

## Requisiti minimi e FEM

I requisiti minimi di legge 10 per interventi di isolamento sugli edifici esistenti.

Importanza dei ponti termici bidimensionali in regime stazionario in accordo con UNI EN 14683 e le valutazioni in regime dinamico con sorgente interna



Ing. Rossella Esposti



# EFFICIENZA ENERGETICA- DM 26 GIUGNO 2015



miniGUIDA ANIT – Efficienza energetica e acustica degli edifici

## CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI (DPR 412/93)

E1	Edifici adibiti a residenza e assimilabili: E.1(1) continuative, E.1(2) saltuarie, E.1(3) alberghi.
E2	Edifici adibiti a ufficio e assimilabili pubblici o privati
E3	Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cure e assimilabili
E4	Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili
E5	Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili
E6	Edifici adibiti ad attività sportive
E7	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
E8	Edifici adibiti ad attività industriali e artigianali e assimilabili

## SCHEMA DELLE VERIFICHE

Incrociando il tipo d'intervento (colonne) con la classificazione dell'edificio (righe) si ottiene l'elenco completo delle prescrizioni da rispettare.

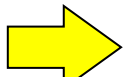
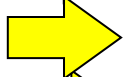
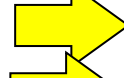
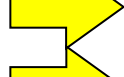
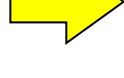
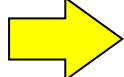
E1(1)						
E1(2)						
E1(3)						
E2	A,B,D,F,G, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y		A,B,D,E,F,G, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	B,C,E,F,I, K, L*	C,E,F,I, K,Q	E, M,N, Q, R,S, U,V, W,X,Y
E3						
E4						
E5						
E7						
E6	A,B,D,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	B,F,H, K,Q,S, T,W,Y	A,B,D,E,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y			
E8	A,B,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y		A,B,E,F, H,J,K,L*,M, P,Q,R,S, T,W,X,Y	B,C,E,F, K, L*	C,E,F, K,Q	M,O, Q, R,S, W,X

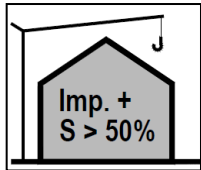
- Per avere il quadro delle verifiche da rispettare (e di eventuali esclusioni) è necessario riferirsi ai contenuti di ogni singola lettera riportati nelle pagine che seguono.
- Per tutti i casi non espressamente citati è necessario valutare se si rientra in uno o più dei tipi di intervento riportati nel decreto.
- Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a classi di utenza differenti (ad esempio un palazzo con negozi al piano terra e appartamenti residenziali ai piani superiori) le stesse devono essere valutate separatamente ciascuna nella categoria che le compete.

(\*) Questo requisito secondo le FAQ pubblicate nel 2016 e nel 2018 dal MISE si applica solo se l'intervento ricade anche negli ambiti di applicazione del DLgs 28/11 ovvero nel caso di edifici di nuova costruzione o di edifici esistenti soggetti a ristrutturazione rilevante (ovvero edificio con sup. utile >1000m<sup>2</sup> e soggetto a ristrutturazione integrale degli elementi edilizi costituenti l'involucro oppure edificio soggetto a demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria). Non è compreso il caso dell'ampliamento (FAQ 3.7 Dicembre 2018).



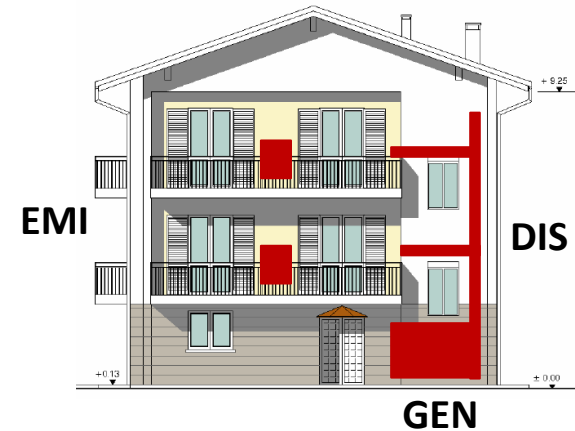
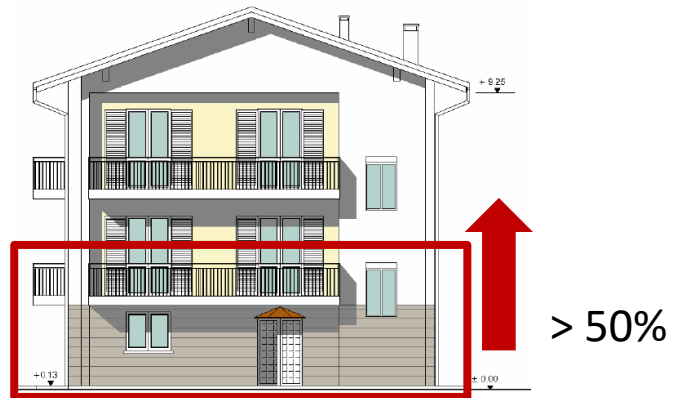
# COME INDIVIDUARE LE REGOLE EDIFICI ESISTENTI

