

***Software***

***FRP***

**(Manuale d'uso - Versione 4.0.0)**

[www.edificiinmuratura.it](http://www.edificiinmuratura.it)

[info@edificiinmuratura.it](mailto:info@edificiinmuratura.it)

# COPYRIGHT

Tutto il materiale contenuto nella confezione (CD contenente i file dei software, altri supporti di consultazione) è protetto dalle leggi e dai trattati sul copyright, nonché dalle leggi e trattati sulle proprietà intellettuali.

E' vietata la cessione o la sublicenziazione del software a terzi.

E' altresì vietata la riproduzione del presente manuale in qualsiasi forma e con qualsiasi mezzo senza la preventiva autorizzazione scritta del produttore.

## Sommario

1. Note di installazione.....	5
2. Registrazione del software .....	6
3. Normativa di riferimento .....	7
4. Dati di input .....	8
4.1 – Interfaccia principale.....	8
4.1.1 – Menu principale .....	8
4.1.2 – Dati.....	9
4.1.2.1 – Caratteristiche geometriche della parete .....	9
4.1.2.2 – Caratteristiche geometriche del rinforzo (verticale) .....	9
4.1.2.3 – Caratteristiche geometriche del rinforzo (orizzontale) .....	10
4.1.2.4 – Parametri meccanici della muratura.....	10
4.1.2.5 – Parametri meccanici che definiscono il materiale composito (FRP) .....	12
4.1.2.6 – Sollecitazioni.....	13
5. Risultati .....	13
5.1 – Verifica a pressoflessione nel piano.....	14
5.2 – Verifica a pressoflessione fuori piano.....	15
5.3 – Verifica a taglio.....	17
6. Dati di output .....	17
6.1 – Relazione di calcolo .....	17
6.2 – DXF.....	17
7. Informazioni ed assistenza .....	18
Bibliografia .....	18

# Software FRP

Il software FRP è specifico per la verifica a pressoflessione (nel piano e fuori piano) e taglio di elementi in muratura ordinaria consolidati con fibre di carbonio (FRP). Nota le caratteristiche della sollecitazione a cui l'elemento è sottoposto, attraverso le caratteristiche meccaniche e geometriche, è possibile determinare la resistenza della parete.

In questo manuale ci si limita soltanto a riportare le funzionalità del software. Per ulteriori chiarimenti su concetti teorici e normativi del problema, si rimanda al seguente testo specifico (per ulteriori informazioni sul testo consultare il sito [www.edificiinmuratura.it](http://www.edificiinmuratura.it) oppure [www.darioflaccovio.it](http://www.darioflaccovio.it)):

**Titolo:** Metodi di calcolo e tecniche di consolidamento per edifici in muratura;  
**Edizione:** III  
**Autore:** Michele Vinci;  
**Casa editrice:** Dario Flaccovio Editore.



# 1. Note di installazione

Nel presente paragrafo sono contenute le informazioni nei riguardi dell'installazione di *FRP*.

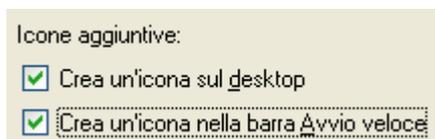
Scaricare dalla sezione *software* del sito [www.edificiinmuratura.it](http://www.edificiinmuratura.it) il file FRP.exe.

Fare doppio clic sul file FRP.exe. A questo punto inizia la fase di installazione del software. Procedere fino alla fine dell'installazione.

Dopo l'installazione dei programmi, saranno create le relative icone sul desktop di Windows e sulla barra di "Avvio veloce", dalle quali sarà possibile l'avvio dei software. L'icona con la quale viene riconosciuto il software è la seguente:



N.B. Per creare le icone del software sul desktop e nella barra veloce dei comandi occorre attivare le due seguenti istruzioni in fase di installazione:



## IMPORTANTE!

Prima di procedere con l'installazione del software, è consigliabile rimuovere eventuali versioni precedenti con la seguente procedura:

Avvio – Impostazioni - Pannello di controllo - Installazione Applicazioni

Selezionare, quindi, dalla lista, il programma da rimuovere e cliccare su:

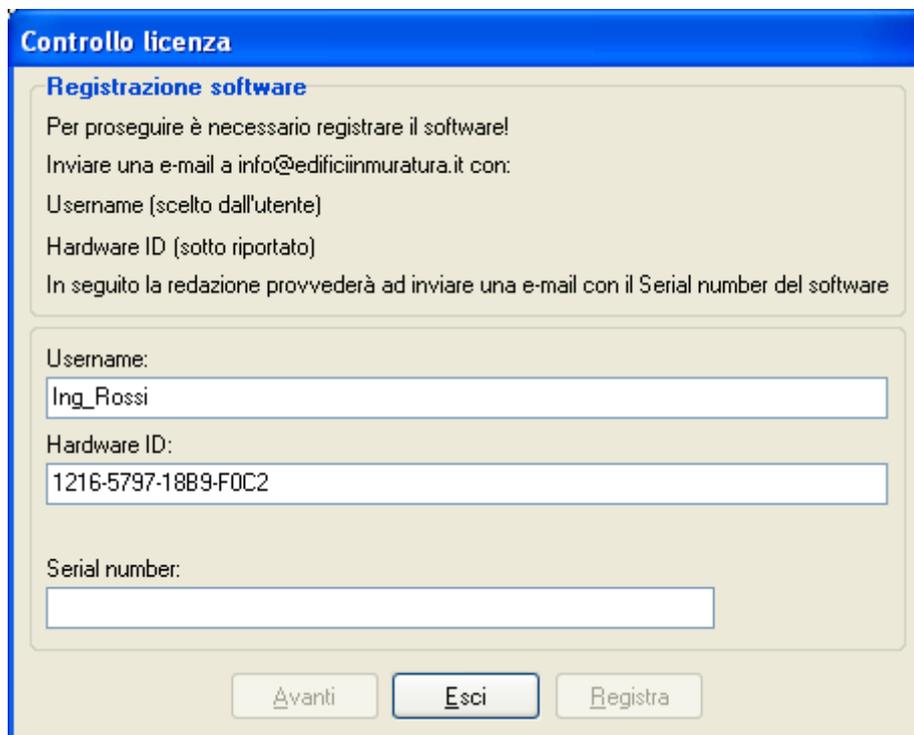
Aggiungi/Rimuovi

N.B. - I file creati nelle versioni precedenti, rimarranno inalterati se non si cancella di proposito la cartella in cui sono contenuti.

