

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

**Sperimentazione eseguita**

P.I. Germano Pederzoli



P.I. Federica Farina



**Redatto**

Dott. Marco Marsigli



**Approvato**

Ing. Luca Laghi



# RAPPORTO DI PROVA

**090201 - R - 4462**

**DETERMINAZIONE DELLE DIMENSIONI, DEL VOLUME NETTO E DELLA PERCENTUALE DEI VUOTI, DELLA MASSA VOLUMICA A SECCO ASSOLUTA ED APPARENTE, DELLA RESISTENZA A COMPRESIONE (NORME UNI EN 771-1, 772-16, 772-3, 772-13, 772-1) DEL PRODOTTO "CM04004 - BLOCCO 20x45x19 T" DELLA DITTA "COTTOSENESE S.p.A.", STABILIMENTO DI SAN QUIRICO D'ORCIA (SI).**

LUOGO E DATA DI EMISSIONE: Faenza, 12/03/2015

COMMITTENTE: **Cottosenese S.p.A.**

STABILIMENTO: Via Fornaci, 55/A - 53027 San Quirico d'Orcia (SI)

TIPO DI PRODOTTO: *Elemento di Laterizio per Muratura*

NORMATIVE APPLICATE: UNI EN 771-1, UNI EN 772-16, UNI EN 772-3, UNI EN 772-13, UNI EN 772-1

DATA RICEVIMENTO CAMPIONI: 02/03/2015

DATA ESECUZIONE PROVE: Marzo 2015

PROVE ESEGUITE PRESSO: CertiMaC, Faenza

**NOTA:** I risultati contenuti nel presente rapporto di prova si riferiscono esclusivamente ai campioni sottoposti 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. 11 pagine	Pagina 1 di 11	
Classificazione:	Prog. CNT	Ris. III	Arch. +5

## 1. Introduzione

Il presente rapporto descrive le prove di:

- determinazione delle dimensioni (lunghezza, larghezza, altezza),
- determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti,
- determinazione della massa volumica a secco assoluta e della massa volumica a secco apparente,
- determinazione della resistenza a compressione,

effettuate su una tipologia di prodotto selezionato ed inviato al laboratorio CertiMaC di Faenza dal Committente (Rif. 2-a, 2-b).

Le prove sono state effettuate in accordo con le norme riportate nei Rif. 2-c, Rif. 2-d, Rif. 2-e, Rif. 2-f, Rif. 2-g.

## 2. Riferimenti

- Preventivo: prot. 15065/lab del 16/02/2015.
- Conferma d'ordine: e-mail del 16/02/2015.
- Norma UNI EN 772-16: 2011. Metodi di prova per elementi per muratura. Parte 16: Determinazione delle dimensioni.
- 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.
- 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).
- Norma UNI EN 772-1:2011. Metodi di prova per elementi per muratura - Parte 1: Determinazione della resistenza a compressione.
- Norma UNI EN 771-1:2011. Specifica per elementi per muratura. Parte 1: Elementi per muratura di laterizio.
- Certificato di taratura della Cella di Carico n. 1600, rilasciato da "Metro Com Engineering S.p.A.", Lat Accredia N. 098. Data di taratura: 12/09/2013.

## 3. Oggetto della prova

Le prove sono state eseguite sul seguente prodotto in laterizio per muratura:

- CM04004 – Blocco 20x45x19 T.

Le misure di produzione del prodotto testato sono 200 x 450 x 190 mm.

I provini testati sono stati selezionati all'interno di una campionatura inviata dal Committente (d.d.t. n. 1013/01 del 02/03/2015).

In Figura 1 viene riportata la fotografia di un provino tal quale rappresentativo del prodotto testato.

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 2 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

#### 4. Determinazione delle dimensioni

La norma di Rif. 2-g prevede che siano sottoposti a prova 10 campioni, di ciascuno dei quali vanno misurate lunghezza  $l_u$ , larghezza  $w_u$  ed altezza  $h_u$ .