	<b>A</b>	Verificare che $EP_{H,nd}$ , $EP_{C,nd}$ e $EP_{gl,tot}$ siano inferiori ai valori limite (All.1 Art. 3.3 comma 2b.iii e comma 3, App.A)
	<b>B</b>	Verificare che $H'_T$ sia inferiore al valore limite (All.1 Art. 3.3 comma 2b.i e Art. 4.2 comma 1b, App.A)
	<b>C</b>	Verificare che la trasmittanza delle strutture opache e chiusure tecniche rispetti i valori limite (All.1 Art. 5.2, comma 1a,b,c, Art. 4.2, comma 1a, Art. 1.4.3 comma 2, App. B)
	<b>D</b>	Verificare che la trasmittanza dei divisori sia inferiore o uguale a $0.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (All.1 Art.3.3 comma 5)
	<b>E</b>	Le altezze minime dei locali di abitazione [...] possono essere derogate fino a 10 cm. (All.1 Art.2.3 comma 4)
	<b>F</b>	Verificare l'assenza di rischio di formazione di muffe e di condensazioni interstiziali. (All. 1 Art. 2.3 comma 2)
	<b>G</b>	Verificare nelle località in cui $I_{m,s} \geq 290 \text{ W/m}^2$ , che le pareti opache verticali, orizzontali e inclinate rispettino i limiti di trasmittanza periodica ( $Y_{IE}$ ) e massa superficiale ( $M_s$ ) (All.1 Art. 3.3 comma 4b,c)
	<b>H</b>	Verificare che il rapporto $A_{sol,est}/A_{sup \text{ utile}}$ rispetti i limiti previsti (All.1 Art. 3.3 comma 2b.ii, App.A)
	<b>I</b>	Verificare che per le chiusure tecniche trasparenti $g_{gl+sh} \leq 0,35$ (All.1 Art. 5.2 comma 1d e Art. 4.2 comma 1a)
	<b>J</b>	Valutare l'efficacia dei sistemi schermanti delle superfici vetrate (All.1 Art.3.3 comma 4a)
	<b>K</b>	Verificare l'efficacia, per le strutture di copertura, dell'utilizzo di materiali a elevata riflettanza solare e di tecnologie di climatizzazione passiva (All.1 Art 2.3 comma 3)
	<b>L</b>	Rispettare gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili termiche ed elettriche secondo quanto previsto dal DLgs 28/11 e s.m. (All.1 Art. 3.3 comma 6, All.3 DLgs28/11)
	<b>M</b>	Verificare che i rendimenti $\eta_H, \eta_W$ e $\eta_C$ siano maggiori dei rispettivi valori limite (All.1 Art. 3.3 comma 2b.iv, Art. 5.3.1 comma 1a, Art.5.3.2 comma 1a, Art. 5.3.3 comma 1, App.A)



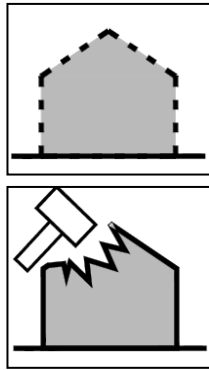
# EDIFICI ESISTENTI

## RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI 1° LIVELLO



I requisiti si applicano ALL' INTERO EDIFICIO

STESSI REQUISITI DEI NUOVI EDIFICI (a parte le FER)



# NUOVA COSTRUZIONE

## NUOVA COSTRUZIONE + DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE

I requisiti si applicano  
all'intero edificio :

A-  $EP_{H,nd}$   $EP_{C,nd}$   $EP_{gl,tot}$

← **Calcolo PT**

B-  $H't$  ← **Calcolo PT**

H-  $A_{sol,est}/A_{sup\ utile}$

D- U limite per divisori  $< 0,8$  (W/m<sup>2</sup>K)

G-  $\Psi_{ie}$

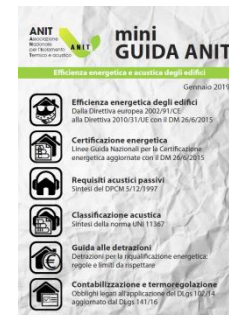
F- verifiche termoigrometriche

M-  $\eta_H$   $\eta_w$   $\eta_c$  : rendimenti limite

Q,R- valvole e termoregolazione

L- FER

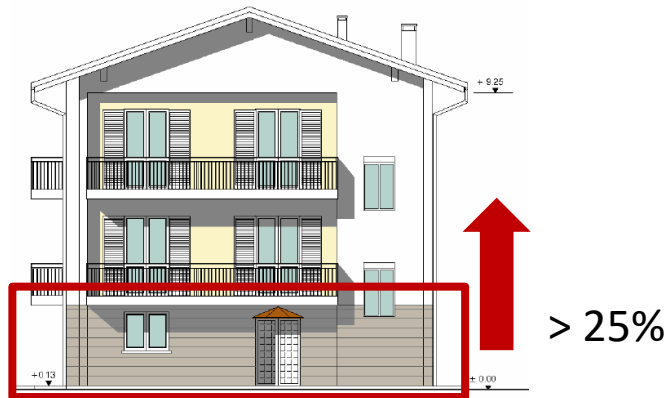
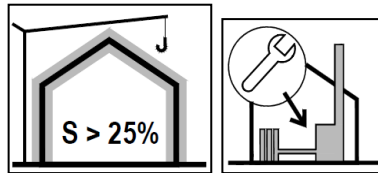
+ Altri requisiti specifici





# EDIFICI ESISTENTI

## RISTRUTTURAZIONI IMPORTANTI DI II° LIVELLO



I requisiti si applicano  
**alla superficie oggetto  
di intervento** e riguardano:

C- Ulim ← **Calcolo PT**

B- H't ← **Calcolo PT**

I-  $g_{gl+sh} < 0.35$

F- verifiche termoigrometriche

M-  $\eta_H \eta_w \eta_c$  : rendimenti limite

Q,R- Installazione valvole e  
termoregolazione

+ Altri requisiti specifici



# EDIFICI ESISTENTI

## RIQUALIFICAZIONI ENERGETICHE – INVOLUCRO/ IMPIANTO

I requisiti si applicano **alla superficie o sistema oggetto di intervento** e riguardano:

C- Ulim ← **Calcolo PT**

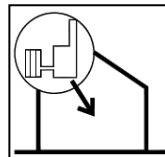
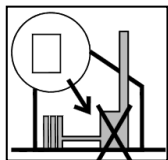
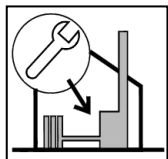
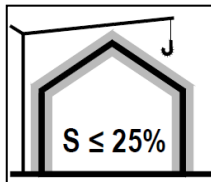
I-  $g_{gl+sh} < 0.35$

F- verifiche termoigrometriche

M-  $\eta_H \eta_w \eta_c$  : rendimenti limite

Q,R- Installazione valvole e termoregolazione

+ Altri requisiti specifici





## Trasmittanze limite di legge



Zona climatica	U (W/m <sup>2</sup> K)	
	2015 <sup>(1)</sup>	2021 <sup>(2)</sup>
A e B	0,45	0,40
C	0,40	0,36
D	0,36	0,32
E	0,30	0,28
F	0,28	0,26

### Trasmittanza limite **comprensive di ponte termico**

Isolamento dall'interno e in intercapedine **TRASMITTANZA LIMITE + 30% (solo per riqualificazioni energetiche)**

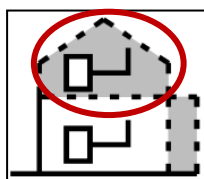
Nel caso di installazione di impianti termici dotati di pannelli radianti a pavimento o a soffitto e nel caso di intervento di isolamento dall'interno **DEROGA fino a un massimo di 10 centimetri.**





## EDIFICI ESISTENTI

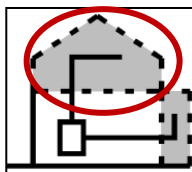
### **RECUPERO DI VOLUME PRECEDENTEMENTE NON RISCALDATO SUPERIORI AL 15% o 500 m<sup>3</sup> CON NUOVO IMPIANTO**



I requisiti si applicano AL NUOVO VOLUME

STESSI REQUISITI DEI NUOVI EDIFICI  
(a parte le FER)

### **RECUPERO DI VOLUME PRECEDENTEMENTE NON RISCALDATO SUPERIORI AL 15% o 500 m<sup>3</sup> CON ESTENSIONE DI IMPIANTO**



I requisiti si applicano AL  
NUOVO VOLUME

B- H't

H- Asol,est/Asup utile

F- verifiche termoigrometriche

Q,R- valvole e termoregolazione



## EDIFICI ESISTENTI

### INTERVENTI SULL'IMPIANTO

NB La sola sostituzione dei corpi scaldanti (senza sostituire il generatore) non prevede il rispetto di requisiti specifici.

Si rientra negli ambiti di applicazione del DM 26 giugno 2015 soltanto se il generatore viene sostituito

# ANALISI DEI PONTI TERMICI

## Norme di riferimento per il calcolo:

### UNI EN ISO 14683

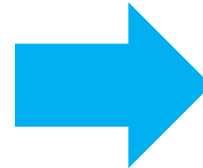
Ponti termici in edilizia – Coefficienti di trasmissione lineica – Metodi semplificati e valori di riferimento



- **Elenco dei metodi**
- **Abaco precalcolato**

### UNI TS 11300-1

Modalità di considerare i PT nel calcolo del fabbisogno



- **Uso del coef.  $\psi$**
- **Divieto per l'uso dell'Abaco precalcolato**

# ANALISI DEI PONTI TERMICI

## Norme di riferimento per il calcolo:

### UNI EN ISO 10211

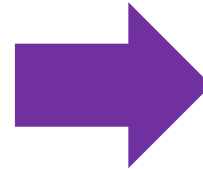
Ponti termici in edilizia – Flussi termici e temperature superficiali  
– Calcoli dettagliati



- **Costruzione nodo**

### UNI EN ISO 13788

Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e la condensazione interstiziale - Metodi di calcolo

