

CertiMaC  
soc.cons. a r.l.  
Via Granarolo, 62  
48018 Faenza RA  
Italy  
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  
€ 84.000  
interamente versato

**Calcolo**

Ing. Jacopo Francisconi



**Redatto**

Ing. Jacopo Francisconi



**Approvato**

Ing. Luca Laghi



# RAPPORTO DI PROVA

**110123-R-4715**

**VALUTAZIONE NUMERICA DEL CONTRIBUTO ALLA TRASMITTANZA TERMICA DI PARETE OPACA VERTICALE (UNI EN ISO 6946:2008) DI UN CICLO DI VERNICIATURA COMPOSTO DAI PRODOTTI DENOMINATI "ECOTHERMO PAINT AIR" E "ECOTHERMO PAINT REFLEX" DELLA DITTA "A.T. MARMO SERVICE S.R.L.", RHO (MI).**

LUOGO E DATA DI EMISSIONE: Faenza, 28/07/2015

COMMITTENTE: **A.T. Marmo Service S.r.l.**

STABILIMENTO: Via Belvedere 14, 20017 Rho (MI)

TIPO DI PRODOTTO: Vernice per interni / Vernice per esterni

NORMATIVE APPLICATE: UNI EN 6946

DATA RICEVIMENTO CAMPIONI: 03/07/2015

DATA ESECUZIONE CALCOLO: Luglio 2015

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 riprodotto (in forma cartacea o digitale) parzialmente, senza l'approvazione scritta del laboratorio.*

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 ha come oggetto la valutazione numerica del contributo dato da uno strato di vernice per interni ed uno strato di vernice per esterni al valore di Resistenza e di Trasmittanza Termiche di pareti opache verticali, richiesta al laboratorio Certimac di Faenza (RA) dalla ditta "A.T. Marmo Service S.r.l.", stabilimento di Rho (MI) (Rif. 2-a, 2-b). La valutazione è stata sviluppata ai sensi della procedura di calcolo riportata nella norma di cui al Rif. 2-c, sulla base dei metodi messi a punto di cui al Rif. 2-d applicandola a due differenti tipologie di sistemi in muratura ed a partire dai valori sperimentali di conducibilità termica misurati su campioni di prodotto (Rif. 2-e).

## 2. Riferimenti

- a. Preventivo: Prot. 15211/lab del 15/06/2015.
- b. Conferma d'ordine: mail del 06/07/2015.
- c. Norma UNI EN 6946:2008. Componenti ed elementi per edilizia. Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo.
- d. Rapporto di Calibrazione CertiMaC 040219-C-17/Rev01 del 10/03/2009. Calibrazione di un Modello Bidimensionale per il Calcolo della Conducibilità Equivalente di un Mattone per Muratura.
- e. Rapporto di prova 110120-R-4712 del 28/07/2015: "Determinazione sperimentale della conducibilità termica (Norma UNI EN 12664) di un ciclo di verniciatura composto da due prodotti denominati "EcoThermo Paint AIR" e "EcoThermo Paint REFLEX", della ditta "A.T. Marmo Service S.r.l.", Rho (MI).
- f. Norma UNI EN 1745:2012. Muratura e prodotti per muratura. Metodi per determinare i valori termici di progetto.
- g. Norma UNI 10355:1994. Murature e Solai. Valori della resistenza Termica e Metodo di Calcolo.
- h. Rapporto di prova 110132-R-4714 del 24/07/2015: "Determinazione dello spettro di riflettanza solare e del coefficiente di riflettanza solare (Norma ASTM E 1980-11) e del coefficiente di emissività (Norma ASTM C 1371-04a) di campioni di vernice per interni denominata "Eco Thermo Paint AIR+ EcoThermo Paint REFLEX" della ditta "A.T. Marmo Service S.r.l.", Rho (MI)".