Per ciascuna dimensione sono state rilevate due misure, prese all'incirca a metà dei corrispondenti lati di ciascun provino (*procedura di misurazione "a"*, come illustrato in figura 1a della norma di Rif. 2-c).

La lunghezza  $l_u$ , la larghezza  $w_u$  e l'altezza  $h_u$  di ciascun provino sono date dalla media aritmetica delle due misure.

La lunghezza, la larghezza e l'altezza del prodotto sono calcolate come media aritmetica dei valori dei singoli provini.

- *Tolleranza del valore medio, T (elementi LD)*

Per tutte le dimensioni, la differenza tra il valore dichiarato (dimensione di fabbricazione "dim") ed il valore medio ottenuto dalle misurazioni dei provini deve ricadere all'interno di una delle seguenti categorie, indicate e definite nella norma di Rif. 2-g:

$T1 = \pm 0.40 \sqrt{\text{dim}}$  oppure 3 mm, assumendo il valore maggiore (in mm).

$T1+ = \pm 0.40 \sqrt{\text{dim}}$  oppure 3 mm per lunghezza e larghezza e  $\pm 0.05 \sqrt{\text{dim}}$  oppure 1 mm per l'altezza, assumendo sempre il valore maggiore (in mm).

$T2 = \pm 0.25 \sqrt{\text{dim}}$  oppure 2 mm, assumendo il valore maggiore (in mm).

$T2+ = \pm 0.25 \sqrt{\text{dim}}$  oppure 2 mm per lunghezza e larghezza e  $\pm 0.05 \sqrt{\text{dim}}$  oppure 1 mm per l'altezza, assumendo sempre il valore maggiore (in mm).

$T_m$  = valore, in mm, dichiarato dal produttore ed a sua completa discrezionalità.

- *Tolleranza di campo, R (elementi LD)*

Il massimo intervallo di variabilità per ogni dimensione (differenza tra il più grande ed il più piccolo valore misurato di una determinata dimensione) deve ricadere all'interno di una delle seguenti categorie, indicate e definite nella norma di Rif. 2-g:

$R1 = 0.6 \sqrt{\text{dim}}$  (in mm).

$R1+ = 0.6 \sqrt{\text{dim}}$  per lunghezza e larghezza e 1.0 per l'altezza (in mm).

$R2 = 0.3 \sqrt{\text{dim}}$  (in mm).

$R2+ = 0.3 \sqrt{\text{dim}}$  per lunghezza e larghezza e 1.0 per l'altezza (in mm).

$R_m$  = valore, in mm, dichiarato dal produttore ed a sua completa discrezionalità.

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 3 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

#### 4.1 Risultati

La prova è stata eseguita utilizzando calibri a corsoio centesimali; i risultati di prova sono riportati in tabella 1 (lunghezza), tabella 2 (larghezza), tabella 3 (altezza).

**Tabella 1. Lunghezza  $l_u$ : valori individuali, valore medio e deviazione standard.**

Provino	Lunghezza $l_u$ del provino (mm)	Lunghezza media del campione (mm)	Deviazione standard (mm)
1	450.2	<b>450.1</b>	<b>0.8</b>
2	450.8		
3	449.2		
4	449.9		
5	451.4		
6	449.5		
7	449.5		
8	449.5		
9	450.3		
10	451.1		

**Tabella 2. Larghezza  $w_u$ : valori individuali, valore medio e deviazione standard.**

Provino	Larghezza $w_u$ del provino (mm)	Larghezza media del campione (mm)	Deviazione standard (mm)
1	193.2	<b>192.8</b>	<b>0.7</b>
2	192.9		
3	192.1		
4	192.5		
5	194.1		
6	192.6		
7	192.1		
8	192.5		
9	192.3		
10	194.1		

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 4 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

