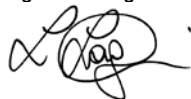


CertiMaC  
soc. cons. a r.l.  
Via Granarolo, 62  
48018 Faenza RA  
Italia  
tel +39 0546 670363  
fax +39 0546 670399  
www.certimac.it  
info@certimac.it

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

090219-R-XXXX

**DETERMINAZIONE DEI VALORI TERMICI DI PROGETTO DEL BLOCCO XXXXXX IN LATERIZIO, XX FORI, XXXXXX E DI UNA MURATURA DA QUESTI COSTITUITA DELLA DITTA "XXXXXXXXXX", STABILIMENTO DI XXXXXXXXXXXX (XX).**

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

COMMITTENTE: XXXXXXXXXXXXX

STABILIMENTO: XXXXXXXX - XXXXX XXXXXXXXXXXX (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. 13 pagine

Pagina 1 di 13

Classificazione:

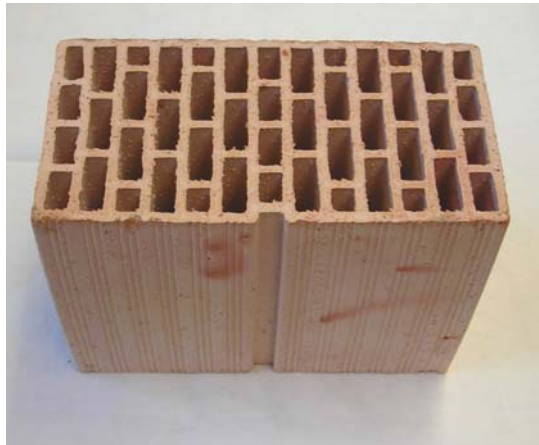
Prog. CNT

Ris. III

Arch. +5

## 1. Introduzione

Il presente rapporto ha come oggetto la determinazione dei valori termici di progetto del prodotto in laterizio XXXXXXXX richiesta al laboratorio Certimac di Faenza (RA) dalla ditta "XXXXXXXXXXXX", stabilimento di XXXXXXXXXX (XXX) (rif. 2-a, 2-b), per la tipologia di prodotto riportata in fig.1.



**Figura 1. Tipologia di prodotto fornita dal committente**

I valori termici di progetto per la suddetta tipologia di prodotto sono stati determinati mediante la metodologia di calcolo definita dalla norma del rif. 2-c, a partire dai valori sperimentali di conducibilità dell'impasto e di massa volumica rilevati sperimentalmente (Rif. 2-d). Il calcolo è stato eseguito tenendo conto delle condizioni di montaggio: condizione di flusso normale alla larghezza.

## 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. Rapporto di Prova 090220-R-XXXX del XX/XX/2010: "Determinazione sperimentale della conducibilità termica (NORMA UNI EN 1745) di blocchi XXXXXXXXXXXXXXX, della ditta "XXXXXXXXXXXX", stabilimento di XXXXXXXX (XX).
- e. 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.
- f. Norma UNI EN 772-16. Metodi di prova per elementi in muratura. Determinazione delle dimensioni.
- g. Rapporto di Prova 090220-R-XXXX del XX/XX/2010: "Determinazione del valore  $\lambda$  di base (NORMA UNI EN 1745) di blocchi XXXXXXXXXXXXXXX, della ditta "XXXXXXXXXXXX", stabilimento di XXXXXXXXXX (XX).

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 2 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

- h. Norma UNI EN 6946/2008. Componenti ed elementi per edilizia. Resistenza termica e trasmittanza termica. Metodo di calcolo.
- i. Norma UNI EN ISO 10456:2008. Materiali e prodotti per l'edilizia. Proprietà Igrometriche. Valori tabulati di progetto e procedimenti per la determinazione dei valori tabulati e di progetto.

### 3. Descrizione del Metodo di Calcolo della Conducibilità Termica Equivalente del singolo Mattone

La conducibilità termica equivalente  $\lambda_{\text{equ}}$  del singolo mattone è stata determinata, secondo le direttive della norma del rif. 2-c, mediante il modello di calcolo basato sul metodo degli elementi finiti (F.E.M.) e messo a punto con il programma Ansys 8.0 (rif. 2-e), applicato ad una sezione piana del mattone, perpendicolare all'asse di foratura, parallela al flusso termico e considerata di altezza unitaria (fig.2).

