

CertiMaC
soc. cons. a r.l.
Via Granarolo, 62
48018 Faenza RA
Italia
tel +39 0546 670363
fax +39 0546 670399
www.certimac.it
info@certimac.it

R.I.RA,
partita iva e
codice fiscale
02200460398
R.E.A.RA
180280
capitale sociale
€ 60.000
interamente versato

Sperimentazione eseguita

Ing. Luca Laghi



Redatto

Ing. Luca Laghi



Approvato

Ing. Martino Labanti



RAPPORTO DI PROVA

090220-R-XXXX

**DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA CONDUCIBILITA' TERMICA
(NORMA UNI EN 1745) DI BLOCCHI XXXXXX PER MURATURA XXXXXX,
DELLA DITTA "XXXXXXXXXXXXXXXX", STABILIMENTO DI XXXX (XXX).**

LUOGO E DATA DI EMISSIONE: Faenza, XX/XX/2010

COMMITTENTE: XXXXXXXXXXXXXXXX

STABILIMENTO: Via XXXXXXXXXXX - XXXXX XXXXX (XX)

TIPO DI PRODOTTO: **Blocchi in laterizio per muratura**

NORMATIVE APPLICATE: UNI EN 1745

DATA RICEVIMENTO CAMPIONI: XX/XX/2010

DATA ESECUZIONE PROVE: 2010

PROVE ESEGUITE PRESSO: CertiMaC, Faenza

Revisione -	Il presente Rapporto di Prova è composto da n. 8 pagine		Pagina 1 di 8
Classificazione:	Prog. CNT	Ris. III	Arch. +5

1. Introduzione

Il presente rapporto descrive la prova di:

- *determinazione della conducibilità termica,*

effettuata su una tipologia di prodotto inviata al laboratorio CertiMaC di Faenza dalla Ditta "XXXXXXXXXX", stabilimento di XXXXX (XX) (Rif. 2-a, 2-b). La prova è stata effettuata in accordo con le norme riportate nei Rif. 2-c, Rif. 2-d.

2. Riferimenti

- a. Preventivo: Prot. XXX/gr del XX-XX-2010.
- b. Conferma d'ordine: fax del XX-XX-2010.
- c. Norma UNI EN 1745:2005. Muratura e prodotti per muratura. Metodi per determinare i valori termici di progetto.
- d. Norma ASTM E1530:2006. Standard Test Method for Evaluating the Resistance to Thermal Transmission of Materials by the Guarded Heat Flow Meter Technique.
- e. Rapporto 090220-C-29 sulla calibrazione di una metodologia sperimentale per la determinazione della conducibilità termica di materiali per l'involucro edilizio.
- f. Rapporto 090220-C-30 sulle norme procedurali messe a punto per la determinazione della conducibilità termica di materiali per l'involucro edilizio.
- g. Norma UNI EN 772-13:2002. Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione della massa volumica a secco assoluta e della massa volumica a secco apparente degli elementi di muratura (ad eccezione della pietra naturale).
- h. Norma UNI EN 772-3:2000. Metodi di prova per elementi di muratura. Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti degli elementi di muratura di laterizio mediante pesatura idrostatica.

3. Oggetto della prova

La prova è stata eseguita sul prodotto in laterizio fatto pervenire al laboratorio sotto forma di:

- *N° 5 blocchi in laterizio per muratura, di dimensioni approssimativamente pari a XXXXXXXX mm (Fig. 1).*

La prova è stata eseguita su tre provini ricavati a partire dai cinque campioni a disposizione, così come richiesto dalla norma al Rif. 2-c. In Fig. 1 è riportata la fotografia della tipologia di blocchi inviati.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 2 di 8
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	090220 - R - XXX

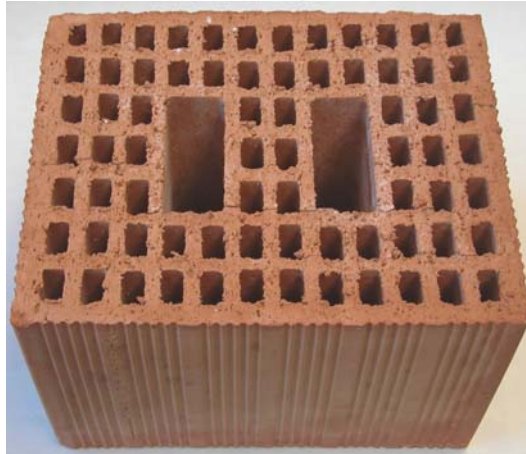


Figura 1. Esemplare di blocco in laterizio pervenuto al laboratorio

4. Esecuzione della prova e descrizione dei risultati

4.1. Metodologia di prova

La prova è stata eseguita nel pieno rispetto della norma 2-c che fissa i metodi per determinare i valori termici di progetto e della norma 2-d, su cui si basa il principio di funzionamento dell'apparato di misura utilizzato. Quest'ultimo implementa il metodo con termoflussimetro e anello di guardia che consente la determinazione, in via indiretta e previa procedura di taratura dello strumento, della conducibilità termica.

