

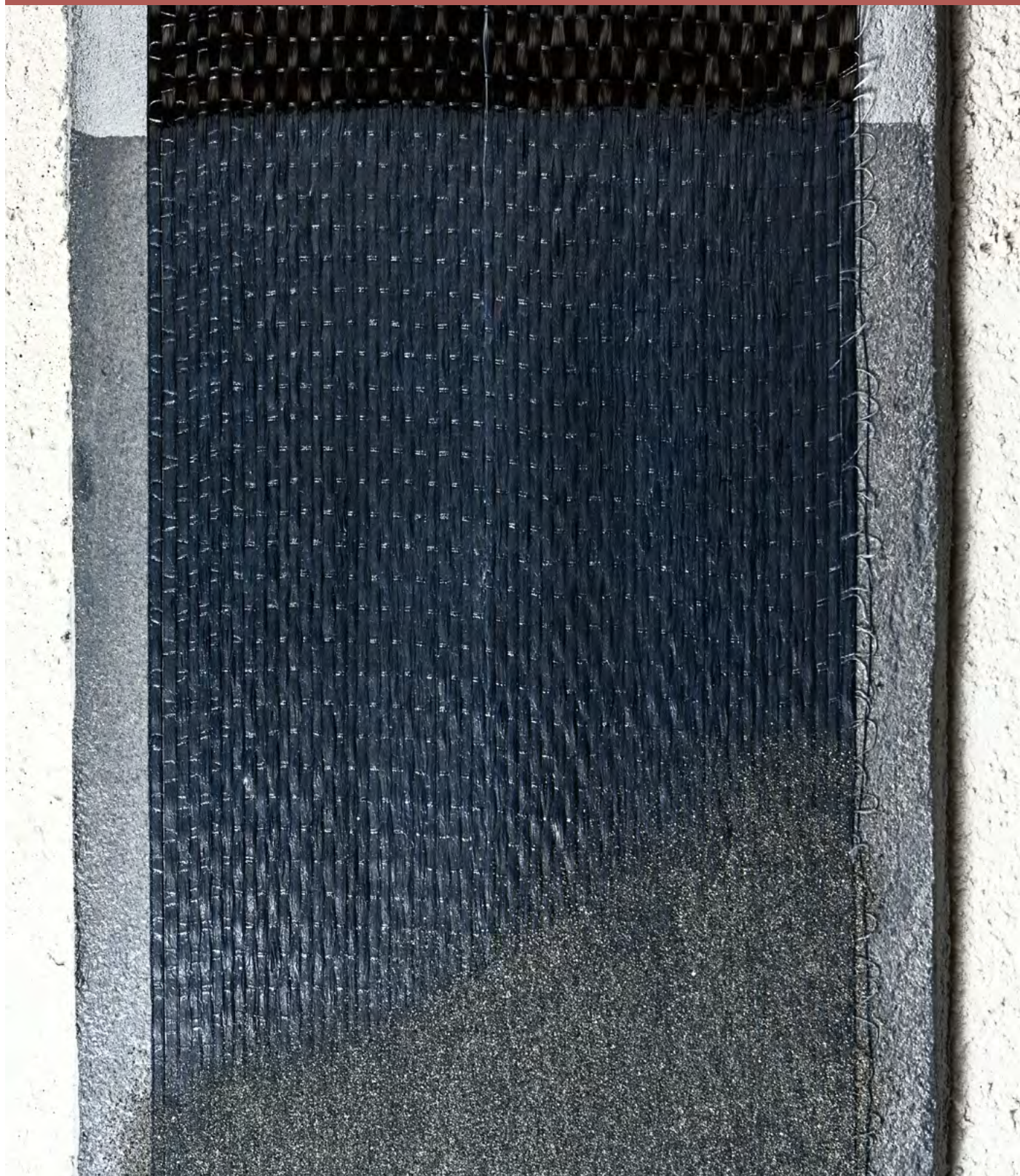
# CARBO-STRUCTURA

Sistema di consolidamento FRP classe 210C



MANUALE DI PREPARAZIONE ED INSTALLAZIONE DEL SISTEMA

12 | 2017



## PREMESSA

Scopo del presente "Manuale di preparazione ed installazione del sistema" è quello di fornire un documento di riferimento per gli applicatori di sistemi FRP per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti.