### 4. Dati di calcolo per la determinazione della Conducibilità Termica Equivalente del singolo Mattone

#### 4.1. Geometria

In assenza di un disegno di riferimento da cui ricavare le informazioni necessarie per l'impostazione del modello di calcolo FEM, è stata adottata la seguente procedura (Appendice A: Fig.7):

- Determinazione delle dimensioni dei dieci blocchi inviati presso il laboratorio (Rif. 2-f) al fine di determinare la dimensione media caratteristica di quella tipologia di prodotto;
- Spianatura delle facce del mattone fornito dal committente che sia risultato dimensionalmente più prossimo alla dimensione media della tipologia di prodotto. La spianatura è necessaria per eliminare le bave risultanti dalle operazioni di taglio nella fase di estrusione;
- Acquisizione, mediante dispositivo scanner, delle immagini della superficie del mattone e conversione delle stesse in formato jpg. La geometria scelta per rappresentare l'intera tipologia di prodotto e implementare il calcolo è stata poi regolarizzata in modo da poter garantire le simmetrie proprie del prodotto derivante dal processo di estrusione (Cfr. Appendice A);
- Rilevazione delle caratteristiche geometriche dei fori (forma geometrica ed interassi) e dei profili esterni sulla base delle dimensioni medie ricavate dalla campionatura inviata mediante misura diretta con calibro centesimale;
- Definizione, sulla base dei suddetti valori, delle caratteristiche geometriche medie della tipologia di prodotto da considerare nei calcoli (fig.2).

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 3 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

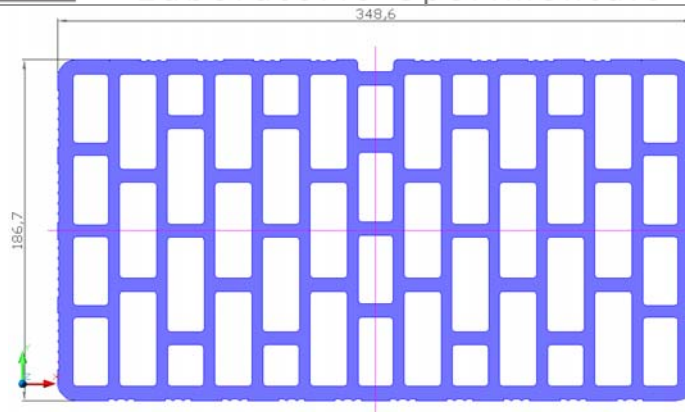


Figura 2. Geometria della sezione del Mattone utilizzata per il calcolo

#### 4.2. Conducibilità Termica dell'impasto di Argilla

La conducibilità termica  $\lambda_{10, dry}$  dell'impasto di argilla è stata ricavata sperimentalmente (Rif. 2-d) e, sulla base dei valori sperimentali così determinati, si è pervenuti al valore  $\lambda_{base}$  (Rif. 2-g) che costituisce il dato di input per il calcolo agli elementi finiti in oggetto.

$$\lambda_{base} = 0,XXX \text{ [W/(mK)]}$$

#### 4.3. Conducibilità Termica Equivalente delle Cavità d'Aria

I valori di conducibilità termica equivalente delle cavità d'aria, riportati di seguito (fig.3), sono stati calcolati secondo la metodologia indicata nella norma del rif. 2-c e riportata nella norma del rif. 2-g all'appendice B con la quale vengono approssimati all'interno della cavità gli effetti convettivo e radiativo.

Il calcolo si è effettuato in relazione ad una singola tipologia di posa in opera propria di questa tipologia di prodotto: entrambe con asse di foratura verticale, ma esposizione verso l'interno ed esterno dei lati di dimensione XXXX mm riferendo la conducibilità dell'aria all'interno delle cavità ad una temperatura di 10°C.

Per le cavità di sezione non rettangolare, come definito dalla norma del rif. 2-g all'Appendice B, sono stati considerati valori di conducibilità termica analoghi a quelli di equivalenti cavità rettangolari con medesima area e rapporto di forma.