## 2. Registrazione del software

A seguito dell'installazione del software, per poter essere utilizzato, è necessario effettuare la registrazione. Il software può essere utilizzato da un solo PC. L'utilizzo su diversi PC richiede registrazioni diverse.

Al primo avvio, apparirà la seguente finestra:



Per la registrazione del software è richiesto il "Serial number". Per riceverlo occorre inviare una e-mail all'indirizzo [info@edificiimuratura.it](mailto:info@edificiimuratura.it) semplicemente riportando Username per come scelto dall'utente (Ing\_Rossi della videata precedente) ed Hardware ID (numero 1216-5797-18B9-F0C2 della videata precedente). Per esempio, nell'e-mail è sufficiente scrivere le tre successive righe:

FRP

Ing\_Rossi;

1216-5797-18B9-F0C2

Successivamente la redazione di edificiimuratura.it invierà una e-mail all'utente con le seguenti diciture:

FRP

Ing\_Rossi;

1216-5797-18B9-F0C2

Serial number:

27AE295B-9506CE4F-07FB0ECD

Ricevuto il Serial number, l'utente deve semplicemente inserirlo nell'apposita casella di testo per come inviato dalla redazione di edificiimuratura.it (vedi immagine successiva), cliccare sul comando "Registra" e successivamente sul comando "Avanti" presenti nella stessa videata.

**Controllo licenza**

**Registrazione software**

Per proseguire è necessario registrare il software!  
Inviare una e-mail a [info@edificiimuratura.it](mailto:info@edificiimuratura.it) con:

Username (scelto dall'utente)  
Hardware ID (sotto riportato)  
In seguito la redazione provvederà ad inviare una e-mail con il Serial number del software

Username:

Hardware ID:

Serial number:

A questo punto il software è registrato e quindi perfettamente funzionante.

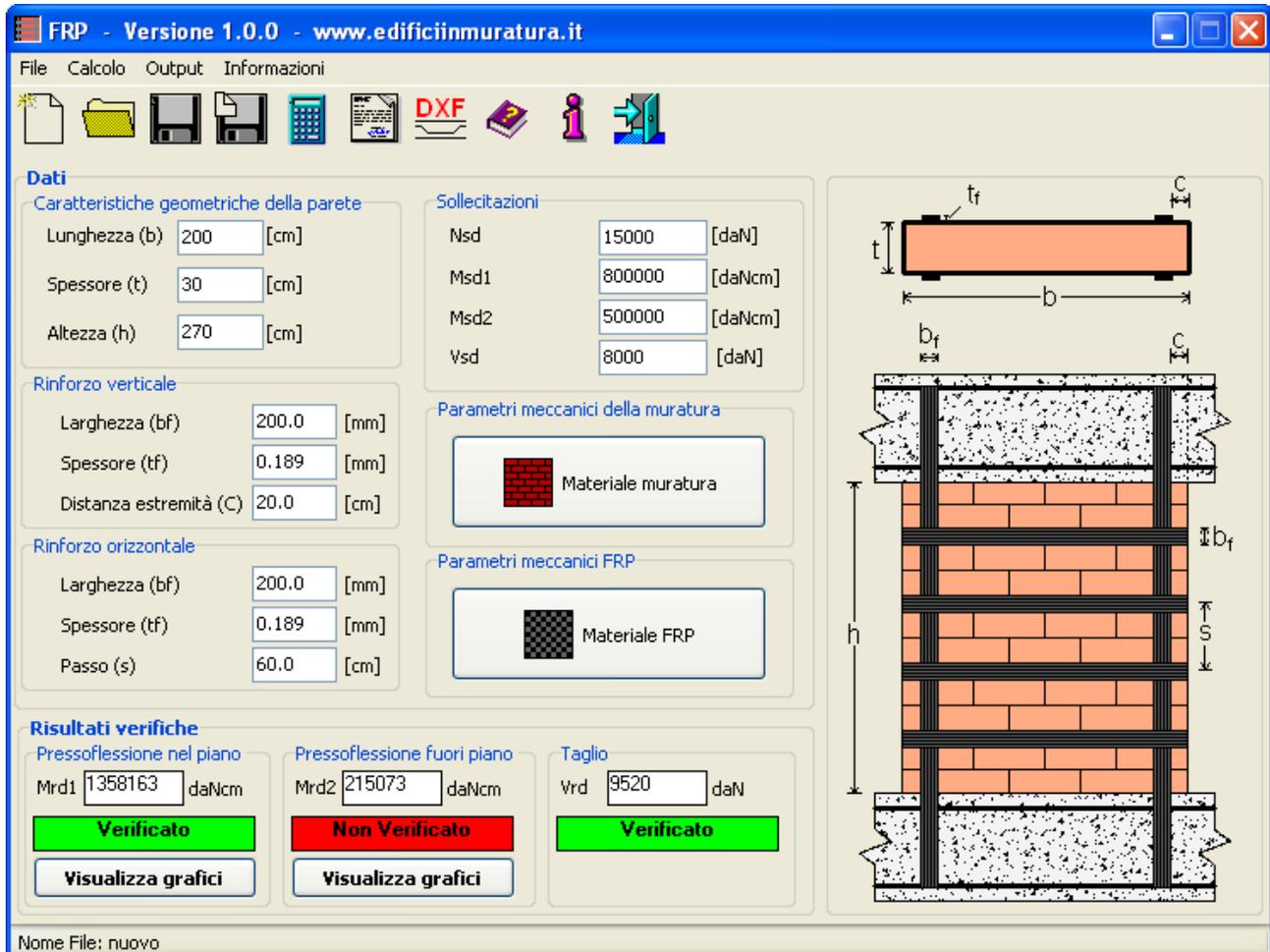
### 3. Normativa di riferimento

- D.M. 17/01/2018 (NTC). "Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare 617/2009. Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- CNR-DT 200 R1/2013, Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati, 2013.

## 4. Dati di input

### 4.1 – Interfaccia principale

Nella figura successiva si riporta l'aspetto dell'interfaccia principale del software.