Il documento si riferisce, solo ed esclusivamente, al sistema denominato **CARBO-STRUCTURA**.

Non utilizzare il presente manuale per altri sistemi di consolidamento.

## CAMPO DI APPLICAZIONE

Il sistema composito **CARBO-STRUCTURA** può essere impiegato per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti in calcestruzzo armato, c.a.p e muratura.

Documento di riferimento:

- DT 200/R1 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati. Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie".

Sono possibili impieghi anche per strutture in legno e metalliche.

Documento di riferimento:

- DT 201 "Studi preliminari finalizzati alla redazione di Istruzioni per Interventi di Consolidamento Statico di Strutture Lignee mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati";
- DT 202 "Studi preliminari finalizzati alla redazione di Istruzioni per Interventi di Consolidamento Statico di Strutture Metalliche mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati".

L'impiego del sistema FRP é:

## IDEALE PER

- rinforzo a flessione, taglio, compressione, torsione e pressoflessione;
- fasciature e incrementi di duttilità;
- cerchiature ed incatenamenti;
- rinforzo di elementi a singola e doppia curvatura.

## NELLO SPECIFICO PER

- variazioni di carico statico;
- variazioni di carico dinamico;
- azioni nel piano e fuori dal piano;
- correggere la gerarchia delle resistenze;
- contrastare i meccanismi di collasso.

## PREPARAZIONE DEL SUPPORTO

La preparazione del supporto è la fase più delicata e importante per garantire il corretto funzionamento del sistema FRP.

Nel presente Manuale si prenderà in considerazione la preparazione dei supporti in calcestruzzo e muratura.

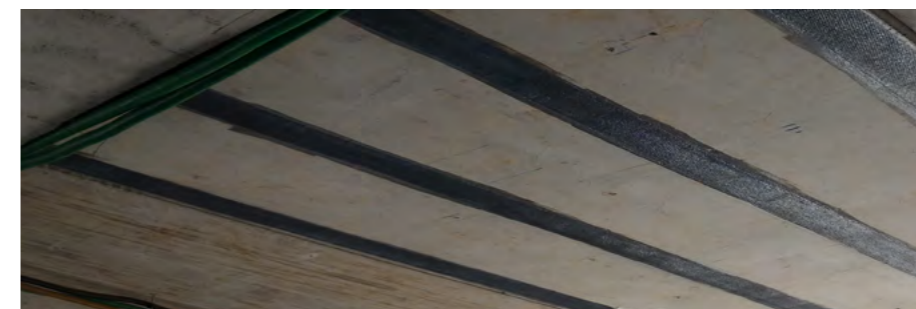
Per l'applicazione su supporti in legno e metallo si rimanda ad analisi più accurate.

## SUPPORTO IN CALCESTRUZZO

Valutazione della qualità del supporto. In caso di supporto degradato procedere al ripristino con prodotti idonei con caratteristiche meccaniche almeno pari a quelle del supporto. Bisogna ottenere un supporto con caratteristiche omogenee per garantire una meccanica di frattura anch'essa omogenea. Il grado di ruvidezza del supporto non deve essere inferiore a 0,3 mm. Nel caso di supporto con intonaco o pittura provvedere alla loro rimozione. Nel caso di rimozione parziale solo per la zona d'intervento assicurarsi di rimuovere un "binario" pari a 50 mm + larghezza fascia di rinforzo + 50 mm.

Se il supporto è in buono stato o nuovo, assicurarsi che non ci sia la presenza di disarmanti presenti, polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi.

Per rinforzi a taglio, torsione e confinamento bisogna arrotondare gli spigoli con un raggio di curvatura minimo di 20 mm. La parte di supporto soggetta a rinforzo dovrà essere regolare e planare (correggere zone convesse).



## SUPPORTO IN MURATURA

Valutazione della qualità del supporto. In caso di supporto degradato procedere al ripristino con prodotti idonei con caratteristiche meccaniche almeno pari a quelle del supporto.

Bisogna ottenere un supporto con caratteristiche omogenee per garantire una meccanica di frattura anch'essa omogenea.

Il grado di ruvidezza del supporto non deve essere inferiore a 0,3 mm. Nel caso di supporto con intonaco o pittura provvedere alla loro rimozione.