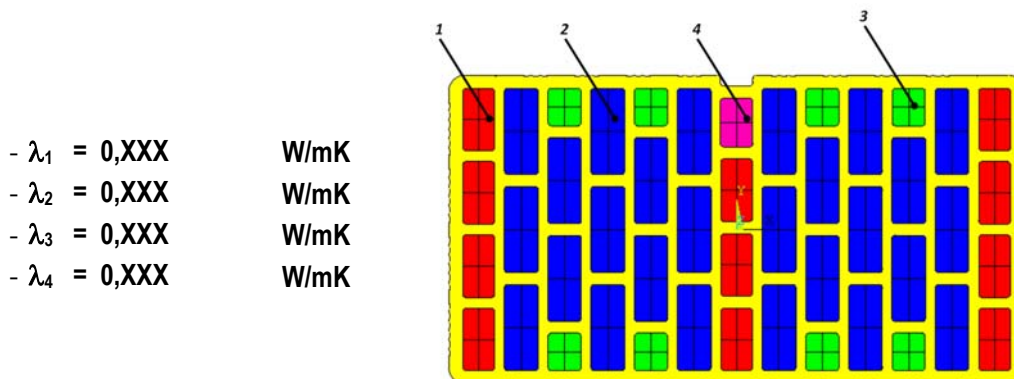


Figura 3. Sezione del mattone con indicate le caratteristiche termiche delle cavità d'aria

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 4 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

#### 4.4. Condizioni al Contorno

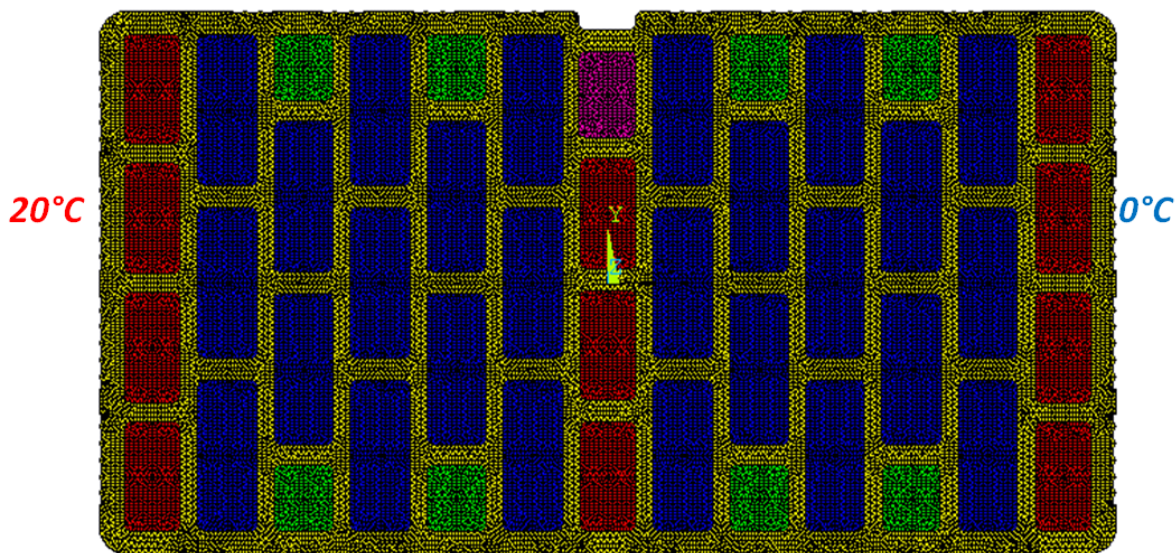
La norma del rif. 2-c indica le condizioni al contorno necessarie per la definizione del modello e fa riferimento alle temperature interna ed esterna ed ai valori di resistenza termica superficiale, interna ed esterna. Questi ultimi si riferiscono ai fenomeni di convezione ed irraggiamento che si hanno sulle superfici del mattone e vengono così valutati dalla norma del rif. 2-g al paragrafo 5.2 ed all'appendice A (Tab. 1):

| Condizioni al CONTORNO del calcolo       |                         |
|--|-------------------------|
| Grandezza fisica                         | Valore nominale         |
| Temperatura interna $T_i$                | 20 °C = 293.15 K        |
| Temperatura esterna $T_e$                | 0°C = 273.15 K          |
| Resistenza Superficiale interna $R_{si}$ | 0.XX m <sup>2</sup> K/W |
| Resistenza Superficiale esterna $R_{se}$ | 0.XX m <sup>2</sup> K/W |

Tabella 1. Condizioni al contorno applicate

Le condizioni al contorno sono state applicate considerando come superfici rivolte verso l'ambiente interno ed esterno i lati di dimensione 240.7 mm rispettivamente a seconda della direzione del flusso considerata per il calcolo.

