



1984 – 2024

ANIT

ASSOCIAZIONE NAZIONALE
PER L'ISOLAMENTO
TERMICO E ACUSTICO

6° Congresso Nazionale ANIT
21-22 novembre 2024

Materiali isolanti: come valutare la prestazione

Corrado Colagiacomo – Istituto Giordano

Diritti d'autore: la presentazione è proprietà intellettuale dell'autore e/o della società da esso rappresentata. Nessuna parte può essere riprodotta senza l'autorizzazione dell'autore.

Materiali isolanti: come valutare la prestazione

PRIMA DI INIZIARE

- **Sistemi di attestazione della conformità**
- **Scheda tecnica vs DoP**
- **Valori di riferimento**

METODI DI PROVA E RELATIVA INCERTEZZA

- **Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche**
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**

VERIFICA DELLE INFORMAZIONI TECNICHE

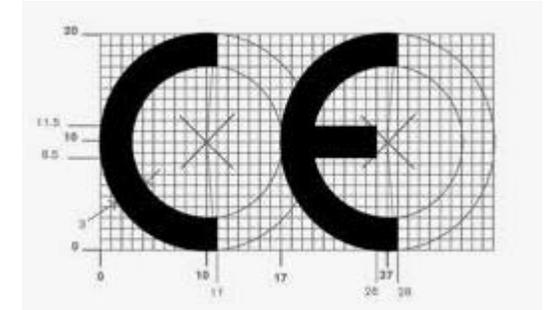
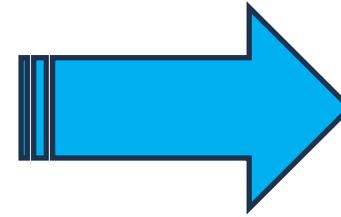
- **Rapporto UNI/TR 11936**
- **Cosa richiedere ai produttori dei materiali isolanti**

Prima di iniziare

- Sistemi di attestazione della conformità
- Scheda tecnica vs DoP
- Valori di riferimento

Prove iniziali di tipo (ITT)

Controllo produzione in fabbrica (FPC)



VVCP	Compiti del produttore	Compiti dell'Organismo Notificato	Documenti per la marcatura CE
4	ITT + FPC		DoP
3	FPC	ITT	DoP
2	ITT + FPC	Certificazione del controllo di produzione in fabbrica	DoP + Certificato di conformità dell'FPC
1	FPC	ITT + Certificazione della costanza di prestazione del prodotto	DoP + Certificato di costanza della prestazione del prodotto

Prima di iniziare

- Sistemi di attestazione della conformità
- Scheda tecnica vs DoP
- Valori di riferimento



*In presenza di **norma armonizzata** (o, in sua assenza, nel caso in cui il fabbricante decida di procedere alla marcatura CE volontaria del suo prodotto tramite ETA) **il fabbricante è obbligato a redigere una dichiarazione di prestazione (DoP).***

*Tra le informazioni **minime** (oltre alle **prestazioni dichiarate**) presenti nella DoP:*

- **nome del prodotto commerciale** e informazioni sul fabbricante;
- **firma legale rappresentante;**
- ...

Prima di iniziare

- Sistemi di attestazione della conformità
- Scheda tecnica vs DoP
- Valori di riferimento



La scheda tecnica è un documento commerciale che sintetizza le principali caratteristiche del prodotto venduto. Le caratteristiche riportate in scheda tecnica non sono necessariamente state determinate in laboratori accreditati e allo stesso modo non sono soggette a verifiche legate alla costanza di produzione.

Prima di iniziare

- Sistemi di attestazione della conformità
- Scheda tecnica vs DoP
- Valori di riferimento



Tipo di prodotto	Norma di prodotto	Data di entrata in vigore dell'obbligo di marcatura CE	λ_D W/(mK)	Intervallo valori di λ_D sul mercato W/(mK)
LANA DI ROCCIA - MW	UNI EN 13162	13 maggio 2003	0,035	0,033-0,040
POLISTIRENE ESPANSO SINTERIZZATO - EPS ADDITTIVATO CON GRAFITE	UNI EN 13163	13 maggio 2003	0,031	0,030-0,034
...
POLISTIRENE ESPANSO ESTRUSO - XPS	UNI EN 13164	13 maggio 2003	0,035	0,032-0,038
POLIURETANO ESPANSO RIGIDO- Pannelli - PU	UNI EN 13165	13 maggio 2003	0,025	0,022-0,028

