

# RAPPORTO DI PROVA

| SQM\_310\_2017 |

**DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA DIFFUSIVITA' TERMICA E DEL CALORE SPECIFICO DI MATERIALE ISOLANTE A BASE NATURALE DENOMINATO "NATURA-THERM" E PRODOTTO DALLA DITTA "NATURALIA-BAU S.r.l.", MERANO (BZ)**

LUOGO E DATA DI EMISSIONE: Faenza, 03/11/2017

COMMITTENTE: NATURALIA-BAU S.r.l.

STABILIMENTO: Via Carlo Abarth 20- Merano (BZ)

TIPO DI PRODOTTO: Materiale isolante a base naturale




NORMATIVE APPLICATE: ASTM E 1461, ASTM E 2585

DATA RICEVIMENTO CAMPIONI: 16/10/2017

DATA ESECUZIONE PROVE: Ottobre 2017

PROVE ESEGUITE PRESSO: CertiMaC, Faenza

*NOTA: I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente al campione sottoposto alle prove di seguito descritte. E' inoltre ad uso esclusivo del Committente nell'ambito dei limiti previsti dalla normativa cogente e non può essere ri-prodotto (in forma cartacea o digitale) parzialmente, senza l'approvazione scritta del laboratorio.*

Esecuzione	Redazione	Approvazione
<i>Ing. Giulia De Aloysio, PhD</i> 	<i>Ing. Giulia De Aloysio, PhD</i> 	<i>Ing. Luca Laghi</i> 
Revisione -		Pagina 1 di 8

## 1 Introduzione

Il presente rapporto descrive la prova di:

- determinazione della diffusività termica e del calore specifico alla temperatura media di 23 °C e in condizioni di umidità relativa pari al 50%,

effettuata su tre provini di una tipologia di prodotto selezionato e consegnato al laboratorio CertiMaC di Faenza in data 16/10/2017, dalla ditta NATURALIA-BAU S.r.l (Rif. 2-a,2-b) e denominato "NATURATHERM".

## 2 Riferimenti

- Preventivo: prot. 17259/lab del 05/10/2017;
- Conferma d'ordine: e-mail del 11/10/2017;
- Standard ASTM E 1461-13. Standard Test Method for Thermal Diffusivity by the Flash Method;
- Standard Practice ASTM E 2585 (09)-15. Practice for Thermal Diffusivity by the Flash Method;
- Parker, W.J., Jenkins R. J. , Butler, C.P. and Abbott G.L., "Flash Method of Determining Thermal Diffusivity, Heat Capacity and Thermal Conductivity", Journal of Applied Physics, Vol.32, 1961, pp.1679-1984;
- McMasters, Beck, Dinwiddie, Wang, Accounting for Penetration of Laser Heating in Flash Thermal Diffusivity Experiments, Journal of Heat Transfer, 121, (1998) 15-21.

## 3 Oggetto della prova

La prova è stata eseguita su provini a base di fibra di legno, ricavati da campioni consegnati presso il sotto forma di

- N. 3 Pannelli di dimensioni approssimativamente pari a 600x1200 mm<sup>2</sup>.

I provini testati sono stati realizzati a partire dal materiale consegnato dal Committente, rappresentato in Figura 1. La prova è stata eseguita nel rispetto delle norme 2-c e 2-d e le specifiche del Committente una volta raggiunta la condizione di equilibrio del materiale posto in condizioni di riferimento di 23°C e 50% U.R..

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 2 di 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_310_2017



Figura 1. Riproduzione fotografica del materiale tal quale come consegnato presso il laboratorio.

## 4 Esecuzione della prova e descrizione dei risultati

### 4.1 Metodologia di prova

La prova è stata eseguita nel pieno rispetto delle norme 2-c, 2-d che fissano il che fissano il metodo per determinare, in via diretta, la diffusività termica dei materiali mediante il metodo dell'impulso laser (LFA Method). Con l'ausilio di campioni di riferimento, è inoltre possibile, in determinate condizioni, ricavare il calore specifico del campione e la conducibilità termica del materiale oggetto di caratterizzazione. Le norme sopra menzionate costituiscono il fondamento su cui si basa il principio di funzionamento dell'apparato di misura utilizzato. Quest'ultimo implementa il metodo dell'impulso laser in cui un campione di caratteristiche geometriche e densità note, in forma di disco, è soggetto ad impulsi di energia luminosa ad alta intensità, generati da una lampada allo Xenon. L'energia luminosa, uniformemente distribuita sul campione, è assorbita sulla faccia frontale del campione stesso e, il conseguente incremento della temperatura sulla faccia posteriore del campione, viene misurato, in funzione del tempo, da un detector IR (ad infrarossi). In Figura 2 viene riportato a titolo di esempio il segnale associato all'impulso, mentre in Figura 3 si rappresenta l'incremento della temperatura sulla superficie posteriore del campione rilevato dal detector.