#### 4.5. Tipologia di Elemento e Mesh



*Flusso di Calore* →

Figura 4. Mesh del Mattone

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 5 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

Considerata la geometria del mattone, il calcolo della conducibilità termica equivalente mediante il metodo degli elementi finiti (f.e.m.) è stato eseguito utilizzando elementi di tipo triangolare lineari (elementi **plane 55** del programma di calcolo Ansys 8.0). L'infiltramento della mesh (dimensioni e distribuzioni degli elementi) è stato definito, in relazione alla specificità della geometria della sezione del mattone, mediante il metodo di certificazione calcolo messo a punto, secondo le direttive riguardanti l'accuratezza dei risultati riportate nella norma del rif. 2-c, con il programma di calcolo Ansys 8.0 (rif. 2-e). Al fine di garantire una accuratezza dei calcoli significativamente inferiore al limite del 2% indicato dalla norma del rif. 2-c, è stata pertanto considerata una mesh per il modello del mattone costituita, secondo le indicazioni del rif. 2-e, da **XXXXX nodi e XXXXX elementi** (con lati di dimensione media pari a X mm) (fig.4).

#### 4.6. Risultati del calcolo per il singolo Mattone

Il calcolo della conducibilità termica equivalente del singolo mattone  $\lambda_{\text{equ mattone}}$  eseguito per i valori di conducibilità termica dell'impasto di argilla  $\lambda_{\text{base}}$  riportati al paragrafo 4.2, ha fornito i seguenti risultati a partire dall'output ottenuto da Ansys, ossia il flusso di calore (W/m) (Tab. 2).

| RISULTATI del CALCOLO F.E.M. |   |   |   |   |  |
|------------------------------|---|---|---|---|--|
| Flusso Termico (W/m)         | Coefficiente di Accoppiamento Termico Bidimensionale (W/mK) | Trasmittanza Termica (W/m <sup>2</sup> K) | Resistenza Termica complessiva (m <sup>2</sup> K/W) | Resistenza Termica del solo strato (m <sup>2</sup> K/W) | Conducibilità Termica Equivalente (W/mK) |
| $\Phi$                       | $L^{2D}=\Phi/\Delta T$                                      | $U= L^{2D}/w$                             | $R_T=1/U$   | $R_T=R_T-R_{si}-R_{se}$                                 | $\lambda_{\text{equ}}=d/ R_t$            |
| XXXXX                        | XXXXX   | XXXX                                      | XXXXX   | XXXX  | XXXXX                                    |

Tabella 2. Risultati del calcolo

In relazione alla posa in opera del mattone con esposizione dei lati di dimensione XXXX mm verso l'ambiente interno ed esterno (fig.3,4), nelle sezioni del mattone perpendicolari alla direzione del flusso termico, considerate di altezza unitaria, risulta un valore del flusso termico, determinato mediante il modello agli elementi finiti, pari a  $\Phi = \text{XXXXX W/m}$ .

In Tab. 2 è rappresentata l'intera serie di calcoli che consentono di determinare la conducibilità equivalente: dividendo il flusso di calore che attraversa le suddette sezioni per il salto termico ( $\Delta T = \text{XX}^\circ\text{C}$ ) a cui è sottoposto il mattone, viene definito il Coefficiente di Accoppiamento termico bidimensionale che a sua volta, se diviso per la lunghezza del mattone, fornisce il valore di Trasmittanza Termica. Il suo inverso rappresenta la Resistenza Termica complessiva da cui, sottraendo i valori delle resistenze superficiali, si ottiene per il mattone il valore della resistenza termica in assenza fenomeni di convezione ed irraggiamento e, considerato lo spessore (fig.2), si determina la Conducibilità Termica Equivalente a secco pari a  $\lambda_{\text{equ mattone}} = \mathbf{0.XXX W/mK}$  (Tab. 3). Dal confronto conducibilità termica equivalente del singolo mattone  $\lambda_{\text{equ mattone}}$  con il valore di conducibilità termica dell'impasto d'argilla  $\lambda_{\text{base}}$  inizialmente considerato, riportato al paragrafo 4.2, si deduce che la tipologia di foratura adottata riduce di circa il **XXX%** la conducibilità equivalente del mattone.

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 6 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

Di seguito si riportano i risultati ottenuti, riguardo l'andamento delle isoterme e del flusso termico (fig. 5 e 6).