**Tabella 3. Altezza  $h_u$ : valori individuali, valore medio e deviazione standard.**

Provino	Altezza media $h_u$ del provino (mm)	Altezza media del campione (mm)	Deviazione standard (mm)
1	184.0	<b>184.7</b>	<b>0.7</b>
2	184.8		
3	183.7		
4	184.7		
5	185.7		
6	186.0		
7	184.5		
8	184.0		
9	185.0		
10	185.0		

#### 4.2 Analisi dei risultati

Il produttore è tenuto a dichiarare le dimensioni di lunghezza, larghezza e altezza (in mm ed in questo ordine), la tolleranza del valore medio  $T$  e, solo se rilevante per gli utilizzi per i quali l'elemento è immesso sul mercato, la tolleranza di campo  $R$ .

In tabella 4 vengono riportate le misure di produzione dichiarate dal fabbricante, la differenza tra le misure di produzione ed i valori medi misurati e la differenza tra i più grandi ed i più piccoli valori misurati.

**Tabella 4. Misure di produzione, differenza tra le misure di produzione ed i valori medi misurati, differenza tra i più grandi ed i più piccoli valori misurati.**

Dimensione	Misure di produzione (mm)	Differenza tra la misura di produzione ed il valore medio misurato (mm)	Differenza tra il più grande ed il più piccolo valore misurato (mm)
Lunghezza	<b>450</b>	0.1	2.2
Larghezza	<b>200</b>	7.2	2.0
Altezza	<b>190</b>	5.3	2.3

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 5 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

## 5. Determinazione del volume netto e della percentuale dei vuoti

La norma di Rif. 2-g prevede che siano sottoposti a prova 10 campioni interi; il principio su cui si basa la prova è quello di ottenere il volume netto ( $V_{nu}$ ) dell'elemento di muratura mediante pesatura umida in aria ( $M_{au}$ ) ed idrostatica in acqua ( $M_{wu}$ ) e di sottrarlo dal volume lordo ( $V_{gu}$ ), ottenuto misurandone le dimensioni, per ricavare il volume dei vuoti. Nel dettaglio, si ha (Rif. 2-d):

$$V_{gu} = l_u \times w_u \times h_u$$

ove:

$V_{gu}$  = Volume lordo del provino ( $\text{mm}^3$ ).

$l_u, w_u, h_u$  = Lunghezza, larghezza, altezza del provino misurate secondo la norma di Rif. 2-c.

$$V_{nu} = \frac{M_{au} - M_{wu}}{\rho_w}$$

ove:

$V_{nu}$  = Volume netto del provino ( $\text{mm}^3$ ).

$M_{au}$  = Massa umida del provino, misurata in aria dopo immersione di almeno 2 ore in acqua (g).

$M_{wu}$  = Massa apparente del provino, misurata in acqua mediante pesata idrostatica dopo immersione di almeno 2 ore (g).

$\rho_w$  = Massa volumica dell'acqua ( $0.001 \text{ g/mm}^3$ ).

$$\text{Percentuale dei vuoti (\%)} = 100 \frac{V_{gu} - V_{nu}}{V_{gu}}$$

### 5.1 Risultati

I risultati della prova sono riportati in tabella 5.

**Tabella 5. Volume netto e Percentuale dei vuoti: valori individuali, valore medio e deviazione standard.**

Provino	Volume netto $V_{nu}$ ( $\text{mm}^3$ )	Volume netto $V_{nu}$ medio ( $\text{mm}^3$ )	Deviazione standard ( $\text{mm}^3$ )	Percentuale dei vuoti (%)	Percentuale dei vuoti media (%)	Deviazione standard (%)
1	7081000	7111500	46586	55.8	55.7	0.4
2	7106000			55.8		
3	7050500			55.5		
4	7095500			55.6		
5	7128000			56.2		
6	7124000			55.8		
7	7113000			55.4		
8	7073500			55.6		
9	7224000			54.9		
10	7119500			56.0		

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 6 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

## 5.2 Analisi dei risultati

Il prodotto “CM04004 – Blocco 20x45x19 T” ha percentuale dei vuoti media del 56% (arrotondamento all’unità percentuale, come da norma di Rif. 2-d); i risultati dei singoli provini sono estremamente omogenei tra loro, come risulta dalla bassissima deviazione standard (0.4%).