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 3 di 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_310_2017

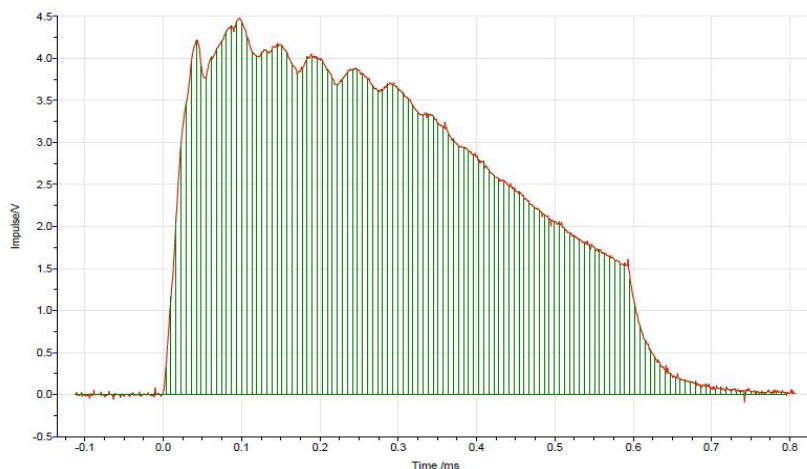


Figura 2. Esempio di andamento nel tempo del segnale associato all'impulso

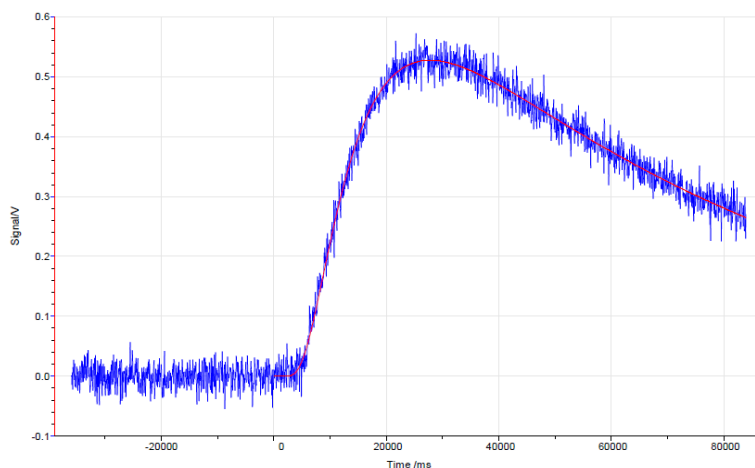


Figura 3. Esempio di termogramma generato dal detector

Il provino viene alloggiato in uno specifico porta-campioni dal diametro di 12.7 mm e in grado di contenere campioni di spessore variabile da 1 a 6 mm. Al fine di eliminare eventuali giochi e per ridurre l'influenza degli effetti di bordo viene inserita una maschera di protezione. Il campione, porta-campione e la maschera protettiva vengono quindi alloggiati in un tubo di allumina intorno al quale è avvolto un filo di platino. Tubo e filo di platino costituiscono uno dei quattro elementi scaldanti del forno.

La sperimentazione può avvenire in atmosfera inerte, come per maggior parte dei materiali, per evitare reazioni chimiche, soprattutto alle elevate temperature o, in casi particolari, in condizioni di vuoto.

Sulla base di quanto descritto, la diffusività termica è ricavata, in *condizioni ideali e adiabatiche*, a partire dallo spessore del provino ( $d$ ) e dal tempo richiesto affinché la superficie posteriore dello

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 4 di 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_310_2017

stesso raggiunga la metà dell'incremento di temperatura massimo, il cosiddetto *half-rise time*,  $t_{1/2}$  (s)

(Rif.2-e).