La determinazione è indiretta poiché si perviene alla conducibilità passando attraverso la rilevazione diretta del flusso termico lungo uno stack di prova, all'interno del quale viene inserito il provino, che ricrea le condizioni ideali, stazionarie e monodimensionali di scambio termico. Il flusso, a sua volta, viene determinato grazie alla misura dei salti termici sul provino e su di un materiale di riferimento che costituisce il termoflussimetro (sensore di flusso termico). La taratura invece, viene realizzata su una serie di provini di riferimento di caratteristiche termiche note e certificate e consente di risalire alla conducibilità incognita del materiale che si sta testando sfruttando la definizione di resistenza termica R_s (m^2K/W), come riportato nell'equazione (1), la quale è funzione appunto dello spessore s del provino e della conducibilità termica λ (W/mK):

$$R_s = \frac{s}{\lambda} \quad (1)$$

La procedura di prova standard messa a punto prevede i seguenti passi, illustrati nei paragrafi che seguono. Per maggiori informazioni in merito al principio metodologico utilizzato per la sperimentazione si faccia riferimento ai documenti di cui al Rif. 2-e e 2-f.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 3 di 8
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	090220 - R - XXX

4.2. Controllo Densità del campione di partenza

Secondo quanto previsto al Rif. 2-f, "Procedura standard di prova: determinazione di $\lambda_{10,dry}$ per materiali con conducibilità incognita", si è effettuato un controllo sulla densità (Rif. 2-g) sui campioni di partenza, il quale ha restituito i seguenti risultati (Tab. 1):

Blocchi in laterizio, Controllo Densità (kg/m ³)	Densità (kg/m ³)
B1	XXXX ± 5
B2	XXXX ± 5
B3	XXXX ± 5
B4	XXXX ± 5
B5	XXXX ± 5

Tabella 1. Controllo densità sui campioni inviati

Si è constatata una gamma di massa volumica pressoché uniforme all'interno di un range di variabilità dell' 1.9% circa.

4.3. Stima spessore provino

Sulla base delle densità determinate (valore medio pari a XXXX kg/m³) sui campioni è possibile stimare, attraverso il prospetto A.1 della norma 2-c e riportato in Tabella 2, il valore corrispondente di conducibilità termica previsto dalla normativa stessa, da cui risulta un valore compreso tra $\lambda = 0.XXX \div 0.XXX$ W/mK.

Impiegando il valore di conducibilità di riferimento così determinato e l'equazione (2), legata alla definizione di resistenza termica R_s (m²K/W), si è stimato lo spessore del provino fissando un valore di resistenza termica pari a **0.015 m²K/W** in modo da ricadere nella zona di maggior accuratezza di misura per lo strumento (range di funzionamento: 0.002÷0.02 m²K/W), laddove cioè si ha un margine di errore inferiore al 5%. Per facilitare la realizzazione degli stessi si è uniformato lo spessore nominale a **s = X.X mm**.

$$s = R_s \cdot \lambda \quad (2)$$

Massa volumica del materiale [kg/m ³]	$\lambda_{10,dry}$ [W/mK]		Coefficiente di diffusione del vapore acqueo μ	c [kJ/kgK]
	P= 50%	P= 90%		
1 000	0,20	0,27	5/10	1,0
1 100	0,23	0,30	5/10	1,0
1 200	0,26	0,33	5/10	1,0
1 300	0,30	0,36	5/10	1,0
1 400	0,34	0,40	5/10	1,0
1 500	0,37	0,43	5/10	1,0
1 600	0,41	0,47	5/10	1,0
1 700	0,45	0,51	5/10	1,0
1 800	0,49	0,55	5/10	1,0
1 900	0,53	0,60	5/10	1,0
2 000	0,58	0,64	5/10	1,0
2 100	0,62	0,69	5/10	1,0
2 200	0,67	0,74	5/10	1,0
2 300	0,72	0,79	5/10	1,0
2 400	0,77	0,84	5/10	1,0

$\lambda_c = 10$ (m²/m²).
Per materiali di argilla aventi una massa volumica tra 1 800 kg/m³ e 2 400 kg/m³ utilizzati come materiali per facciata, che sono generalmente cotti ad una temperatura significativamente alta, il valore μ è 50/100 invece di 5/10.