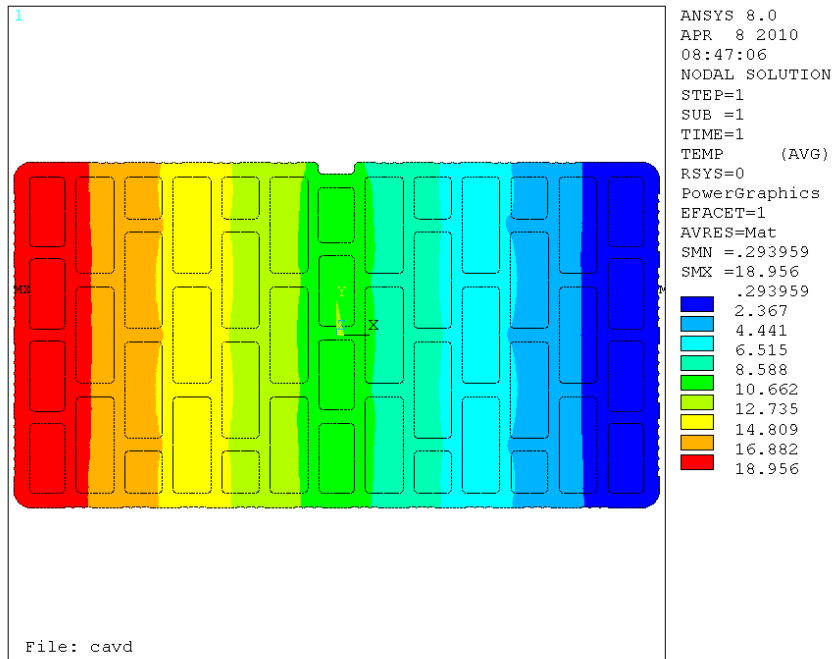


Figura 5. Andamento delle Curve Isotherme all'interno del Mattone [°C]

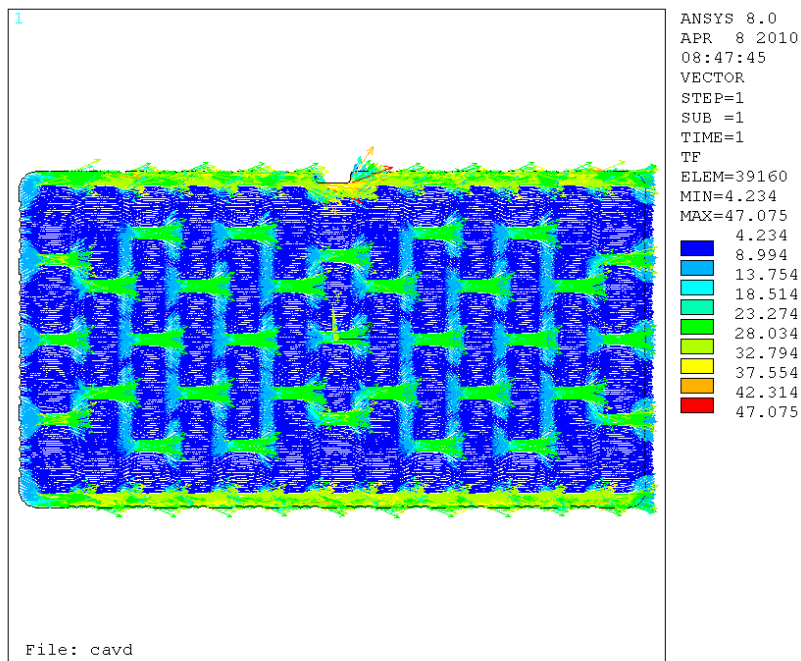


Figura 6. Andamento vettoriale del Flusso di Calore Medio per Elemento [W/m²]

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 7 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

Dal calcolo fatto emerge un sostanziale miglioramento delle caratteristiche termiche del blocco rispetto all'impasto di cui esso si costituisce, ma, come si può osservare in Fig. 6, il flusso termico è maggiormente concentrato nelle estremità inferiore e superiore del blocco dove si viene a formare, a causa dell'allineamento relativo delle forature in quei punti, un canale preferenziale di trasmissione del calore. Ne consegue che un graduale assottigliamento dello spessore di cartella esterna, così come dei setti interni, porterebbe a notevoli miglioramenti della  $\lambda_{EQU}$ .

