



Committing to the future

Misura del valore U Trasmittanza termica

Cosa è il coefficiente di trasferimento del calore (valore U)?

Il coefficiente di trasferimento del calore, altresì detto anche trasmittanza, è la misura del flusso termico che per una differenza di temperatura di 1 Kelvin fluisce attraverso 1 m² di materiale.

L'unità di misura è: **W/m²K.**

Il fabbisogno termico di un fabbricato sia in termini di valori di picco che in termini di fabbisogno annuo dipende dall'isolamento termico del fabbricato stesso in rapporto alle condizioni climatiche della località in cui il fabbricato è sito. Nel calcolo dell'isolamento termico entrano in gioco le geometrie dei fabbricati stessi ed i relativi ponti termici oltre al valore di trasmittanza delle singole pareti o superfici vetrate che compongono l'involucro esterno del fabbricato.

Fabbisogno energetico e valore U

Per calcolare il fabbisogno termico di un fabbricato, occorre determinare il valore U delle differenti parti costruttive che devono rientrare a seconda delle zone climatiche ed in funzione di coefficienti correttivi riportati nelle norme attuative entro determinati limiti

Più è piccolo il valore U del componente e minori sono le dispersioni.

Zona climatica	Strutture			
	Opache verticali	Opache orizzontali o inclinate		Chiusure trasparenti comprensive di infissi
		Coperture	Pavimenti verso locali a temperatura non controllata o verso l'esterno	
D	0,36	0,32	0,36	2,4
E	0,34	0,30	0,33	2,2
F	0,33	0,29	0,32	2,0

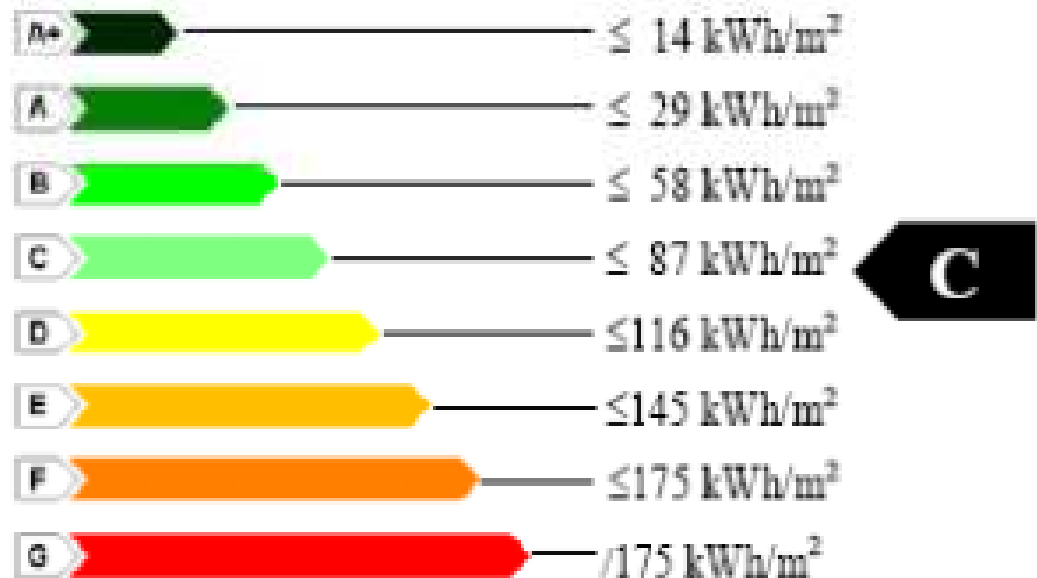
Tabella A.3 - Valori limite della trasmittanza termica espressa in W/m^2K . **

**Fonte: disposizioni tecniche attuative per l'efficienza energetica in edilizia della Regione Lombardia

Fabbisogno energetico e valore U

Obiettivo è la collocazione del fabbricato all'interno di una classe energetica ben definita che consenta una semplice identificazione del suo fabbisogno energetico

Classe energetica – zona climatica E ^{**}



****Fonte: disposizioni tecniche attuative per l'efficienza energetica in edilizia della Regione Lombardia**

Differenza tra Lambda e valore U

Tanto più un materiale è pessimo conduttore di calore, quanto meglio isola.

Ci sono due differenti coefficienti applicabili per determinare le qualità isolanti dei materiali. A volte confusi fra loro.