#### 4.1.1 – Menu principale

In questa fase del manuale si riportano le funzionalità dei comandi che definiscono la barra dei menu.



**Nuovo:** Crea un nuovo file per una nuova verifica.



**Apri:** Apre un file di verifica già esistente.



**Salva:** Salva il file corrente.



**Salva con nome:** Salva il file corrente con un altro nome.



**Calcolo:** Esegue la verifica dell'elemento.



**Relazione:** Crea ed apre la relazione di calcolo.



**DXF:** Crea un elaborato in formato dxf della parete consolidata.



**Help:** Apre l'help del software



**About:** Informazioni relativi al software



**Chiudi:** Chiude il software

## 4.1.2 – Dati

In questa sezione si inseriscono i dati necessari per effettuare la verifica della parete. In seguito si spiegano in maniera dettagliata il significato di tutti i parametri.

### 4.1.2.1 – Caratteristiche geometriche della parete

In questa sezione occorre inserire i parametri che definiscono la geometria della parete. Per comprendere meglio il significato dei parametri consultare anche l'immagine riportata sul lato destro della videata principale del programma (vedi paragrafo 3.1).

Caratteristiche geometriche della parete		
Lunghezza (b)	<input type="text" value="200"/>	[cm]
Spessore (t)	<input type="text" value="30"/>	[cm]
Altezza (h)	<input type="text" value="300"/>	[cm]

- **Lunghezza (b):** lunghezza della parete espressa in cm;
- **Spessore (t):** spessore della parete espresso in mm;
- **Altezza (h):** altezza della parete espressa in mm;

### 4.1.2.2 – Caratteristiche geometriche del rinforzo (verticale)

In questa sezione occorre inserire i parametri che definiscono la geometria del composito verticale.

Rinforzo verticale		
Larghezza (bf)	<input type="text" value="200.0"/>	[mm]
Spessore (tf)	<input type="text" value="0.189"/>	[mm]
Distanza estremità (C)	<input type="text" value="20.0"/>	[cm]

- **Larghezza (bf):** larghezza della fascia di composito espressa in mm;
- **Spessore (tf):** spessore della fascia di composito espresso in mm;
- **Distanza estremità (C):** distanza dell'asse del composito dall'estremità della parete espressa in mm.

#### 4.1.2.3 – Caratteristiche geometriche del rinforzo (orizzontale)

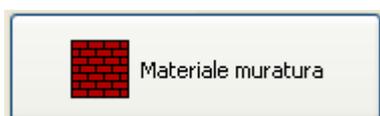
In questa sezione occorre inserire i parametri che definiscono la geometria del composito orizzontale.

Rinforzo orizzontale		
Larghezza (bf)	200.0	[mm]
Spessore (tf)	0.189	[mm]
Passo (s)	60.0	[cm]

- **Larghezza (bf):** larghezza della fascia di composito espressa in mm;
- **Spessore (tf):** spessore della fascia di composito espresso in mm;
- **Passo (s):** interasse tra fasce orizzontali espressa in mm;

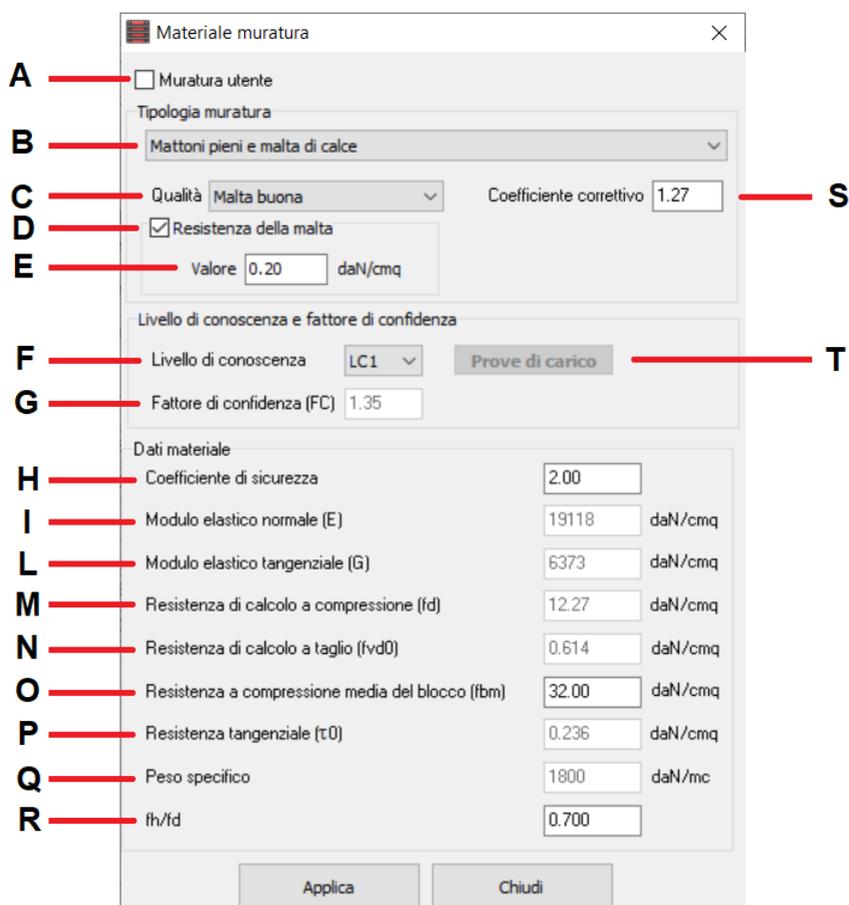
#### 4.1.2.4 – Parametri meccanici della muratura

Per accedere alla videata relativa ai parametri della muratura occorre cliccare sul comando contraddistinto dalla seguente icona che compare nell'interfaccia principale:



A seguito del click comparirà la videata sotto riportata.