Tabella 2. Valori di conducibilità tabellari per elementi di argilla (argilla cotta)

Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 4 di 8
Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	090220 - R - XXX

4.4. Realizzazione e condizionamento del provino:

A partire dai campioni di Figura 1 e sulla base dei valori di densità ottenuti al paragrafo 4.2 si sono realizzati i provini di cui si riporta un esempio in Figura 2, mediante le seguenti operazioni eseguite in successione: carotatura con mola a tazza, cilindatura al tornio parallelo per realizzare la finitura sulla dimensione diametrale ($50.8 \pm 0.25\text{mm}$) secondo la norma 2-d e spianatura con rettificatrice verticale a disco. Di seguito si è condizionato il materiale in forno a **100°C** per **24 h** per raggiungere lo stato essiccato come richiesto dalla norma 2-c.



Figura 2. Fotografia di alcuni dei provini realizzati

Si precisa che, sulla base di quanto richiesto dalla norma al Rif. 2-c, devono essere scelti almeno tre provini rappresentativi del range di massa volumica tipica della tipologia di prodotto in esame. Segue che vengono scelti i provini sulla base dei blocchi di massa volumica rispettivamente massima, minima e media. In tal caso sono stati scelti per la prova i blocchi 1, 3 e 4 da cui sono stati rispettivamente ricavati, per quanto detto al paragrafo 3, i provini CLT0XXX e CLT0XXX, CLT0XXX.

Infine si è ripetuta la misura di densità sui provini, che ha restituito i risultati di Tabella 3. Questi ultimi sono stati determinati in via geometrica (Rif. 2-f) con bilancia analitica ($\pm 0.0001\text{ g}$) e calibro centesimale e ciò giustifica l'errore assoluto limitato a $\pm 0.5\text{ kg/m}^3$. Questa seconda verifica consente di confermare i valori trovati in precedenza sui blocchi con il metodo della pesata idrostatica, il quale, come è noto, presenta alcune possibilità di incertezza. In tal modo, riscontrando lo stesso valore sul provino geometricamente ben definito, si ha la certezza dei valori di massa volumica misurati.

Campioni in laterizio, Controllo geometrico Densità sui provini (kg/m^3)			
Blocco di Partenza	Provini Realizzati	Densità (kg/m^3)	Variazione % vs valore misurato sul Blocco
B1	CLT0XXX	$\text{XXXX} \pm 0.5$	0,44
B3	CLT0XXX	$\text{XXXX} \pm 0.5$	-0,98
B4	CLT0XXX	$\text{XXXX} \pm 0.5$	-0,89

Tabella 3. Controllo densità sui provini

I risultati ottenuti si discostano lievemente rispetto a quanto ottenuto sui blocchi con una variazione massima prossima all' 1%.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 5 di 8
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	090220 - R - XXX

4.5. Determinazione della conducibilità termica

In accordo con le norme 2-c e 2-d e sulla base della metodologia sperimentale messa a punto in 2-e e 2-f, si sono realizzate le prove per la determinazione della conducibilità termica a 10°C sfruttando la retta di taratura precedentemente elaborata e verificata.

4.6. Risultati

In Figura 3 si riporta la retta di taratura rappresentante la relazione $R_s - \Delta T_s / \Delta T_r$ con sopra evidenziati i punti rappresentativi delle misurazioni fatte sui sei provini. Poiché i valori di conducibilità trovati sono piuttosto uniformi tra loro, non si riescono ad apprezzare in maniera chiara i sei punti sperimentali determinati.

