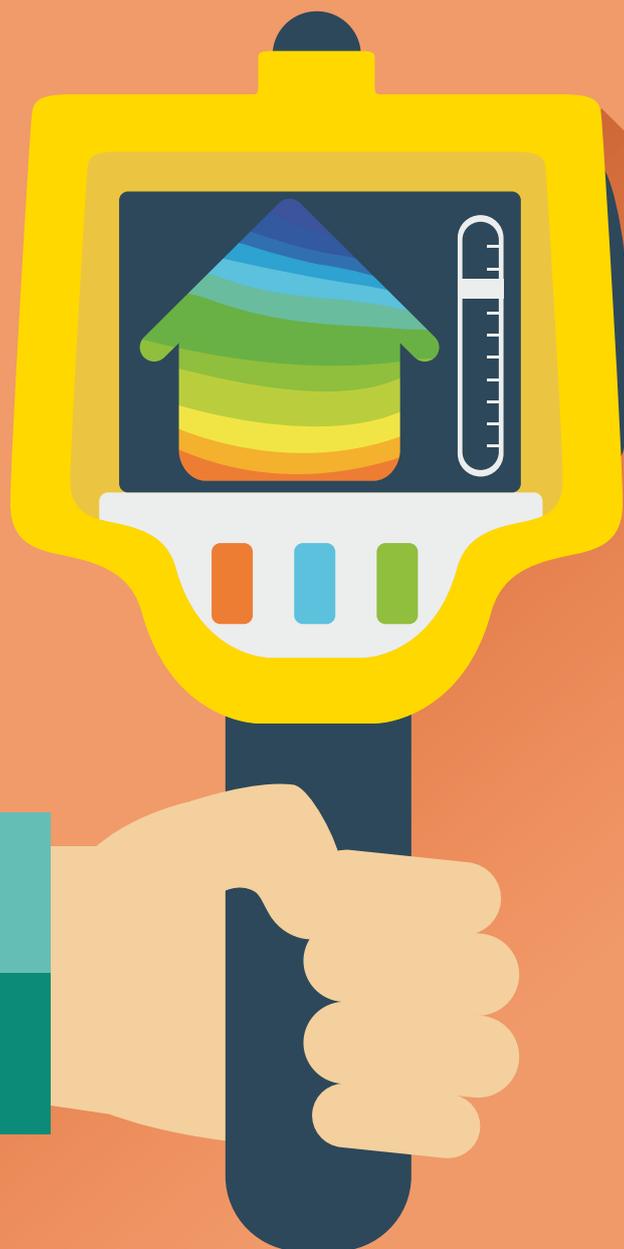


# SPECIALE

# PONTE TERMICO

**Calcolo ponte termico: metodi ed esempi**  
di analisi agli elementi finiti

- finestra
- solaio
- balcone



## NOTA

### AGGIORNAMENTI del FILE

Si informano i lettori che questa guida subirà nel corso del tempo **modifiche ed aggiornamenti**.

Gli aggiornamenti saranno pubblicati tempestivamente nella pagina di BibLus-net che ospita l'articolo.

Si invita quindi il lettore a verificare la disponibilità di nuove release o edizioni di questo documento al seguente link:

*Il numero di Edizione e revisione è riportato sulla copertina del documento, unitamente alla data di pubblicazione.*

# Introduzione

Un ponte termico è una zona in cui sono presenti disomogeneità del materiale e/o variazioni di forma in cui si verificano un incremento del valore dei flussi termici e una variazione delle temperature superficiali interne, con conseguente aumento della quantità di calore disperso attraverso le pareti.

I ponti termici generalmente si possono dividere in:

- **ponti termici di struttura (o di materiale)**, ove la presenza di elementi eterogenei di diversa conduttività incrementa il flusso termico
- **ponti termici di forma (o geometrici)**, ove la presenza di spigoli provoca un addensamento delle isoterme con un aumento del flusso termico

Tipici esempi di discontinuità del materiale si presentano nelle struttura intelaiate in cemento armato quando si utilizza una tamponatura in laterizio senza particolari accorgimenti, in particolare nei punti di contatto tra i due diversi materiali.

Le discontinuità di tipo geometrico si verificano, ad esempio, in corrispondenza degli spigoli tra le pareti, tra parete e solaio o tra parete ed infisso.

Altre discontinuità possono verificarsi in corrispondenza di interruzioni dello strato di isolamento termico.

I ponti termici si presentano generalmente, quindi, in prossimità di pilastri, travi, balconi, davanzali o anche in corrispondenza delle giunture di malta tra i laterizi, che rappresentano punti di eterogeneità della struttura.

La presenza di ponti termici nelle costruzioni rappresenta una minaccia grave per una serie di fattori quali:

- comfort abitativo
- salubrità dell'abitazione
- efficienza energetica
- consumi

- qualità dell'abitazione

La conoscenza dei fenomeni legati ai ponti termici e le metodologie di calcolo rappresentano gli strumenti più efficaci per combattere il fenomeno già in fase progettuale, in quanto è possibile determinare a priori le tecniche costruttive e i materiali più adatti caso per caso.

Inoltre, occorre tener presente che la giurisprudenza tende sempre a condannare il costruttore a risarcire i danni causati da umidità e muffa all'interno delle abitazioni.

Pertanto, risolvere il problema dei ponti termici è diventato un aspetto sempre più importante, sia in fase di progettazione che in fase di realizzazione delle opere edili, in particolar modo in quelle a uso abitativo e lavorativo.

In questo speciale proponiamo gli aspetti generali legati ai ponti termici, i metodi di calcolo previsti dalla normativa e alcuni esempi specifici relativi ai casi più frequenti, in cui sono rappresentati i risultati ottenuti con il calcolo agli elementi finiti che consentono di analizzare graficamente e in maniera intuitiva il reale comportamento dei ponti termici.

In particolare, gli esempi fanno riferimento ai seguenti casi:

- finestra (infisso-parete)
- solaio
- balcone

E' presente, inoltre, un utile glossario contenente le definizioni dei concetti principali.

# GLOSSARIO

## CERTIFICAZIONE ENERGETICA

La certificazione energetica è l'operazione con cui si determina la prestazione energetica di un edificio. I risultati sono contenuti nell'elaborato denominato APE (Attestato di Prestazione Energetica).

## CONDUTTIVITÀ TERMICA

La conduttività (o conducibilità) termica  $\lambda$  misura la capacità di un materiale di trasmettere calore ed è una caratteristica propria di ogni singolo materiale. Nel sistema internazionale (SI) si misura in W/mK (ove K è il simbolo del Kelvin).

In particolare, essa esprime il flusso di calore che, in condizioni stazionarie, passa attraverso un componente di materiale omogeneo in caso di differenza di temperatura unitaria tra le sue due facce opposte

E' l'indicatore più significativo del potere isolante di un materiale omogeneo.

Ecco i valori tipici di alcuni materiali comuni:

MATERIALE	$\lambda$ (W/mK)
polistirene espanso	0,032
sughero espanso	0,036
fibra minerale	0,040
vermiculite	0,064
vetro	0,73
acciaio Cr 20%	22
acciaio Cr 1%	61
alluminio	220
rame	380

## DIAGNOSI ENERGETICA

La diagnosi energetica è il risultato di una procedura sistematica di analisi svolte al fine di ottenere una accurata conoscenza del profilo dei consumi energetici di un sistema (es. edificio o gruppo di edifici). Essa permette di individuare e quantificare le reali opportunità di risparmio energetico in termini di analisi costi-benefici.

## DIAGRAMMA DI GLASER

Il diagramma di Glaser è un metodo grafico che permette lo studio del fenomeno della condensa all'interno di una parete costituita da uno o più strati.

In particolare, considerando le curve delle pressioni parziali e di saturazione, possono verificarsi i seguenti casi:

- assenza di punti d'intersezione: assenza di condensa
- presenza di un punto di tangenza: possibile comparsa di condensa al variare di temperatura e pressione
- presenza di più punti di intersezione: formazione di condensa in quel tratto di muratura

## EFFICIENZA ENERGETICA

L'efficienza energetica è il rapporto tra la quantità di energia impiegata e la quantità di energia utile da essa ricavata.

Il D.Lgs. 30 maggio 2008, n. 115 definisce l'efficienza energetica come "il rapporto tra i risultati in termini di rendimento, servizi, merci o energia, da intendersi come prestazione fornita, e l'immissione di energia".

## ISOLAMENTO TERMICO

L'isolamento termico è l'insieme degli accorgimenti utilizzati per impedire le dispersioni di calore verso l'esterno di un edificio, in modo da ottimizzare i consumi.

## ISOLAMENTO A CAPPOTTO

L'isolamento a cappotto è un sistema d'isolamento esterno alle pareti dell'edificio. E' costituito da generalmente da

strato isolante (es. pannelli di polistirene) applicato direttamente sul supporto

intonaco armato (es. rete in fibra di vetro)

rivestimento di finitura

E' uno dei rimedi più efficaci per combattere i ponti termici.

## **PONTE TERMICO**

Il ponte termico è una zona in cui si sono presenti caratteristiche termiche significativamente diverse da quelle circostanti, in cui si verificano flussi di calore più rapidi verso l'esterno.

## **MASSA SUPERFICIALE**

La massa superficiale è definita come la massa per unità di superficie della parete opaca, compresa la malta dei giunti e gli intonaci. Si esprime come Kg per unità di superficie ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ).

## **STRATIGRAFIA**

La stratigrafia è intesa come la definizione di spessori, densità e successione con la quale si dispongono i vari strati che compongono un muro.

## **TRASMITTANZA TERMICA**

La conduttività termica di un elemento costruttivo, composto da materiali diversi, nel suo insieme si definisce Trasmittanza Termica.

La trasmittanza termica di una parete, indicata con la sigla U, rappresenta la quantità di calore che attraversa la superficie unitaria ( $1 \text{ m}^2$ ) di una parete nell'unità di tempo, quando tra gli ambienti da essa separati si è stabilita una differenza di temperatura pari a  $1^\circ\text{C}$  in condizioni stazionarie (valore di dispersione termica di una parete).

La trasmittanza aumenta al diminuire dello spessore ed all'aumentare della conducibilità termica. Strutture con bassissima trasmittanza termica si caratterizzano per fornire un elevato isolamento termico. Si misura in  $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$  (ove K è il simbolo del Kelvin).

# Calcolo Ponti Termici

La norma **UNI TS 11300-1:2014** (Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale) descrive la procedura corretta per il calcolo dei ponti termici.

In particolare, sono previste due possibili modalità di calcolo dei ponti termici:

- **calcolo numerico** (analisi agli elementi finiti) in accordo alla UNI EN ISO 10211:2008
- calcolo con **atlanti di ponti termici** conformi alla UNI EN ISO 14683:2008

La norma, inoltre, **vieta ogni tipo di semplificazione** per gli edifici esistenti, come per esempio:

- il calcolo forfettario o la maggiorazione percentuale dei ponti termici
- l'abaco di ponti termici in allegato A alla norma UNI EN ISO 14683:2008

Nel prosieguo valutiamo i vantaggi e gli svantaggi delle due metodologie previste dalla norma.

## Atlante di ponti termici

L'atlante di ponti termici è una schematizzazione di tipologie e combinazioni di ponti termici più frequenti.

Lo scopo degli atlanti di ponti termici è quello di determinare il valore di trasmittanza termica lineare in funzione di altri parametri caratteristici (lunghezza, spessori, conduttività, ecc). I valori sono predefiniti e più o meno adattabili alle dimensioni e ai materiali reali.

La figura 1 rappresenta un esempio di atlante di ponti termici per il calcolo della trasmittanza termica lineare di un ponte termico di tipo parete-pilastro.

Il vantaggio di utilizzare un atlante è sicuramente quello di calcolare ponti termici in maniera manuale.

Gli svantaggi nell'utilizzo di atlanti di ponti termici nascono proprio dalla loro natura schematica e predefinita.

Gli atlanti di ponti termici possono:

- rappresentare solo "finite" tipologie e combinazioni di ponti termici (archetipi).
- essere utilizzati solo in specifici "range" di valori (campo di validità).

PIL.001 PARETE ESTERNA ISOLATA ALL'ESTERNO CON PILASTRO NON ISOLATO	
Ponte termico formato dalla giunzione di due pareti uguali isolate dall'esterno, con presenza di pilastro non isolato nella giunzione.	
SEZIONE ORIZZONTALE	TRASMITTANZA TERMICA LINEARE
	Riferita alle dimensioni esterne $\psi_E = 0.695 - 0.0635 \cdot U' + 2.231 \cdot S_{PIL} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$
	Riferita alle dimensioni interne $\psi_I = 0.695 - 0.0635 \cdot U' + 2.231 \cdot S_{PIL} \left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$
	Con: Trasmittanza adimensionale $U' = \frac{U_{PIL}}{U_{PAR}}$
	Trasmittanza del pilastro $U_{PIL} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L_{PIL}}{\lambda_{PIL}} + R_{se}}$
Trasmittanza della parete $U_{PAR} = \frac{1}{R_{si} + \frac{L'}{\lambda_{eq}} + \frac{L_{ISO}}{\lambda_{ISO}} + R_{se}}$	
Campo di validità $5.29 \leq U' \leq 12.14$ $0.30 \leq S_{PIL} \leq 0.50$ (m) $0.23 \leq \lambda_{eq} \leq 0.81$ $\left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$	Intervallo di confidenza $IC_E^{95\%} = \pm 0.09$ $\left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$ $IC_I^{95\%} = \pm 0.09$ $\left( \frac{W}{m \cdot K} \right)$

Figura 1 - Esempio di Atlante di Ponti Termici - CENED

## Software per il calcolo dei ponti termici con il supporto di atlanti

L'utilizzo di software basati sul supporto di atlanti di ponti termici riduce l'onere del calcolo manuale ma non consente di superare i limiti propri di un atlante di ponti termici: tipologie limitate e validità in determinati range di valori.

Alcuni software, come TerMus e TerMus-CE, consentono di avere schemi predefiniti ma con dimensioni e materiali reali. TerMus e TerMus-CE eseguono il calcolo dei ponti termici come da norma UNI EN ISO 10211:2008, quindi non hanno il limite dell'esistenza di un campo di validità dei ponti termici come in altri software.



Figura 2 - Esempio di software per il calcolo dei ponti termici con il supporto di atlanti - TerMus

## Calcolo numerico (analisi agli elementi finiti)

Per effettuare un calcolo di ponti termici, senza limitazioni, è necessario utilizzare solutori agli elementi finiti.

I software di analisi agli elementi finiti consentono di disegnare ponti termici di qualsiasi tipo e forma e di calcolare i risultati (trasmittanza termica lineica, coefficiente di accoppiamento termico, flusso termico, ecc) in forma numerica e grafica.

La figura 3 riporta un esempio di calcolo numerico agli elementi finiti, per un ponte termico di copertura, conforme alla UNI EN ISO 10211:2008, eseguito con il software TerMus-PT.

Il calcolo numerico agli elementi finiti è l'unica modalità possibile per valutare ponti termici di qualsiasi tipo e forma. Il calcolo numerico è l'unico che consente di analizzare combinazioni praticamente infinite così come le possibilità che il professionista si trova ad affrontare.