## 5. Determinazione dei Valori Termici della Muratura a Secco

Ai fini della stima dei valori termici della parete a secco costituita dai mattoni in oggetto, si è tenuto conto della presenza dei giunti di malta tra i mattoni sommando, alla potenza termica che si trasmette attraverso i mattoni, la potenza dispersa dai giunti di malta (Fig.7). I suddetti valori termici sono stati determinati per la parete non intonacata ed intonacata.

La parete, a prescindere dalla presenza degli strati di intonaco, è stata così considerata:

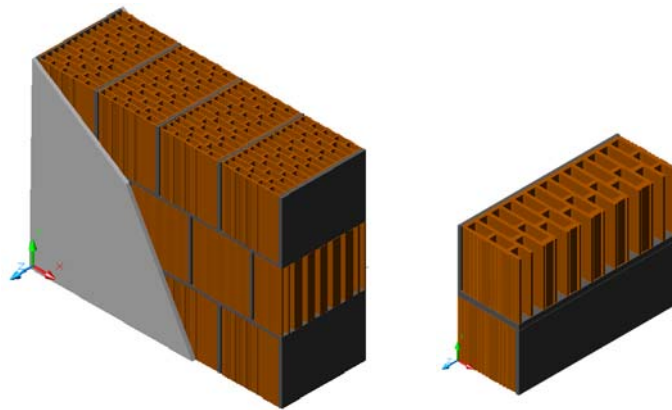


Figura 7. Elemento rappresentativo della Parete considerato nel calcolo

### 5.1. Dati di input

Sulla base dei risultati riportati ai paragrafi precedenti, si è sviluppato il calcolo a partire dai seguenti dati di input caratterizzanti la muratura:

| Dati di input del calcolo             |                                   |                              |
|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
|                                       | Caratteristiche Dimensionali (mm) | Conducibilità Termica (W/mK) |
| Blocco XXXXX                          | XXXxXXXxXXX                       | 0.XXX ( $\lambda_{equ}$ )    |
| Giunti omogenei di malta Tradizionale | Spessore = XX                     | 0.XXX                        |
| Giunti omogenei di malta Termica      | Spessore = XX                     | 0.XXX                        |
| Intonaco interno                      | Spessore = XX                     | 0.XXX                        |
| Intonaco esterno                      | Spessore = XX                     | 0.XXX                        |

Tabella 4. Dati utilizzati per l'esecuzione del calcolo

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 8 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

## 5.2. Risultati del calcolo per la parete, non intonacata ed intonacata, a secco

Di seguito si riportano i valori termici della parete non intonacata ed intonacata a secco nel caso dell'impiego di malta tradizionale e malta termica per i giunti tra i mattoni.

### a) Giunti in Malta Tradizionale: ( $\lambda_{\text{malta}} = 0,XXX \text{ (W/mK)}$ )

| Risultati per la parete NON INTONACATA a secco  |           |
|---|-----------|
| Grandezza Fisica  | Risultato |
| Resistenza termica del solo strato $R_t$ ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )   | XXX       |
| Conducibilità equivalente della parete $\lambda_{\text{equ}}$ ( $\text{W/mK}$ )                                     | XXX       |
| Resistenza termica della parete comprensiva delle resistenze termiche superficiali $R_T$ ( $\text{m}^2\text{K/W}$ ) | XXX       |
| Trasmittanza termica $U$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )   | XXX       |

Tabella 5a. Risultati del calcolo per la parete non intonacata-malta tradizionale

| Risultati per la parete INTONACATA a secco  |           |
|---|-----------|
| Grandezza Fisica  | Risultato |
| Resistenza termica della parete comprensiva delle resistenze termiche superficiali $R_T$ ( $\text{m}^2\text{K/W}$ ) | XXX       |
| Trasmittanza termica $U$ ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )   | XXX       |

Tabella 5b. Risultati del calcolo per la parete intonacata- malta tradizionale

Si osserva come la conducibilità equivalente  $\lambda_{\text{equ}}$  della parete non intonacata presenti, rispetto a quella del singolo mattone, un incremento di circa il XX%. Ciò è dovuto alla elevata conducibilità termica della malta considerata per i giunti tra i mattoni che in tal caso funge da ponte termico, incrementando la conducibilità termica complessiva del sistema composto dai mattoni e dalla malta.