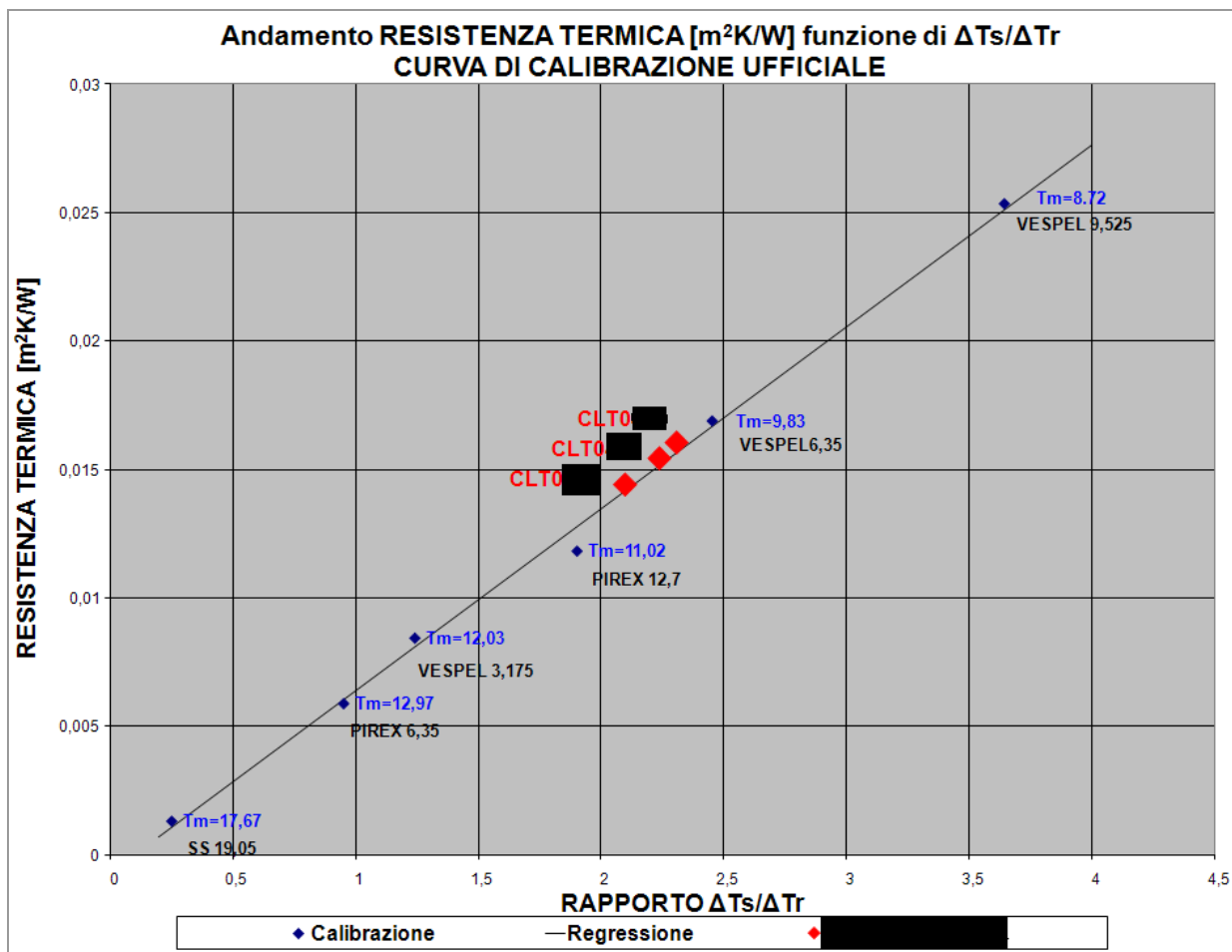


Figura 3. Rappresentazione grafica dei risultati

Il risultato scaturito dall'analisi sperimentale è stato ulteriormente verificato con la ripetizione di alcune prove e la realizzazione di ulteriori misurazioni sui materiali di taratura per confermare quanto precedentemente ottenuto.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 6 di 8
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	090220 - R - XXX

Dal grafico elaborato in Figura 3 è stato possibile pervenire al valore di conducibilità $\lambda_{10,dry}$, come riportato in Tabella 4:

Materiale	Spessore (m)	Resistenza Termica (m ² K/W)	Conducibilità Termica (W/mK)	Densità (kg/m ³)
CLT0XXX	0.00698	X.XXXE-02	0.XXX	XXXX
CLT0XXX	0.00699	X.XXXE-02	0.XXX	XXXX
CLT0XXX	0.00699	X.XXXE-02	0.XXX	XXXX

Tabella 4. Valori di conducibilità ottenuti sperimentalmente

5. Analisi dei risultati

Dalla sperimentazione fatta emerge che i valori di conducibilità ottenuti sui provini sono circa in linea rispetto a quanto ricavato dai prospetti della norma 2-c, in corrispondenza dei valori forniti al 50%.

I valori di conducibilità termica si attestano quindi tra **0.XXX e 0.XXX W/mK**. In Appendice A si riporta infine il trend dei valori sperimentali misurati in relazione alla massa volumica a confronto con i valori tabellari forniti dalla norma al Rif. 2-c.