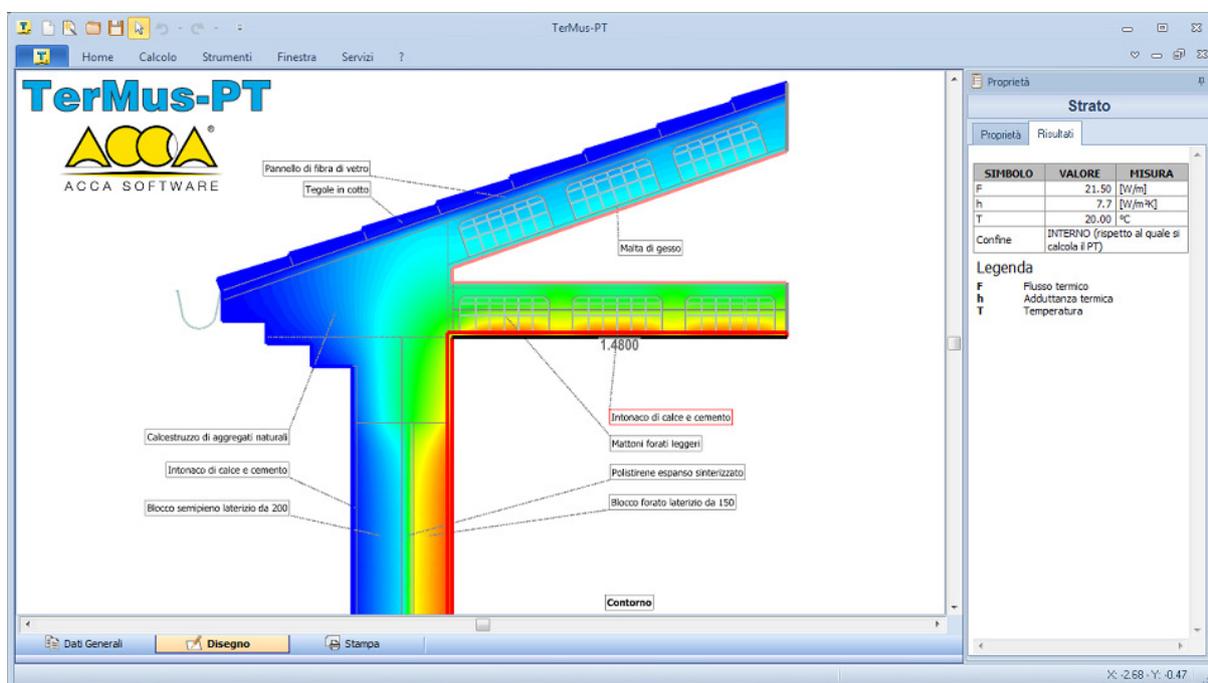


Figura 3 - Esempio di software per il calcolo dei ponti termici con solutore ad elementi finiti - TerMus-PT

## Ponte termico finestra (infisso-parete)

La cura posta nella scelta di materiali e di tecnologie sempre più performanti dal punto di vista energetico può essere vanificata dalla mancata progettazione delle connessioni tra gli stessi componenti edilizi. Le conseguenze sono una maggiore dispersione energetica, la formazione di condensa e muffe.

Il calcolo numerico dei ponti termici, analisi agli elementi finiti in accordo alla UNI EN ISO 10211:2008, è lo strumento indispensabile per la corretta progettazione delle connessioni tra gli elementi dei componenti edilizi e la determinazione del comportamento energetico dei ponti termici.

Vediamo come calcolare un ponte termico di una finestra (infisso-parete) corretto normativamente, con l'utilizzo del software TerMus-PT, per le seguenti soluzioni:

- Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete non isolata
- Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno
- Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno con risvolto
- Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata in mezzeria
- Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno
- Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno con risvolto

Dalle successive schede di soluzioni si può evincere come l'utilizzo di un software di calcolo numerico agli elementi finiti consenta di ottenere risultati di calcolo rigorosi e di analizzare graficamente, in maniera più intuitiva, il comportamento dei ponti termici.



# TerMus-PT

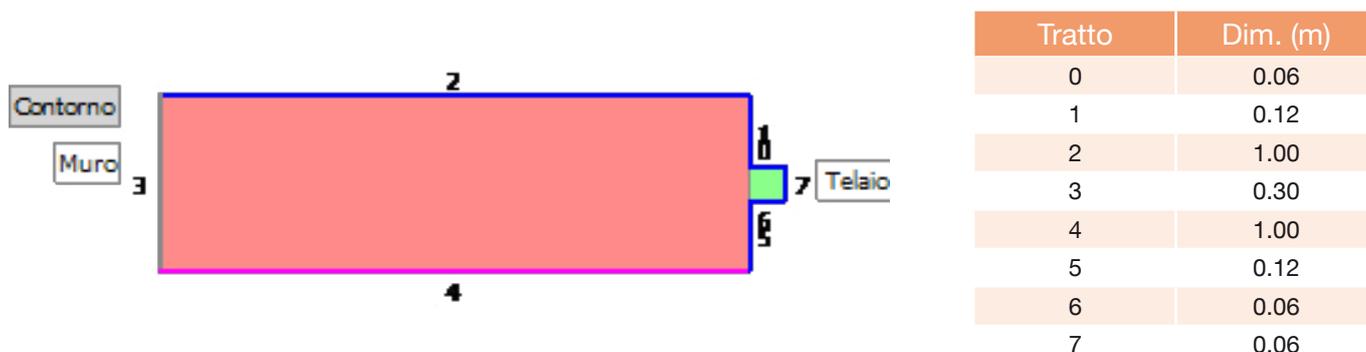
## Calcolo Numerico Trasmittanza Ponti Termici

Calcola la trasmittanza  
dei ponti termici con i materiali  
e la forma che vuoi tu...

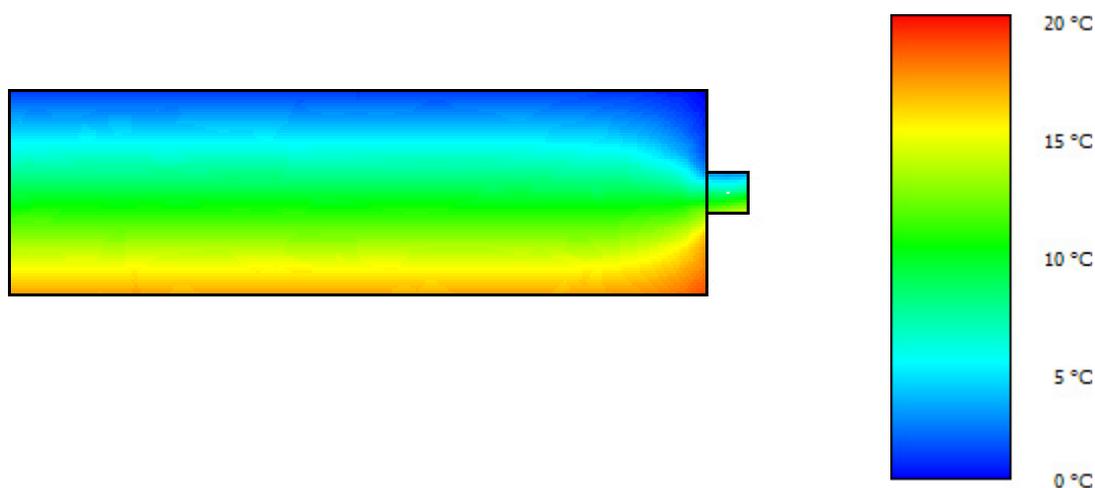
## Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete non isolata

Ponte termico formato dal contatto tra infisso e parete non isolata.

### Geometria del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete non isolata



### Temperature del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete non isolata



### Risultati del ponte termico finestra: infisso in mezzeria su parete non isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.09	W/mK
Flusso termico totale	F	24.79	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	1.24	W/mK
Lunghezza equivalente	L	1.06	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	23.00	W/m

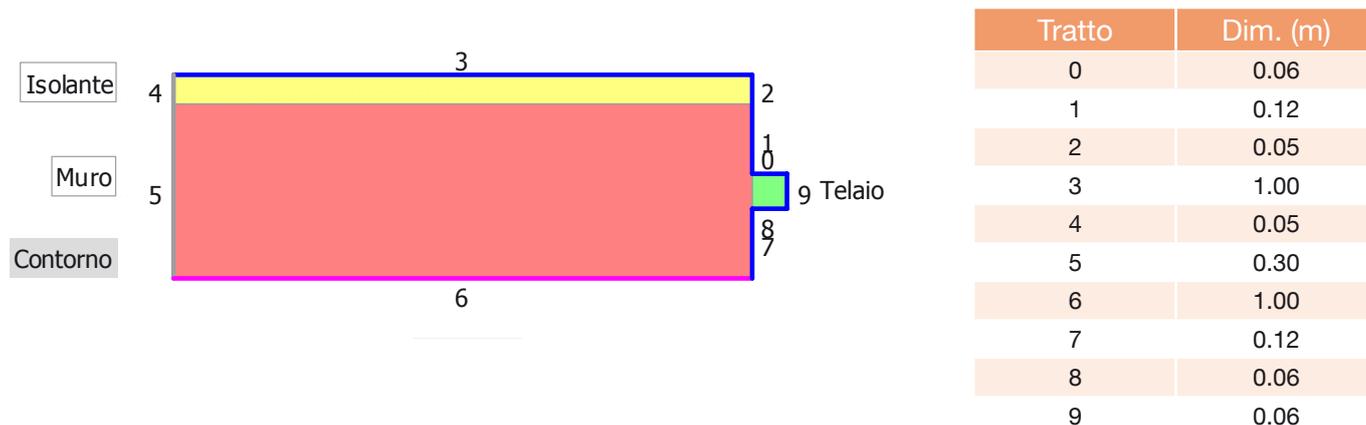
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,3614 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; telaio 0,2607 W/mK.

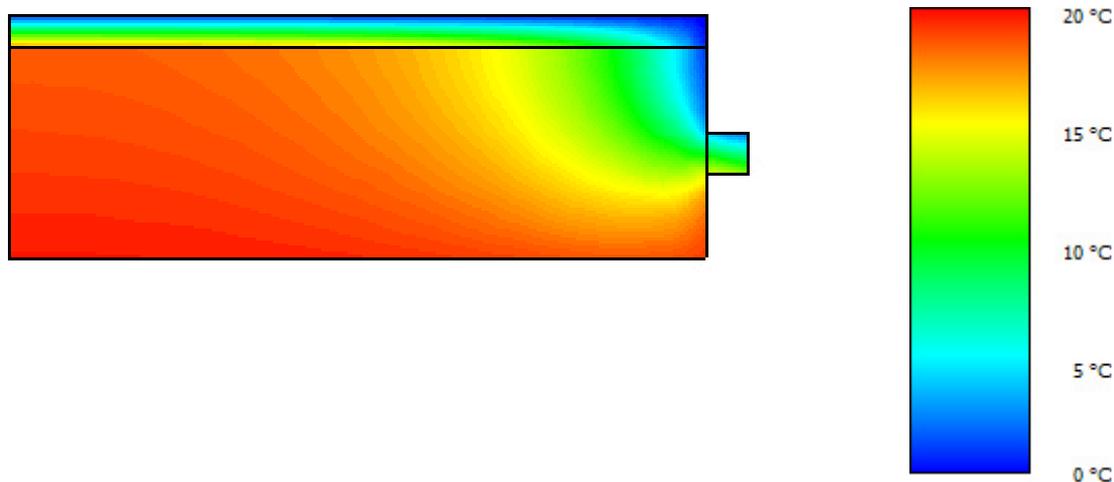
## Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno

Ponte termico formato dal contatto tra infisso e parete isolata dall'esterno. Infisso in mezzeria non a contatto con l'isolante.

### Geometria del ponte termico finestra: infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno



### Geometria del ponte termico finestra: infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno



### Risultati del ponte termico finestra: infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.28	W/mK
Flusso termico totale	F	9.68	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.48	W/mK
Lunghezza equivalente	L	1.06	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	4.14	W/m

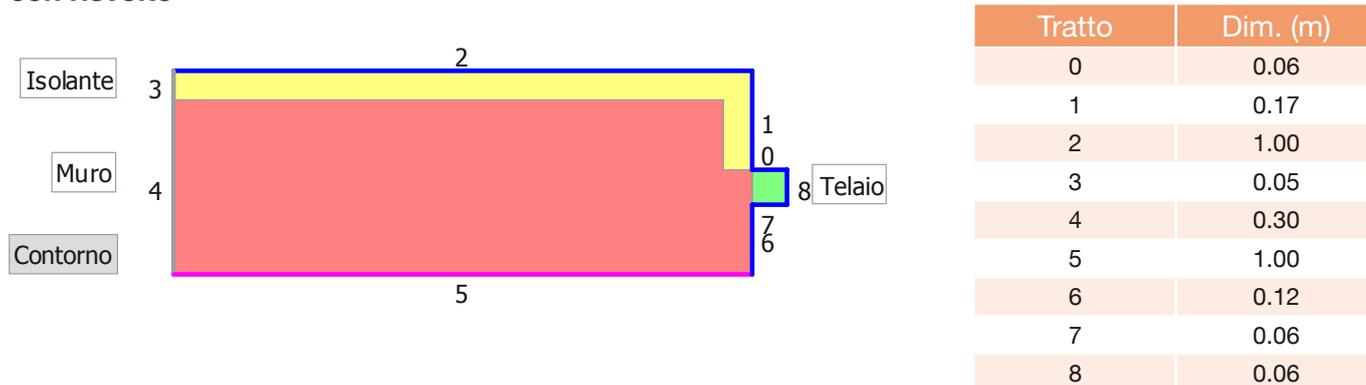
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,3614 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; telaio 0,2607 W/mK.

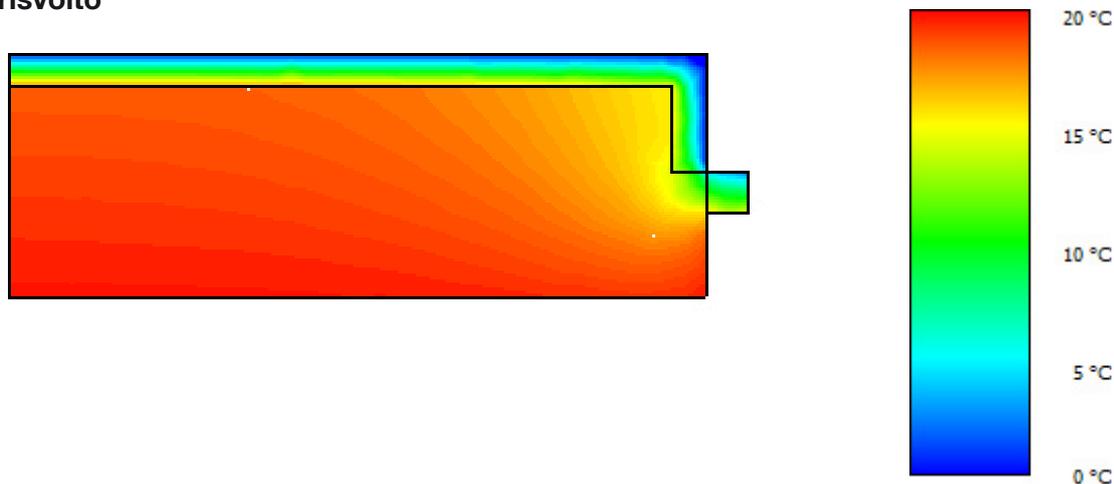
## Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno con risvolto

Ponte termico formato dal contatto tra infisso e parete isolata dall'esterno. Infisso in mezzeria a contatto con risvolto dell'isolante.