### b) Giunti in Malta Termica: ( $\lambda_{\text{malta}} = 0,XXX \text{ (W/mK)}$ )

| Risultati per la parete NON INTONACATA a secco  |           |
|---|-----------|
| Grandezza Fisica  | Risultato |
| Resistenza termica del solo strato $R_t$ ( $\text{m}^2\text{K/W}$ )   | XXX       |
| Conducibilità equivalente della parete $\lambda_{\text{equ}}$ ( $\text{W/mK}$ )                                     | XXX       |
| Resistenza termica della parete comprensiva delle resistenze termiche superficiali $R_T$ ( $\text{m}^2\text{K/W}$ ) | XXX       |

|  |                 |                 |                      |                |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 9 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX   |

|   |     |
|---|-----|
| Trasmittanza termica $U$ (W/m <sup>2</sup> K) | XXX |
|---|-----|

**Tabella 6a. Risultati del calcolo per la parete non intonacata-malta termica**

| Risultati per la parete INTONACATA a secco  |           |
|---|-----------|
| Grandezza Fisica  | Risultato |
| Resistenza termica della parete comprensiva delle resistenze termiche superficiali $R_T$ (m <sup>2</sup> K/W) | XXX       |
| Trasmittanza termica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)   | XXX       |

**Tabella 6b. Risultati del calcolo per la parete intonacata-malta termica**

Si osserva come l'impiego della malta termica per i giunti tra i mattoni consenta di contenere l'incremento della conducibilità termica equivalente  $\lambda_{equ}$  della parete rispetto a quella del singolo mattone. Infine la trasmittanza della parete intonacata con i giunti in malta termica risulta di circa il XX% inferiore rispetto a quella della stessa parete intonacata, ma con i giunti in malta tradizionale.

## 6. Determinazione dei Valori Termici di Progetto della Muratura

Con analogo procedimento, i valori termici di progetto della muratura vengono determinati, come definito dalla norma di Rif. 2-c e in accordo con la norma 2-i, incrementando la conducibilità termica dei materiali in relazione al contenuto di umidità, mediante il seguente coefficiente di conversione:

$$F_m = e^{f_{\Psi}(\Psi_2 - \Psi_1)} \quad (1)$$

(per contenuto di umidità volume su volume). La norma fissa come condizione di esercizio una temperatura di XX°C ed un'umidità relativa dell'XX% (ipotesi cautelativa), la quale viene messa in relazione (1) con la condizione di prova a XX°C, dry. Ciò si traduce in un incremento delle conducibilità termiche di blocco, giunti di malta e intonaci (Tab. 7):

| Condizioni di Progetto – Maggiorazioni Conducibilità Termica |  |  |
|--|--|--|
| Elemento   | Fattore $F_m$ di conversione (m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ) | Conducibilità Termica di Progetto (W/mK) $\lambda_u$ |
| Mattone  | XXX  | XXX  |
| Giunti di malta Tradizionale                                 | XXX  | XXX  |
| Giunti di malta Termica                                      | XXX  | XXX  |
| Intonaci   | XXX  | XXX  |
| Intonaci   | XXX  | XXX  |

**Tabella 7. Fattori di Conversione dell'Umidità per il calcolo in condizioni di progetto**

|  |                 |                 |                      |                 |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 10 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX    |

**6.1. Risultati del calcolo dei valori termici di progetto per la parete intonacata**

Di seguito, si riportano i valori termici di progetto della parete intonacata, con giunti tra i mattoni di malta tradizionale e malta termica, ottenuti, come riportato nella norma del rif 2-h, mediante conversione della resistenza termica (conducibilità) a secco.

**a) Giunti in Malta Tradizionale: ( $\lambda_{malta} = 0,XXX$  (W/mK))**

| Risultati per la parete INTONACATA in condizioni di PROGETTO  |           |
|---|-----------|
| Grandezza Fisica  | Risultato |
| Resistenza termica della parete comprensiva delle resistenze termiche superficiali $R_T$ (m <sup>2</sup> K/W) | XXX       |
| Trasmittanza termica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)   | XXX       |

**Tabella 8a. Risultati del calcolo per la parete intonacata- malta tradizionale**

**b) Giunti in Malta Termica: ( $\lambda_{malta} = 0,XXX$  (W/mK))**

| Risultati per la parete INTONACATA in condizioni di PROGETTO  |           |
|---|-----------|
| Grandezza Fisica  | Risultato |
| Resistenza termica della parete comprensiva delle resistenze termiche superficiali $R_T$ (m <sup>2</sup> K/W) | XXX       |
| Trasmittanza termica $U$ (W/m <sup>2</sup> K)   | XXX       |