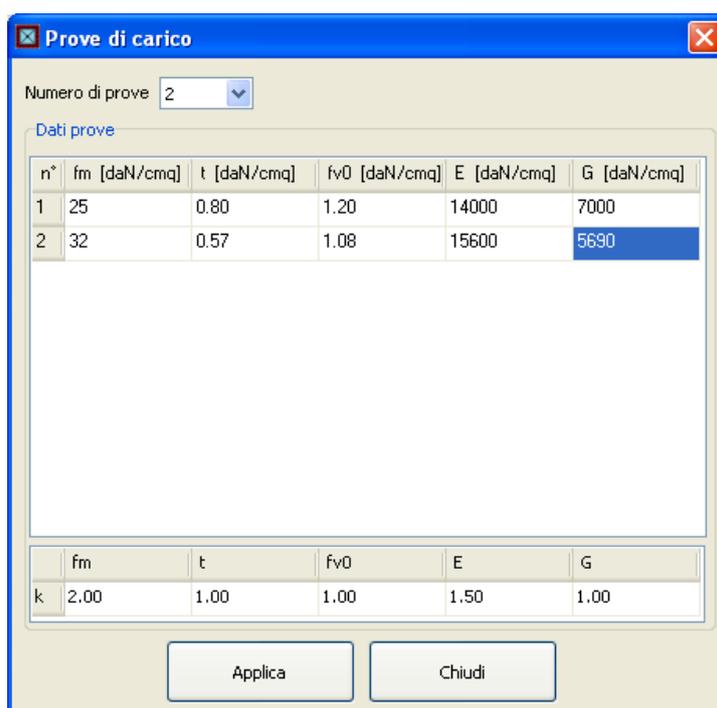
Il materiale della muratura può essere assunto in funzione delle prescrizioni riportate dalla Circolare 7/2019. In tal caso non deve essere selezionato il comando "Muratura utente".



Materiale muratura	
<b>A</b>	<input type="checkbox"/> Muratura utente
Tipologia muratura	
<b>B</b>	Mattoni pieni e malta di calce
<b>C</b>	Qualità: Malta buona
<b>D</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Resistenza della malta
<b>E</b>	Valore: 0.20 daN/cm <sup>2</sup>
Coefficiente correttivo: 1.27 <b>S</b>	
Livello di conoscenza e fattore di confidenza	
<b>F</b>	Livello di conoscenza: LC1
<b>G</b>	Fattore di confidenza (FC): 1.35
Dati materiale	
<b>H</b>	Coefficiente di sicurezza: 2.00
<b>I</b>	Modulo elastico normale (E): 19118 daN/cm <sup>2</sup>
<b>L</b>	Modulo elastico tangenziale (G): 6373 daN/cm <sup>2</sup>
<b>M</b>	Resistenza di calcolo a compressione (fd): 12.27 daN/cm <sup>2</sup>
<b>N</b>	Resistenza di calcolo a taglio (fvd0): 0.614 daN/cm <sup>2</sup>
<b>O</b>	Resistenza a compressione media del blocco (fbm): 32.00 daN/cm <sup>2</sup>
<b>P</b>	Resistenza tangenziale (τ0): 0.236 daN/cm <sup>2</sup>
<b>Q</b>	Peso specifico: 1800 daN/mc
<b>R</b>	fh/fd: 0.700
<b>T</b> Prove di carico	
Applica Chiudi	

Basta selezionare la tipologia di muratura dal menu a tendina (B in figura), il livello di conoscenza (F in figura) ed il coefficiente di sicurezza (H in figura) e si ottengono tutti i parametri meccanici necessari della muratura. Ai fini della valutazione della delaminazione occorre definire anche la resistenza media a compressione del blocco ( $f_{bm}$ ) in quanto non definito dalla suddetta Circolare. Di seguito il significato di tutte le quantità.

- A) Se attivo il comando, tutti i parametri che definiscono la muratura devono essere inserite manualmente dall'utente. Se non attivo i parametri vengono calcolati in funzione delle prescrizioni riportate nella Circolare 7/2019;
- B) Definisce le tipologie di muratura riportate nel punto C8.5.3.1 della Circolare 7/2019 (tabella C8.5.I);
- C) Definisce eventuali migliorie della muratura secondo le indicazioni riportate nel punto C8.5.3.1 della Circolare 7/2019 (malta buona, ricorsi o listature, consolidamento con iniezioni di malta, intonaco armato, ecc.) (tabella C8.5.II);
- D) Resistenza a compressione della malta. Da attivare quando è nota la resistenza della malta. Se non attivo, si assume per la malta il valore minimo (affinché si possa considerare la malta di buone caratteristiche) pari a 2 N/mm<sup>2</sup>. Il dato è richiesto solo per *muratura in mattoni pieni e malta di calce* e per *malta di buone caratteristiche*;
- E) Valore della resistenza a compressione della malta;
- F) Definisce il livello di conoscenza raggiunto (LC1, LC2, LC3);
- G) In funzione del livello di conoscenza raggiunto (punto precedente), viene fissato il fattore di confidenza (1.35; 1.20; 1.00);
- H) Coefficiente di sicurezza per la muratura;
- I) Modulo elastico normale (E) della muratura;
- L) Modulo elastico tangenziale (G) della muratura;
- M) Resistenza di calcolo a compressione ( $f_d$ ) della muratura;
- N) Resistenza di calcolo a taglio ( $f_{vd0}$ ) della muratura;
- O) Resistenza media a compressione del blocco ( $f_{bm}$ ). Il dato viene richiesto nel punto 5.3 delle CNR-DT 200 R1/2013 ai fini della valutazione della delaminazione. Non essendo riportato nella tabella C8.5.I della Circolare 7/2019 non è ricavabile automaticamente dal software. Deve essere definito manualmente.
- P) Resistenza tangenziale ( $\tau_0$ ) della muratura;
- Q) Peso specifico della muratura;
- R) Rapporto tra la resistenza a compressione normale e parallela ai letti di malta della muratura;
- S) Coefficiente che tiene conto delle migliorie della muratura (vedi precedente punto C). In coefficiente viene definito in funzione della qualità della muratura e delle migliorie adottate (vedi prescrizioni riportate nel punto C8.5.3.1 della Circolare 7/2019);
- T) Nel caso in cui si assume il livello di conoscenza LC3 è necessario disporre delle prove sui materiali.