### Geometria del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno con risvolto



### Temperatura del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno con risvolto



### Risultati del ponte termico finestra: infisso in mezzeria su parete isolata dall'esterno con risvolto

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.10	W/mK
Flusso termico totale	F	6.09	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.30	W/mK
Lunghezza equivalente	L	1.06	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	4.14	W/m

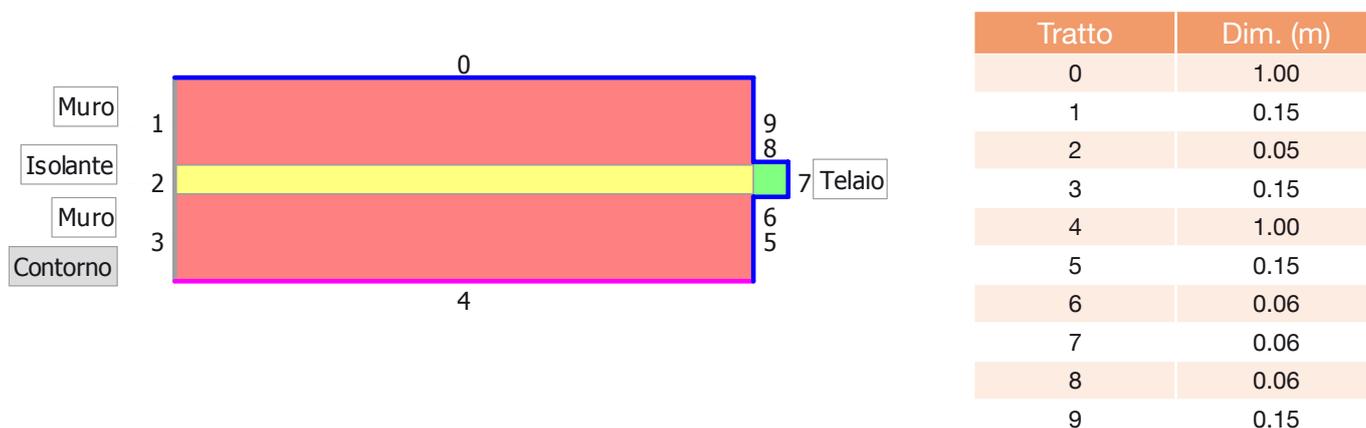
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,3614 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; telaio 0,2607 W/mK

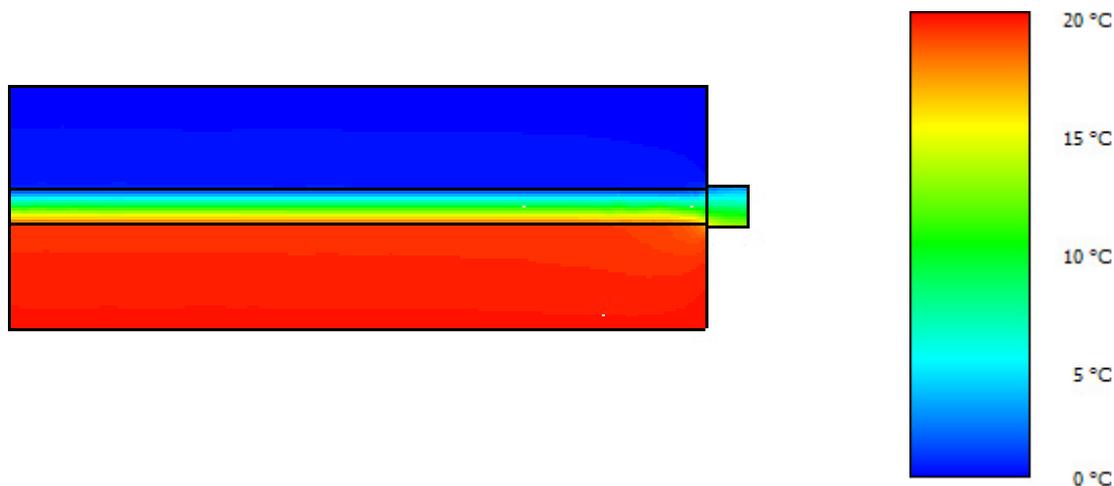
## Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata in mezzeria

Ponte termico formato dal contatto tra infisso e parete isolata in mezzeria. Infisso in mezzeria a contatto con l'isolante.

### Geometria del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata in mezzeria



### Temperatura del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata in mezzeria



### Risultati del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata in mezzeria

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.01	W/mK
Flusso termico totale	F	4.42	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.22	W/mK
Lunghezza equivalente	L	1.06	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	4.14	W/m

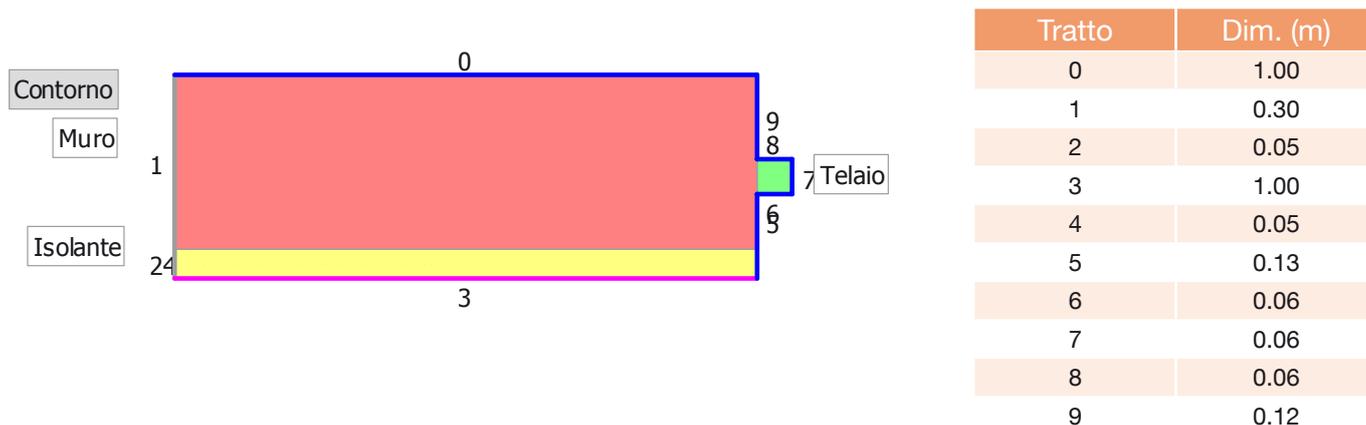
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,3614 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; telaio 0,2607 W/mK.

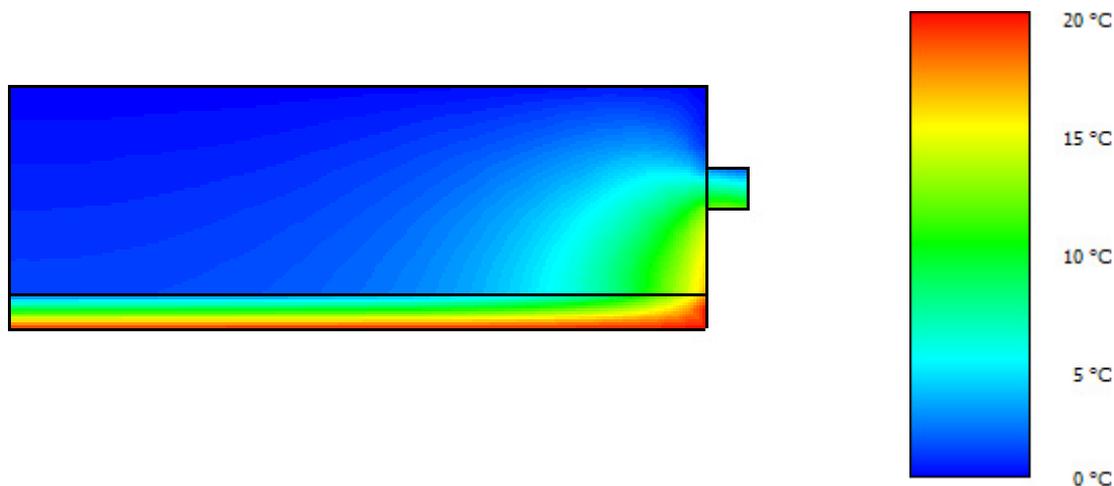
## Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno

Ponte termico formato dal contatto tra infisso e parete isolata dall'interno. Infisso in mezzeria non a contatto con l'isolante.

### Geometria del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno



### Temperatura del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno



### Risultati del ponte termico finestra: infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.24	W/mK
Flusso termico totale	F	8.94	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.45	W/mK
Lunghezza equivalente	L	1.06	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	4.14	W/m

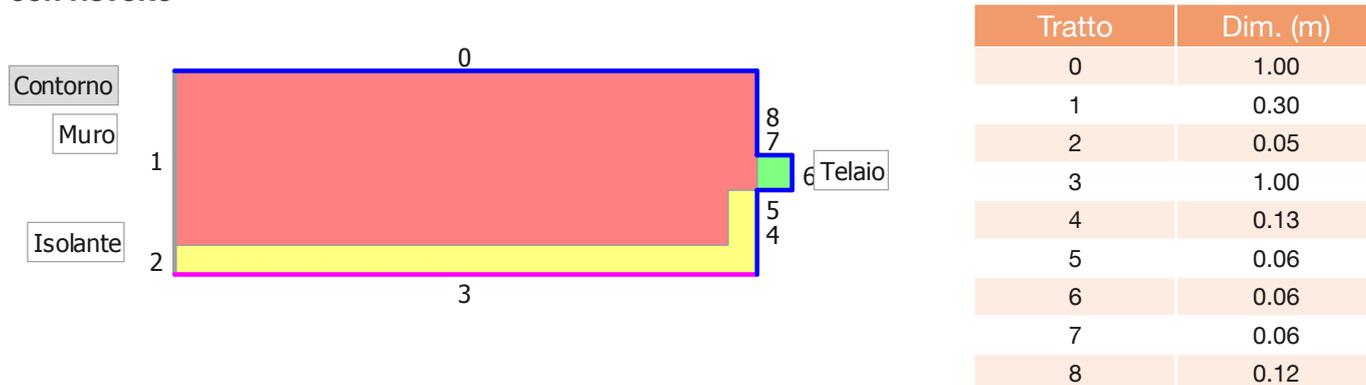
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,3614 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; telaio 0,2607 W/mK.

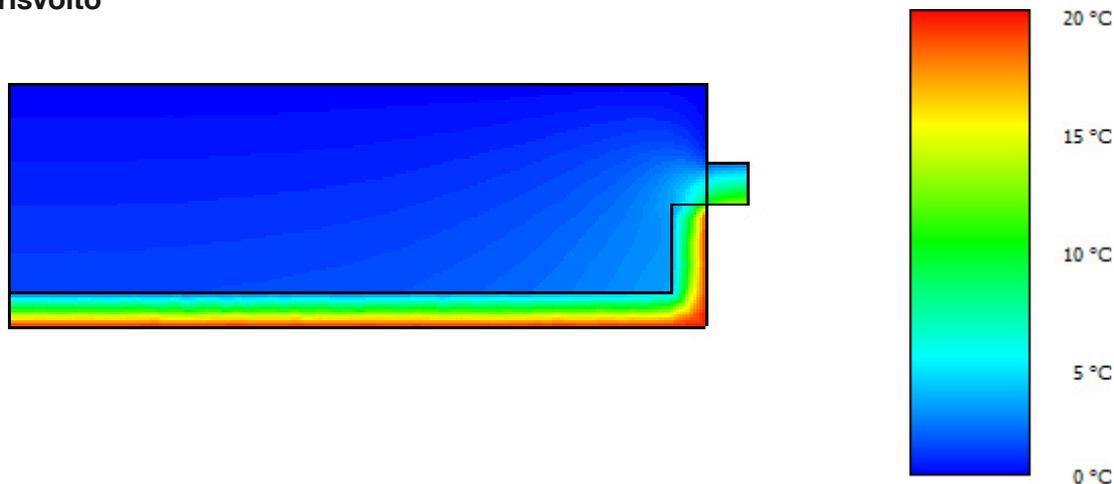
## Ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno con risvolto

Ponte termico formato dal contatto tra infisso e parete isolata dall'interno. Infisso in mezzeria a contatto con risvolto dell'isolante

### Geometria del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno con risvolto



### Temperatura del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno con risvolto



### Risultati del ponte termico finestra con infisso in mezzeria su parete isolata dall'interno con risvolto

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.06	W/mK
Flusso termico totale	F	5.36	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.27	W/mK
Lunghezza equivalente	L	1.06	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	4.14	W/m

Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,3614 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; telaio 0,2607 W/mK.

# Ponte termico solaio

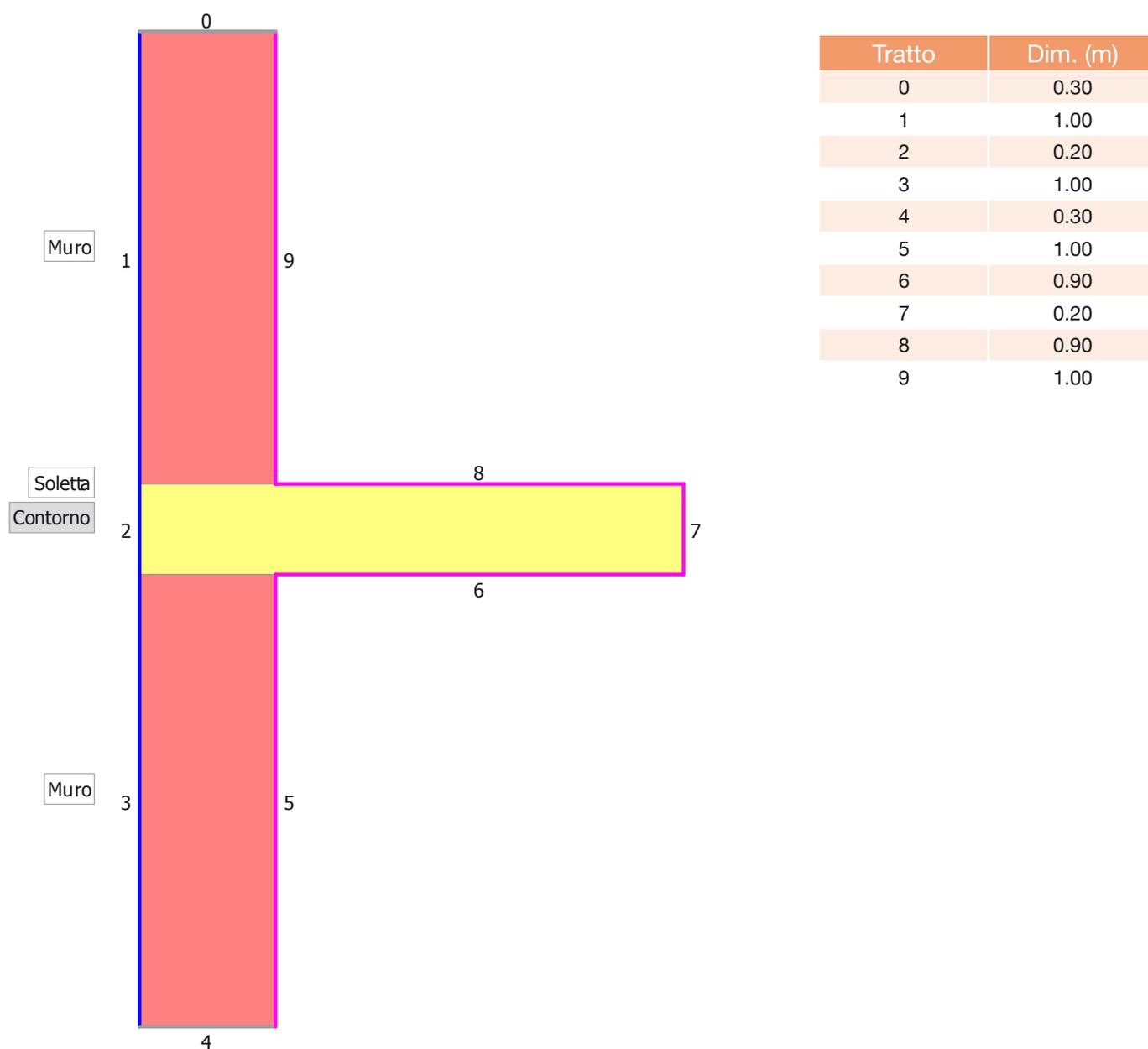
Vediamo come calcolare un ponte termico di un solaio corretto normativamente, con l'utilizzo del software TerMus-PT, per le seguenti soluzioni:

- Ponte termico solaio con parete e soletta non isolate
- Ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta non isolata
- Ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta non isolata
- Ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta non isolata
- Ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta isolata
- Ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta isolata
- Ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta isolata