Il valore λ (**Lambda**) che non considera lo spessore del materiale isolante. Solo indicando lo spessore del materiale (ad esempio 5 centimetri) ed il suo valore Lambda (ad esempio lana) si può calcolare il valore U e determinare il potere isolante.

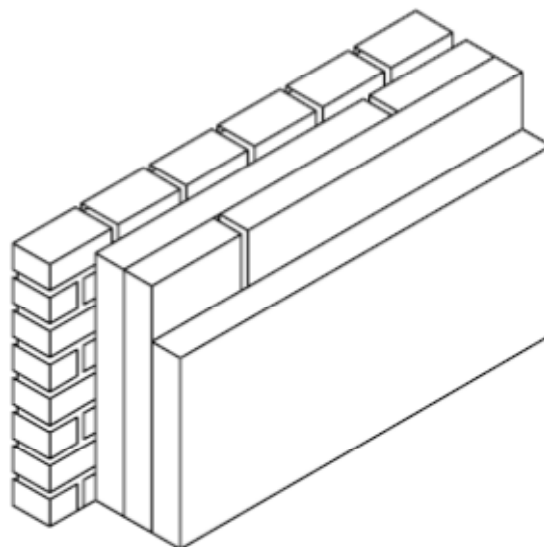
Il valore U corrisponde invece al prodotto finito. Ad esempio un mattone oppure una finestra.

In pratica il valore U è maggiormente indicativo in quanto non riferisce alla materia prima ma al prodotto finito.

Come si calcola il valore U di una parete?

Una metodologia di calcolo è ad esempio fornita dalla norma UNI EN ISO6946

Conoscendo i valori di λ di ciascun singolo strato costituente la struttura di una parete costituita da strati omogenei, oppure il valore U dei singoli strati non omogenei, è possibile determinarne il valore U complessivo semplicemente sommando la resistenza termica dei singoli strati costituenti la parete (compresi eventuali interstizi di aria) e le resistenze superficiali interne ed esterne delle pareti.



Per dettagli sul calcolo della trasmittanza di una parete si rimanda alla suddetta norma.

Come si calcola il valore U di una parete? UNI6946

λ_i = conducibilità termica dello strato i-esimo della parete --- W / (m K)

d_i = spessore dello strato i-esimo della parete --- m

R_i = resistenza termica dello strato i-esimo

R_{si} = resistenza termica superficiale interna

R_{se} = resistenza termica superficiale esterna

R_C = resistenza complessiva escluse le resistenze di superfici

R_T = resistenza totale della parete (inverso della trasmittanza)

U = trasmittanza della parete --- W / (m² K)