**Tabella 8b. Risultati del calcolo per la parete intonacata- malta termica**

**7. Conclusioni**

I calcoli eseguiti hanno evidenziato come dati maggiormente significativi il valore di conducibilità termica equivalente del mattone corrispondente ad una conducibilità termica dell'impasto di argilla riportato in Tabella 1:

$\lambda_{equ\ Mattone} = 0,XXX$  (W/mK)

ed il valore di trasmittanza termica di progetto della muratura con giunti tra i mattoni in malta tradizionale:

$U = 0,XXX$  (W/m<sup>2</sup>K)

ed in malta termica:

$U = 0,XX$  (W/m<sup>2</sup>K)

riportati al precedente paragrafo.

|  |                 |                 |                      |                 |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 11 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX    |

**8. Lista di distribuzione**

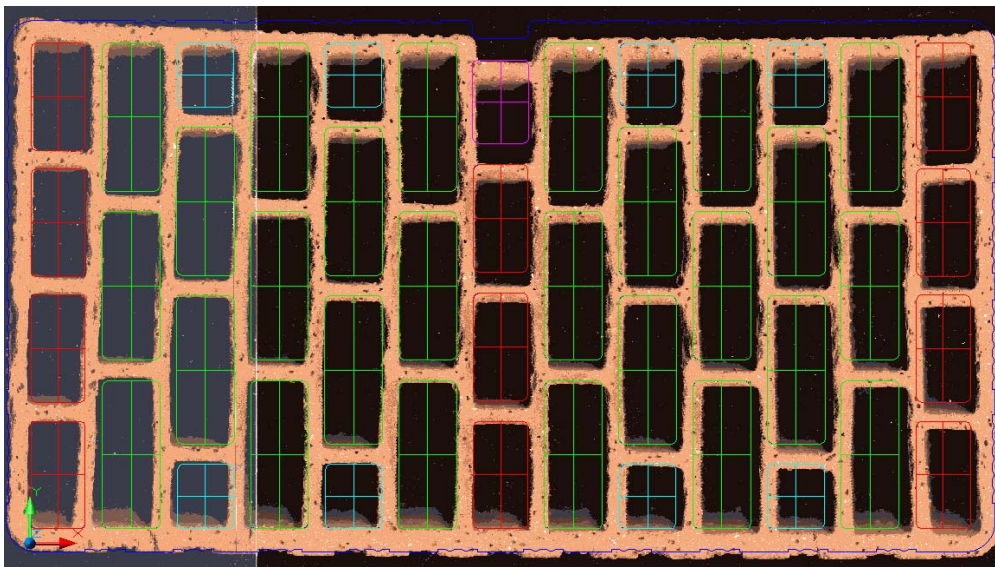
|             |            |         |
|-------------|------------|---------|
| ENEA        | M. Labanti | 1 copia |
| CertiMaC    | Archivio   | 1 copia |
| Committente | XXXXX XXXX | 1 copia |

|  |                 |                 |                      |                 |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 12 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX    |

**APPENDICE A**

Si riporta di seguito il risultato della fase preliminare di acquisizione in cui sono sovrapposte la geometria reale rilevata mediante dispositivo scanner e la geometria media utilizzata per il calcolo e caratterizzata da un profilo simmetrico come si conviene ad un modello che rappresenti l'intera tipologia di prodotto (Fig. 7).

Sono evidenti alcune inevitabili imperfezioni, ma ciò non altera l'accuratezza dei risultati ottenuti sulla geometria media poiché in essa sono rispettate tutte le dimensioni e le caratteristiche tipiche della tipologia di prodotto in questione. Inoltre la geometria di partenza mostra un profilo *arcuato che*, per ovvi motivi, è stato opportunamente corretto per rappresentare correttamente l'intera tipologia di prodotto. Tuttavia l'esperienza dimostra che la variazione della soluzione applicando il calcolo sulla geometria reale rispetto alla geometria media è trascurabile e rientra all'interno dei limiti di accuratezza previsti dalla norma.



**Figura 7. Profilo medio e reale a confronto**

|  |                 |                 |                      |                 |
|--|-----------------|-----------------|----------------------|-----------------|
|  | Analisi FEM     | Redatto         | Approvato            | Pagina 13 di 13 |
|  | Ing. Luca Laghi | Ing. Luca Laghi | Ing. Martino Labanti | 090219-R-XXX    |