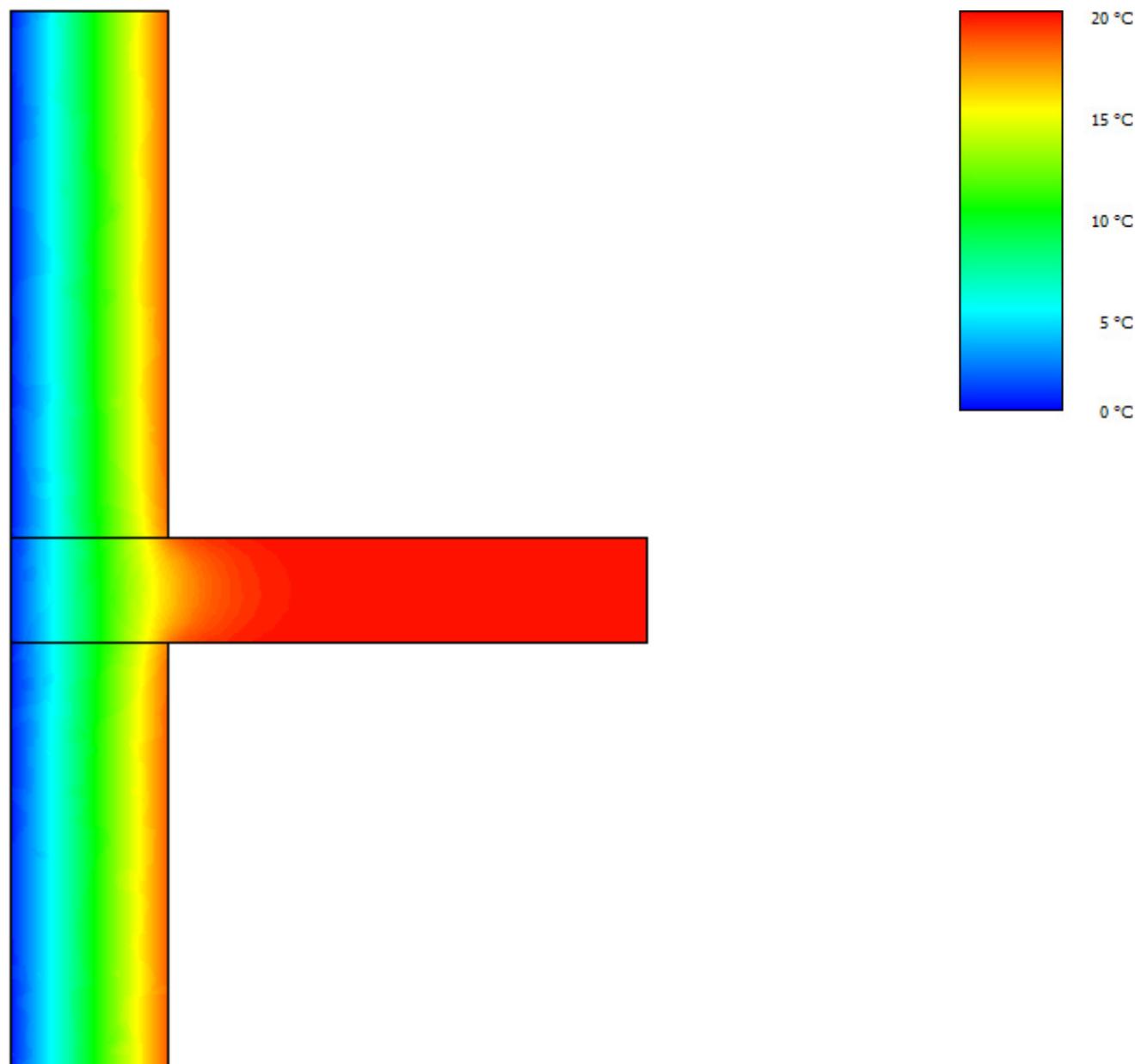
## Ponte termico solaio con parete e soletta non isolate

Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna non isolata con un soletta non isolata.

### Geometria del ponte termico solaio con parete e soletta non isolate



## Geometria del ponte termico solaio con parete e soletta non isolate



## Risultati del ponte termico solaio con parete e soletta non isolate

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.03	W/mK
Flusso termico totale	F	22.04	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	1.10	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	21.52	W/m

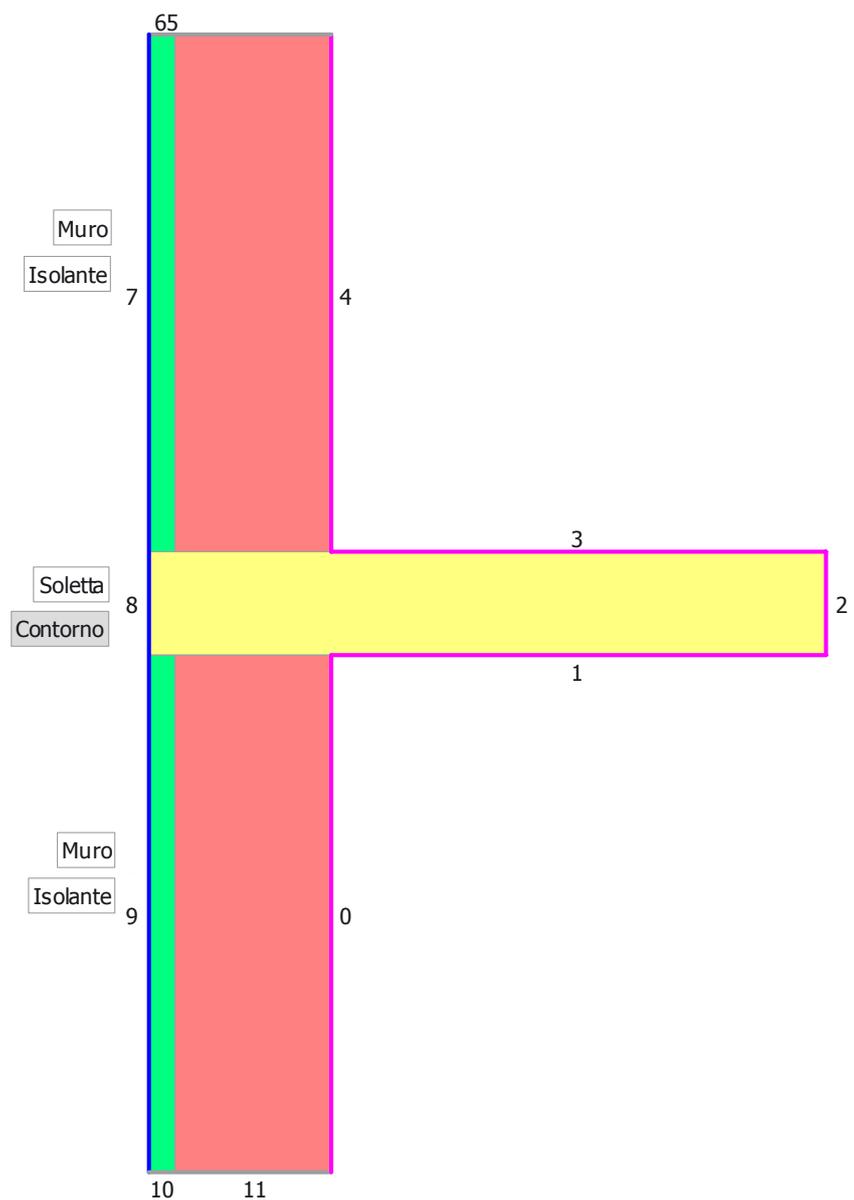
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

## Ponte termico solaio con parete e soletta non isolate

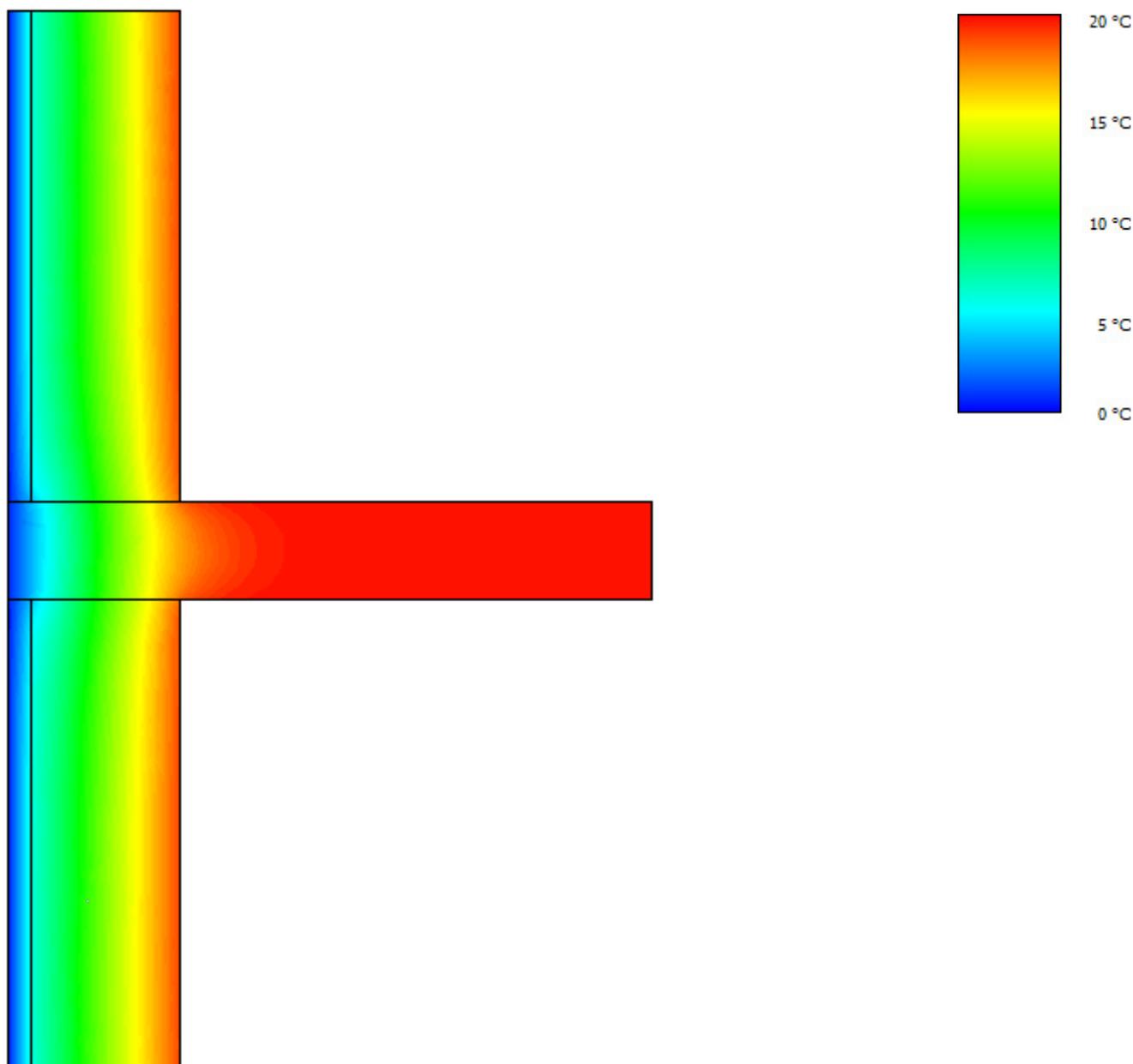
Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna non isolata con un soletta non isolata.

### Geometria del ponte termico solaio con parete e soletta non isolate



Tratto	Dim. (m)
0	1.00
1	0.95
2	0.20
3	0.95
4	1.00
5	0.30
6	0.05
7	1.00
8	0.20
9	1.00
10	0.05
11	0.30

## Temperature del ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta non isolata



## Risultati del ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta non isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.05	W/mK
Flusso termico totale	F	16.21	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.81	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.29	W/m

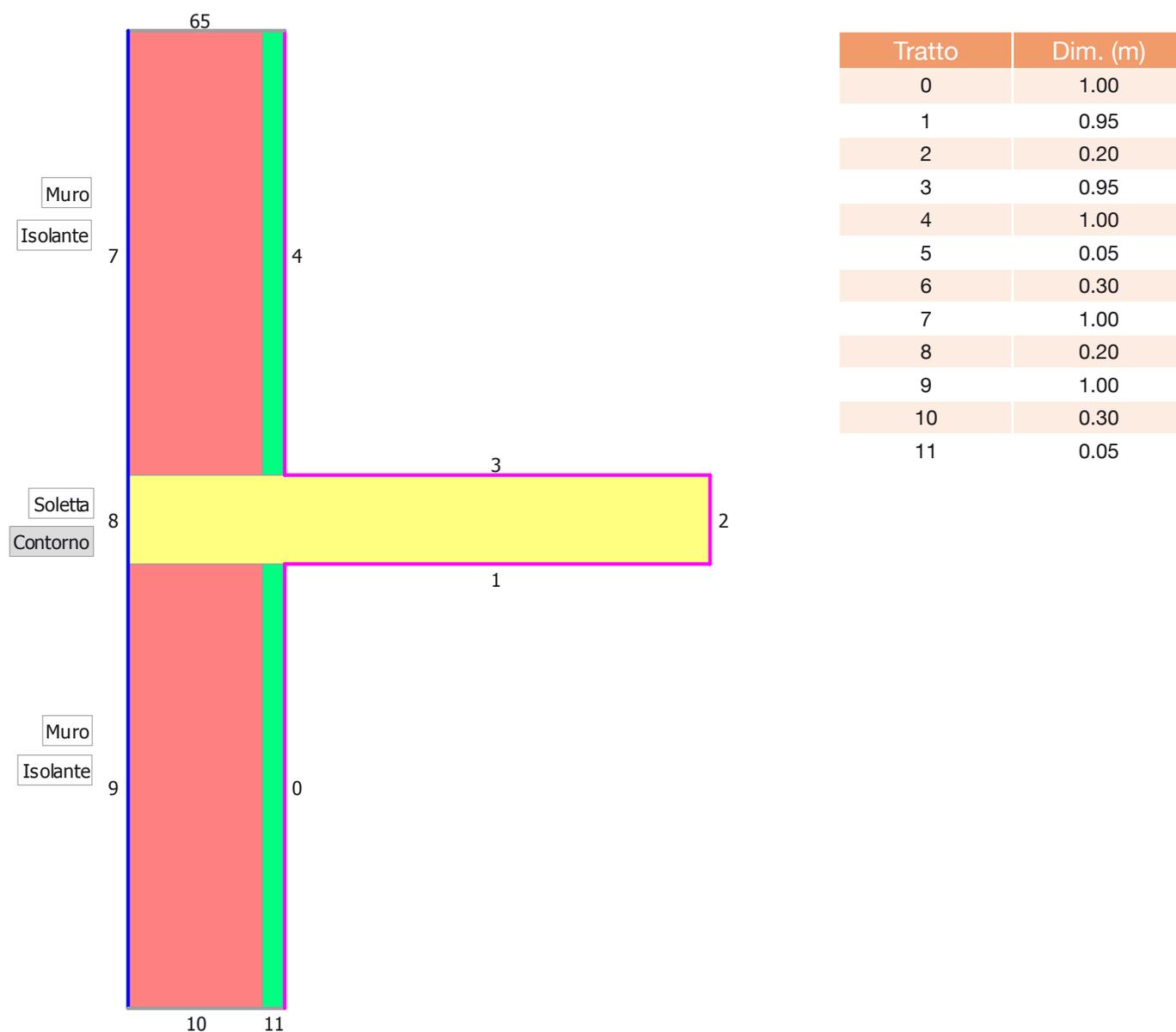
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