Valori indicativi di conduttività termica dichiarata per materiali isolanti con marcatura CE obbligatoria (Fonte: prospetto 2 della UNI 10351:2021)

Densità del materiale (secco) [kg/m ³]	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/mK]	
	P=50%	P=90%
200	0,074	0,081
300	0,086	0,094
...
1800	0,82	0,89
2000	1,11	1,21

Valori indicativi di conduttività termica per malte da murature e intonaci (Fonte: prospetto A.12 della UNI EN 1745:2020)

Metodi di prova e relativa incertezza

- **Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche**
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



METODO DI MISURA	RIFERIMENTO NORMATIVO	INCERTEZZA TIPICA	FONTE
Piastra calda con anello di guardia	UNI EN 12664, UNI EN 12667, ISO 8302	$\pm 2\%$	UNI EN 12664 – par. 5.2.8; UNI EN 12667 – par. 5.2.8
Metodo dei termoflussimetri	UNI EN 12664, UNI EN 12667, ISO 8301	$\pm 3\%$	UNI EN 12664 – par. 5.3.5; UNI EN 12667 – par. 5.3.5
Metodo camera guardiata o calibrata	UNI EN ISO 8990	$\pm 5\%$	UNI EN ISO 8990 – par. 1.1
Metodo della camera calda con termoflussimetri	UNI EN 1934	$\pm 5\%$	UNI EN 1934 – par. 5.4 (per campioni omogenei)
Metodo radiale	UNI EN ISO 8497	$\pm 3\%$	UNI EN ISO 8497 – Par. 12.2 (confronto test laboratori)
Misura in campo della resistenza termica e della trasmittanza mediante termoflussimetri	ISO 9869-1	Compresa tra $\pm 14\%$ e $\pm 28\%$	ISO 9869-1 – par. 9
Misura della resistenza termica di un componente edilizio attraverso misure di consumi energetici in campo	Metodi non normalizzati	$\pm 50\%$ $\pm 100\%$ $\pm 200\%...$	Valore ricavabile da una analisi dell'incertezza o sulla base del confronto di misure effettuate sullo stesso prodotto da differenti laboratori

Metodi di prova e relativa incertezza

- **Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche**
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



In qualsiasi ambito certificativo, volontario o cogente che sia, per ogni risultato di una misurazione relativo ad una grandezza fisica, è importante fornire una indicazione quantitativa della qualità del risultato, in modo tale che il fruitore della misura ne possa accertare l'attendibilità.

Senza tale indicazione, ovvero l'incertezza associata alla misura, i risultati delle misurazioni non possono essere confrontati né tra di loro, né con valori di riferimento assegnati da specifiche o norme.

Che cosa si intende quando ci si riferisce al concetto di incertezza?

Occorre per prima cosa pensare al concetto di:

Variabilità delle misure

*Misure ripetute dello stesso parametro fisico **non** forniscono lo stesso valore*



*Quindi l'incertezza di misura «**quantifica e misura**» la dispersione dei valori attribuibili al parametro misurato ed è il valore che ci consente di **valutare l'affidabilità della misura.***

Metodi di prova e relativa incertezza

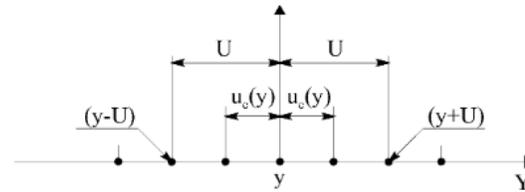
- Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$$

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n)$$

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\partial y}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(\bar{x}_i) \right]}$$



$$U(y) = k \cdot u(y)$$

$$Y = y \pm U$$

L'**incertezza estesa** rappresenta quindi un intervallo intorno al risultato che comprenda valori del misurando con una certa probabilità, che viene chiamata **livello di fiducia**. Il **fattore di copertura k** viene scelto in base al livello di fiducia e al numero di misurazioni. Normalmente si assume un **livello di fiducia pari al 95%**.