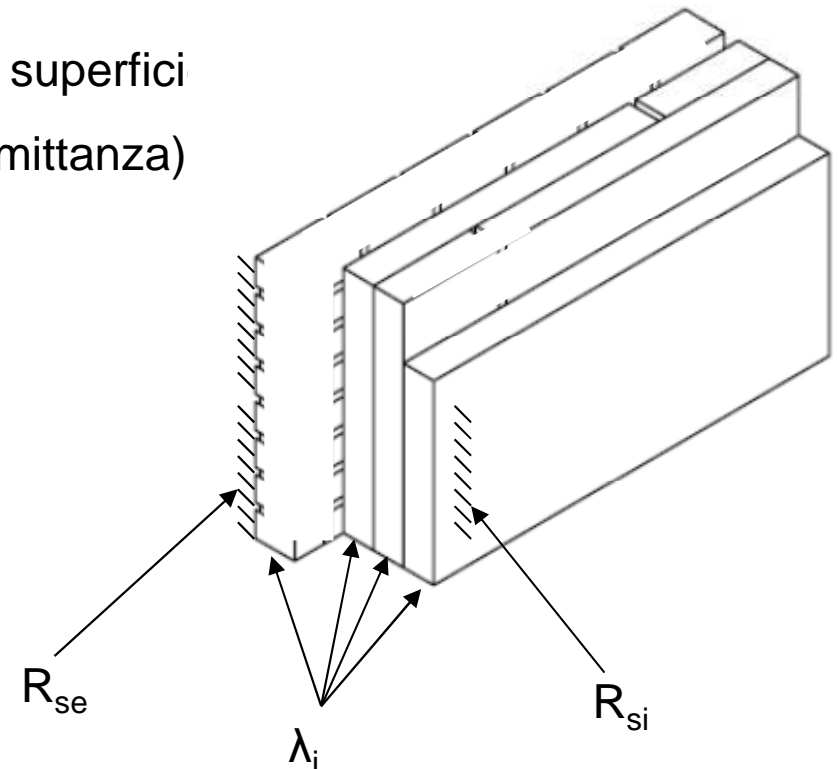
Calcolo teorico

$$R_i = d_i / \lambda_i$$

$$R_C = \sum R_i$$

$$R_T = R_C + R_{si} + R_{se}$$

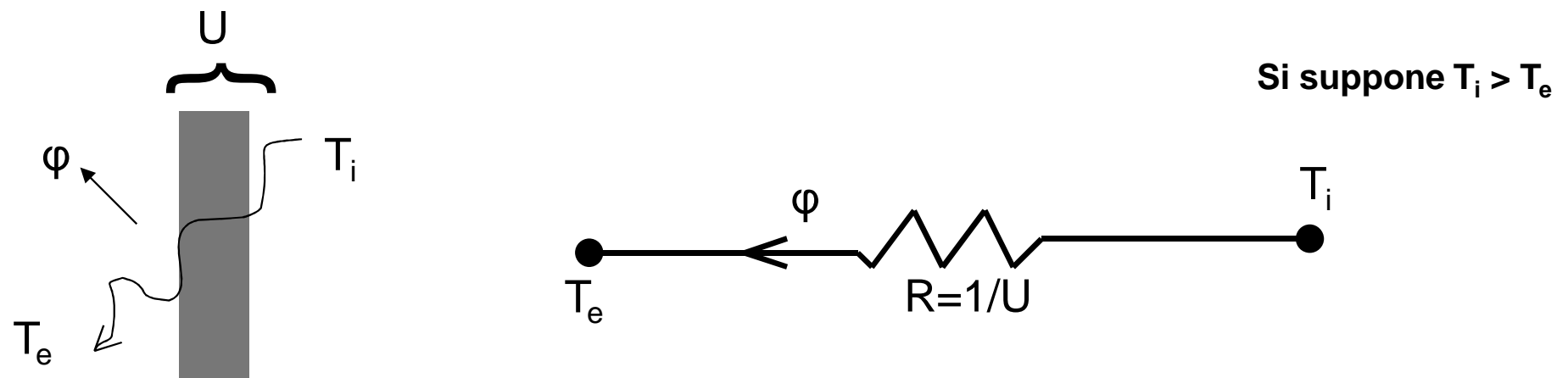
$$U = 1/R_T$$



Determinazione pratica del valore U

Modello equivalente elettrico di una parete

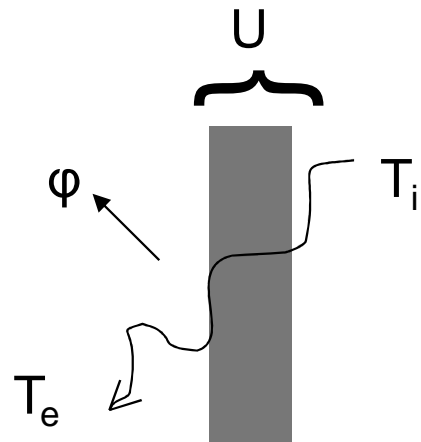
E' possibile modellizzare elettricamente il comportamento di una parete esposta agli estremi alle temperature T_i e T_e :



Le temperature T_i e T_e corrispondono alla tensione, mentre il flusso termico corrisponde alla corrente. La resistenza di parete (inverso della trasmittanza) equivale alla resistenza elettrica.

Determinazione pratica del valore U

Vale quindi anche in questo caso una legge del tutto equivalente alla legge di Ohm, per cui :



$$\Delta T = T_i - T_e = R \cdot \varphi$$

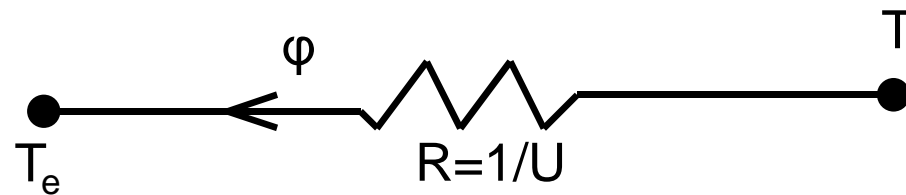
ovvero

$$U = \varphi / (T_i - T_e)$$

T = temperatura --- Kelvin (K)

φ = flusso termico --- W / m²

U = trasmittanza della parete --- W / (m² K)