$$\alpha = 0.1388 \frac{d^2}{t_{1/2}} \quad (1)$$

Nella realtà, tuttavia, occorre tener conto di diversi fenomeni per i quali occorre correggere analiticamente il segnale. Tra questi spiccano non solo le condizioni di non adiabaticità, ma anche la durata finita dell'impulso luminoso e la cosiddetta "baseline", ovvero della parte della curva di incremento di temperatura antecedente l'impulso luminoso. Tali effetti vengono analizzati in una fase successiva alla misura (post-analisi) mediante Software della macchina (Proteus® 7.1). Quest'ultimo consente di modellizzare le curve ottenute relative all'incremento di temperatura sulla superficie posteriore del campione e la forma dell'impulso con un'ampia gamma di modelli che consentono di tenere in considerazione le perdite di calore sulle diverse facce del provino. Infine, grazie alla definizione della diffusività termica ( $\alpha$ ) e sulla base dell'equazione (2), è possibile determinare, sotto precise ipotesi, il calore specifico ( $c_p$ ) e la conducibilità termica ( $\lambda$ ):

$$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c_p} \quad (2)$$

## 4.2 Controllo della densità dei provini

In Tabella 1 si riportano le caratteristiche geometriche dei provini valutate con calibro centesimale (risoluzione di misura  $\pm 0.01$  mm) e bilancia analitica ( $\pm 0.001$ g), il calcolo della densità e le relative incertezze estese.

Provino	Spessore (mm)	Diametro (mm)	Densità (kg/m <sup>3</sup> )
CIS076_LFA	3.11	12.48	118.2 $\pm$ 21
CIS077_LFA	3.72	12.41	113.3 $\pm$ 23
CIS079_LFA	3.10	12.58	119.4 $\pm$ 24

Tabella 1: Caratteristiche fisico-geometriche dei provini oggetto della caratterizzazione sperimentale

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 5 di 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_310_2017

### 4.3 Realizzazione e condizionamento dei provini

Dai pannelli pervenuti in laboratorio, si sono ricavati, per taglio, tre provini, di cui si riporta una riproduzione fotografica in Figura 4. Prima di effettuare la caratterizzazione sperimentale, il materiale è stato condizionato, fino alla condizione di costanza della massa, ad una temperatura di 23°C e 50% U.R., come concordato con il Committente. La variazione percentuale di massa a seguito del condizionamento si è riscontrata essere di circa il 2 %.



Figura 4. Riproduzione fotografica di provino oggetto della misura sperimentale

I provini vengono infine codificati come CIS076\_LFA, CIS077\_LFA e CIS079\_LFA.

### 4.4 Risultati

In Tabella 2 si riportano i parametri di prova utilizzati e il tipo di modello implementato per l'analisi del segnale relativo all'andamento di temperatura sulla superficie posteriore del provino in funzione del tempo.

Parametro	Valore
Atmosfera	Argon (Ar)
Portata gas	50 ml/min
Velocità di riscaldamento	4 K/min
Ampiezza impulso	600 $\mu$ s
Modello di post-analisi	Penetration Model

Tabella 2. Parametri di Prova e di Post-analisi

Il modello di post-analisi impiegato, in questo caso, è il cosiddetto "Penetration Model", che tiene conto del fatto che l'assorbimento dell'energia luminosa non è limitato alla superficie esposta alla radiazione, ma che si estenda anche ad un ulteriore strato sottile dello spessore del campione. In questo modo si può valutare in maniera più appropriata il comportamento termico del materiale.

Nella Figura 5 e nella Figura 6 si riportano i risultati della sperimentazione eseguita sui tre provini, relativi alla diffusività termica e al calore specifico. In particolare, per il punto di temperatura di 23 °C sono stati esegui-

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 6 di 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_310_2017

ti cinque (5) shot, al fine di determinare con maggiore accuratezza i parametri termofisici del materiale, garantendone la ripetibilità entro il 5%. Ogni punto sperimentale rappresentato si riferisce quindi al valore medio ottenuto dai 5 shot. Analogamente, nella Tabella 3 si riportano i valori medi ottenuti dalla post-elaborazione dei cinque shot per il punto di temperatura.