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 2 di 8
	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Luca Laghi	110123 - R -4715

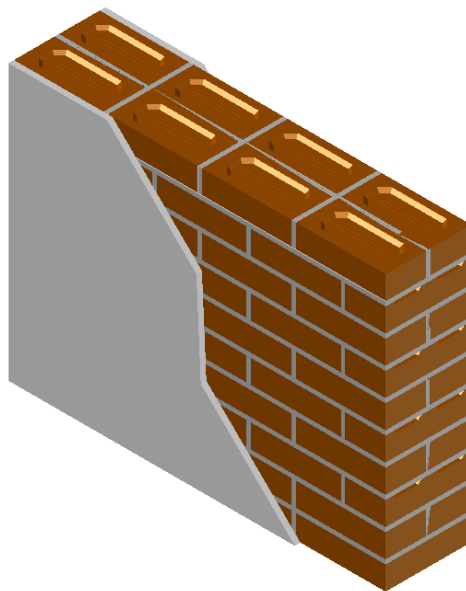
### 3. Oggetto del calcolo

Il calcolo è stato effettuato per la tipologia di prodotto suddetta supponendolo applicato a due differenti tipologie di muratura:

1 – “Muratura Tradizionale” tipica del patrimonio edilizio esistente anni ‘60-’70 – Parete A: sistema costituito da muratura a due teste formato da mattoni pieni in laterizio, giunti di malta orizzontali e verticali ed intonaci interno ed esterno a base di calce e gesso (fig. 1).

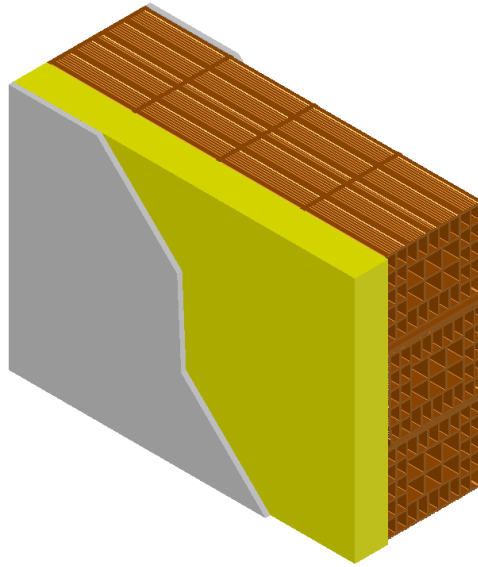
2 – “Muratura di Moderna Concezione” tipica del patrimonio edilizio di nuova Costruzione (conforme ai Req. Richiesti dai D.Lgs. 192/’05 e 311/’06) – Parete B: sistema costituito da Mattone in laterizio forato, rettificato, porizzato e predisposto per giunti verticali ad incastro, strato isolante ed intonaci interno ed esterno a base di calce e gesso e termoisolante (fig. 2).

Su tali sistemi di muratura si valuta la variazione di prestazione termica dovuta alla presenza della vernice posta internamente alla muratura, al fine di valutarne il potenziale applicativo nei casi di riqualificazione di edifici esistenti o di edifici di nuova costruzione. Le valutazioni sono da ritenersi valide entro i limiti di accuratezza dei metodi di calcolo imposti dalle normative vigenti e solo ed esclusivamente per le stratigrafie considerate che schematizzano strutture murarie tipiche del patrimonio edilizio italiano nei due casi suddetti.



**Figura 1. Esempio 3D di “Muratura Tradizionale” – Parete A**

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 3 di 8
	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Luca Laghi	110123 - R - 4715



**Figura 2. Esempio 3D di “Muratura di Moderna Concezione” – Parete B**

Si fa inoltre riferimento per la realizzazione dei calcoli alla conducibilità termica equivalente di malta, intonaci e mattoni, determinata a partire dalle tabelle delle norme di cui al Rif. 2-f e 2-g e per quel che riguarda la vernice, dalle misure sperimentali contenute nel Rapporto di Prova di cui al Rif. 2-e, come valor medio delle misure effettuate.

Infine, i valori termici calcolati, fanno riferimento allo stato secco (*dry*) e non alla condizione di progetto (*wet*) in quanto l’obiettivo del calcolo è effettuare un’analisi comparativa senza indagare i valori assoluti di performance, da cui decade l’importanza dei valori di progetto per i quali occorre tener conto anche dell’umidità presente all’interno delle strutture.