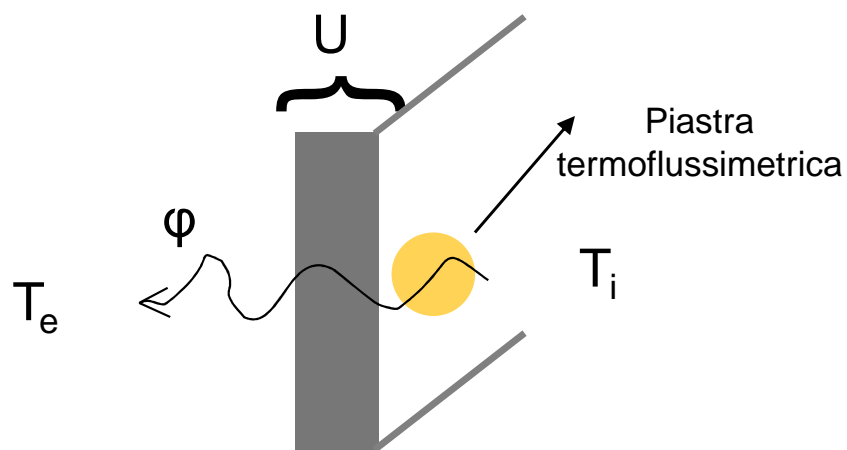


Per poter determinare il valore U una volta note le temperature interna ed esterna è quindi sufficiente misurare il flusso termico che attraversa la parete.

Metodologie di misurazione del flusso termico

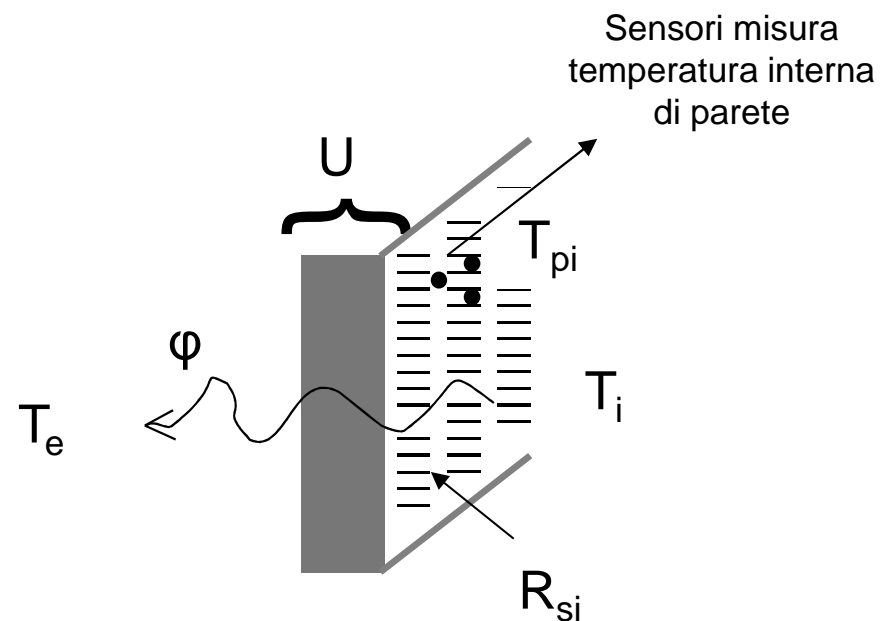
Due possibili metodi di misura

Metodo della piastra termoflussimetrica



Rif. Norma ISO9869

Metodo della resistenza laminare (R_{si})



Rif. Norma DIN4108 e coefficienti
norma UNI EN ISO 6946

Metodologie di misurazione del flusso termico

Per una misura corretta occorre rispettare almeno alcuni accorgimenti di base nel posizionamento delle sonde e nelle condizioni di prova

Vale a dire:

Far aderire bene le sonde alla parete interna

Una differenza termica tra interno ed esterno di almeno 15°C

Condizioni interne ed esterne il più possibile costanti nel tempo (ambiente interno climatizzato).