## 6. Determinazione della massa volumica a secco assoluta e della massa volumica a secco apparente

Nel caso di elementi forati, come il prodotto “CM04004 – Blocco 20x45x19 T”, è prevista la determinazione sia della massa volumica a secco assoluta che della massa volumica a secco apparente. La norma di Rif. 2-g prevede che siano sottoposti a prova 10 campioni interi. Dopo avere essiccato in stufa (a 105°C) i provini fino a massa costante ( $m_{dry,u}$ ) ed averne calcolato il volume lordo ( $V_{g,u}$ , in  $mm^3$ , ottenuto per via geometrica misurando le dimensioni secondo la norma di Rif. 2-c) e netto ( $V_{n,u}$ , in  $mm^3$ , ottenuto con il metodo della pesata idrostatica secondo la norma di Rif. 2-d), si determinano la massa volumica a secco assoluta e la massa volumica a secco apparente (Rif. 2-e).

La *massa volumica a secco assoluta* o netta ( $\rho_{n,u}$ ), espressa in  $kg/m^3$  e prevista solo nel caso di elementi forati, è data da:

$$\rho_{n,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{n,u}} \times 10^6$$

La *massa volumica a secco apparente* o lorda ( $\rho_{g,u}$ ), espressa in  $kg/m^3$ , è data da:

$$\rho_{g,u} = \frac{m_{dry,u}}{V_{g,u}} \times 10^6$$

I valori medi di massa volumica a secco assoluta e massa volumica a secco apparente ottenuti da misurazioni effettuate su un lotto del prodotto non devono differire dai valori dichiarati dal produttore più di quanto consentito dalle seguenti categorie, di cui una deve essere dichiarata dal produttore (Rif. 2-g):

D<sub>1</sub>: 10%

D<sub>2</sub>: 5%

D<sub>m</sub> = differenza percentuale dichiarata dal produttore, più ampia o più ristretta delle altre categorie.

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 7 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

## 6.1 Risultati

I risultati della prova sono riportati in tabella 6.

**Tabella 6. Massa volumica a secco assoluta e Massa volumica a secco apparente: valori individuali, valore medio e deviazione standard.**

Provino	Massa volumica assoluta $\rho_{n,u}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Massa volumica assoluta $\rho_{n,u}$ media (kg/m <sup>3</sup> )	Deviazione standard (kg/m <sup>3</sup> )	Massa volumica apparente $\rho_{g,u}$ (kg/m <sup>3</sup> )	Massa volumica apparente $\rho_{g,u}$ media (kg/m <sup>3</sup> )	Deviazione standard (kg/m <sup>3</sup> )
1	1862.9	<b>1858.2</b>	8.6	824.2	<b>824.1</b>	5.2
2	1862.2			823.5		
3	1863.1			828.7		
4	1858.9			824.5		
5	1858.2			814.4		
6	1854.9			820.6		
7	1862.8			831.7		
8	1862.1			827.3		
9	1835.0			827.5		
10	1861.4			818.1		

## 6.2 Analisi dei risultati

Per elementi LD, il produttore deve dichiarare obbligatoriamente la massa volumica a secco apparente o lorda (valore medio e, facoltativamente, valori massimo e minimo) e, qualora rilevante per gli utilizzi per i quali l'elemento è immesso sul mercato, la massa volumica a secco assoluta o netta (valore medio e, facoltativamente valori massimo e minimo).

Il prodotto "CM04004 – Blocco 20x45x19 T" ha massa volumica a secco assoluta media di 1860 kg/m<sup>3</sup> (approssimazione a 10 kg/m<sup>3</sup>, come da norma di Rif. 2-e) e massa volumica a secco apparente media di 825 kg/m<sup>3</sup> (approssimazione a 5 kg/m<sup>3</sup>, come da norma di Rif. 2-e). I risultati dei singoli provini sono estremamente omogenei tra loro, come risulta dalla bassa deviazione standard.