Se il supporto è in buono stato o nuovo, assicurarsi che non ci sia la presenza di disarmanti presenti, polveri, grassi, idrocarburi e tensioattivi.

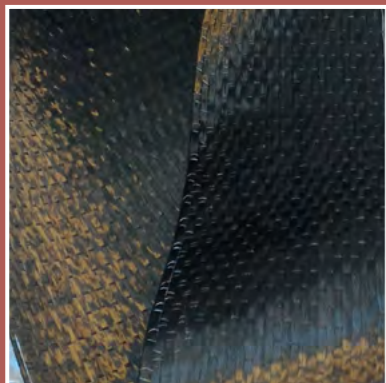
Per confinamento e cerchiatura bisogna arrotondare gli spigoli con un raggio di curvatura minimo di 20 mm.

La parte di supporto soggetta a rinforzo dovrà essere regolare e planare (correggere zone convesse).



## COMPOSIZIONE DEL SISTEMA

Il sistema CARBO-STRUCTURA è così composto:



### TCS CARBON U300

Tessuto: unidirezionale da 300 g/m<sup>2</sup> composto da fibre lunghe di carbonio ad alta resistenza termofissate denominato TCS CARBON U300;



### ELANTECH MC256/W256

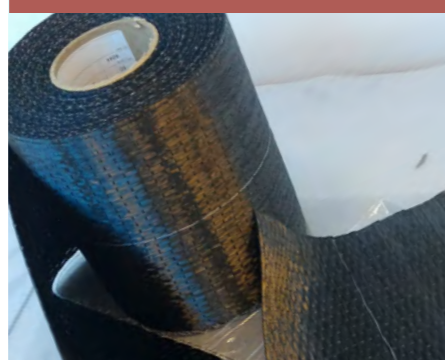
Matrice: sistema epossidico bicomponente per l'impregnazione e l'adesione al supporto denominato Elan-tech MC256/W256.

Il sistema è classificato 210C secondo le "Linea Guida per la identificazione, la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti".

## PREPARAZIONE DEI PRODOTTI

Facilità di preparazione seguendo pochi semplici passaggi:

1. IL TESSUTO DI RINFORZO



Il tessuto è pronto all'uso. Si consiglia di tagliarlo preventivamente in fasce di lunghezza come da progetto per ottimizzare le tempistiche di applicazione. Effettuare i tagli su piani di lavoro puliti e privi di polvere. Arrotolare le fasce tagliate a misura. Conservare sempre il tessuto al coperto, in luogo asciutto e privo di polvere.

2. SISTEMA EPOSSIDICO



Il sistema epossidico per l'impregnazione e l'incollaggio strutturale è bicomponente. Componente A di colore bianco da 4 kg. Componente B di colore grigio scuro da 2 kg. Verificare sempre la consistenza molto densa dei due componenti.

3. MISCELAZIONE



Versare il componente B (indurente) nel contenitore del componente A (resina). Per miscele parziali dei componenti mantenere sempre un rapporto 2:1 in peso o in volume. Qualora si decidesse di miscelare in peso, utilizzare una bilancia elettronica. Miscelazione meccanica a basso numero di giri o manuale fino a completa miscelazione dei due componenti. La colorazione in contrasto permette di valutare la corretta miscelazione fino all'ottenimento di un impasto omogeneo tissotropico di colore grigio chiaro.

4. LAVORABILITÀ

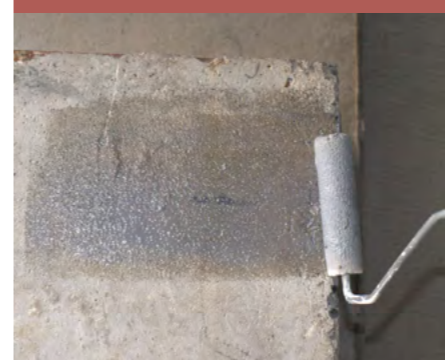


Il prodotto reagisce più rapidamente in massa, pertanto si consiglia, dopo la miscelazione nelle confezioni di vendita, di travasare il prodotto in un contenitore più grande e basso per aumentarne il tempo di utilizzo. Tempo di lavorabilità del sistema epossidico calcolato su 6kg in contenitore con spessore 4 cm +10°C 85-95 minuti, +20°C 35-40 minuti, +30°C 20-25 minuti.