Il *misurando* Y dipende da un certo numero di *grandezze d'ingresso* X_i

La *stima* y del *misurando* Y si ottiene considerando le *stime delle grandezze di ingresso* x_i

LEGGE DI PROPAGAZIONE DELLE INCERTEZZE

L'*incertezza tipo composta* $u(y)$ rappresenta la deviazione standard della misura

L'*incertezza estesa* $U(y)$ si ottiene moltiplicando l'*incertezza tipo composta* $u(y)$ per un *fattore di copertura* k che tiene conto della *probabilità* p che si desidera considerare

Metodi di prova e relativa incertezza

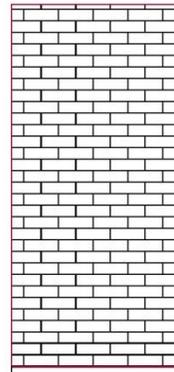
- Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



ESEMPIO 1: metodologia di prova errata

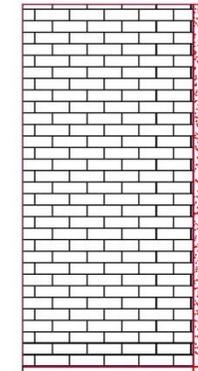
Supponiamo di voler ricavare la resistenza termica di un rivestimento tramite differenza tra due misure effettuate con un metodo (ad esempio hot box) che ha una incertezza di misura del 5%.

R1



$$R1 = 1,00 \text{ m}^2\text{K/W}$$

R2 = R1 + Rs



$$R2 = 1,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

In maniera banale potremmo ottenere la resistenza termica del rivestimento nel seguente modo:

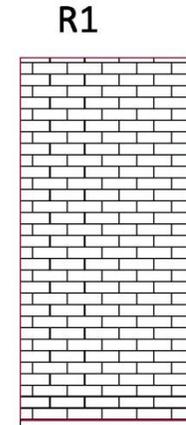
$$R_s = R_2 - R_1 = (1,15 - 1,00) \text{ m}^2\text{K/W} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Metodi di prova e relativa incertezza

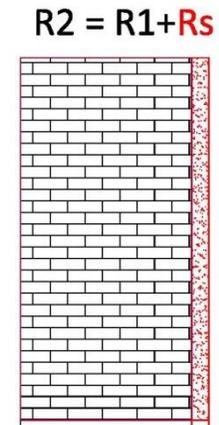
- Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



Proviamo ora a valutare le incertezze in gioco:



$$R1 = (1,00 \pm 0,05) \text{ m}^2\text{K/W}$$



$$R2 = (1,15 \pm 0,06) \text{ m}^2\text{K/W}$$

L'incertezza sul risultato finale è di circa il **51%**

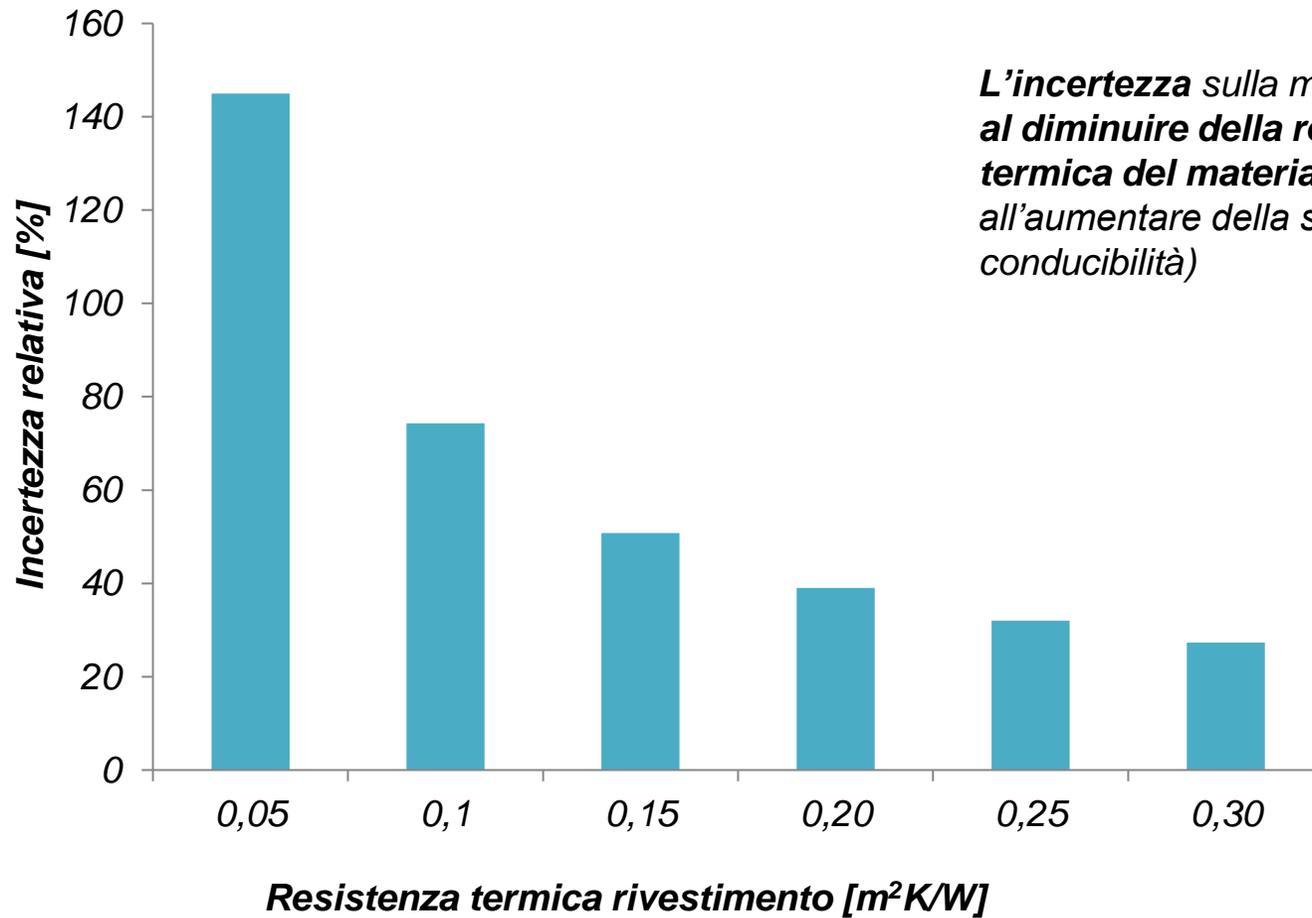


$$R_s = R2 - R1 = (1,15 - 1,00) \text{ m}^2\text{K/W} = 0,15 \text{ m}^2\text{K/W}$$

$$u(R_s) = \sqrt{u(R1)^2 + u(R2)^2} = (\sqrt{0,05^2 + 0,06^2}) \text{ m}^2\text{K/W} = 0,08 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Metodi di prova e relativa incertezza

- Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



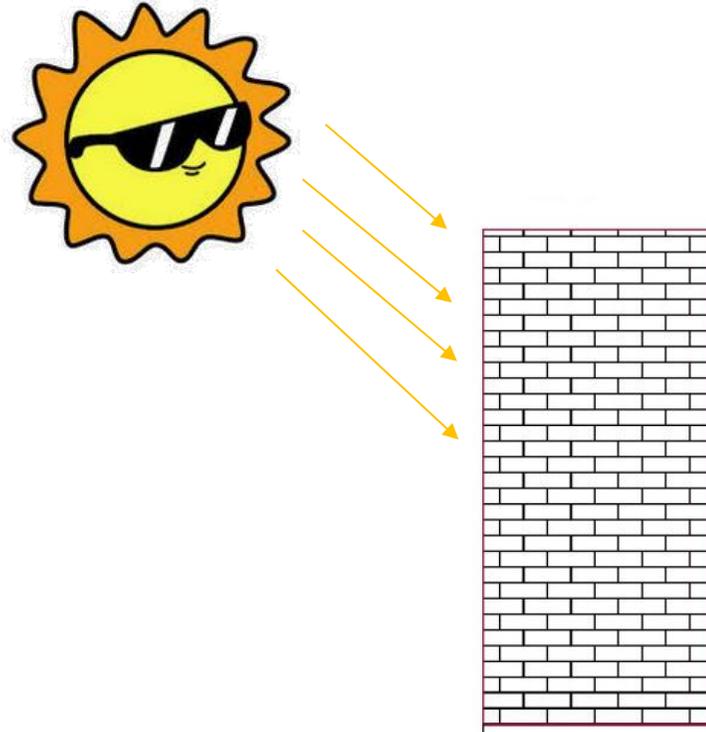
*L'incertezza sulla misura **aumenta** al diminuire della resistenza termica del materiale (e quindi all'aumentare della sua conducibilità)*