## 7. Determinazione della resistenza a compressione

La norma di Rif. 2-g prescrive che, per ogni direzione di compressione testata, siano sottoposti a prova 10 campioni interi.

Le due facce di ciascun campione poste a contatto con le piastre della pressa devono essere preventivamente spianate tramite rettifica, in modo da rispettare le tolleranze di planarità e di parallelismo richieste dalla norma di Rif. 2-f; in seguito i provini vengono condizionati per essiccazione all'aria, seguendo il metodo b descritto nella norma di Rif. 2-f (essiccazione dei provini in stufa a 105°C per almeno 24 ore, seguita da raffreddamento in laboratorio a temperatura ambiente per almeno 4 ore).

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 8 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

Il carico di rottura per compressione viene determinato posizionando ciascun provino tra le due piastre della pressa ed applicando un carico uniformemente distribuito incrementandolo in modo continuo fino alla sua rottura.

La resistenza a compressione del singolo provino ( $N/mm^2$ ) è data dal rapporto tra il carico di rottura e l'area lorda sottoposta al carico (lunghezza per larghezza).

Le misure di carico di rottura sono state determinate con una Macchina per prove di compressione, la cui Cella di Carico ha le seguenti caratteristiche: matricola: 10538; costruttore: Metro Com Engineering; campo di misura: 5.000 kN (Rif. 2-h)

## 7.1 Risultati

I risultati della prova sono riportati in Tabella 7 (orientamento dell'elemento rispetto al carico: fori verticali. Dimensioni nominali della faccia testata: 450 x 200 mm). In Figura 2 viene mostrato un esempio di diagramma di compressione che evidenzia un andamento regolare della prova. Il tratto iniziale della curva è dovuto all'assestamento dell'insieme; dopo questa fase, la deformazione del campione aumenta assai velocemente, in maniera proporzionale al carico applicato, fino a giungere alla rottura del provino; a questo punto la resistenza del materiale, frantumato, cala vistosamente.

**Tabella 7. Resistenza a compressione: Dimensioni dei provini misurate dopo rettifica, Carico di rottura, Valori individuali, Valore medio, Deviazione standard, Coefficiente di variazione. Orientamento dell'elemento rispetto al carico: fori verticali. Dimensioni nominali della faccia testata: 450 x 200 mm.**

Provino	Dimensioni misurate dopo rettifica (mm)			Carico di rottura (N)	Resistenza a compressione ( $N/mm^2$ )	Resistenza a compressione media ( $N/mm^2$ )	Deviazione standard ( $N/mm^2$ )	Coefficiente di variazione
	$l_u$	$w_u$	$h_u$					
1	449.3	194.4	182.6	3065300	35.1	<b>33.0</b>	2.2	0.07
2	450.4	194.2	182.6	2962300	33.9			
3	451.2	194.0	182.7	2756400	31.5			
4	449.8	195.0	183.6	3014600	34.4			
5	449.6	194.1	183.0	2841700	32.6			
6	450.3	194.2	183.7	3124200	35.7			
7	450.4	194.1	183.8	3034600	34.7			
8	450.4	194.4	183.7	2698600	30.8			
9	449.4	194.4	182.9	2873600	32.9			
10	451.2	195.0	182.8	2527200	28.7			
Metodo di condizionamento dei provini prima della prova: <i>Essiccazione all'aria, metodo b</i>								
Metodo utilizzato per la preparazione delle superfici dei provini: <i>Rettifica</i>								

### Legenda

$l_u$ ,  $w_u$ ,  $h_u$  = Lunghezza, larghezza, altezza del provino misurate dopo rettifica.

Coefficiente di variazione = Deviazione standard/Resistenza a compressione media.

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 9 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

## 7.2 Analisi dei risultati

Il produttore deve dichiarare un valore di resistenza a compressione del prodotto.

