

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

Analisi FEM
Ing. Luca Laghi



Redatto
Ing. Luca Laghi



Approvato
Ing. Martino Labanti



RAPPORTO DI CALCOLO

110123-R-2522

VALUTAZIONE NUMERICA DEL CONTRIBUTO ALLA RESISTENZA
LIMINARE DI PARETE OPACA VERTICALE ED ORIZZONTALE DI
VERNICE TERMORIFLETTENTE A BASSA EMISSIVITA' (UNI EN ISO
6946:2008) DELLA DITTA "LUDOVICI GIOVANNI E FIGLI S.R.L.",
STABILIMENTO DI BARISCIANO (AQ).

LUOGO E DATA DI EMISSIONE: Faenza, 09/05/2011

COMMITTENTE: Ludovici Giovanni e Figli S.r.L.

STABILIMENTO: Barisciano (AQ)

TIPO DI PRODOTTO: Vernice Termo-riflettente Basso emissiva

NORMATIVE APPLICATE: UNI EN ISO 6946:2008

ESECUZIONE CALCOLO: Maggio 2011

ANALISI ESEGUITE PRESSO: CertiMaC, Faenza

Revisione -	Il presente Rapporto di Prova è composto da n. 6 pagine		Pagina 1 di 6
Classificazione:	Prog. CNT	Ris. III	Arch. +5

1. Introduzione

Il presente rapporto ha come oggetto la valutazione numerica del contributo dato da una vernice termo riflettente a bassa emissività al valore di Resistenza Liminare (o superficiale, nel seguito indicate rispettivamente con R_{se} - esterno ed R_{si} - interno), richiesta al laboratorio Certimac di Faenza (RA) dalla ditta "Ludovici Giovanni e Figli S.r.L.", stabilimento di Barisciano (AQ) (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 e sulla base dei metodi messi a punto di cui al Rif. 2-d applicandola a due differenti tipologie di sistemi in muratura.

2. Riferimenti

- a. Preventivo: Prot. 11122/lab del 26-04-2011.
- b. Conferma d'ordine: fax del 29-04-2011.
- 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.

3. Oggetto del Calcolo

Il calcolo è stato eseguito in due differenti condizioni di emissività: valore standard pari a 0.9 e pari a 0.62, pari cioè al valore certificato dichiarato dal Committente per il prodotto di rivestimento (vernice) al fine di valutare la variazione delle resistenze liminari al variare dell'emissività stessa. Inoltre si è applicato il tutto a due differenti strutture tipo per valutare l'effetto dell'incremento della Resistenza Superficiale sulla Trasmittanza Termica finale, parametro di riferimento per la definizione dei limiti di legge in termini di isolamento termico delle chiusure opache:

- Parete Opaca Verticale (Muratura classica di tamponamento): flusso di calore supposto orizzontale;
- Parete Opaca Orizzontale (Solaio): flusso di calore supposto verticale ascendente.

4. Metodologia di Calcolo

4.1. Ipotesi Iniziali

Il valore di resistenza superficiale viene valutato sulla base della seguente equazione (1):

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

dove:

- h_c = coefficiente che tiene conto di tutti i contributi legati allo scambio termico superficiale di tipo convettivo;
- h_r = coefficiente che tiene conto di tutti i contributi legati allo scambio termico superficiale di tipo radiativo;

	Analisi FEM	Redatto	Approvato	Pagina 2 di 6
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110123-R-2522

Come indicato nella norma al Rif. 2-c tale calcolo, assunto come standard nell'ambito dell'energetica degli edifici e di tutte le valutazioni atte a stimare la trasmittanza termica di involucro opaco e trasparente in edilizia, è valido nell'ambito delle seguenti ipotesi ed approssimazioni.

Si tratta infatti di un calcolo approssimato effettuato tra due ambienti a temperatura costante e fissata. Citando la norma, calcoli più precisi del flusso termico possono essere basati sulle reali temperature dell'ambiente interno ed esterno (in cui la temperatura dell'aria e quella radiante sono ponderate secondo i rispettivi coefficienti di convezione e di irraggiamento, ed in cui si può anche tenere conto della geometria del locale, dell'effetto dei gradienti di temperatura e della convezione forzata). Se tuttavia la temperatura interna dell'aria e quella radiante non sono marcatamente differenti, si può utilizzare la temperatura operante (che considera con egual peso le temperature dell'aria e radiante).