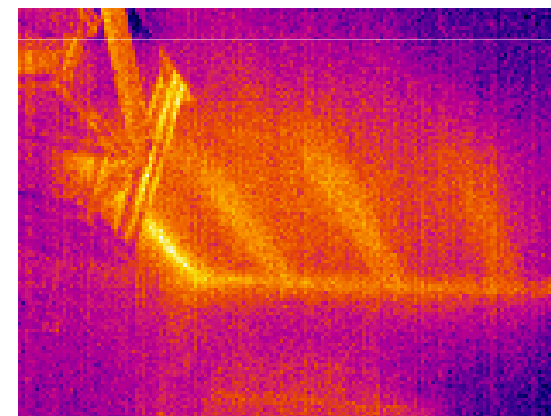
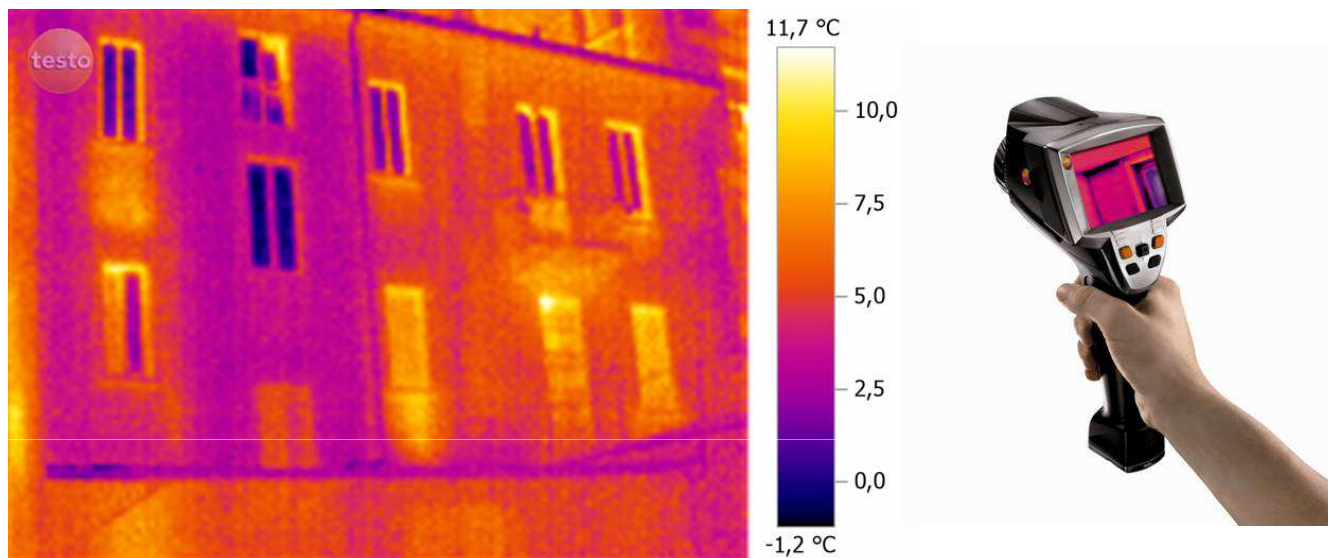
Posizionamento sonde interna ed esterna in luogo protetto da sorgenti termiche calde o fredde alla stessa altezza delle sonde apposte sulla parete ed a distanza di almeno 30 cm dalla parete interna (lo stesso vale per l'esterno).

Durata consigliata della prova, minimo una notte. Ma maggiore è il numero di dati validi a disposizione e migliore sarà il risultato



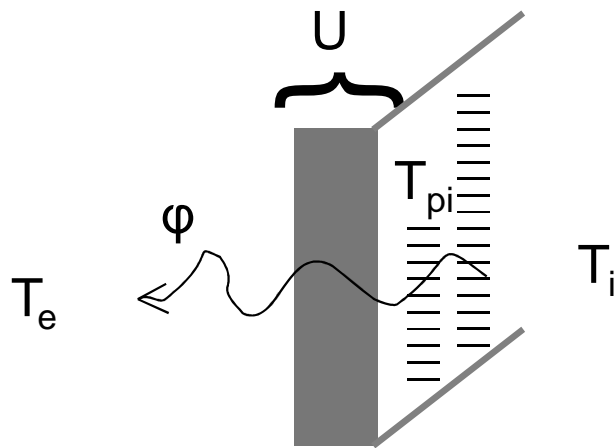
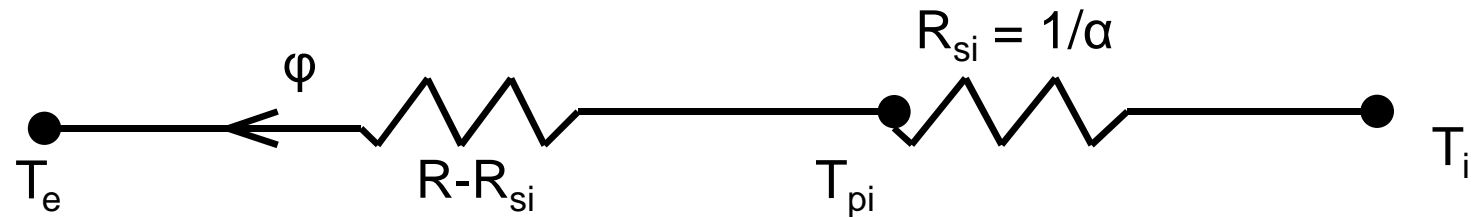
Evitare posizionamenti errati

Per evitare posizionamenti errati è consigliabile effettuare preventivamente una termografia della parete per evidenziare ponti termici, anomalie e strutture portanti della parete.