La resistenza a compressione media di un qualunque lotto testato deve essere  $\geq$  del valore dichiarato dal produttore.

All'interno di un lotto, la resistenza a compressione di ogni singolo provino deve essere  $\geq$  all'80% del valore dichiarato.

Il produttore deve anche dichiarare la Categoria (I o II) del prodotto: un prodotto si definisce di *Categoria I* quando ciascun suo elemento ha una probabilità  $\leq 5\%$  di non raggiungere il valore di resistenza a compressione dichiarato (Rif. 2-g). Se il prodotto non raggiunge tale livello di confidenza si dirà di *Categoria II*.

## 8. Lista di distribuzione

ENEA	Archivio	1 copia
CertiMaC	Archivio	1 copia
Committente	Cottosenese S.p.A.	1 copia

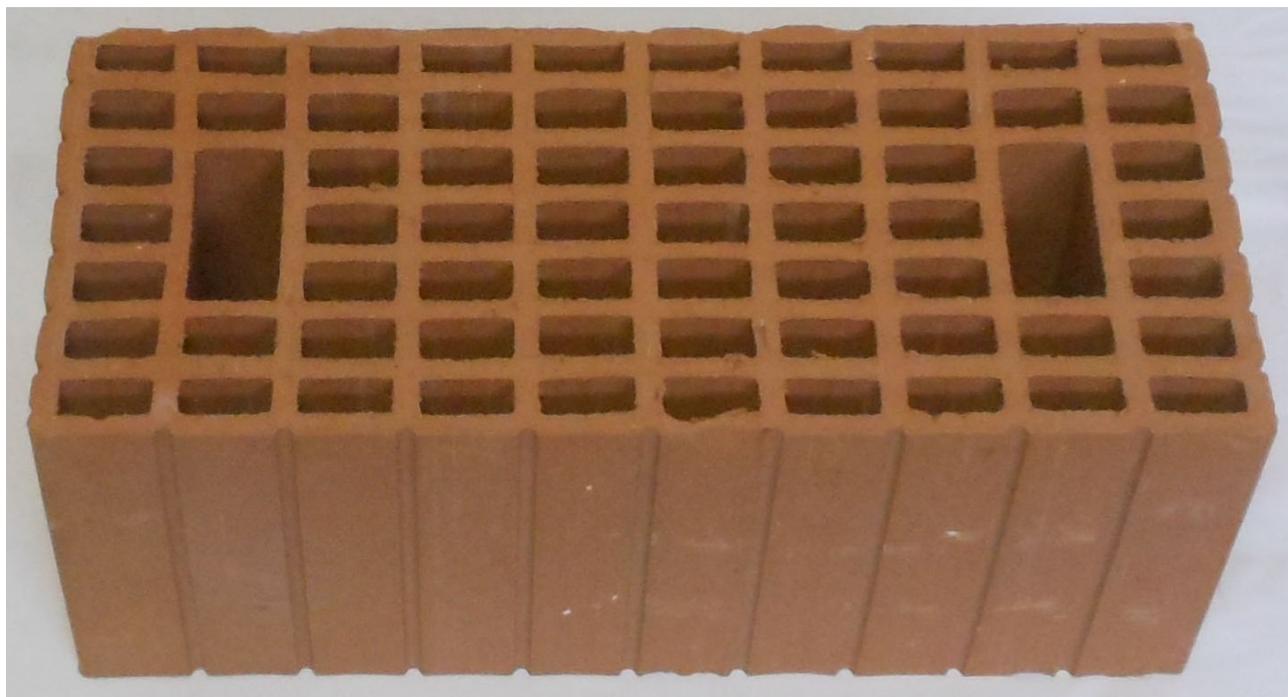


Figura 1. Riproduzione fotografica di un provino tal quale del prodotto “CM04004 – Blocco 20x45x19 T”.