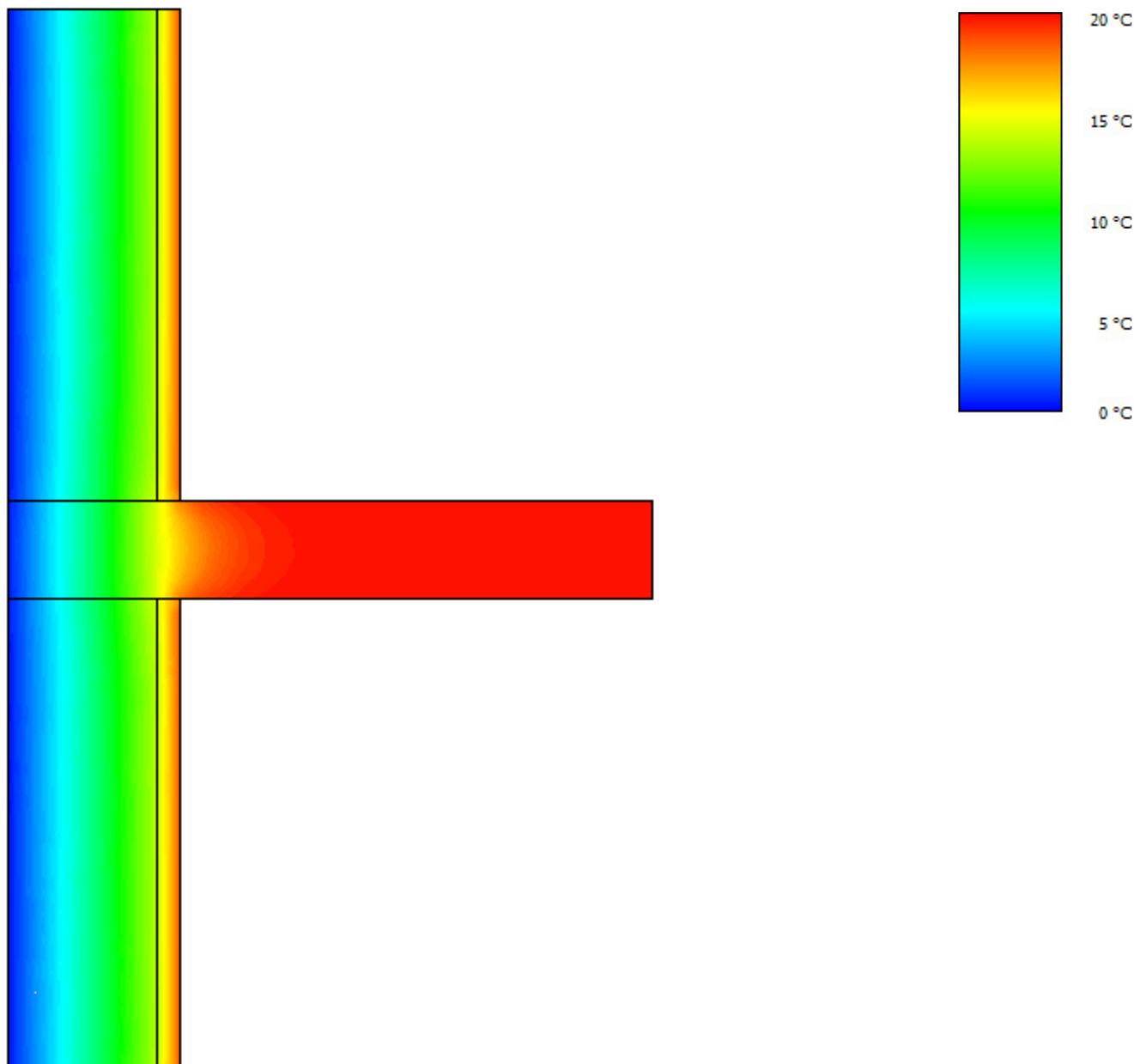
## Ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta non isolata

Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata dall'interno con un soletta non isolata.

### Geometria del ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta non isolata



## Temperature del ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta non isolata



## Risultati del ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta non isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.04	W/mK
Flusso termico totale	F	16.13	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.81	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.29	W/m

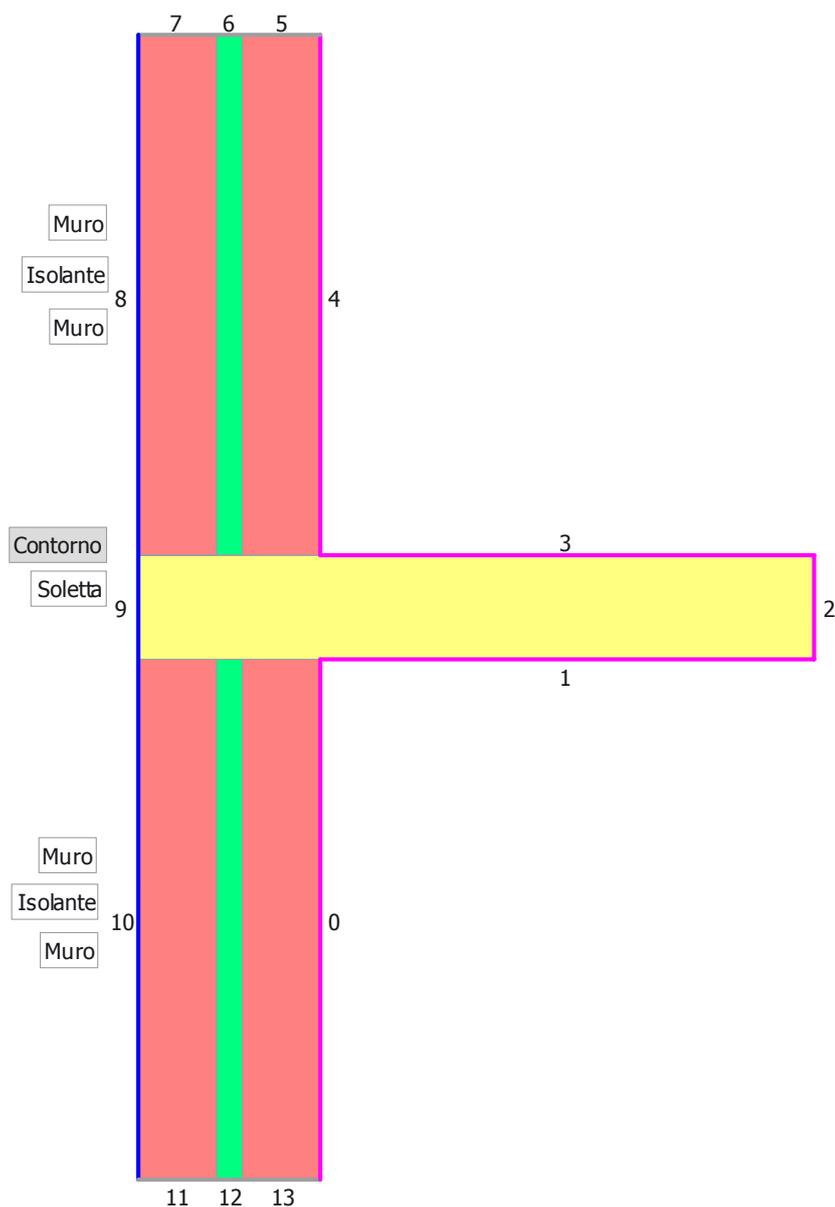
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

## Ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta non isolata

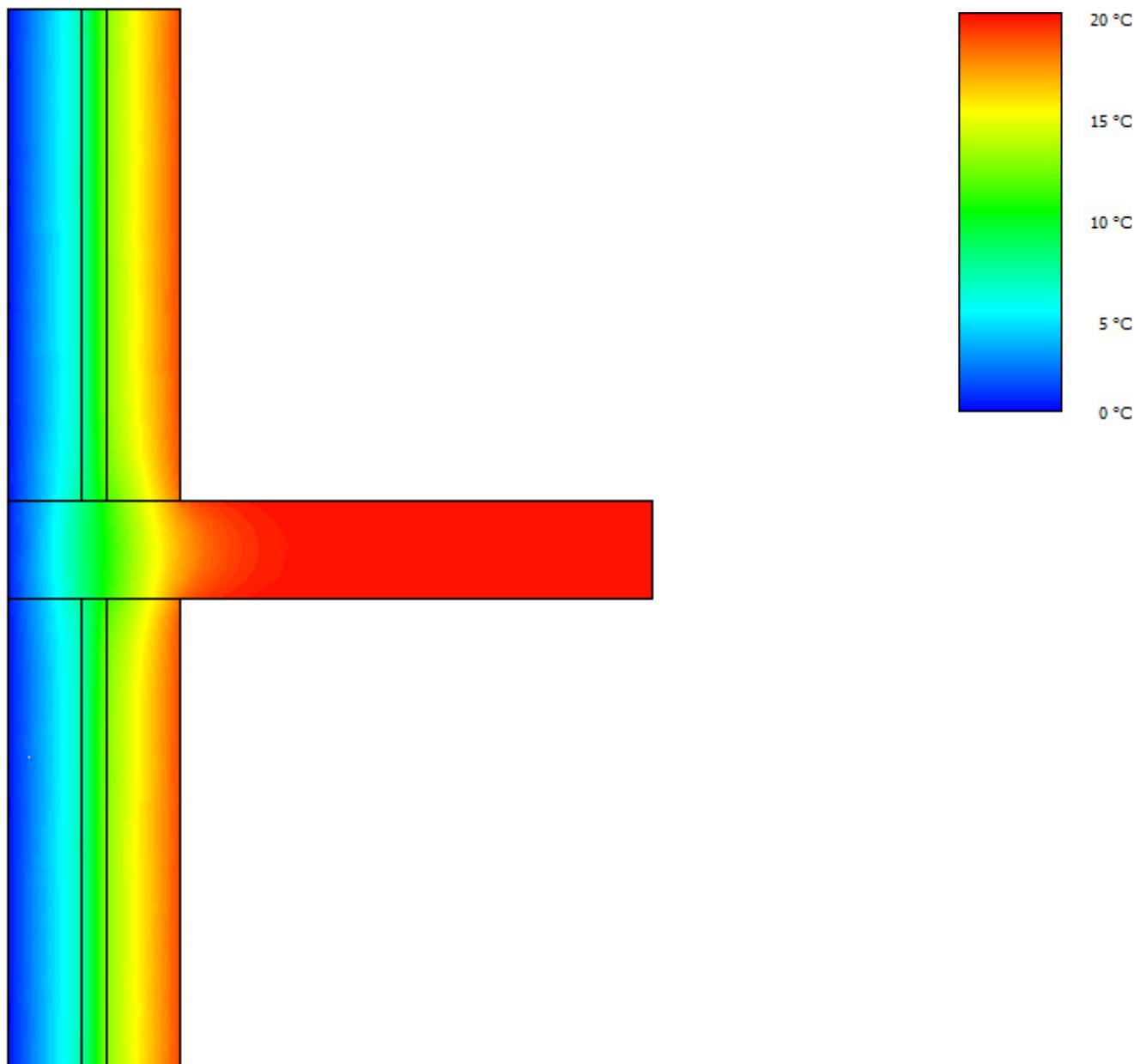
Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata in mezzeria con un soletta non isolata.

### Geometria del ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta non isolata



Tratto	Dim. (m)
0	1.00
1	0.95
2	0.20
3	0.95
4	1.00
5	0.15
6	0.05
7	0.15
8	1.00
9	0.20
10	1.00
11	0.15
12	0.05
13	0.15

## Temperature del ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta non isolata



## Risultati del ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta non isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.05	W/mK
Flusso termico totale	F	16.24	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.81	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.29	W/m

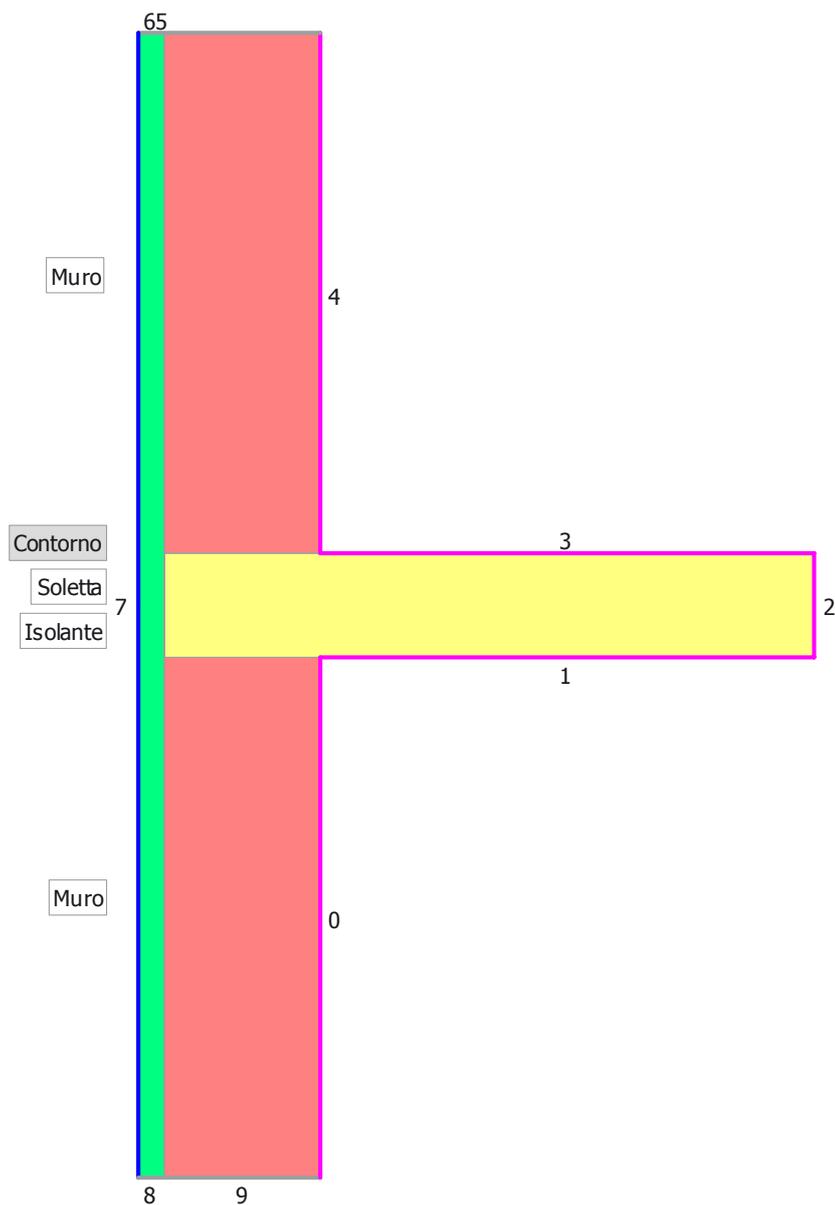
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

## Ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta isolata

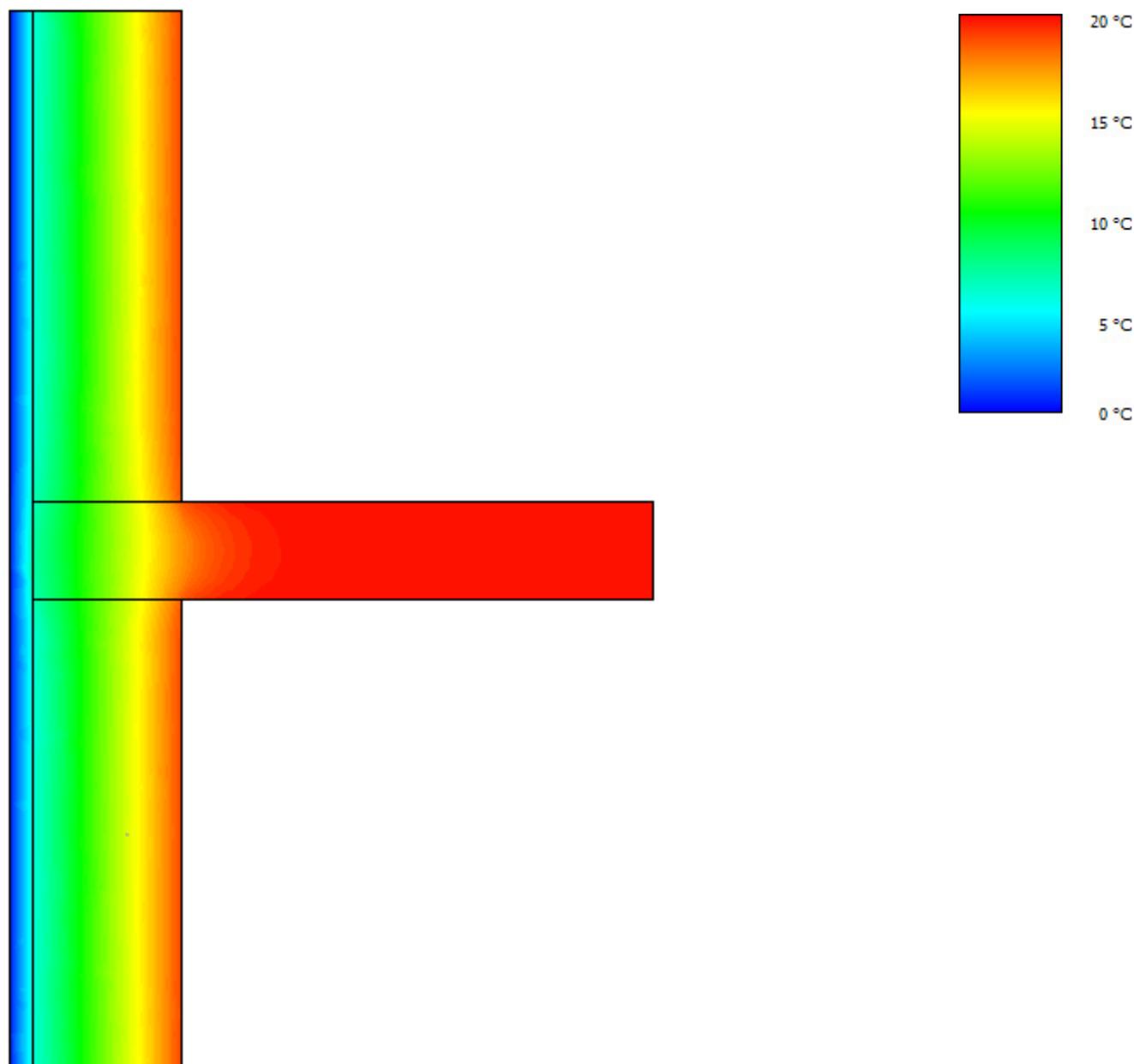
Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata dall'esterno e soletta isolata.