## 4. Metodologia di Calcolo

### 4.1. Dati di Input

Sulla base delle indicazioni fornite dal committente e delle ipotesi fatte, riportate in sintesi in Tab. 1, si sono sviluppati i calcoli considerando, sulla base dei due sistemi di parete sopra riportati, la seguente serie di ipotesi:

#### Parete A (Tab. 1):

- Muratura a due teste in mattoni pieni in laterizio;
- Giunti di malta (sia orizzontali che verticali) con valori di conducibilità termica ricavati per interpolazione lineare dal Prospetto A.12 della norma 2-f.
- Intonaci interno ed esterno a base di calce e gesso.

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 4 di 8
	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Luca Laghi	110123 - R - 4715

Dati di input del calcolo – Parete A		
	Caratteristiche Dimensionali (mm)	Conducibilità Termica (W/mK)
Mattone in Laterizio Pieno + Giunti di malta Tradizionale	<b>280x140x60</b> Spessore Giunti = <b>12</b>	<b>0.811</b>
Intonaco a Base calce e gesso	Spessore = <b>15</b>	<b>0.700</b>

**Tabella 1. Dati utilizzati per l'esecuzione del calcolo – Parete A**

*Parete B (Tab. 2):*

- Muratura costituita da mattoni in laterizio forati, porizzati, rettificati e predisposti per giunti ad incastro verticali;
- Giunti di malta assenti;
- Isolante generico;
- Intonaci interno ed esterno con caratteristiche termoisolanti.

Dati di input del calcolo – Parete B		
	Caratteristiche Dimensionali (mm)	Conducibilità Termica (W/mK)
Mattone in Laterizio Forato	<b>300x180x170</b>	<b>0.208</b>
Giunti di malta	-	-
Pannello Isolante	Spessore = <b>100</b>	<b>0.045</b>
Intonaco termoisolante	Spessore = <b>15</b>	<b>0.200</b>

**Tabella 2. Dati utilizzati per l'esecuzione del calcolo – Parete B**

A tali dati di input ipotizzati od estrapolati dalle normative cogenti di riferimento, si aggiunge il valore di conducibilità termica sperimentalmente determinato per il ciclo di verniciatura di cui al Rif. 2-e, che si considera mediamente applicate ad uno spessore di **1.0 mm** e che presenta una conducibilità termica media valutata a 10 °C pari a **0.155 W/mK**.

#### 4.2. Condizioni al contorno

Secondo quanto previsto dalla norma del Rif. 2-c i valori di resistenza termica superficiale (o liminare) interna ed esterna del mattone costituiscono le condizioni al contorno. Questi valori tengono conto dei fenomeni di convezione ed irraggiamento che

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 5 di 8
	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Luca Laghi	110123 - R - 4715

si hanno sulle superfici del sistema e vengono così valutati sulla base delle indicazioni fornite dal par. 5.2 dell'Appendice A della norma del Rif. 2-c.

Il valore di resistenza superficiale è stimabile come:

$$R_s = \frac{1}{h_r + h_c} \quad (1)$$

Dove  $h_r$  è il coefficiente di irraggiamento e  $h_c$  è il coefficiente di convezione. Nello specifico, il coefficiente di irraggiamento di una generica superficie è proporzionale al prodotto della sue emissività  $\epsilon$  per il coefficiente di irraggiamento del corpo nero (a sua volta proporzionale alla costante di Stefan-Boltzmann e alla media tra la temperatura della superficie e quella delle superfici limitrofe):

$$h_r = \epsilon h_{r0} \quad (2)$$

Il valore di emissività del materiale applicato ( $\epsilon=0.82$ ), desunto dal rapporto di prova di cui al Rif. 2-h, non si ripercuote in maniera apprezzabile<sup>1</sup> sulla variazione totale di Resistenza Superficiale esterna rispetto al caso standard (con  $\epsilon=0.9$ ). È stato pertanto assunto il valore standard. Un lieve miglioramento si ottiene invece per la Resistenza Superficiale Interna, che risulta incrementata rispetto a quella standard (0.13 m<sup>2</sup>K/W). I valori assunti sono pertanto i seguenti:

**Resistenza Superficiale Interna nel caso standard:  $R_{si} = 0.13 \text{ m}^2\text{K/W}$**

**Resistenza Superficiale Interna con il prodotto applicato  $R_{si} = 0.14 \text{ m}^2\text{K/W}$**

**Resistenza Superficiale Esterna:  $R_{se} = 0.04 \text{ m}^2\text{K/W}$**

Tali valori fanno riferimento alla condizione di lavoro in cui la parete sia posta tra due ambienti: quello esterno a 0°C e quello interno a 20°C.