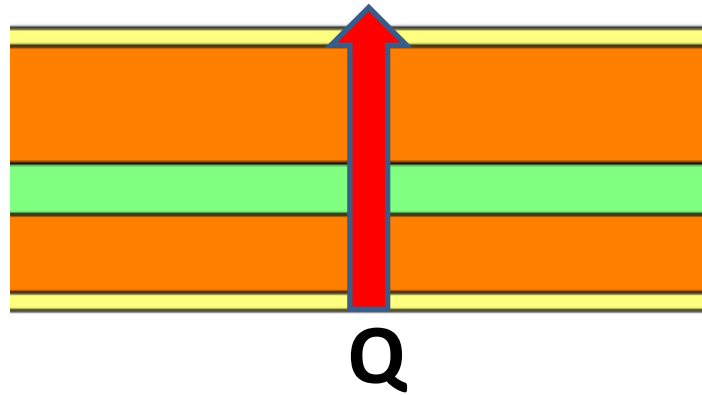


- **Clima interno**
- **Verifiche igrotermiche**

## PERCHE' IL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI?

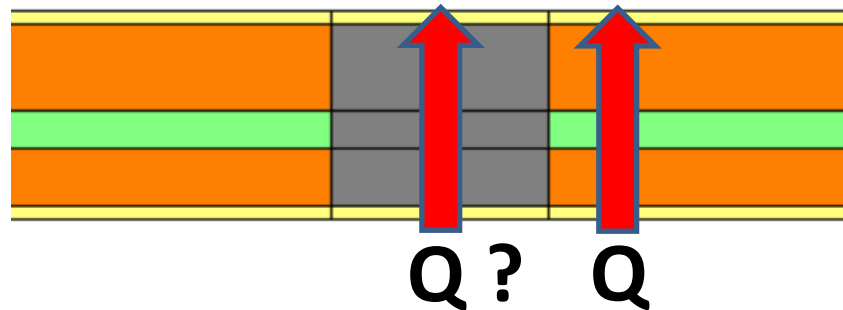
Calcolo del flusso attraverso una parete

$$Q = \frac{A \times U \times \Delta T}{H} \text{ (W)}$$



**NB. Ipotesi:** il flusso è **monodimensionale** e **perpendicolare alle facce** della parete

Che cosa succede se c'è una discontinuità? Posso ragionare allo stesso modo (come se fossero due diverse pareti affiancate)?

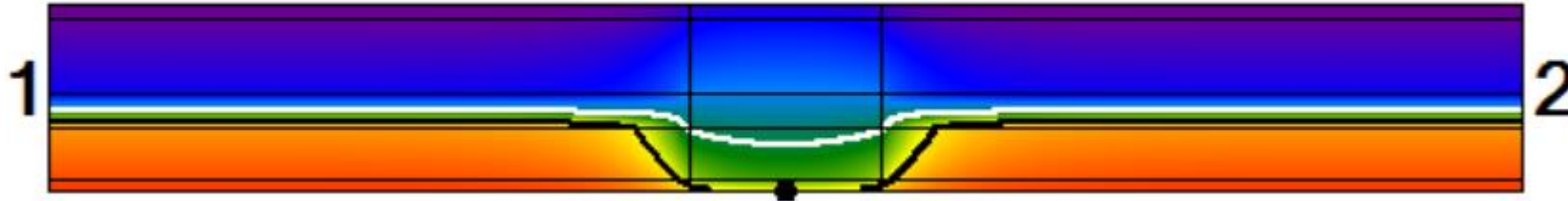


$H_{\text{parete}} + H_{\text{pilastro}} ??$

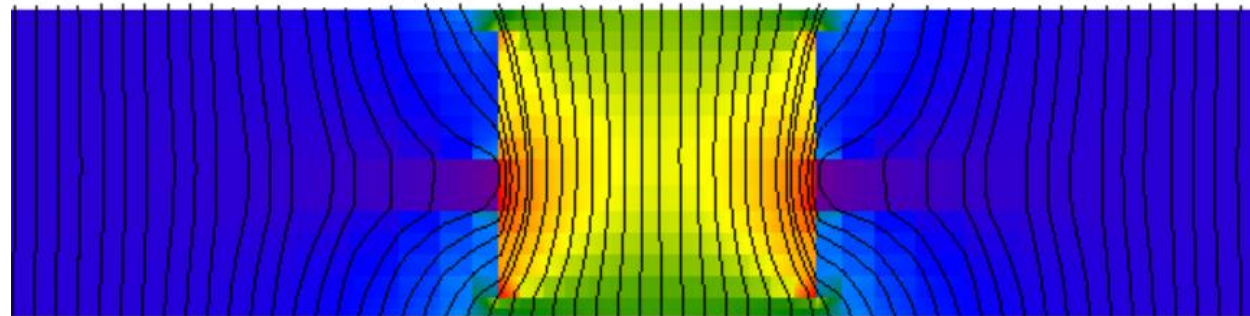
# PERCHE' IL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI?

Risultati:

1) Andamento delle temperature



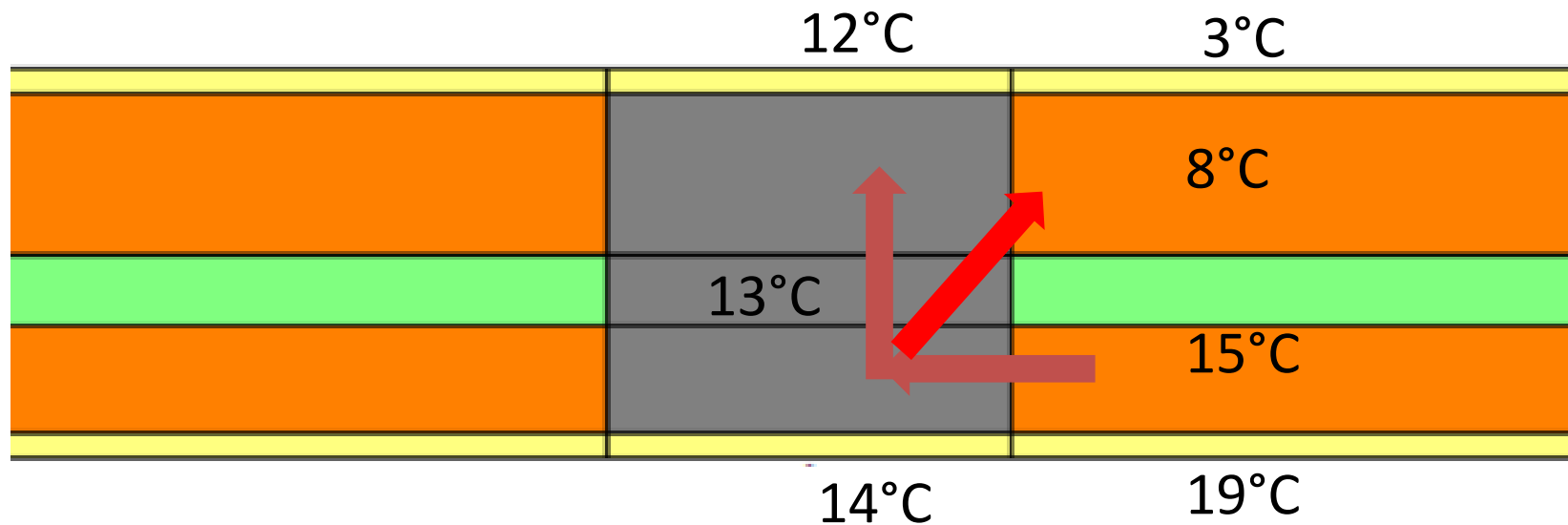
2) Andamento dei flussi



## PERCHE' IL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI?

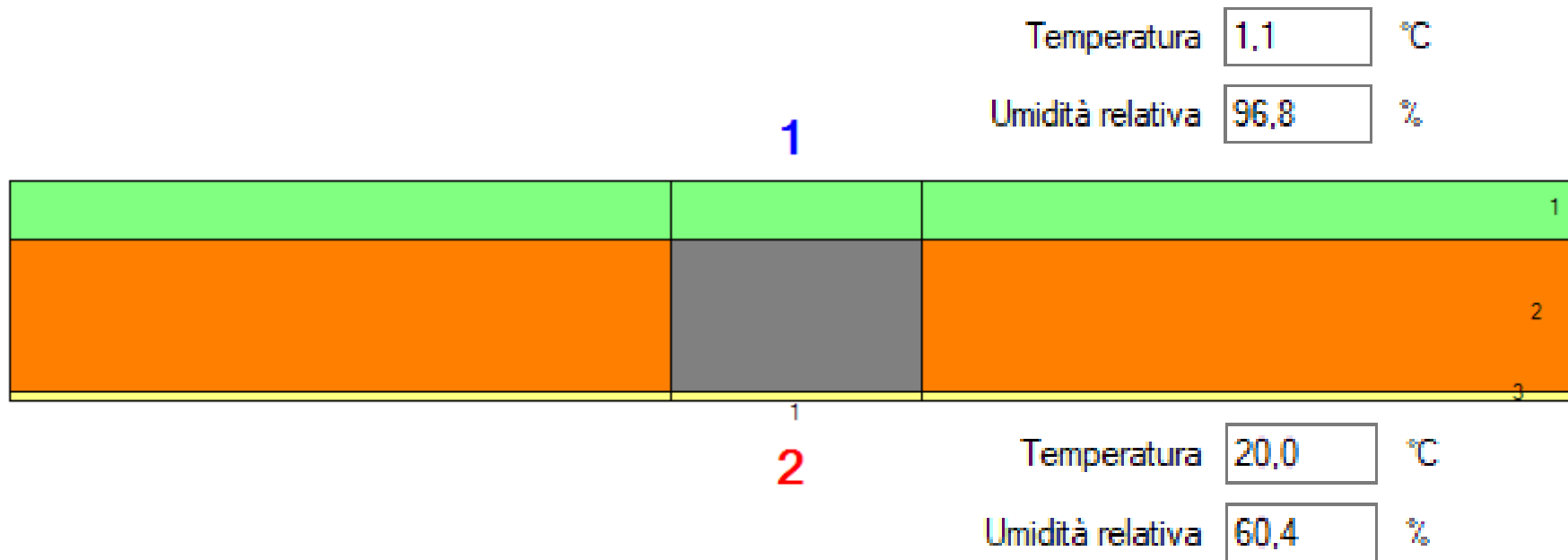
Con l'analisi FEM si riesce a rilevare il flusso aggiuntivo generato dalla discontinuità

$$E - T_e$$



$$I - T_i$$

## DALLA FEM ALLE DISPERSIONI- SIGNIFICATO FISICO DI $\psi$



**A**

L'analisi agli elementi finiti risponde a questa domanda:

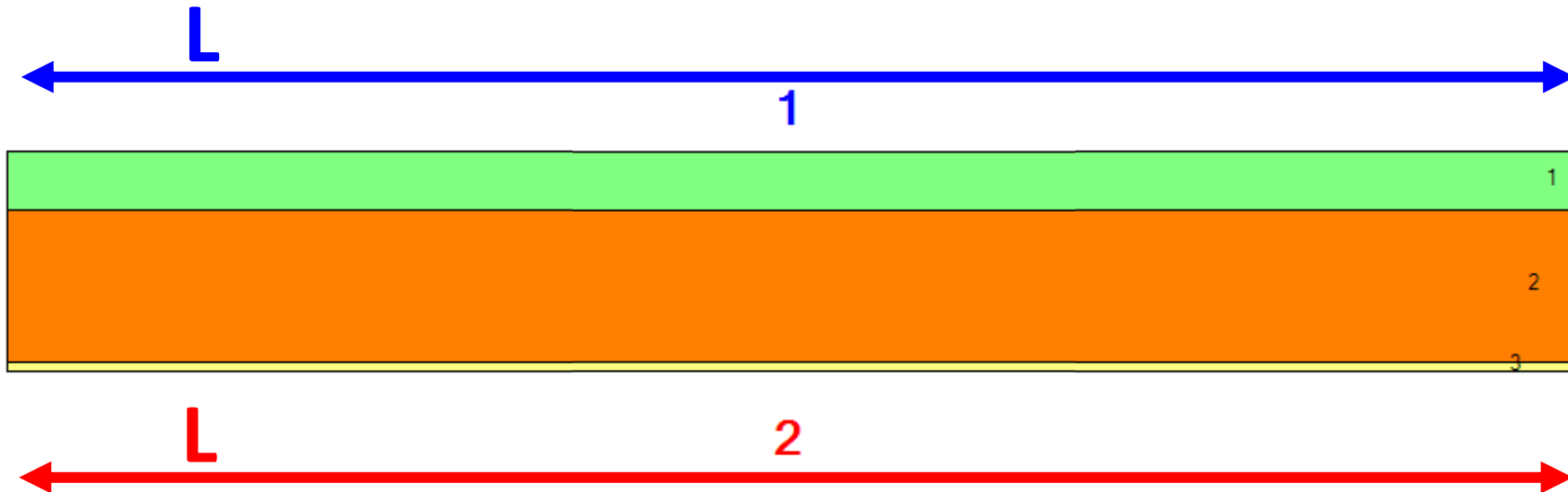
**Quanto vale il flusso attraverso il nodo?**

**Flusso** = 14,762 [W/m]

**L2D** = Flusso /  $\Delta T$  = 14,762 / (20.0–1.1) = 0,781 [W/mK]

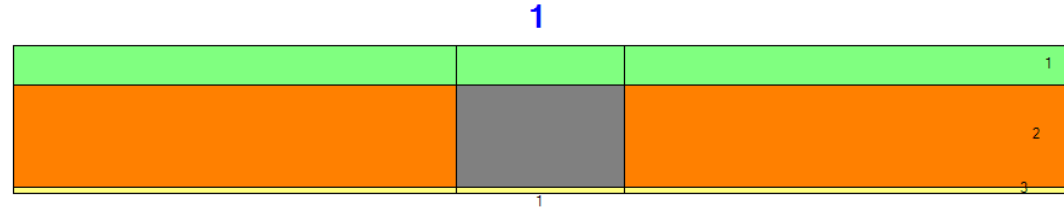


**B** Quanto vale la dispersione in assenza del ponte termico?  
**Disp.** =  $U \times A = U \times (L \times 1\text{m}) = 0,760 \text{ [W/mK]}$