### Geometria del ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta isolata



Tratto	Dim. (m)
0	1.00
1	0.95
2	0.20
3	0.95
4	1.00
5	0.30
6	0.05
7	2.20
8	0.05
9	0.30

## Temperature del ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta isolata



## Risultati del ponte termico solaio con parete isolata dall'esterno e soletta isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.01	W/mK
Flusso termico totale	F	15.54	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.78	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.29	W/m

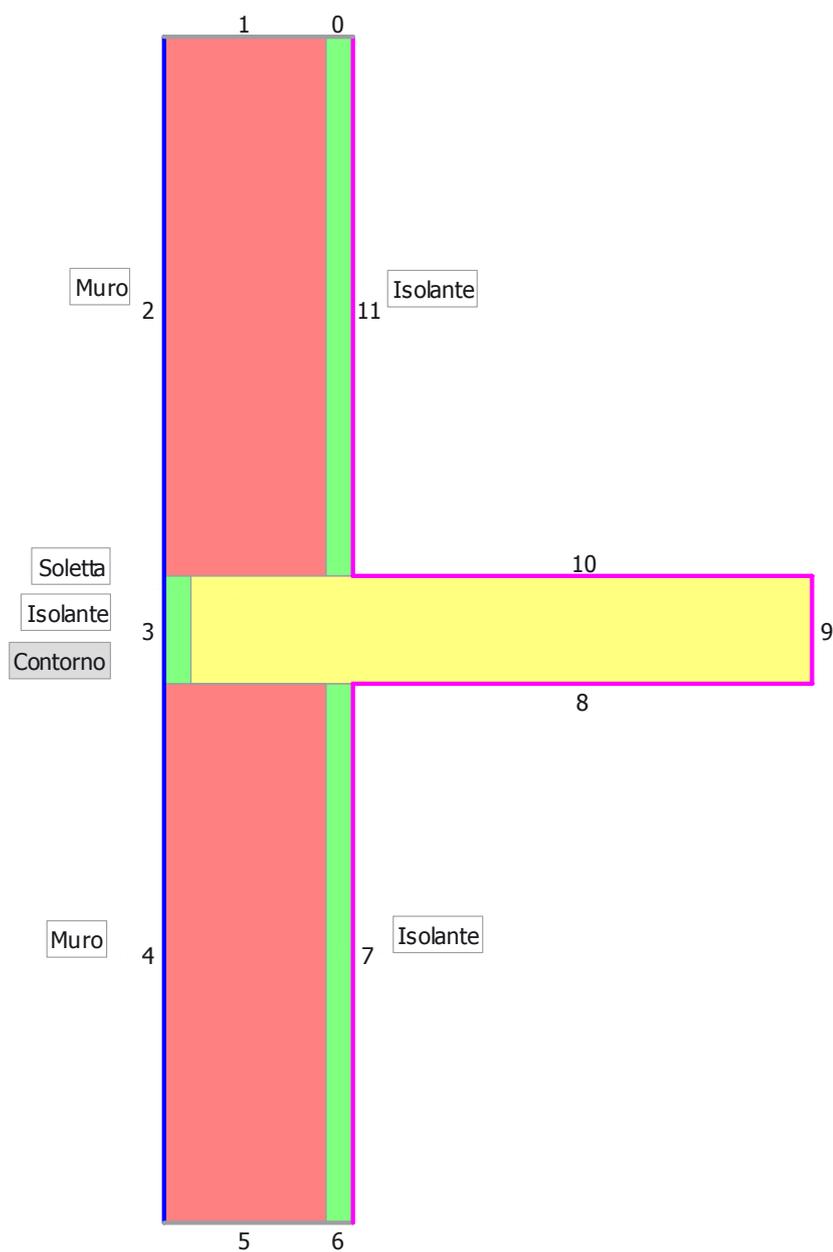
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

## Ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta isolata

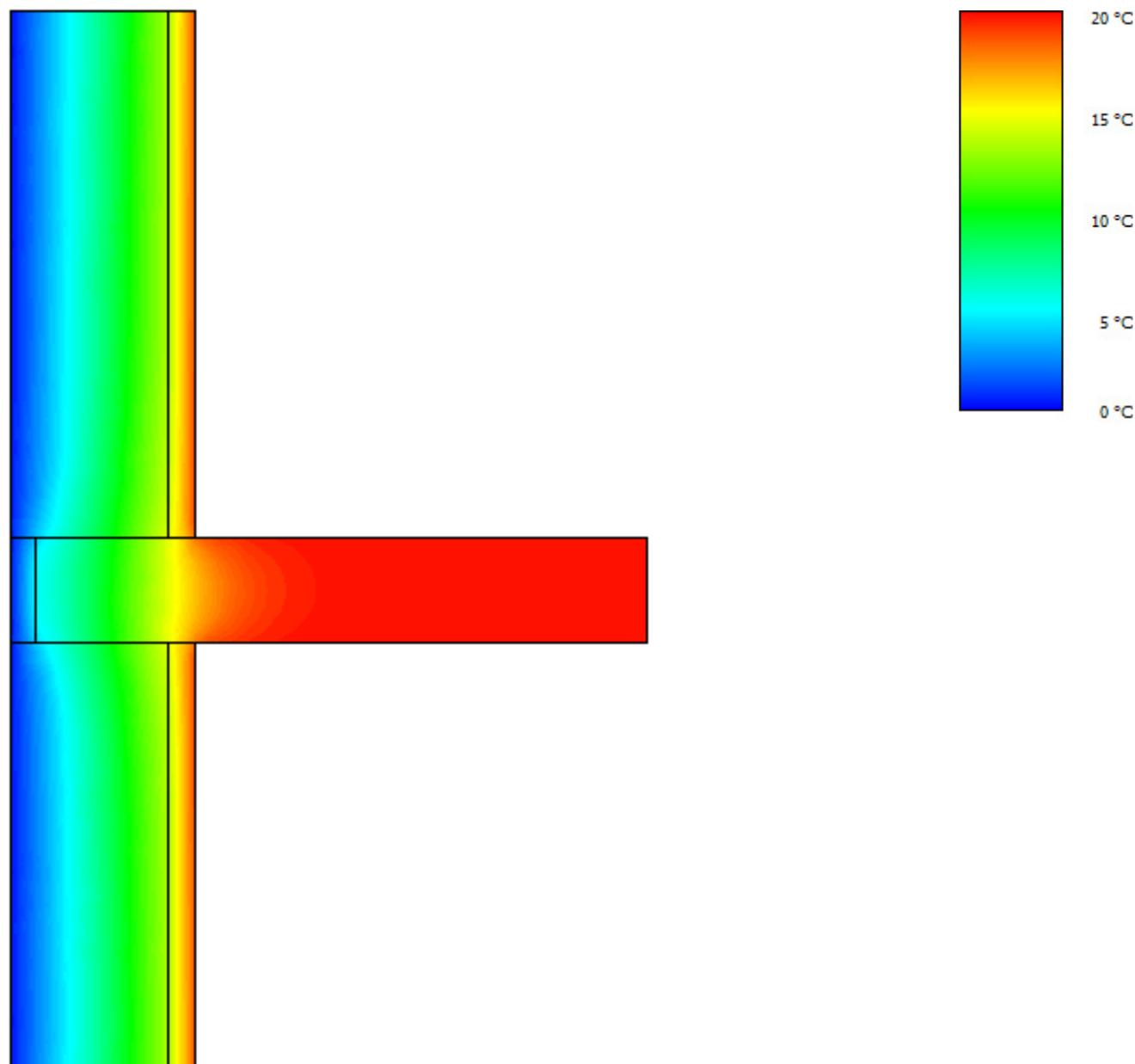
Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata dall'interno e soletta isolata.

### Geometria del ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta isolata



Tratto	Dim. (m)
0	0.05
1	0.30
2	1.00
3	0.20
4	1.00
5	0.30
6	0.05
7	1.00
8	0.95
9	0.20
10	0.95
11	1.00

## Temperature del ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta isolata



## Risultati del ponte termico solaio con parete isolata dall'interno e soletta isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.02	W/mK
Flusso termico totale	F	15.72	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.79	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.29	W/m

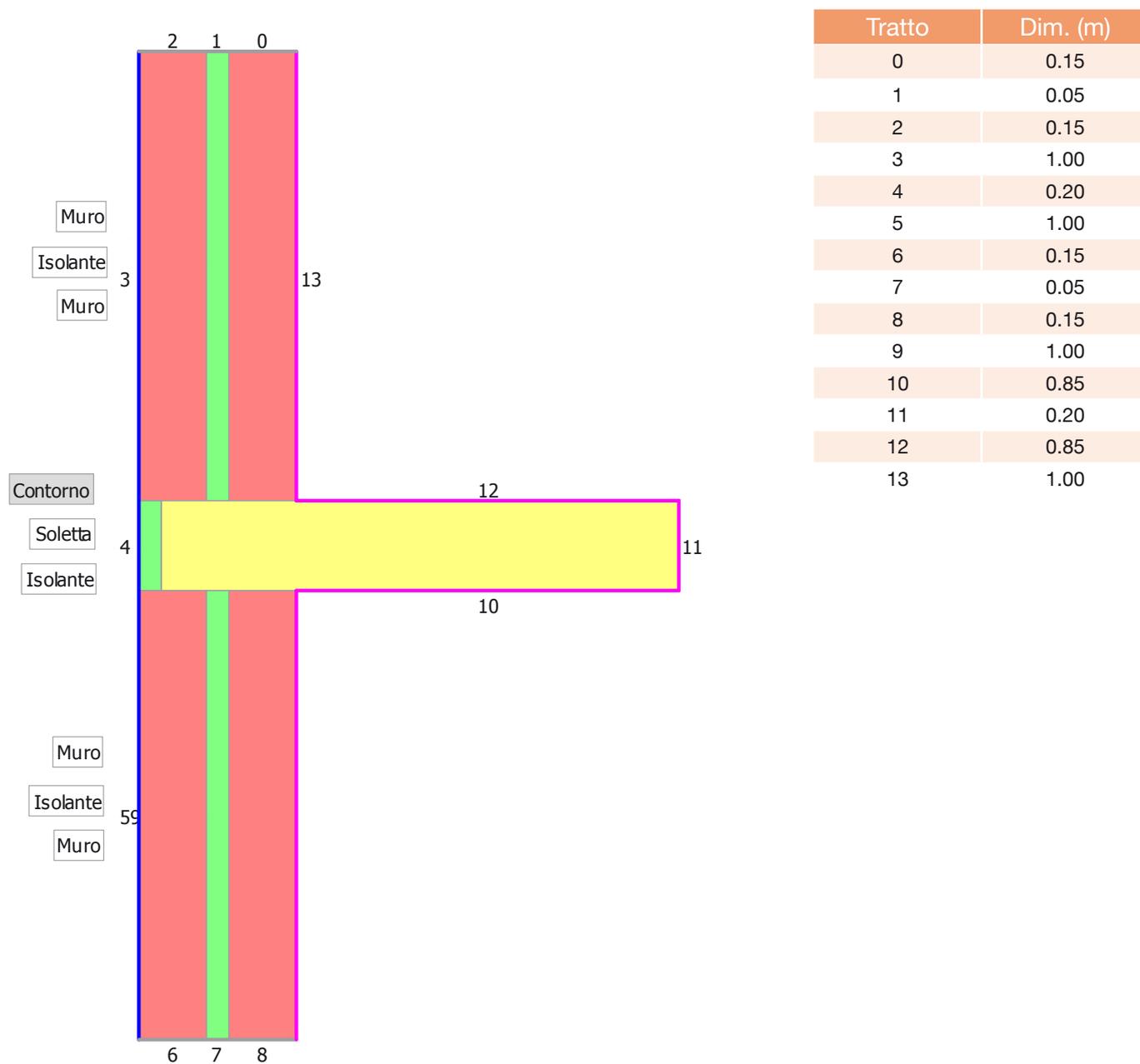
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

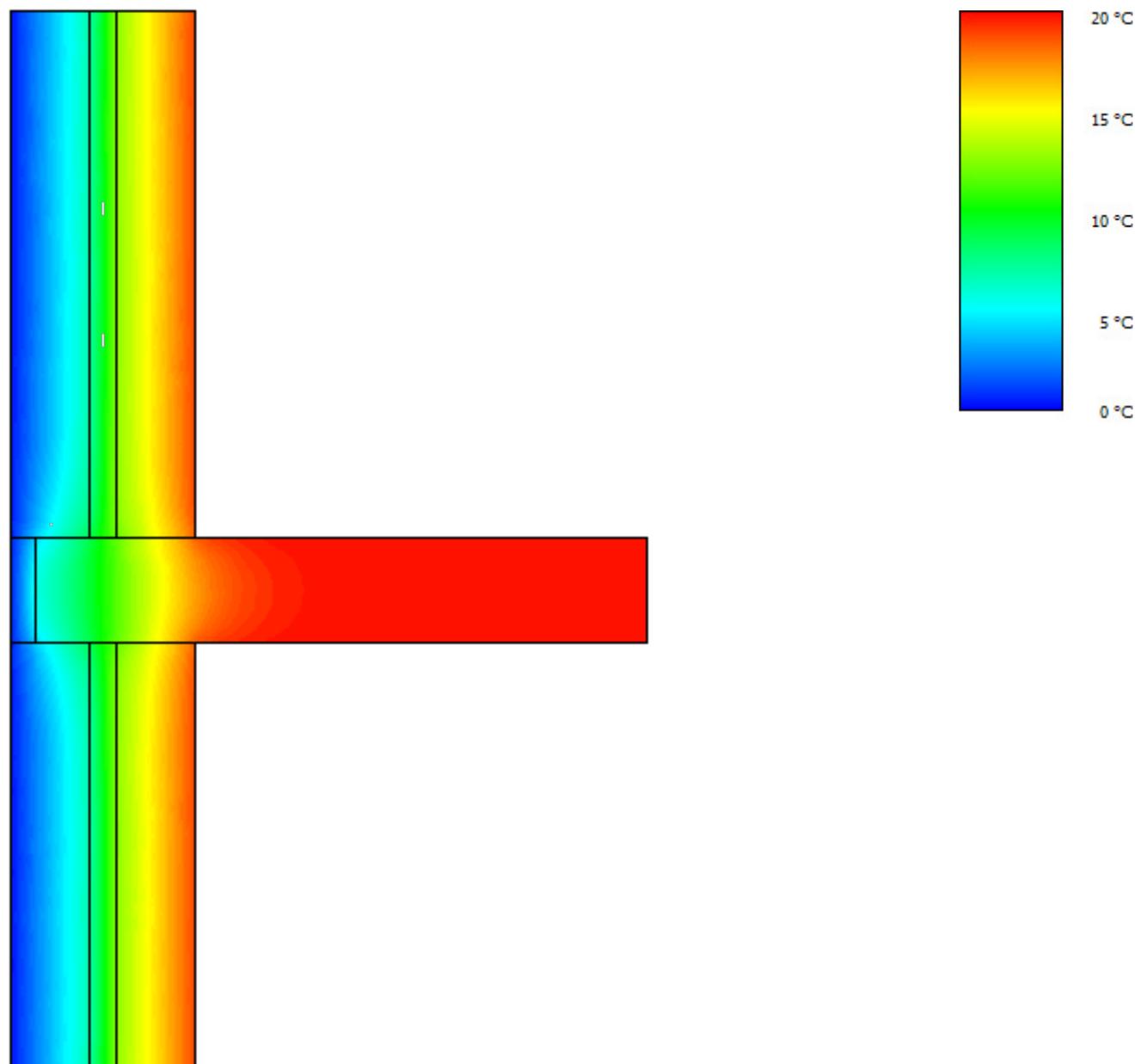
## Ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta isolata

Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata in mezzeria e soletta isolata.