#### 4.3. Metodologia di calcolo

Il calcolo è stato portato a termine sulla base dei requisiti previsti dalla norma 2-c, utilizzando le convenzioni classiche della fisica tecnica e implementando cioè il principio dell'analogia elettrica secondo cui valgono le relazioni di serie e parallelo di resistenze all'interno di una rete elettrica. L'analogia vede lo stesso fenomeno, ma considera resistenze termiche definite dalla relazione (1) tra lo spessore dello strato considerato e la conducibilità termica del materiale di cui è costituito.

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

<sup>1</sup> I calcoli effettuati con i valori di emissività effettivi portano ad una valutazione delle resistenze superficiali pari a  $R_{si} = 0.1393 \text{ m}^2\text{K/W}$  per quella interna e  $R_{se} = 0.0413 \text{ m}^2\text{K/W}$  per quella esterna

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 6 di 8
	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Luca Laghi	110123 - R - 4715

#### 4.4. Calcolo della Trasmittanza Termica delle pareti A e B standard

Sulla base dei dati e delle ipotesi fornite ai paragrafi precedenti, è stato possibile valutare Resistenza e Trasmittanza Termica delle pareti A e B considerate in condizioni standard, ossia senza considerare l'applicazione della vernice (Tabella 3), da cui risulta:

Prestazione TERMICA Pareti Standard			
Oggetto del Calcolo	Tipo di Parete	Resistenza Termica R (m <sup>2</sup> K/W)	Trasmittanza Termica U (W/m <sup>2</sup> K)
1- Parete Opaca Verticale	A	0.573	1.746
1- Parete Opaca Verticale	B	3.982	0.251

Tabella 3. Prestazione Termica Pareti Standard

#### 5. Valutazione del Contributo delle Vernici alla Trasmittanza U di muratura

Sulla base dei risultati ottenuti in Tabella 3 e di quanto esposto al Par. 4.1 è possibile valutare in termini quantitativi l'incidenza del contributo dato dalla vernice sulla trasmittanza di muratura nel caso di:

- "Muratura Tradizionale" – Parete A;
- "Muratura di Moderna Concezione" – Parete B.

In Tabella 4 si riportano i risultati, in termini di trasmittanza termica, ottenuti nei casi sopraelencati grazie all'applicazione della vernice:

TRASMITTANZA TERMICA				
Oggetto del Calcolo	Tipo di Parete	Resistenza Termica R (m <sup>2</sup> K/W)	Trasmittanza Termica U (W/m <sup>2</sup> K)	Variazione % rispetto al Valore standard U
1- Parete Opaca Verticale	A	0.596	1.679	-3.84
1- Parete Opaca Verticale	B	4.007	0.250	-0.40

Tabella 4. Prestazione Termica Pareti con Vernice per interni e per esterni

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 7 di 8
	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Luca Laghi	110123 - R - 4715

## 6. Conclusioni

A livello generale si può concludere che il prodotto esaminato, deposto a tali spessori e con tali prestazioni termiche fornisce un apporto migliorativo vicino al 4% alla trasmittanza totale nel caso di parete tradizionale. Nel caso invece di costruzione di moderna concezione, con valori di trasmittanza iniziali nettamente superiori, l'apporto è trascurabile (0.4%), a meno di considerare un caso in cui la prestazione globale della parete sia prossima al limite normativo e lo strato verniciato possa fornire il *quid* necessario per il rispetto dello stesso.

## 6. Lista di distribuzione

ENEA	Archivio	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	A.T. Marmo Service S.r.l.	1 copia

	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 8 di 8
	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Jacopo Francisconi	Ing. Luca Laghi	110123 - R - 4715