Esempio di travetti all'interno di una soletta e di edificio visto dall'esterno.

Metodo della resistenza laminare



Conoscendo il coefficiente di resistenza superficiale interna (rif tabella estratta dalla norma UNI6946) e la temperatura di parete interna è possibile calcolare

$$\phi = (T_i - T_{pi}) / R_{si} = \alpha \cdot (T_i - T_{pi})$$

** prospetto 1 Resistenze termiche superficiali (in $m^2 \times K/W$)

	Direzione del flusso termico		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente
R_{si}	0,10	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

**Tabella estratta da UNI EN ISO 6946

In pratica: cosa serve per il calcolo del valore U

Con le giuste sonde, testo 435-2 calcola automaticamente il valore U.

Materiale necessario:

- t435-2 con memoria dati , software per PC e cavo USB
- 0614 1635: sonda brevettata a 3 sensori di temperatura parete per il calcolo del valore U.
- 0554 0188 modulo radio
- 0554 0189 impugnatura radio
- 0636 9736 Sonda umidità applicabile all'impugnatura radio

Materiale consigliato

- 0554 0447 alimentatore per utilizzo su periodi lunghi

Perchè testo 435 ?

Alcuni vantaggi di t435:

- **Sonda radio:** Per il calcolo del valore U deve essere misurata la temperatura esterna. Invece di misurarla con un secondo strumento oppure tramite una sonda di temperatura attraverso una finestra, la misura viene semplificata dalla sonda radio.
- La nuova **sonda di temperatura per il calcolo del valore U**. Tramite 3 sensori determina il valore medio della temperatura superficiale di parete.
- Dopo aver collegato le corrispondenti sonde, **t435-2** calcola automaticamente il valore U indicandolo sul display. Tramite il software Comsoft è possibile stampare il valore sottoforma di protocollo.

Procedura

- Avviare t435.

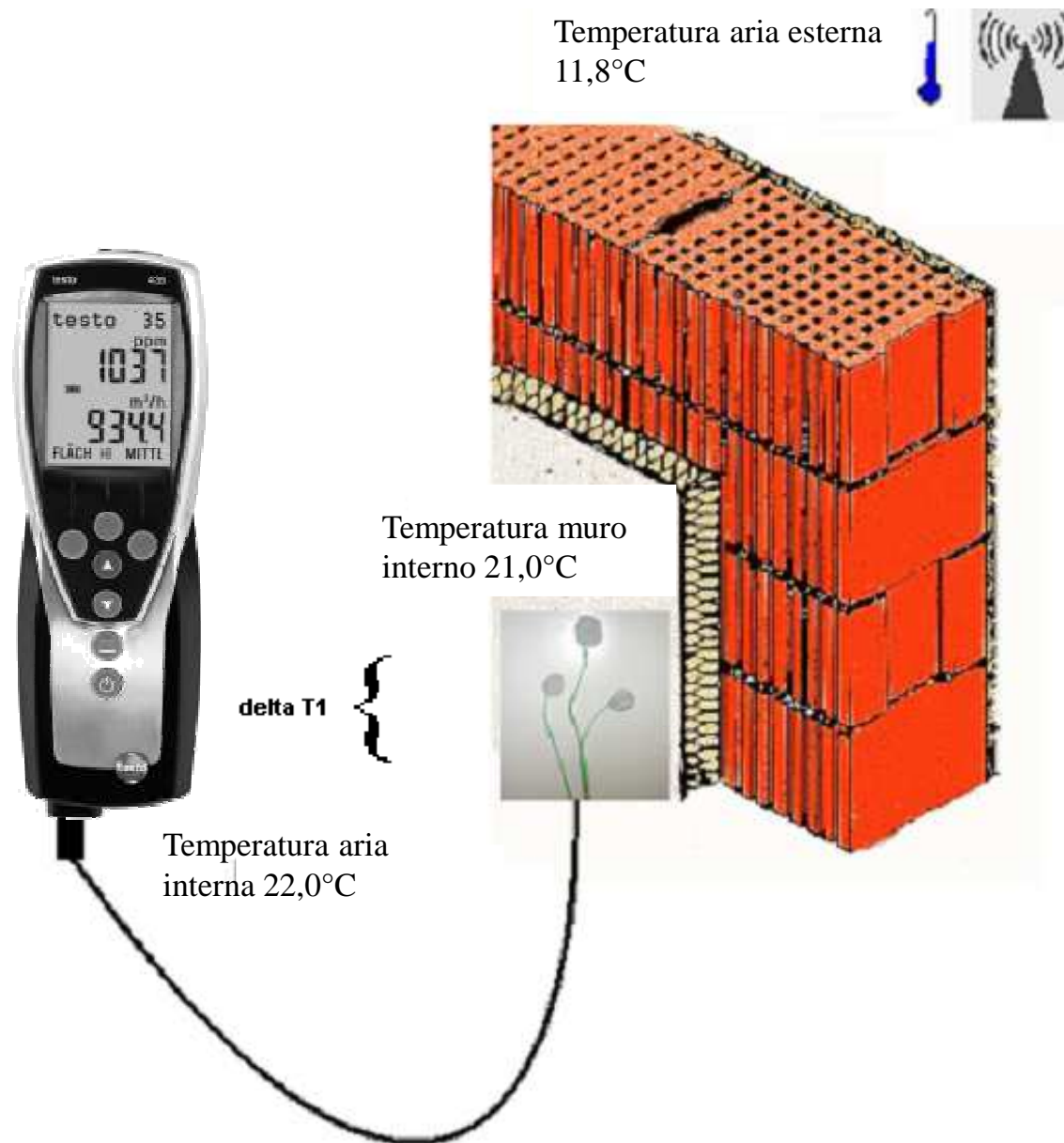
Collegare la sonda a 3 temperature ed avviare la sonda radio.