Per le superfici esterne invece si utilizza convenzionalmente la temperatura dell'aria esterna, basandosi sull'ipotesi di cielo coperto in modo che la temperatura dell'aria e quella di irraggiamento siano effettivamente uguali. Non viene preso in considerazione l'effetto dell'irraggiamento solare ad onde corte sulle superfici esterne, la formazione di rugiada, lo scambio termico radiativo con la volta celeste e l'effetto di superfici limitrofe. Altri indici di temperatura esterna, come la temperatura radiazione-aria o la temperatura sole-aria, possono essere utilizzati quando tali effetti devono essere considerati.

4.2. Procedura di Calcolo UNI EN ISO 6946:2008

La procedura di calcolo prevista nella norma al Rif. 2-c e basata sull'eq. (1) valuta correttamente il contributo dell'emissività ϵ all'interno del parametro h_r e considera un valore standard pari a 0.9, valore appropriato nel caso di superfici interne ed esterne. In breve si può considerare il valore di ϵ come un rapporto tra le proprietà di emissione dell'energia termica radiante del corpo in esame e le stesse del corpo nero che, come è noto, si può vedere come un corpo ideale di riferimento che, alla stessa temperatura, emette la massima potenza radiativa possibile (Cfr. *Legge di Kirchhoff*).

Sulla base di queste ipotesi e dell'eq. (1) può essere effettuato il calcolo variando tale parametro e dovrebbero considerarsi, nella valutazione di ϵ , anche gli effetti legati al trascorrere del tempo ed all'accumulo di polvere i quali alterano l'emissività stessa. Vista l'aleatorietà di queste ultime variabili si prescinde da tali considerazioni in questa sede considerando, per il calcolo in oggetto, le condizioni nominali di funzionamento ideale, al netto cioè dell'invecchiamento e della presenza di polvere.

4.3. Determinazione delle Resistenze Liminari Standard (Emissività 0.9)

I valori generalmente considerati e valutati per ϵ pari a 0.9, risultano:

Condizioni al CONTORNO	
Grandezza fisica	Valore nominale
Emissività emisferica della Superficie ϵ	0.9
Temperatura media Termodinamica T_m	20 °C = 293.15 K
Velocità del Vento media all'esterno	4 m/s

Tabella 1. Condizioni al contorno applicate

	Analisi FEM	Redatto	Approvato	Pagina 3 di 6
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110123-R-2522

Sulla base delle ipotesi fatte e dei parametri di input riportati in Tab. 1 si ottengono i seguenti valori di h_r ed h_c che concorrono alla stima del valore di resistenza superficiale:

Coefficients di SCAMBIO TERMICO		
Grandezza fisica	Valore calcolato	
Coefficiente radiativo h_r valido per superfici interne ed esterne	5.14 W/m ² K	
Coefficiente radiativo h_c valido per superfici interne ed esterne	Sup. Interna – flusso termico orizzontale	2.5 W/m ² K
	Sup. Interna – flusso termico ascendente	5.0 W/m ² K
	S. Esterna	20.0 W/m ² K

Tabella 2. Coefficienti Radiativo e Convettivo standard

Da cui risultano i seguenti valori di resistenza superficiale (Tab.3) rispettivamente nel caso 1- parete opaca verticale e nel caso 2- parete opaca orizzontale (solaio):

Resistenze Superficiali STANDARD ($\epsilon=0.9$)			
Caso n°	Resistenza Liminare	Valore esatto calcolato (m ² K/W)	Valore standard applicato (m ² K/W)
1- Parete Opaca Verticale	R_{se}	0.0398	0.04
	R_{si}	0.1309	0.13
2- Parete Opaca Orizzontale	R_{se}	0.0398	0.04
	R_{si}	0.0986	0.10