Numero di prove: 2

Dati prove

n°	fm [daN/cm <sup>2</sup> ]	t [daN/cm <sup>2</sup> ]	fv0 [daN/cm <sup>2</sup> ]	E [daN/cm <sup>2</sup> ]	G [daN/cm <sup>2</sup> ]
1	25	0.80	1.20	14000	7000
2	32	0.57	1.08	15600	5690

	fm	t	fv0	E	G
k	2.00	1.00	1.00	1.50	1.00

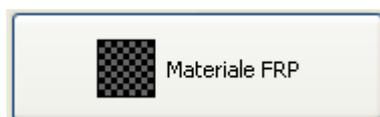
Buttons: Applica, Chiudi

Cliccando sull'apposito comando compare la seguente videata nella quale occorre inserire i risultati di tutte le prove di cui si dispone ( $f_m$  = resistenza a compressione della muratura;  $t$  = resistenza tangenziale ( $\tau_0$  nella tabella C8.5.I della Circolare 7/2019);  $E$  = modulo elastico normale;  $G$  = modulo elastico tangenziale). Nella parte bassa della videata viene richiesto il valore del coefficiente  $k$  ( $\kappa$  definito nella tabella C8.5.III della Circolare 7/2019).

Inseriti i parametri che definiscono le prove di carico, in funzione delle prescrizioni riportate nella Circolare 7/2019 e del numero delle stesse prove, vengono determinati automaticamente i parametri meccanici della muratura.

#### 4.1.2.5 – Parametri meccanici che definiscono il materiale composito (FRP)

Per accedere alla videata relativa ai parametri del materiale composito occorre cliccare sul comando contraddistinto dalla seguente icona che compare nell'interfaccia principale:



In questa sezione si inseriscono i parametri che definiscono il materiale composito. Per chiarimenti teorici sui dati riportati si rimanda alle CNR-DT 200 R1/2013 ed al testo riportato in bibliografia.

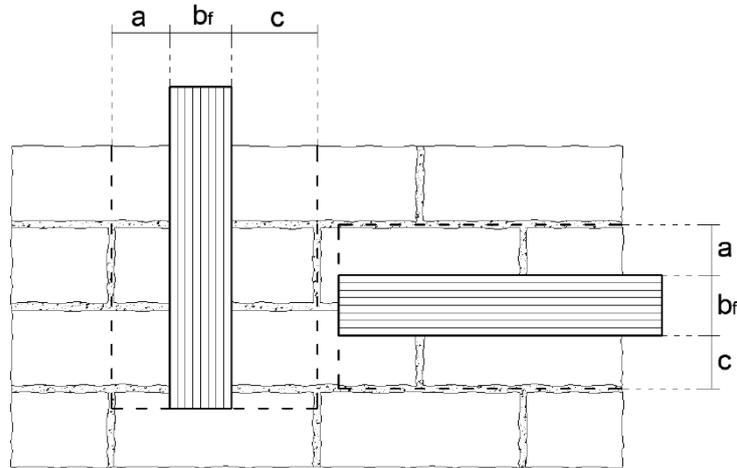
Per il significato dei parametri consultare il paragrafo 5.3 delle linee guida CNR-DT R1/2013

Connettori meccanici  Presenti Deformabilità 0.30 %

Applica Chiudi

- A) Modulo elastico del materiale composito ( $E_f$ );
- B) Resistenza caratteristica del materiale composito ( $f_{fk}$ );
- C) Coefficiente di esposizione ( $\eta_a$ ). Se il consolidamento è interno assume valore pari a 0.95. Se il consolidamento è esterno o in ambiente aggressivo assume valore pari a 0.85;
- D) Coefficiente parziale di sicurezza ( $\gamma_f$ ) (crisi per rottura del composito);
- E) Coefficiente parziale di sicurezza ( $\gamma_{fd}$ ) (crisi per delaminazione);
- F) Coefficiente correttivo necessario ai fini della lunghezza di incollaggio ( $\gamma_{Rd}$ ). Per il valore da attribuire si consultino i riferimenti bibliografici sopra riportati;
- G) Coefficiente correttivo ( $k_G$ ). Per i valori si consultino i riferimenti bibliografici sopra riportati;
- H) Lunghezza "a" necessaria ai fini della valutazione della delaminazione (vedi figura sotto riportata);
- I) Lunghezza "c" necessaria ai fini della valutazione della delaminazione (vedi figura sotto riportata);

- L) Valore ultimo dello scorrimento tra FRP e supporto ( $s_u$ ). Per il valore da attribuire si consultino i riferimenti bibliografici sopra riportati;
- M) Connettori meccanici ortogonali. Se presenti si tiene conto della capacità deformativa indicata (parametro indicato con la lettera N sotto riportato);
- N) Deformabilità (il dato 3‰ è da intendersi come cautelativo).



#### 4.1.2.6 – Sollecitazioni

Il software effettua la verifica a pressoflessione nel piano e fuori piano e la verifica a taglio. Per poter effettuare le suddette verifiche occorre inserire le corrispondenti sollecitazioni.

Sollecitazioni					
Nsd	<input type="text" value="50000"/>	[daN]	Msd1	<input type="text" value="800000"/>	[daNcm]
Vsd	<input type="text" value="8000"/>	[daN]	Msd2	<input type="text" value="500000"/>	[daNcm]

- **Nsd**: sforzo normale sollecitante espresso in daN;
- **Vsd**: taglio sollecitante espresso in daN;
- **Msd1**: momento sollecitante nel piano espresso in daNcm;
- **Msd2**: momento sollecitante fuori piano espresso in daNcm.

## 5. Risultati

L'esito delle verifiche può essere visibile dall'interfaccia principale nella parte bassa della videata oppure attraverso elaborati grafici (esportabili in dxf attraverso apposito comando) oppure da apposita relazione di calcolo. Nell'interfaccia principale ci si limita a riportare i valori legati alle resistenze e l'esito della verifica. Effettuato il calcolo si attiva la porzione di interfaccia principale sotto riportata.

Risultati verifiche		
<b>Pressoflessione nel piano</b> Mrd1 <input type="text" value="5523229"/> daNcm <b>Verificato</b> <input type="button" value="Visualizza grafici"/>	<b>Pressoflessione fuori piano</b> Mrd2 <input type="text" value="780304"/> daNcm <b>Verificato</b> <input type="button" value="Visualizza grafici"/>	<b>Taglio</b> Vrd <input type="text" value="18618"/> daN <b>Verificato</b>

## 5.1 – Verifica a pressoflessione nel piano

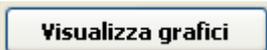
L'esito della verifica a pressoflessione nel piano può essere visibile direttamente dall'interfaccia principale.