6. Lista di distribuzione

ENEA	M. Labanti	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	XXXXXXXXX XXX	1 copia

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 7 di 8
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	090220 - R - XXX

APPENDICE A

Si riporta in Fig. 4 il grafico che mostra la relazione tra la conducibilità termica sperimentalmente rilevata sui blocchi in esame e la massa volumica misurata degli stessi. Tali risultati vengono visivamente comparati ai valori tabellari (Cfr. Rif. 2-c) forniti per lo stesso range di massa volumica.

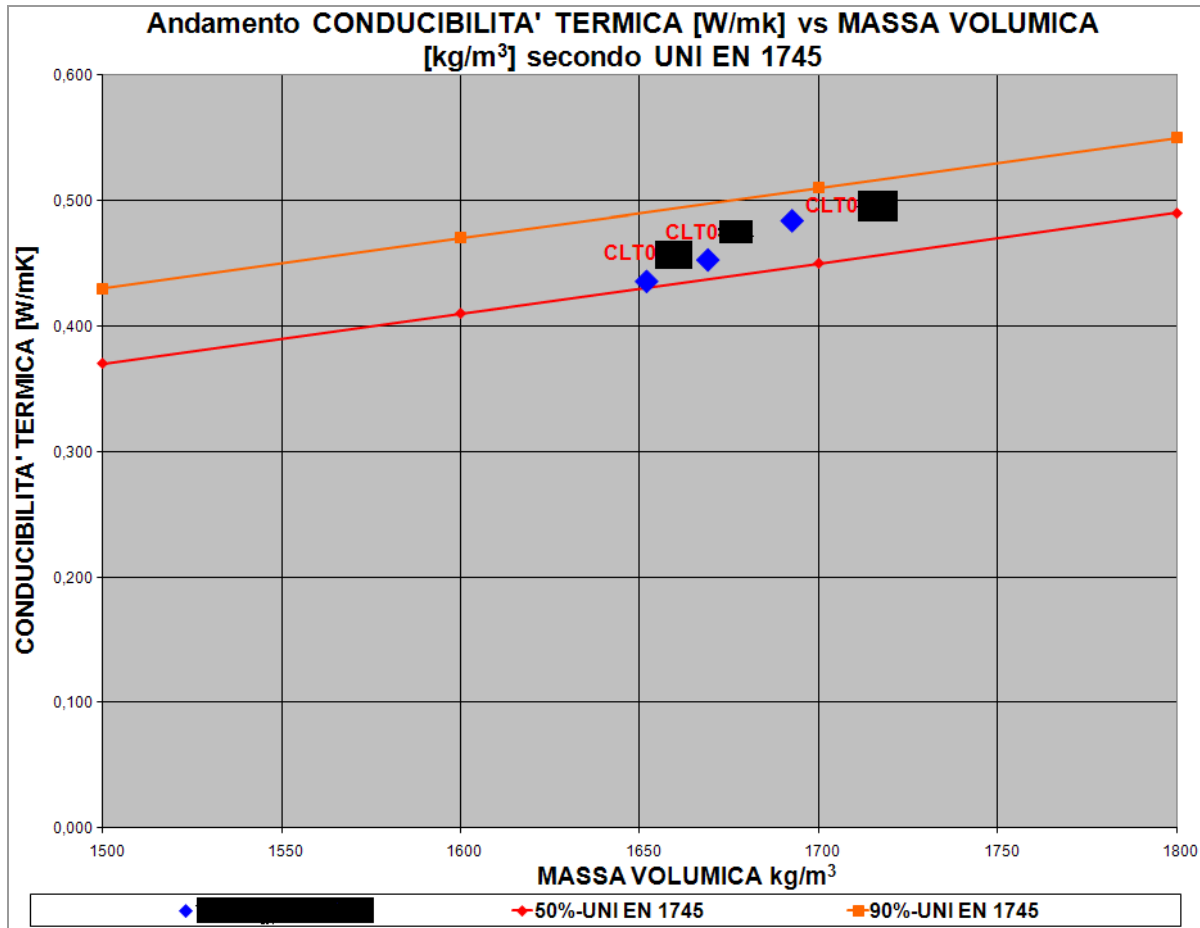


Figura 4. Rappresentazione grafica dei risultati: relazione $\lambda_{10,dry}$ - massa volumica

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 8 di 8
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	090220 - R - XXX