Tabella 3. Resistenze Superficiali Standard

4.4. Determinazione delle Resistenze Liminari con Emissività 0.62

Analogamente a quanto fatto al Paragrafo 4.3 precedente si riportano i risultati ottenuti (Rif. 2-c) nell'ipotesi di un'emissività superficiale esterna ed interna pari a **0.62** grazie all'applicazione dello strato di vernice termoriflettente (Tab. 4):

Resistenze Superficiali STANDARD ($\epsilon=0.62$)			
Caso n°	Resistenza Liminare	Valore esatto calcolato (m ² K/W)	Variazione % rispetto al Valore standard
1- Parete Opaca Verticale	R_{se}	0.0425	+6.8
	R_{si}	0.1655	+26.5
2- Parete Opaca Orizzontale	R_{se}	0.0425	+6.8
	R_{si}	0.1171	+18.7

Tabella 4. Resistenze Superficiali con emissività pari a 0.62

	Analisi FEM	Redatto	Approvato	Pagina 4 di 6
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110123-R-2522

Dai risultati ottenuti si ottiene un sostanziale incremento delle resistenze superficiali interne, in un intervallo che va dal 19 al 26% circa a seconda che si tratti di solaio o parete verticale. Viceversa, nel caso delle resistenze superficiali esterne si registra un moderato aumento, pari al 6.8% poiché è evidente il maggior contributo, in peso, del coefficiente convettivo che per effetto dell'azione del vento e delle temperature in gioco, rendono lo scambio termico per convezione predominante rispetto a quello radiativo.

5. Contributo della Resistenza Superficiale migliorata alla Trasmittanza U di muratura

Sulla base dei risultati ottenuti in tab. 4 è possibile valutare in termini quantitativi l'incidenza delle resistenze superficiali sulla trasmittanza di muratura nel caso di:

- *Parete Opaca Verticale* (Muratura classica di tamponamento): flusso di calore supposto orizzontale ;
- *Parete Opaca Orizzontale* (Solaio): flusso di calore supposto verticale ascendente.

In entrambi i casi di calcolo verranno messi a confronto due soluzioni di involucro tipiche: una soluzione a basse prestazioni di tipo termico (**caso A** - edificio pre-esistente sul quale si voglia fare un intervento di riqualificazione) ed una soluzione ad elevate prestazioni (**caso B** - edificio di nuova costruzione rispondente ai requisiti normativi in termini di trasmittanza termica limite dell'involucro).

In Tab. 5 si riportano i risultati, in termini di trasmittanza termica, ottenuti nei casi sopraelencati grazie all'applicazione della vernice termo riflettente:

TRASMITTANZA TERMICA				
Oggetto del Calcolo	Tipo di Parete	Valore di Trasmittanza Standard fissato con $\epsilon=0.9$ (m^2K/W)	Valore di Trasmittanza con $\epsilon=0.62$ (m^2K/W)	Variazione % rispetto al Valore standard
1- Parete Opaca Verticale	A	1.600	1.508	-5.63
1- Parete Opaca Verticale	B	0.290	0.287	-1.07
2- Parete Opaca Orizzontale	A	1.400	1.363	-2.88
2- Parete Opaca Orizzontale	B	0.290	0.288	-0.61

Tabella 4. Resistenze Superficiali con emissività pari a 0.62

6. Conclusioni

Dalle valutazioni numeriche effettuate emerge un sostanziale aumento delle resistenze termiche superficiali, in relazione al lato considerato (interno od esterno), per effetto della riduzione di emissività (rispetto al valore standard utilizzato nei calcoli e pari a 0.9) dovuta alla vernice termo riflettente. Tale aumento si traduce in una corrispondente e potenziale riduzione di trasmittanza

	Analisi FEM	Redatto	Approvato	Pagina 5 di 6
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110123-R-2522

che risulterà, almeno in prima approssimazione e sulla base dei quattro casi di calcolo considerati, tanto maggiore quanto minore è la prestazione termica della parete considerata.

7. Lista di distribuzione

ENEA	M. Labanti	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	Ludovici G. e F. S.r.L.	1 copia

	Analisi FEM	Redatto	Approvato	Pagina 6 di 6
	Ing. Luca Laghi	Ing. Luca Laghi	Ing. Martino Labanti	110123-R-2522