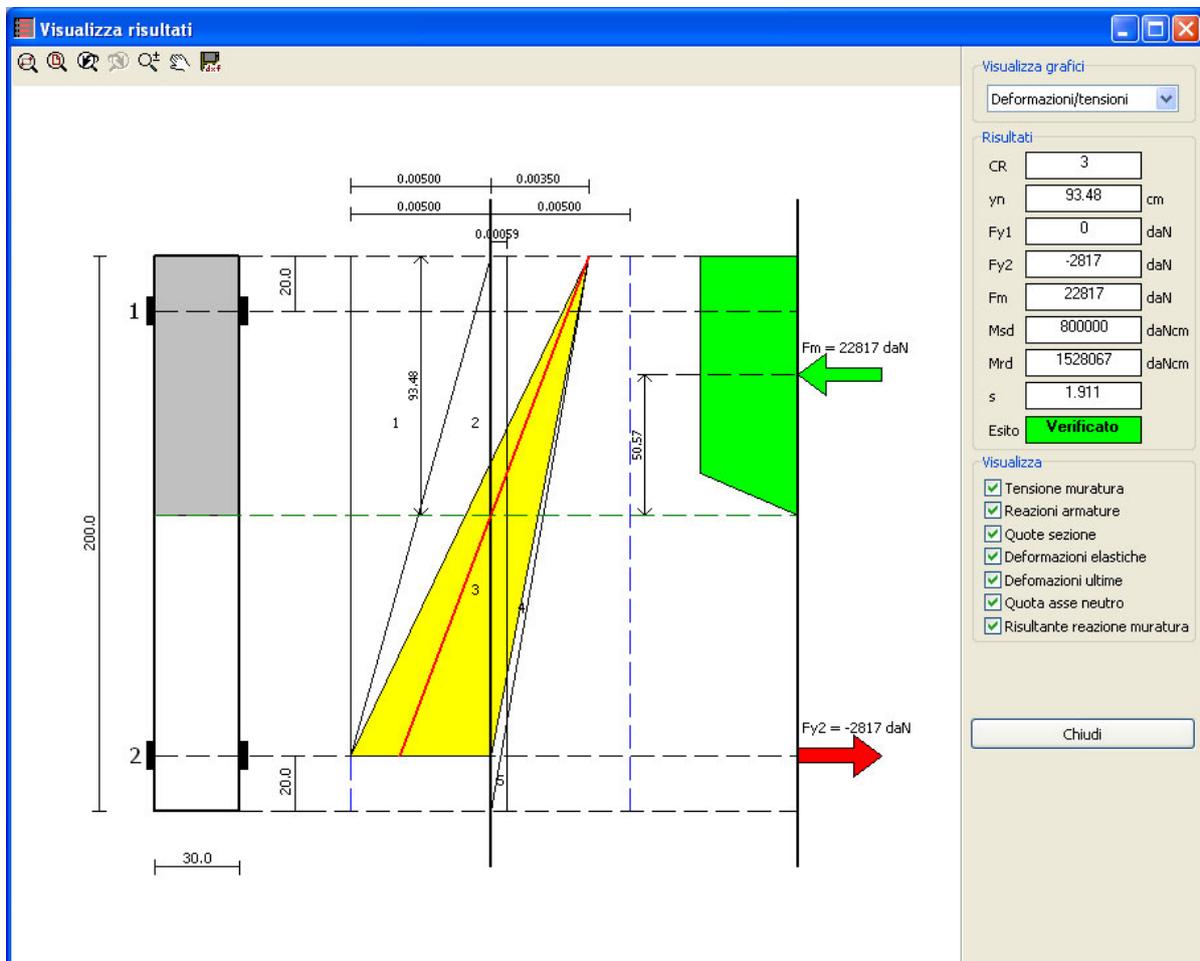
Nella precedente immagine si indica con Mrd1 il momento resistente nel piano della parete. Se l'esito della verifica a pressoflessione nel piano è positivo (momento resistente maggiore di quello sollecitante) appare la seguente dicitura:



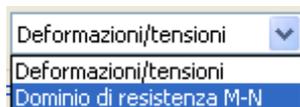
Se l'esito della verifica è negativo (momento resistente minore di quello sollecitante) appare la seguente dicitura:



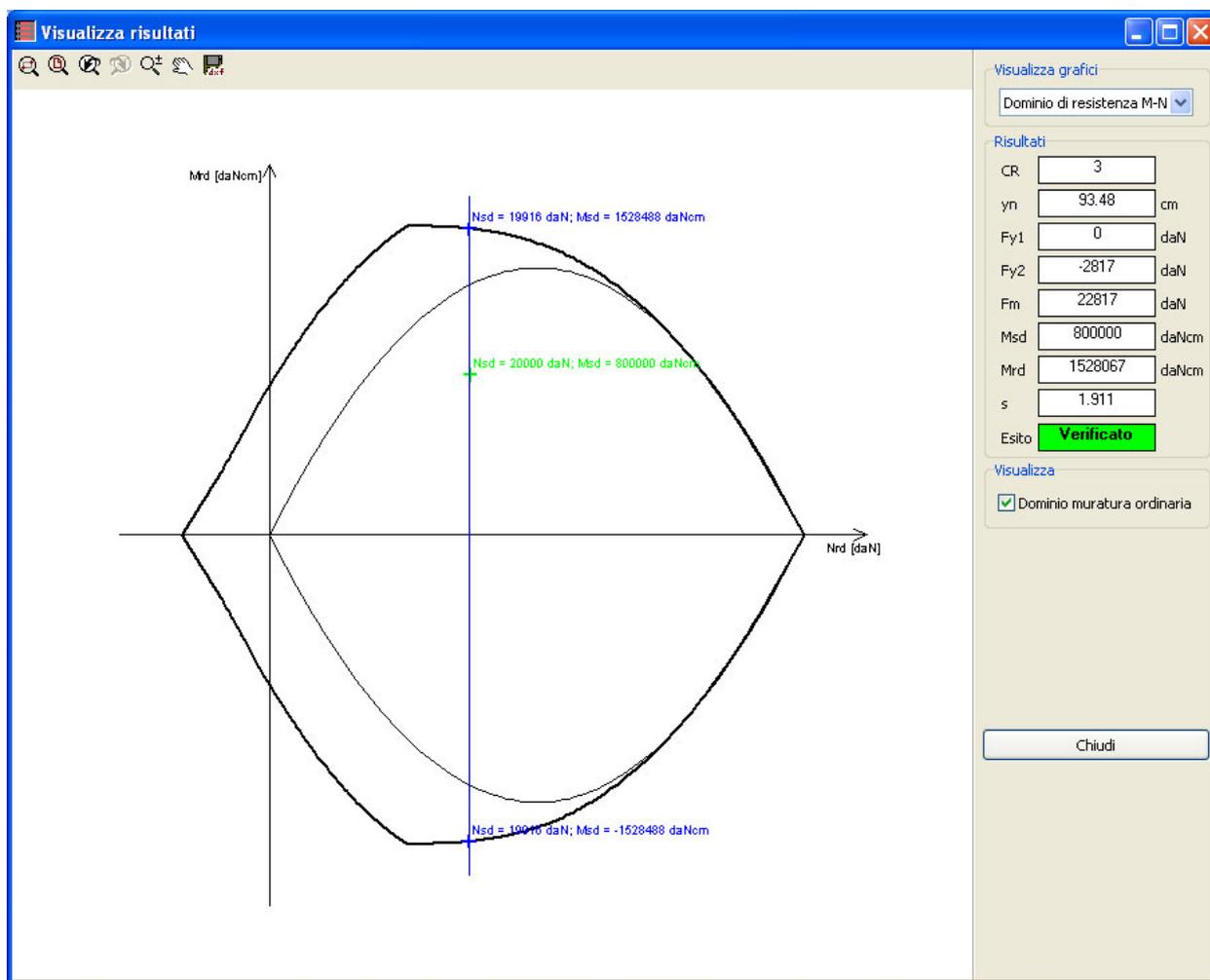
Dal comando **Visualizza grafici** è possibile visualizzare i risultati della verifica graficamente. Cliccando sul precedente comando appare la seguente videata:



Nella quale si riporta il riassunto dei risultati della verifica. Sul lato sinistro della videata si riportano i risultati grafici mentre sulla parte destra della videata si riportano i risultati numerici. Si riporta tutto ciò che definisce la sezione (campo di rottura, posizione dell'asse neutro, parte di muratura tesa e compressa, reazione delle armature e della muratura, ecc.). Dal comando in alto a destra della videata è possibile visualizzare il dominio di resistenza della parete:



Selezionando la voce “Dominio di resistenza M-N” appare la seguente videata dalla quale è possibile visualizzare il dominio di resistenza della sezione, la posizione del punto che definisce lo stato sollecitazionale ed il dominio della sezione se priva di armatura (muratura ordinaria). Tale videata è molto utile nei casi in cui la sezione non verifica in quanto fornisce ottime indicazioni per aumentare la resistenza a pressoflessione della sezione.



## 5.2 – Verifica a pressoflessione fuori piano

L'esito della verifica a pressoflessione fuori piano può essere visibile direttamente dall'interfaccia principale.

Pressoflessione fuori piano

Mrd2  daNcm

**Verificato**

Visualizza grafici

Nella precedente immagine si indica con Mrd2 il momento resistente fuori piano della parete. Se l'esito della verifica a pressoflessione fuori piano è positivo (momento resistente maggiore di quello sollecitante) appare la seguente dicitura:

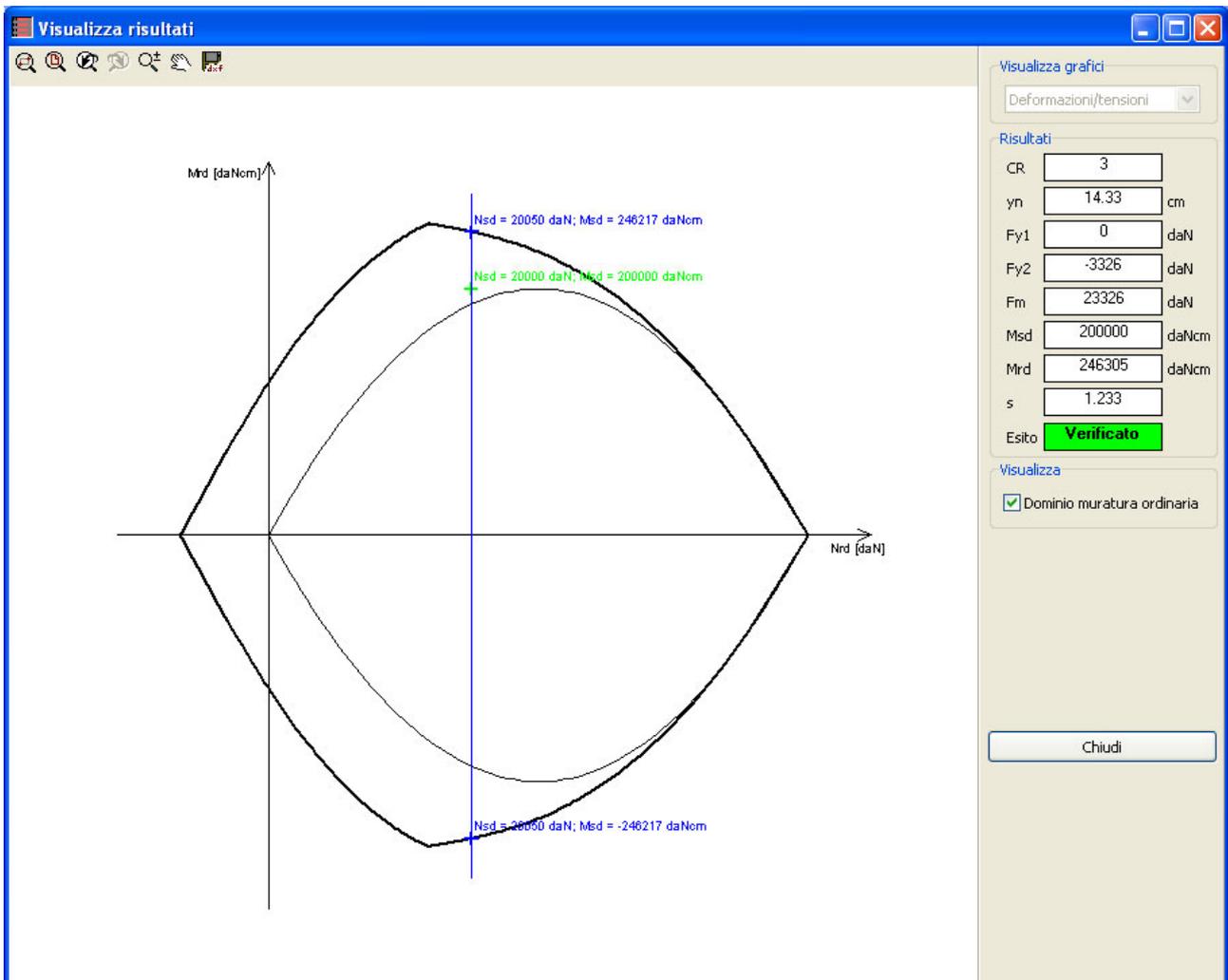
**Verificato**

Se l'esito della verifica è negativo (momento resistente minore di quello sollecitante) appare la seguente dicitura:

**Non Verificato**

Visualizza grafici

Dal comando **Visualizza grafici** è possibile visualizzare i risultati ed il dominio di resistenza della sezione. Cliccando sul precedente comando appare la seguente videata dalla quale è possibile visualizzare il dominio di resistenza della sezione e la posizione del punto che definisce lo stato sollecitazionale. Come per la verifica a pressoflessione nel pino, tale videata è molto utile nei casi in cui la sezione non verifica in quanto fornisce ottime indicazioni per aumentare la resistenza a pressoflessione della sezione.



### 5.3 – Verifica a taglio

L'esito della verifica a taglio può essere visibile direttamente dall'interfaccia principale.



Nella precedente immagine si indica con Vrd il taglio resistente della parete. Se l'esito della verifica a taglio è positivo (taglio resistente maggiore di quello sollecitante) appare la seguente dicitura:



Se l'esito della verifica è negativo (taglio resistente minore di quello sollecitante) appare la seguente dicitura:



## 6. Dati di output

Il software restituisce come dati di output una relazione di calcolo e gli elaborati grafici sopra descritti.

### 6.1 – Relazione di calcolo

Cliccando sul comando dell'interfaccia principale contrassegnato dalla seguente icona



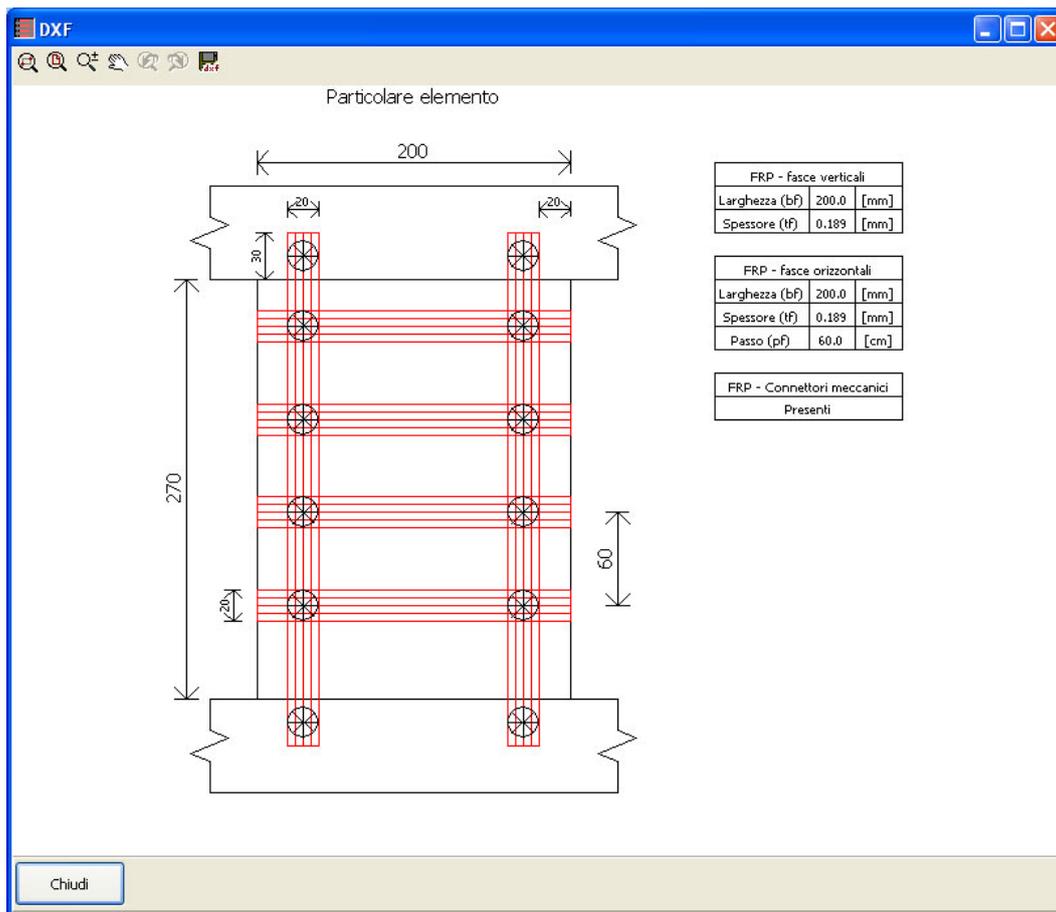
il software crea un file in formato rtf nel quale vengono riportati tutti i dati di input che caratterizzano la sezione ed i risultati di calcolo. Il file può essere aperto con software tipo Word e simili.

### 6.2 – DXF

Cliccando sul comando dell'interfaccia principale contrassegnato dalla seguente icona



il software crea un file in formato dxf nel quale viene riportato un particolare della parete rinforzata.



## 7. Informazioni ed assistenza

Per chiedere assistenza ed informazioni relative al software è possibile inviare una e-mail al seguente indirizzo:

[info@edificiimuratura.it](mailto:info@edificiimuratura.it)

I tecnici di edificiimuratura.it provvederanno a fornire i giusti chiarimenti agli utenti.

## Bibliografia



**Titolo:** Metodi di calcolo e tecniche di consolidamento per edifici in muratura;  
**Edizione:** III  
**Autore:** Michele Vinci;  
**Casa editrice:** Dario Flaccovio Editore.