- Il fattore Alpha per la conducibilità termica superficiale (7,69) può essere considerato costante per pareti verticali ma può essere anche modificato inserendo il nuovo valore in Menù → Calcoli → Alpha. (vedi tabella UNI6946).

Posizionare la sonda radio all'esterno della abitazione/muro. Fissare la sonda a 3 temperature con pasta siliconica o altro materiale isolante sulla superficie interna della parete. La giunzione di riferimento della sonda misurerà automaticamente la temperatura ambiente.

- Il valore U viene visualizzato.
- Avviare un programma di registrazione

Esempio



Esempio di calcolo

Esempio di calcolo:

delta T1 = 1.0 °C

delta T2 = 10.2 °C

Valore U = 7,69 W/m²K * 1.0°C / 10.2 °C = 0.75W/ m² K

$$\text{Valore } U = \alpha * \frac{\text{delta}T1}{\text{delta}T2}$$

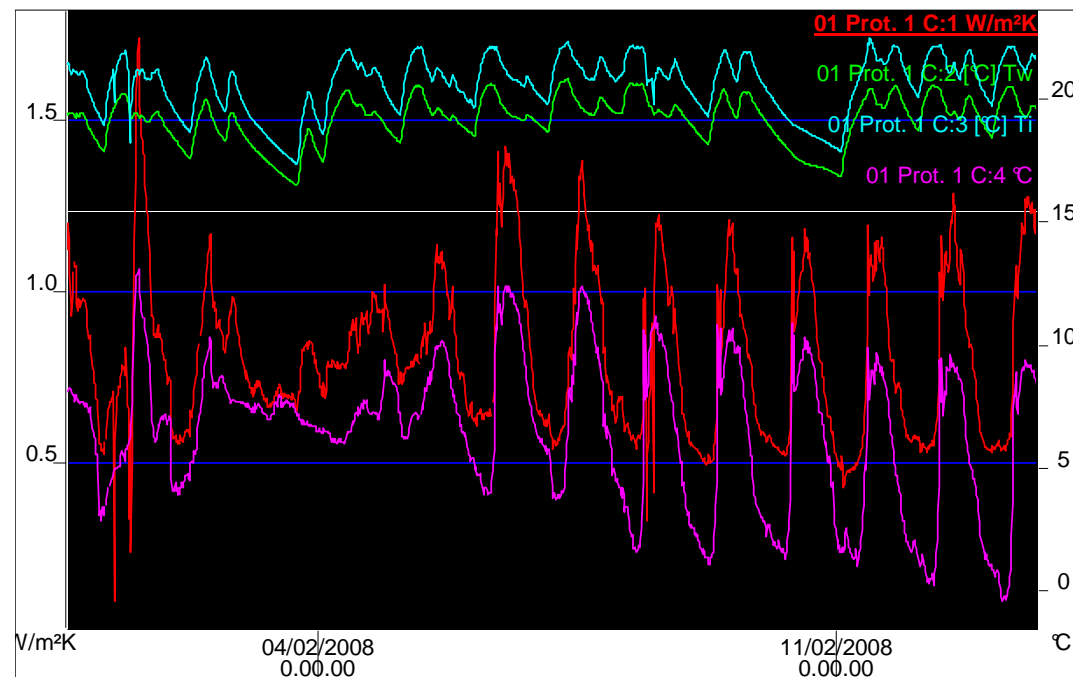
$$\alpha = 7,69 \text{ W/ m}^2\text{K}$$