Metodi di prova e relativa incertezza

- Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



ESEMPIO 2: misure in campo



$$U_{\text{parete}} = 0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\Delta T = 10^\circ\text{C}$$

$$Q = U^* \Delta T = 3,0 \text{ W/m}^2$$

*Possiamo ipotizzare che tra il giorno e la notte la parete subisca una variazione tra **0** e circa **700 W/m²** sulla sua superficie. Ipotizzando un coefficiente di assorbimento della radiazione solare pari al 20% abbiamo una perturbazione sul flusso pari a **140 W/m²** che è ben oltre un ordine di grandezza superiore rispetto al flusso che vogliamo registrare.*

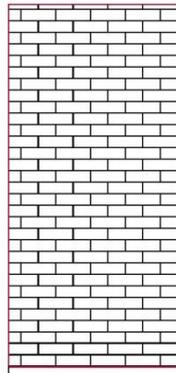
Metodi di prova e relativa incertezza

- Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche
- **Incertezza di misura**
- **Importanza dell'accreditamento**



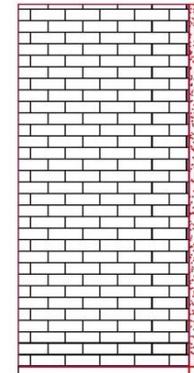
ESEMPIO 3: metodi dinamici non normati

R1



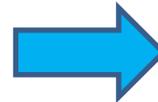
$$Y_{ie} = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$$

R2 = R1+R_s



$$Y_{ie} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Con $\Delta T = 20^\circ\text{C}$
 $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$



Ampiezza max oscillazione 1 = $(0,18 \times 20 \times 0,13)^\circ\text{C} = 0,47^\circ\text{C}$
Ampiezza max oscillazione 2 = $(0,12 \times 20 \times 0,13)^\circ\text{C} = 0,31^\circ\text{C}$

incertezza strumento utilizzato...

0,13°C

Abbassamento max della temperatura superficiale stimato sulla base delle trasmittanze termiche periodiche: $(0,47 - 0,31)^\circ\text{C} = 0,16^\circ\text{C}$

Abbassamento max della temperatura superficiale riportato nel rapporto:...

1,9°C

12 volte più grande!!!

Metodi di prova e relativa incertezza

- Principali metodi di prova per la misura delle prestazioni termiche
- Incertezza di misura
- **Importanza dell'accREDITAMENTO**



L'accREDITAMENTO dei laboratori di prova viene eseguito ai sensi della norma UNI EN ISO/IEC 17025, da appositi Enti appartenenti alla EA (European co-operation for Accreditation). In Italia opera «ACCREDITA».

*I rapporti accREDITATI forniscono a questo proposito **maggiori garanzie**, poiché sono sottoposti a **visite ispettive annuali** dove vengono presi in considerazione i seguenti requisiti previsti dalla norma UNI EN ISO/IEC 17025:*

- *competenza tecnica del personale del laboratorio;*
- ***taratura periodica** di tutta la strumentazione riferita a campioni di riferimento internazionali;*
- ***rispetto della procedura di prova** descritta nella norma di prova accREDITATA;*
- ***verifica della prova mediante campioni con caratteristiche certificate;***
- *imparzialità del personale.*

Verifica delle informazioni tecniche

- **Rapporto UNI/TR 11936**
- Cosa richiedere ai produttori dei materiali isolanti



*Il presente rapporto tecnico fornisce per tutti gli operatori edilizi gli strumenti necessari ad una **lettura critica e consapevole** delle **informazioni tecniche** e dei **rapporti di prova** sulle **prestazioni termiche** (conduttività/resistenza termica), in modo da poterne **valutare l'idoneità all'utilizzo** previsto.*

*Il presente rapporto tecnico fornisce i **valori di conduttività termica tipici dei materiali isolanti termici e delle finiture** allo scopo di poter eseguire un confronto critico con i valori dichiarati dai produttori. Descrive inoltre i principali obblighi previsti dalla legislazione vigente e indica le **procedure di prova idonee a caratterizzare le prestazioni termiche**.*

Sono escluse dal campo di applicazione del presente rapporto tecnico la muratura e gli elementi per muratura la cui norma di riferimento per la determinazione delle prestazioni termiche è la UNI EN 1745.

