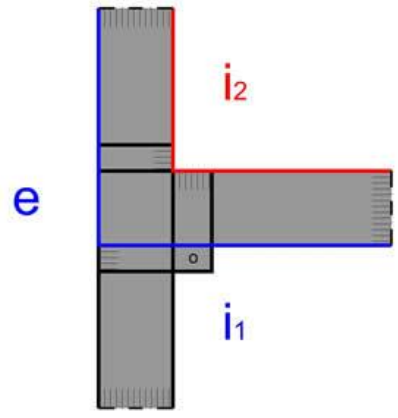
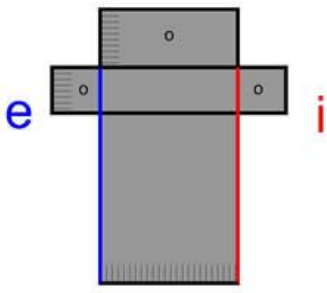
Legenda:

	strato suddivisibile all’infinito
	strato che può non essere abbinato a un materiale
	linea di confine per il calcolo della dispersione sul lato interno
	linea di confine per il calcolo della dispersione sul lato esterno

Logiche di modellizzazione suddivise per categoria:

B 	Ca 
Cb 	GF 

<p>IF</p> 	<p>IWa</p> 
<p>IWb</p> 	<p>NF</p> 
<p>P</p> 	<p>PP</p> 
<p>R</p> 	<p>S</p> 

<p>SF</p> 	<p>W</p> 
<p>Bw</p> 