## INSTALLAZIONE DEL SISTEMA FRP

Facilità d'installazione seguendo pochi semplici passaggi:

1. APPLICAZIONE 1° STATO RESINA



Prima dell'applicazione verificare che il supporto sia completamente asciutto. La temperatura di applicazione è compresa tra +10 e +30°C. Per temperature diverse di applicazione bisognerà provvedere ad un condizionamento della zona d'intervento. Applicazione a rullo, pennello o spatola del primo strato di sistema epossidico (circa 300 g/m<sup>2</sup>). Il prodotto non necessita di primer.

2. APPLICAZIONE TESSUTO



Stesura del tessuto sul primo strato di resina. Tamponare il tessuto semplicemente con le dita per farlo aderire. Rullatura semplice mediante rullino da pittore a pelo corto eliminando eventuali pieghe del tessuto verificando la corretta impregnazione dello stesso. Evitare l'utilizzo di rulli frangi bolle metallici che potrebbero danneggiare le fibre.

3. APPLICAZIONE 2° STATO RESINA



Applicazione del secondo strato di resina epossidica (circa 300 g/m<sup>2</sup>). Rullatura continua nella direzione delle fibre per impregnare completamente le fibre ed eliminare le eventuali bolle d'aria verificando la corretta impregnazione dello stesso.

4. EVENTUALE SPOLVERO SILICEO



Per eventuali strati di rinforzo successivi al primo ripetere le fasi precedenti fresco su fresco. Qualora si dovesse realizzare un intonaco di protezione/finitura, a laminazione terminata procedere con uno spolvero di sabbia silicea dal diametro minimo di 1 mm fresco su fresco.

## FORNITURA DI SISTEMA

Il sistema composito CARBO-STRUCTURA è fornito in kit composto dal tessuto TCS CARBON U300 fornito in rotoli di altezza variabile come da specifiche di progetto e lunghezza 50 m.

Il sistema epossidico bicomponente Elan-tech MC256/W254 viene fornito in confezioni 4+2 kg.

I componenti sono identificati con numero di lotto e nome del sistema.

La fornitura deve essere accompagnata dal presente documento "Manuale di preparazione e applicazione del sistema" e dal rispettivo "Certificato di Idoneità Tecnica n° 492".

## DPI E ATTREZZATURE

Prima di procedere alla preparazione dei prodotti e successiva applicazione bisogna dotarsi dei dispositivi di protezione di seguito elencati:

- tuta;
- guanti;
- mascherina;
- occhiali.

Per la preparazione dei prodotti saranno necessari i seguenti strumenti:

- piano di lavoro pulito e privo di polvere;
- metro;
- forbici;
- bilancia elettronica;
- contenitori puliti;
- miscelatore a basso numero di giri.

Per l'applicazione dei prodotti saranno necessari i seguenti strumenti:

- rullino;
- pennello;
- spatola.

Per la pulizia degli attrezzi:

- acetone.

## CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli di accettazione in cantiere sono effettuati mediante prove distruttive su provini. Per il numero ed il tipo di prove si rinvia alla Linea Guida per la Qualificazione ed il Controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica FRP da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti.

I controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e di competenza del Direttore dei lavori;
  - sono esclusivamente di tipo meccanico;
- devono essere eseguiti su campioni ricavati da laminati realizzati in cantiere con i materiali base oggetto di fornitura e con la procedura di installazione prescritta dal Fornitore, impiegando gli stessi addetti del cantiere.

Le prove meccaniche devono essere effettuate da un Laboratorio autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001, in tempo ritenuto utile dal Direttore dei Lavori ai fini dell'accertamento della qualità e della conformità alle specifiche di progetto dei rinforzi oggetto di fornitura e comunque non oltre 30 gg.

Le condizioni ambientali devono essere le medesime di quelle di installazione.

I laminati devono essere tanti quante sono le classi dei sistemi di rinforzo da installare, tenendo anche conto dell'eventuale molteplicità di Fornitori.

Devono essere costituiti da 3 strati.

Da ciascun laminato devono essere ricavati 3 campioni, in riferimento ad ogni lotto di spedizione e comunque ogni 500 mq o frazione di sistema di rinforzo, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del sistema di rinforzo da uno stesso Fornitore.