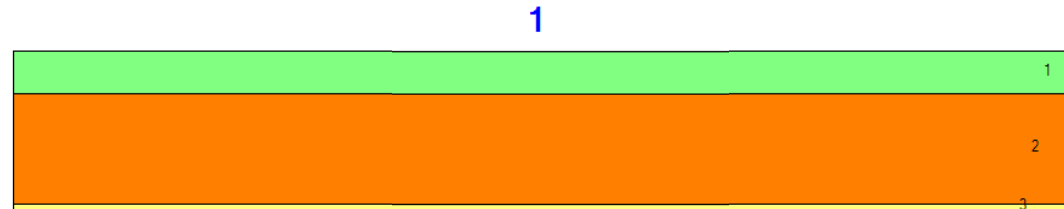


**C** Quanto pesa energeticamente il pilastro?  
Per rispondere confrontiamo il caso **A** e il caso **B**

$$\mathbf{L2D} = 0,781 \text{ [W/mK]}$$



$$\mathbf{Disp.} = 0,760 \text{ [W/mK]}$$

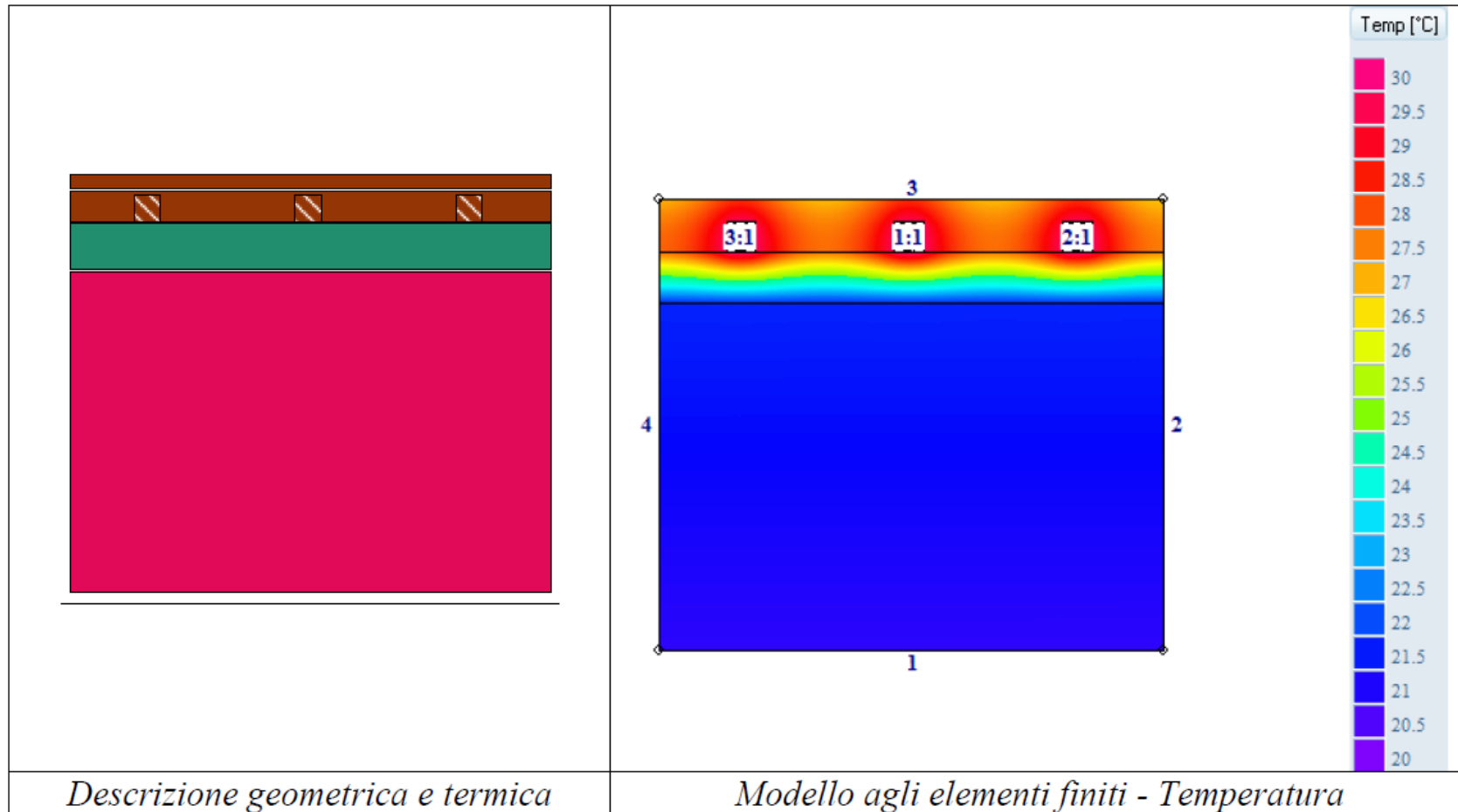


$$\mathbf{\Psi} = \mathbf{L2D} - \mathbf{Disp.} = 0,021 \text{ [W/mK]}$$

$$\mathbf{\Psi_e} = \mathbf{\Psi_i}$$

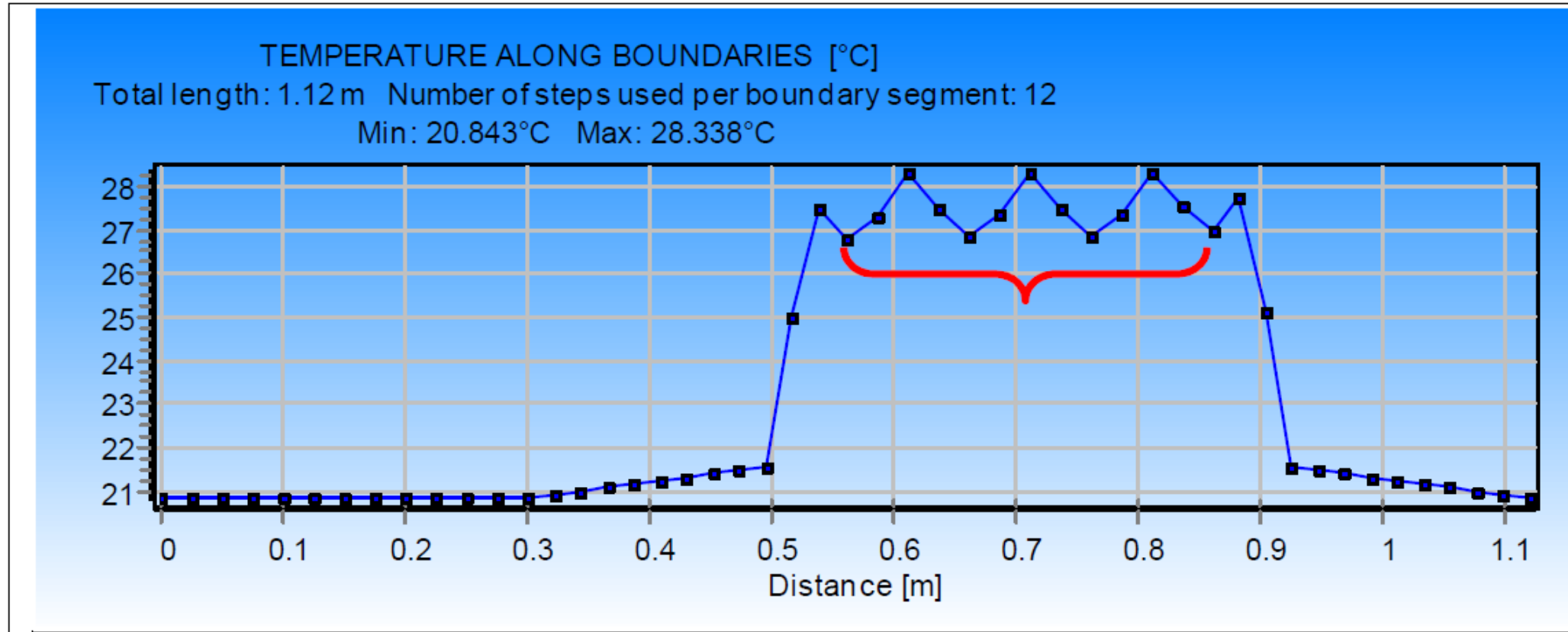
# POTENZIALITA' DEL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI

## Sorgente interna di calore + Fattore tempo



# POTENZIALITA' DEL CALCOLO AD ELEMENTI FINITI

Andamento delle temperature sulla faccia superiore del modello



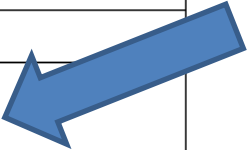
# SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLA STRUTTURA NEL TEMPO

## Caricamento e scaricamento: la struttura si scalda e poi si raffredda

Dati al contorno per il calcolo:

<b>Prova di riscaldamento</b>	<b>In accensione</b>
Periodo impostato di calcolo	1h30m
Intervallo grafico	1-19
Temperatura dei massetti e delle tubazioni	24°C
Temperatura di mandata del fluido termovettore	35 °C
Temperatura ambiente	24 °C
<b>Differenza percentuale tra dato misurato e calcolato</b>	<b>Compreso tra +1 e -3%</b>

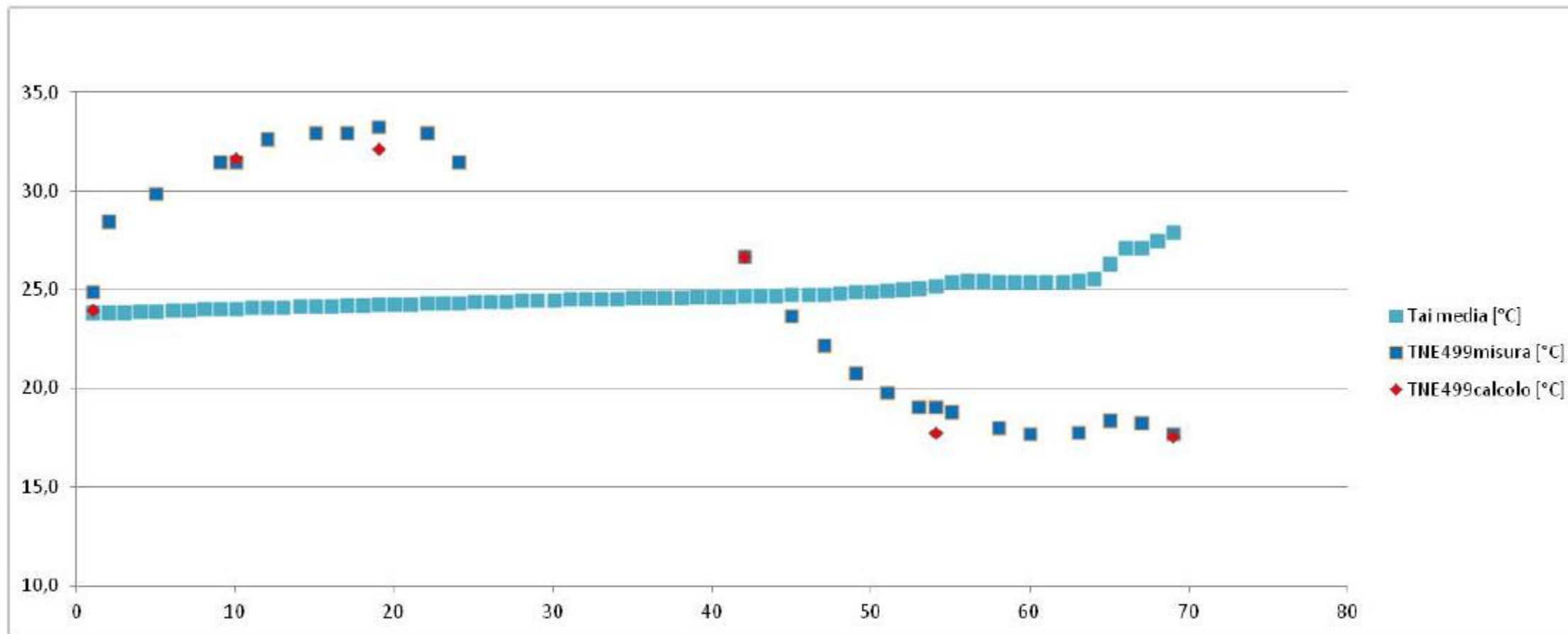
Scostamento tra calcolo ad elementi finiti e misure su campioni reali



<b>Prova di raffrescamento</b>	<b>In spegnimento</b>
Periodo impostato di calcolo	1h50m
Intervallo grafico	43-69
Temperatura dei massetti e delle tubazioni	26.7°C
Temperatura di mandata del fluido termovettore	15 °C
Temperatura ambiente	25 °C
<b>Differenza percentuale tra dato misurato e calcolato</b>	<b>Compreso tra -5 e -1%</b>

# SIMULAZIONE DEL COMPORTAMENTO DELLA STRUTTURA NEL TEMPO

Il calcolo ad elementi finiti simula bene il comportamento reale della struttura



*Grafico di confronto tra valori misurati (in blu) e valori calcolati in rosso*



**Grazie per l'attenzione**  
**[www.anit.it](http://www.anit.it)**