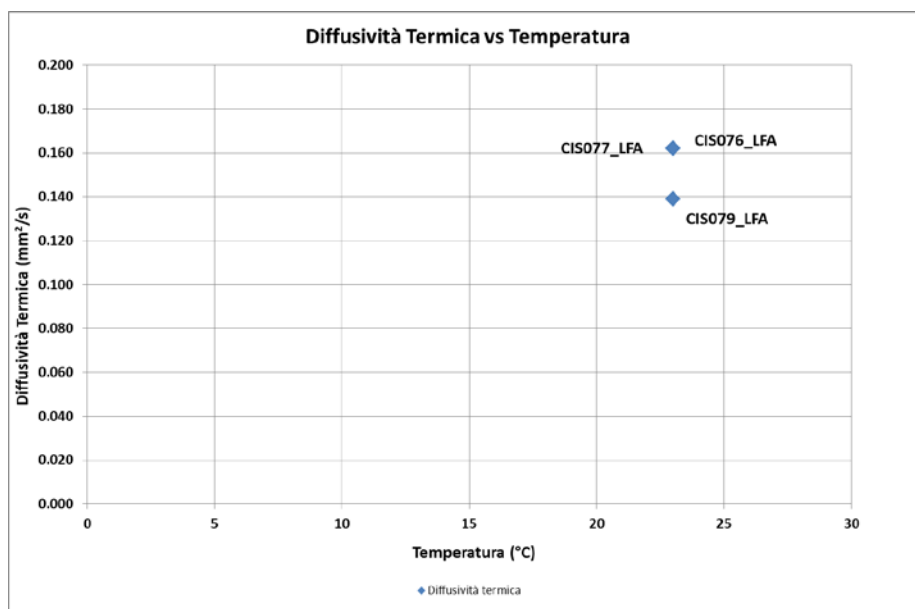


Figura 5. Rappresentazione grafica dei risultati: diffusività termica dei tre provini

I risultati, in forma tabellare, sono riportati in Tabella 3.

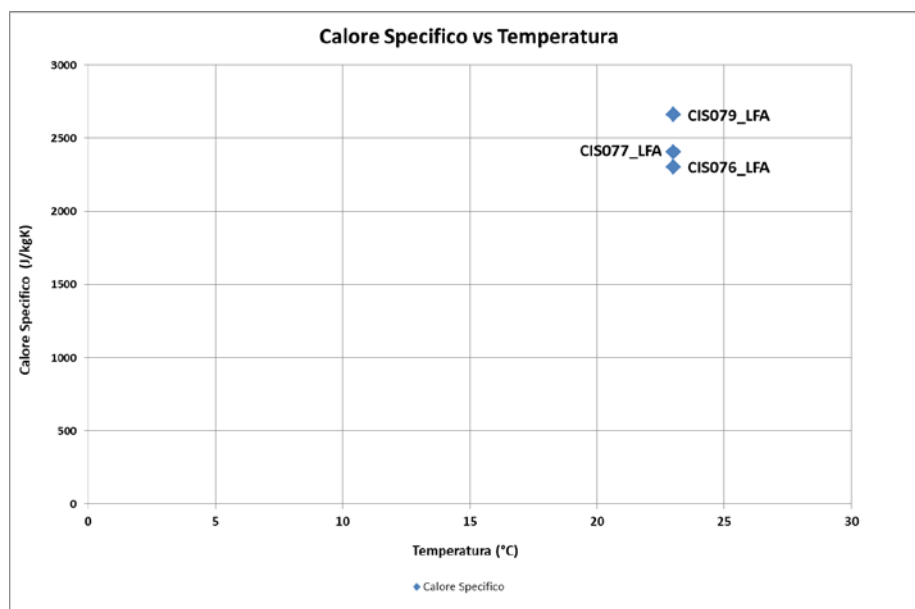


Figura 6. Rappresentazione grafica dei risultati: calore specifico dei tre provini

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 7 di 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_310_2017

Il risultato scaturito dall'analisi sperimentale è stato ulteriormente verificato con la ripetizione di alcune prove e l'incertezza di misura dichiarata dal software nella determinazione della diffusività termica è di circa il 2%.

Materiale	Temperatura (°C)	Diffusività Termica (mm <sup>2</sup> /s)	Calore Specifico (J/kgK)
CIS076_LFA	23	0.162	2305.4
CIS077_LFA	23	0.162	2405.5
CIS079_LFA	23	0.139	2660.8

Tabella 3. Valori di diffusività termica e di calore specifico ottenuti sperimentalmente per i tre provini

## 5 Conclusioni

Dalla sperimentazione fatta, si ottengono valori di diffusività termica e di calore specifico medi a 23 °C e in condizioni di U.R del 50%, rispettivamente pari a **0.154 mm<sup>2</sup>/s** e **2457.3 J/kgK**.

## 6 Lista di distribuzione

ENEA	Archivio	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	NATURALIA-BAU S.r.l	1 copia

Rev. --	Esecuzione	Redazione	Approvazione	Pagina 8 di 8
	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Giulia De Aloysio, PhD_	_Ing. Luca Laghi_	SOM_310_2017