Verifica delle informazioni tecniche

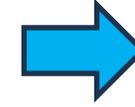
- Rapporto UNI/TR 11936
- Cosa richiedere ai produttori dei materiali isolanti



Materiali marcati CE

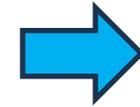


Isolanti termici
marcati CE



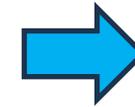
DoP

Materiali marcati CE
commercializzati come
isolanti (no requisito 6 tra
le caratteristiche
essenziali)



**RdP ad
evidenza delle
prestazioni
dichiarate**

Strati di finitura marcati
CE



DoP

Isolanti termici e strati
di finitura non marcati
CE



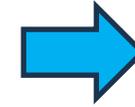
**RdP ad
evidenza delle
prestazioni
dichiarate**

Verifica delle informazioni tecniche

- Rapporto UNI/TR 11936
- Cosa richiedere ai produttori dei materiali isolanti



Strati di finitura marcati CE



DoP

*Per le malte per intonaci esterni e interni a base di leganti inorganici (UNI EN 998-1:2016) e leganti organici (UNI EN 15824:2017) il valore di conduttività termica è dichiarato in **funzione della massa volumica** con riferimento alla EN 1745 prospetto A.12.*

Densità del materiale (secco) [kg/m ³]	$\lambda_{10,dry,mat}$ [W/mK]	
	P=50%	P=90%
200	0,074	0,081
300	0,086	0,094
...
1800	0,82	0,89
2000	1,11	1,21

La **valutazione sperimentale** in accordo al paragrafo 4.2.2 della norma UNI EN 1745 (che richiama la UNI EN 12664) è riservata alle **malte leggere per la UNI EN 15824** e alle **malte di tipo T della UNI EN 998-1**. Per queste ultime malte la dichiarazione di prestazione riporta la sola classe T1 ($\lambda_{10,dry} \leq 0,10 \text{ W/(mK)}$) o T2 ($\lambda_{10,dry} \leq 0,20 \text{ W/(mK)}$).

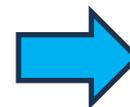
NOTA UNI/TR 11936: È utile precisare che, alla data di pubblicazione del presente rapporto tecnico, all'Organo Tecnico competente **non risultano evidenze circa la presenza in commercio di finiture che abbiano valori di conduttività termica inferiori a 0,025 W/(mK)** (conduttività termica dell'aria ferma) **con tale prestazione verificata in laboratori accreditati secondo metodologie standardizzate applicabili**.

Verifica delle informazioni tecniche

- Rapporto UNI/TR 11936
- Cosa richiedere ai produttori dei materiali isolanti



Isolanti termici e strati di finitura non marcati CE



RdP ad evidenza delle prestazioni dichiarate

Caratteristiche dei rapporti di prova:

- sono emessi da **laboratori accreditati** secondo la specifica norma di prova;
- le **metodologie** di prova sono **conformi alle norme tecniche** emesse da CEN, CENELEC o ETSI;
- è riportato l'esito di **almeno 3 misurazioni indipendenti** e l'**elaborazione statistica** prevista dalla **UNI EN ISO 10456** per la determinazione della **conduttività termica dichiarata**.

Table 1 — Declared value conditions

Property	Sets of conditions			
	I (10 °C)		II (23 °C)	
	a)	b)	a)	b)
Reference temperature	10 °C	10 °C	23 °C	23 °C
Moisture	u_{dry}^a	$u_{23,50}^b$	u_{dry}^a	$u_{23,50}^b$
Ageing	aged	aged	aged	aged

^a u_{dry} is a low moisture content reached by drying according to specifications or standards for the material concerned.
^b $u_{23,50}$ is the moisture content when in equilibrium with air at 23 °C and relative humidity of 50 %.

La **conduttività termica dipende dalla temperatura T , dal contenuto di umidità del campione e dall'invecchiamento del campione**. Pertanto la norma ha definito delle **condizioni di riferimento** per la dichiarazione dei valori. Per i materiali isolanti la condizione di riferimento è la Ib.

La norma UNI EN ISO 10456:2008 per valori di conduttività $\lambda \leq 0,08 \text{ W/(mK)}$ prevede l'arrotondamento per eccesso alla **terza cifra decimale**

CONTATTI

Corrado Colagiacomo

Email: c.colagiacomo@giordano.it

Tel: 0541322355



Grazie per l'attenzione