### Geometria del ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta isolata



## Temperature del ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta isolata



## Risultati del ponte termico solaio con parete isolata in mezzeria e soletta isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.02	W/mK
Flusso termico totale	F	15.78	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.79	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.29	W/m

Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

# Ponte termico balconi

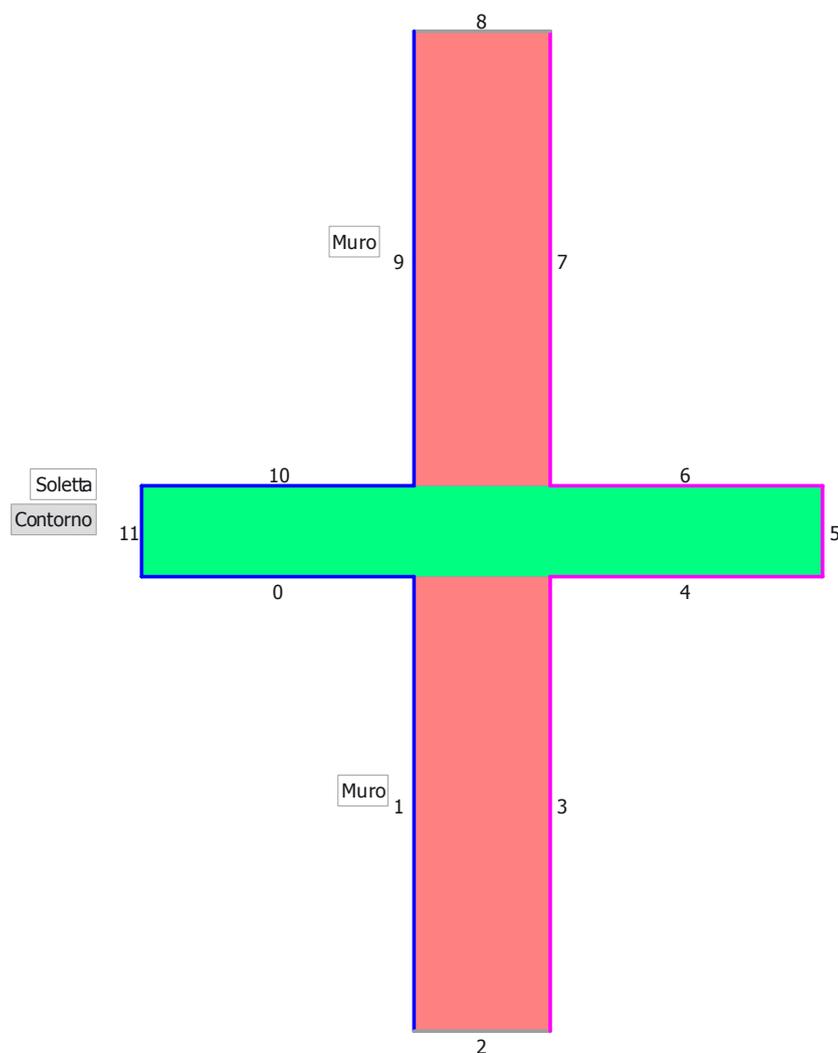
Vediamo come calcolare un ponte termico di balconi corretto normativamente, con l'utilizzo del software TerMus-PT, per le seguenti soluzioni:

- Ponte termico balconi con parete non isolata
- Ponte termico balconi con parete isolata dall'esterno
- Ponte termico balconi con parete isolata dall'interno
- Ponte termico balconi con parete isolata in mezzeria

## Ponte termico balconi con parete non isolata

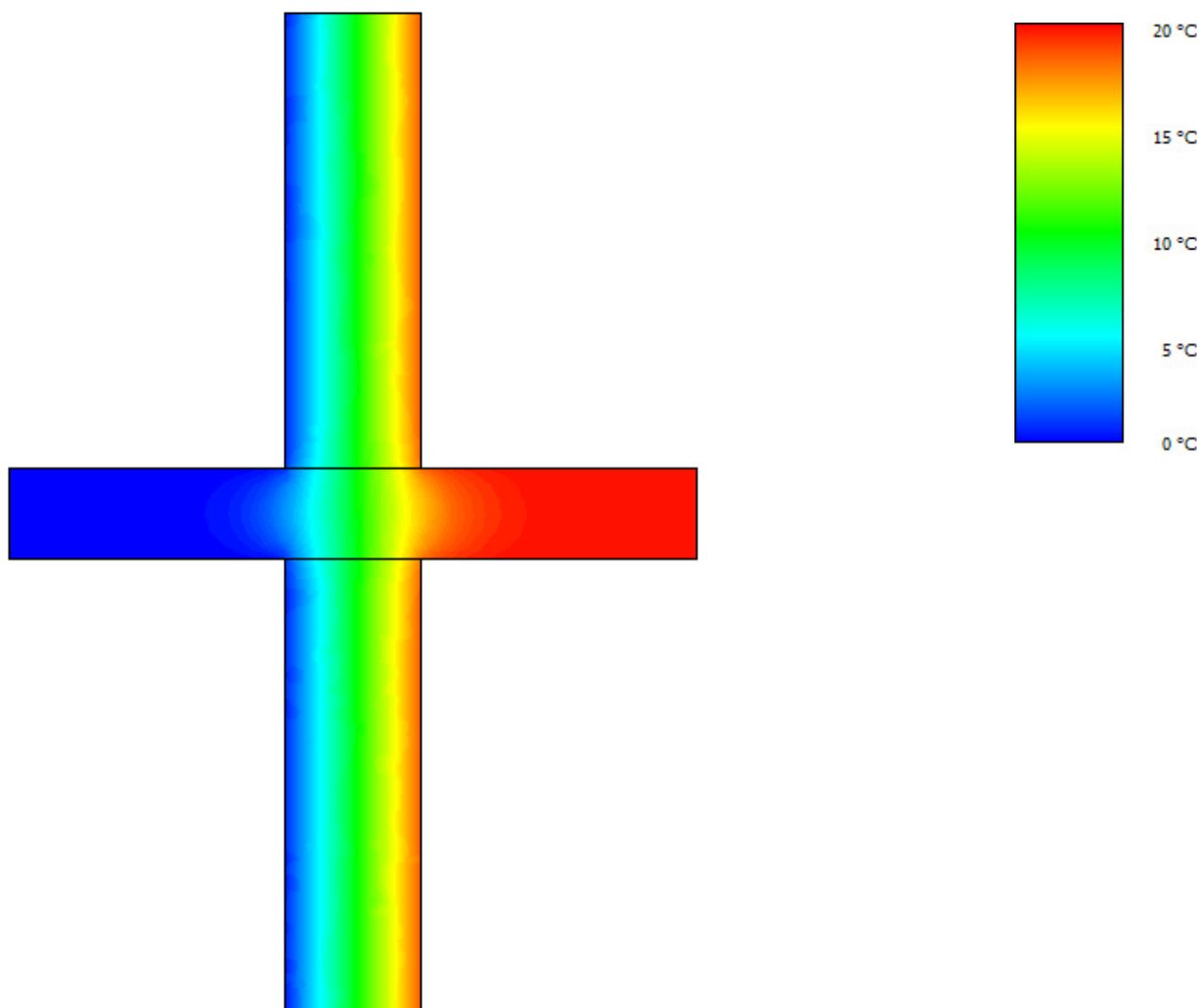
Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna non isolata con un soletta.

### Geometria del ponte termico balconi con parete non isolata



Tratto	Dim. (m)
0	0.60
1	1.00
2	0.30
3	1.00
4	0.60
5	0.20
6	0.60
7	1.00
8	0.30
9	1.00
10	0.60
11	0.20

## Temperature del ponte termico balconi con parete non isolata



## Risultati del ponte termico balconi con parete non isolata

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.02	W/mK
Flusso termico totale	F	21.82	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	1.09	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	21.52	W/m

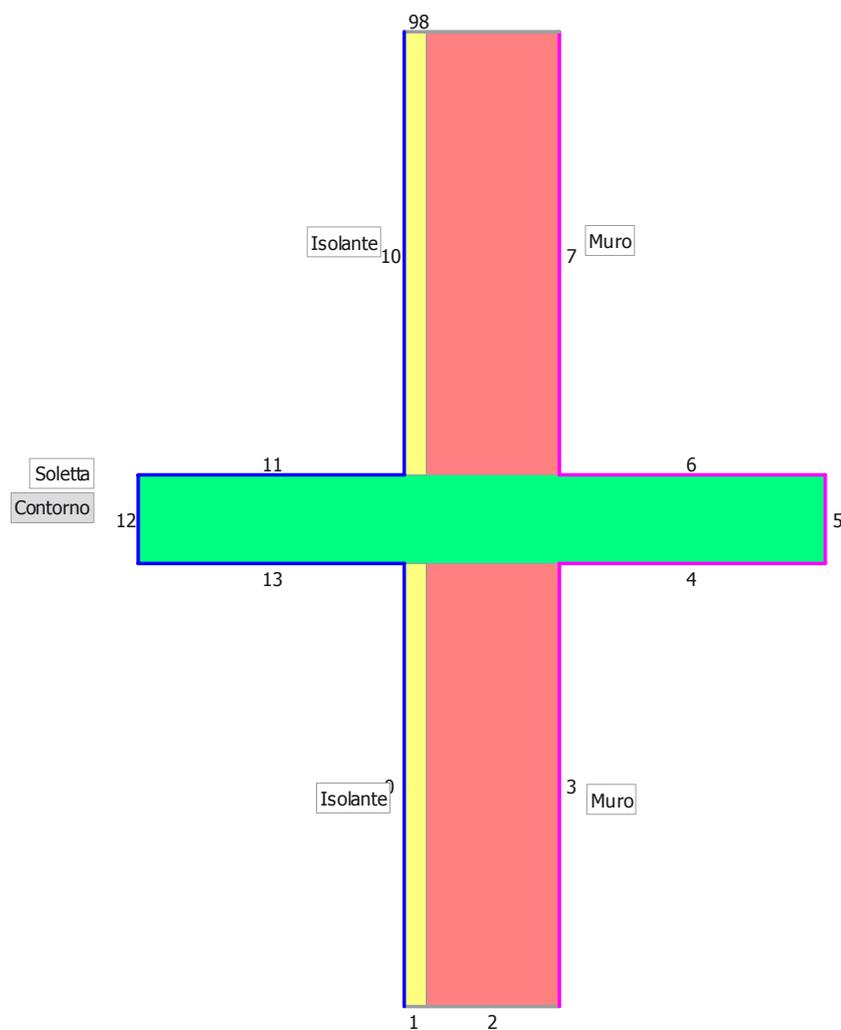
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

## Ponte termico balconi con parete isolata dall'esterno

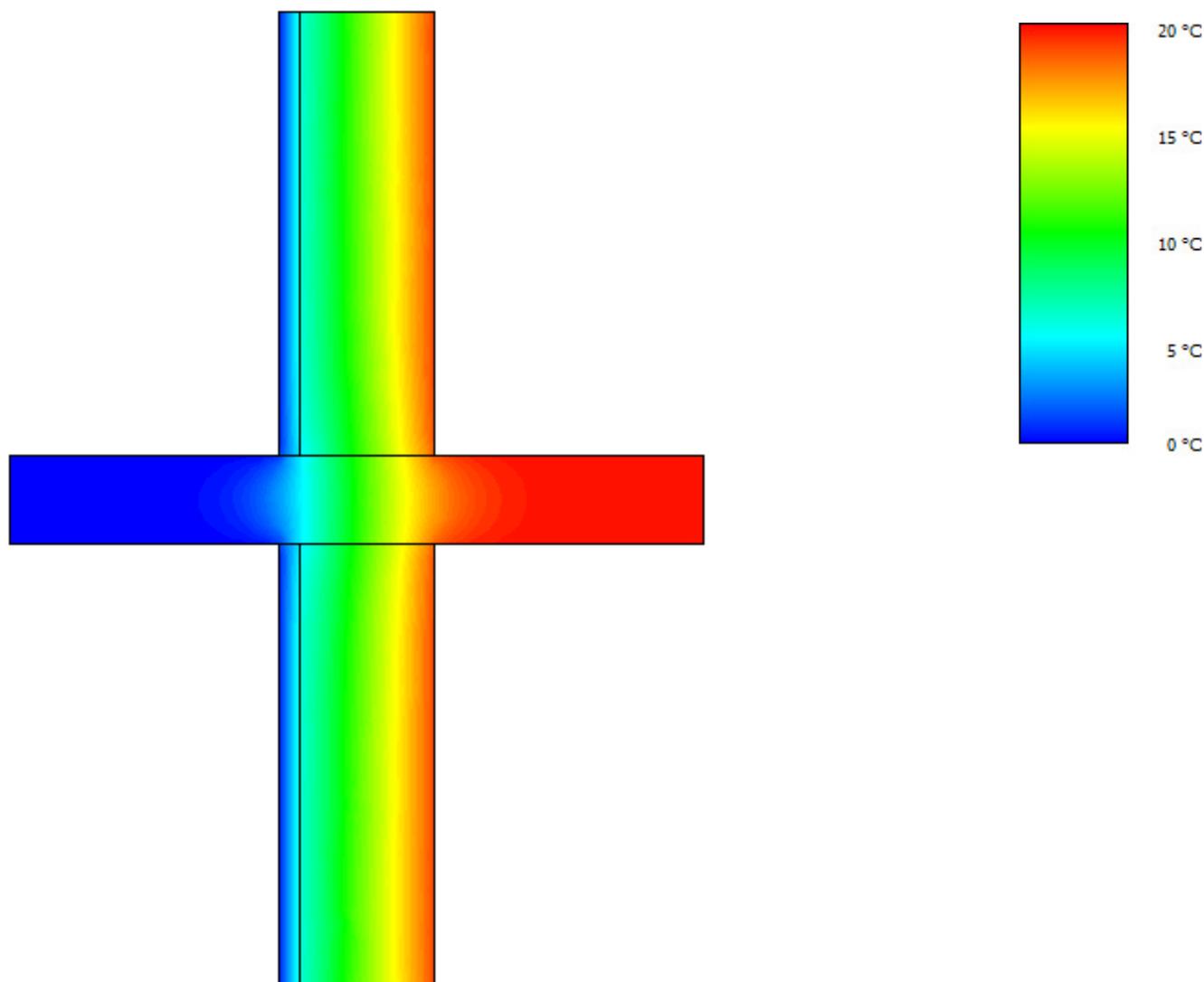
Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata dall'esterno con un soletta.