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 10 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462

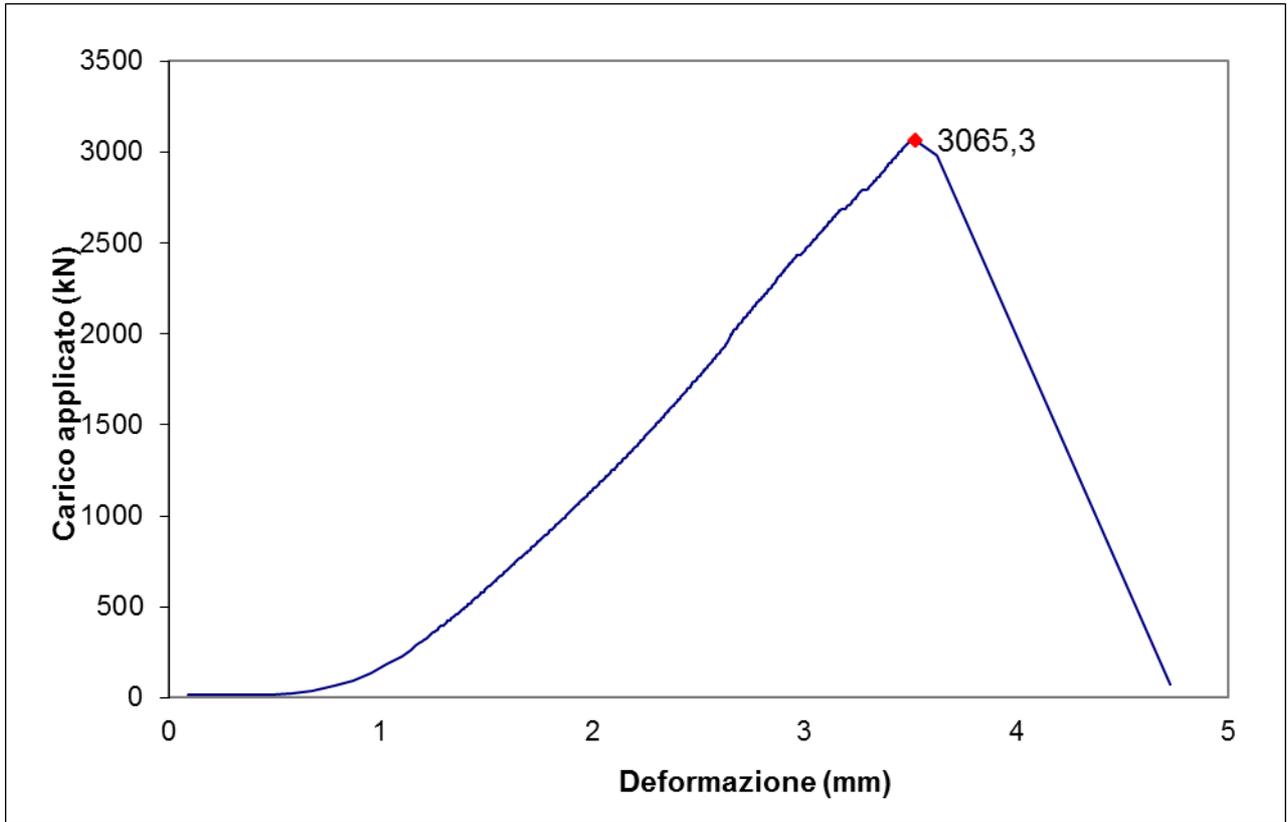


Figura 2. “CM04004 – Blocco 20x45x19 T”: diagramma di compressione del provino n. 1 (orientamento dell’elemento rispetto al carico: fori verticali. Dimensioni nominali della faccia testata: 450 x 200 mm).

Sperimentazione eseguita	Sperimentazione eseguita	Redatto	Approvato	Pagina 11 di 11
P.I. Germano Pederzoli	P.I. Federica Farina	Dott. Marco Marsigli	Ing. Luca Laghi	090201 - R - 4462