$$\text{delta}T1 = T_{\text{interna}} - T_{\text{parete interna}}$$

$$\text{delta}T2 = T_{\text{interna}} - T_{\text{esterna}}$$

Analisi dei dati

01 Prot. 1	Data	Ora	W/m...	[°C] ...	[°C]...	°C
137	02/02/2008	0.49.57	0,591	18,5	19,7	4,1
138	02/02/2008	1.04.57	0,573	18,5	19,6	4,1
139	02/02/2008	1.19.57	0,575	18,4	19,6	4,1
140	02/02/2008	1.34.57	0,571	18,4	19,5	4,2
141	02/02/2008	1.49.57	0,579	18,3	19,5	4,4
142	02/02/2008	2.04.57	0,560	18,3	19,4	4,1
143	02/02/2008	2.19.57	0,564	18,3	19,4	4,2
144	02/02/2008	2.34.57	0,555	18,2	19,3	3,9
145	02/02/2008	2.49.57	0,559	18,2	19,3	4,0
146	02/02/2008	3.04.57	0,557	18,1	19,2	3,9
147	02/02/2008	3.19.57	0,579	18,1	19,2	4,2
148	02/02/2008	3.34.57	0,570	18,0	19,1	4,2
149	02/02/2008	3.49.57	0,568	18,0	19,1	4,4
150	02/02/2008	4.04.57	0,562	17,9	19,0	4,2
151	02/02/2008	4.19.57	0,566	17,9	19,0	4,3
152	02/02/2008	4.34.57	0,573	17,9	19,0	4,4
153	02/02/2008	4.49.57	0,579	17,8	18,9	4,5
154	02/02/2008	5.04.57	0,590	17,8	18,9	4,7
155	02/02/2008	5.19.57	0,592	17,8	18,8	4,7
156	02/02/2008	5.34.57	0,594	17,7	18,8	4,7
157	02/02/2008	5.49.57	0,590	17,7	18,8	4,8
158	02/02/2008	6.04.57	0,595	17,6	18,7	4,6
159	02/02/2008	6.19.57	0,574	17,6	18,7	4,5
160	02/02/2008	6.34.57	0,597	17,6	18,6	4,8



I dati richiedono poi un'interpretazione che può basarsi sia su un prospetto tabellare che grafico.

Normalmente i dati maggiormente affidabili sono quelli relativi alle prime ore del mattino prima del sorgere del sole

Accorgimenti ed incertezza nella misura

ACCORGIMENTI

- scartare i dati iniziali che sono influenzati dalla stabilizzazione di sensori e considerare solo i dati che mostrano un andamento stabile
- considerare influenze esterne nel corso della prova: presenza di sole, pioggia, vento ed altri fattori esterni
- considerare fenomeni di accumulo termico della parete e prendere in considerazione solo i dati che non sono riconducibili a tale effetto.

INCERTEZZA

Pur operando al meglio non si tratta di strumenti da laboratorio, quindi all'incertezza propria dell'apparecchiatura si sommano le molte incertezze legate alle condizioni di prova

E' quindi fondamentale una vera e propria perizia sui dati rilevati in funzione delle condizioni di prova.

Anche ben elaborando i dati, è abbastanza facile che l'errore dovuto alle condizioni di prova reale rispetto a prove da laboratorio possa essere anche dell'ordine del 15%.

Una buona regola è laddove possibile incrociare dati calcolati in base alla struttura della parete con quelli misurati per avere conferma delle misurazioni.

Il metodo consente comunque un facile confronto tra zone simili grazie anche all'ottima ripetibilità