### Geometria del ponte termico balconi con parete isolata dall'esterno



Tratto	Dim. (m)
0	1.00
1	0.05
2	0.30
3	1.00
4	0.60
5	0.20
6	0.60
7	1.00
8	0.30
9	0.05
10	1.00
11	0.60
12	0.20
13	0.60

## Temperature del ponte termico balconi con parete isolata dall'esterno



## Risultati del ponte termico balconi con parete isolata dall'esterno

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.04	W/mK
Flusso termico totale	F	16.82	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.80	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	21.52	W/m

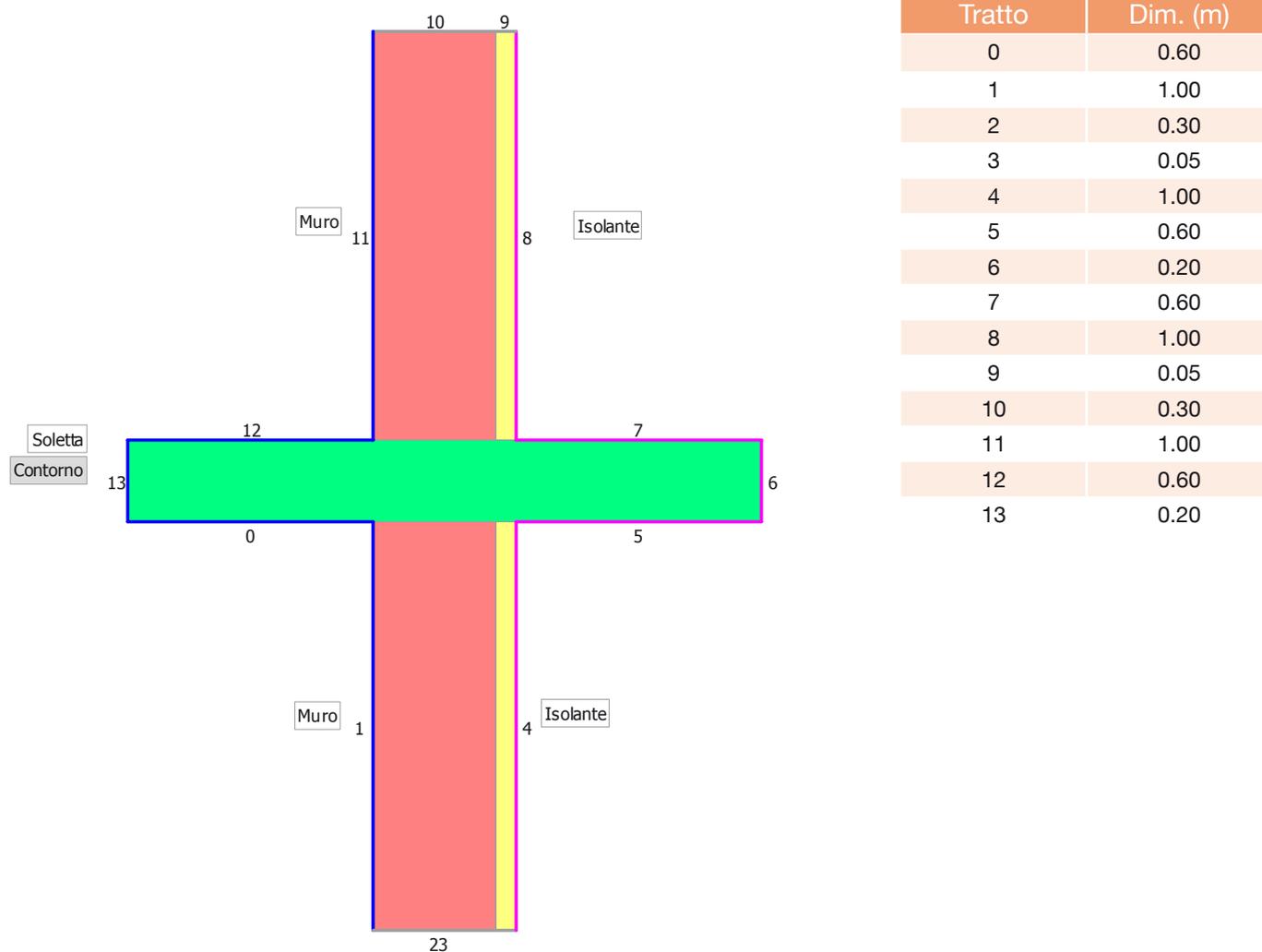
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

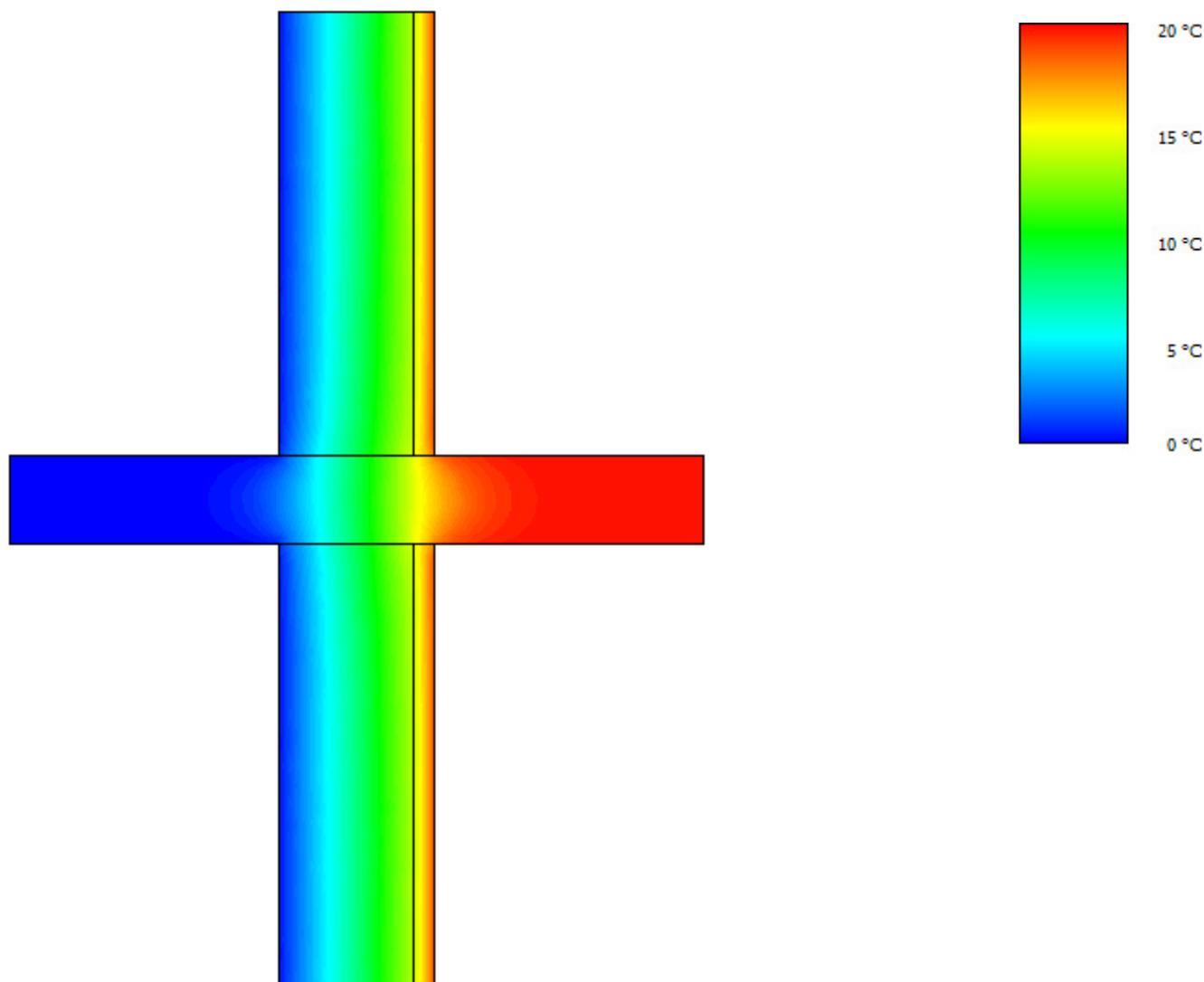
## Ponte termico balconi con parete isolata dall'interno

Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata dall'interno con un soletta.

### Geometria del ponte termico balconi con parete isolata dall'interno



## Temperature del ponte termico balconi con parete isolata dall'interno



## Risultati del ponte termico balconi con parete isolata dall'interno

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.04	W/mK
Flusso termico totale	F	16.00	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.80	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.29	W/m

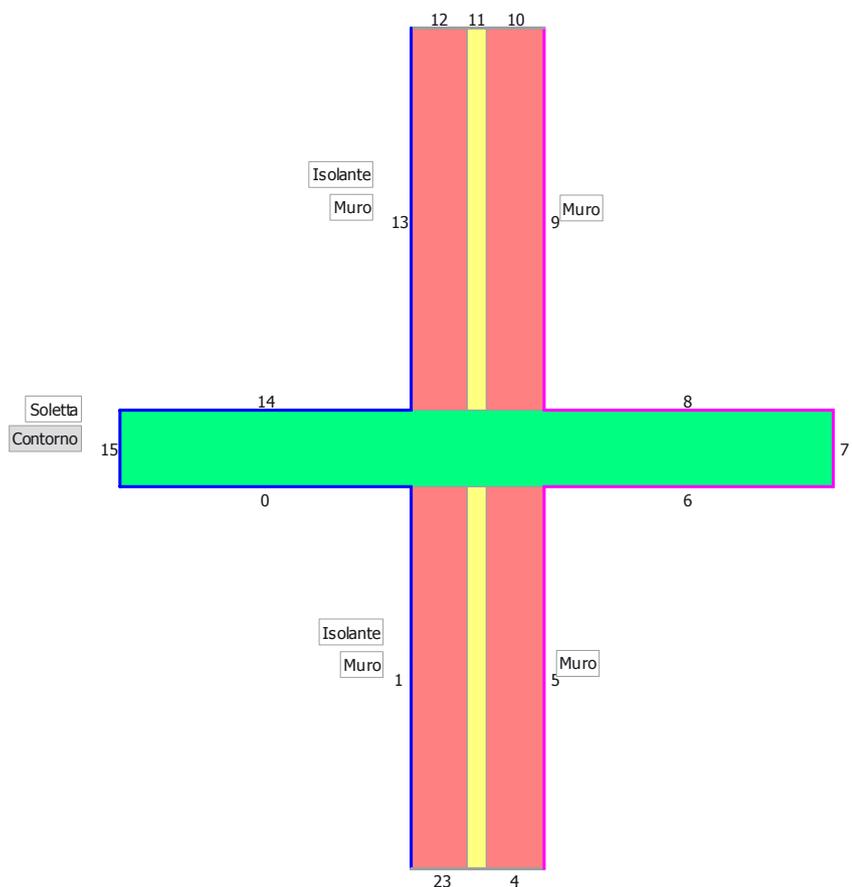
Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.

## Ponte termico balconi con parete isolata in mezzeria

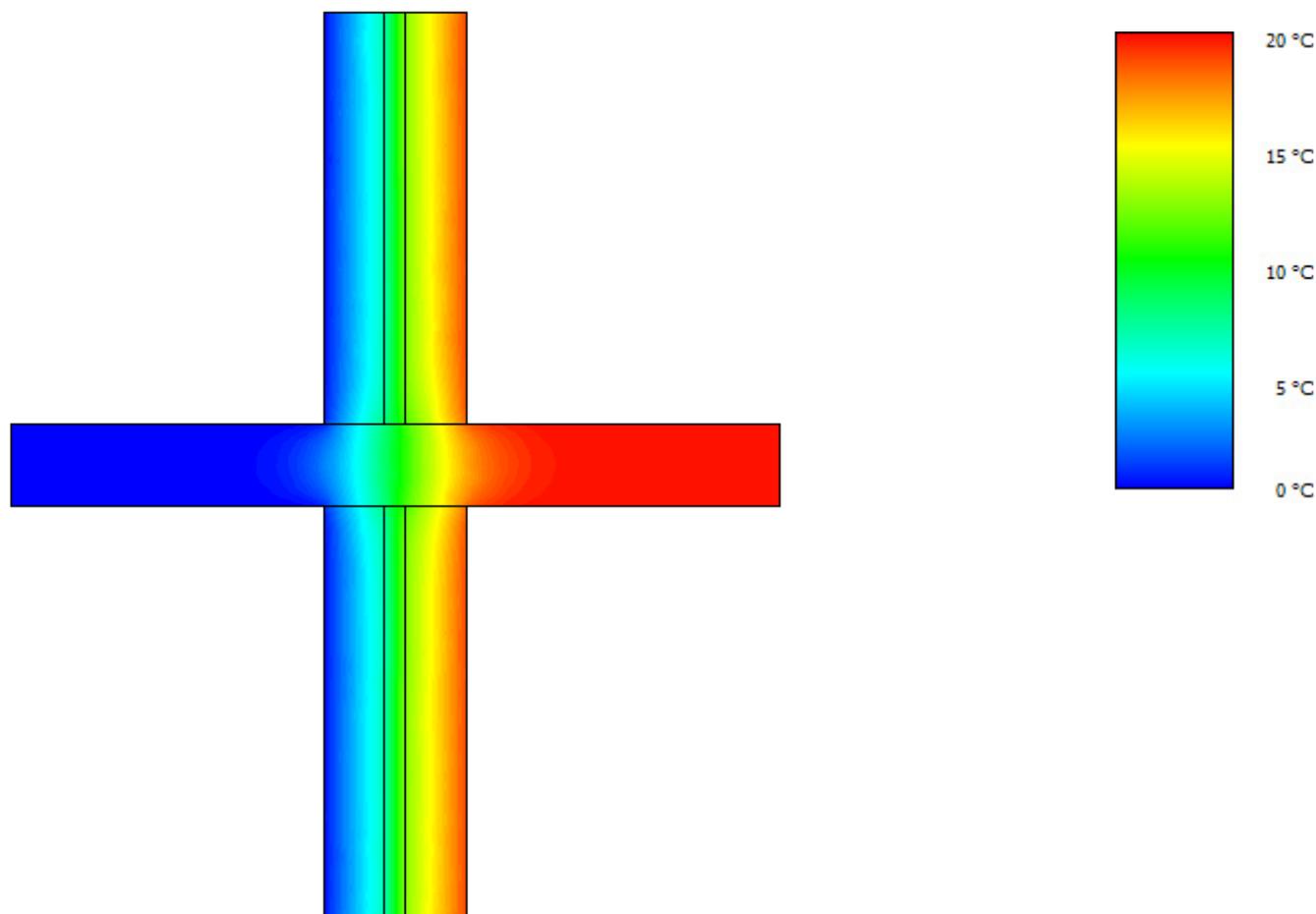
Ponte termico formato dalla giunzione di una parete esterna isolata in mezzeria con un soletta.

### Geometria del ponte termico balconi con parete isolata in mezzeria



Tratto	Dim. (m)
0	0.76
1	1.00
2	0.14
3	0.05
4	0.15
5	1.00
6	0.75
7	0.20
8	0.75
9	1.00
10	0.15
11	0.05
12	0.14
13	1.00
14	0.76
15	0.20

## Temperature del ponte termico balconi con parete isolata in mezzeria



## Risultati del ponte termico balconi con parete isolata in mezzeria

Descrizione	Simbolo	Valore	Unità di misura
Trasmittanza termica lineica	kl	0.04	W/mK
Flusso termico totale	F	16.22	W/m
Coefficiente di accoppiamento	L2D	0.81	W/mK
Lunghezza equivalente	L	2.20	m
Flusso termico (senza ponte termico)	F_spt	15.46	W/m

Condizioni al contorno: temperatura esterna 0°C; temperatura interna 20°C.

Conducibilità dei materiali: muro 0,1600 W/mK; isolante 0,0600 W/mK; soletta 0,2400 W/mK.



# TerMus-PT

## Calcolo Numerico Trasmittanza Ponti Termici

Calcola la trasmittanza  
dei ponti termici con i materiali  
e la forma che vuoi tu...