## CONTROLLI PER LA CORRETTA MESSA IN OPERA

Le prove semi-distruttive (prove di strappo normale o a taglio) sono soprattutto indicative per la caratterizzazione meccanica del sistema di rinforzo messo in opera.

L'eventuale presenza di difetti nella realizzazione può invece essere rilevata mediante prove non distruttive (acustiche, ultrasoniche e termografiche).

Per il numero ed il tipo di prove si rinvia al documento CNR-DT 200 R1/2013.

## PROTEZIONE DEL SISTEMA DI RINFORZO

Protezione del sistema di rinforzo **CARBO-STRUCTURA** nel rispetto delle prescrizioni del documento CNR DT 200 R1/2013 paragrafi 4.8.2.3 e 5.8.2.3 di seguito riportati:

1. Nel caso di applicazioni in ambiente esterno è opportuno proteggere il sistema di rinforzo dall'azione diretta dell'irraggiamento solare, che può produrre alterazioni chimico-fisiche nella matrice epossidica. Ciò può essere ottenuto mediante l'impiego di vernici acriliche protettive, sia in dispersione acquosa sia in solvente, previa pulitura della superficie del composito mediante l'uso di una spugna satura d'acqua saponata.
2. In alternativa, una protezione più elevata può essere garantita dall'applicazione sul composito di intonaci o malte. Tali intonaci, i cui spessori sono generalmente consigliati dai Produttori e/o Fornitori, vanno posati sul sistema di rinforzo previa preparazione della superficie mediante applicazione di resina epossidica con successivo spolvero "fresco su fresco" di polvere di quarzo.
3. Ai fini della protezione al fuoco possono essere adottate due tecniche differenti: l'uso di pannelli intumescenti o l'applicazione di intonaci protettivi. In entrambi i casi i Produttori e/o i Fornitori devono indicare il grado di protezione in relazione allo spessore del rivestimento. I pannelli - in genere a base di calciosilicati - vengono posati sul rinforzo previo inserimento di tasselli che non devono mai tagliare o forare fibre. L'intonaco intumescente, corrispondente alla soluzione maggiormente utilizzata come strato protettivo, deve essere applicato sul composito seguendo le indicazioni riportate al punto (2).

## TEMPERATURE LIMITE DI UTILIZZO DEL COMPOSTO

Il sistema **CARBO-STRUCTURA** è stato sottoposto a prove di durabilità.

Tra le varie prove sono state effettuate anche prove di gelo e disgelo sottoponendo i provini a cicli da -18°C a +38°C.

Al termine delle prove di condizionamento i provini si presentavano in ottime condizioni senza alcun segno di danneggiamento/degrado.

Le prove meccaniche condotte su tali provini hanno evidenziato valori di sforzo a rottura e modulo elastico in linea con i valori dei provini non condizionati.

Pertanto vengono riportati i valori limite di utilizzo:

- temperatura limite inferiore -18°C;
- temperatura limite superiore +30°C;

pur avendo raggiunto +38°C viene adottata la prescrizione del CNR che vincola la temperatura limite superiore a quella di transizione vetrosa diminuita di 15°C.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati i principali valori ottenuti a seguito delle prove effettuate per la qualificazione dei materiali compositi FRP in accordo alle "Linee Guida per la identificazione, la qualificazione e il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale" – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici approvata il 9 luglio 2015. Il documento è scaricabile dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

## PROPRIETÀ MECCANICHE FRP

TIPOLOGIA DI LAMINATO CLASSE 210C	CARICO DI ROTTURA [kN]	SFORZO A ROTTURA [MPa]	MODULO ELASTICO [GPa]
<b>PROVE MECCANICHE (UNI EN 2561)</b>			
3 STRATI da 300 g/mq (media)	42,47	4032,56	250,55
CoV [%]	7,43	6,01	2,70
Valore caratteristico	36,16	3547,51	237,03
DEFORMAZIONE ULTIMA [%] $\epsilon_{fib}$	1,42 (ipotesi di comportamento elastico lineare, $\epsilon_{fib} = f_{fib}/E_f$ )		
<b>PROVE MECCANICHE (UNI EN 2561)</b>			
5 STRATI da 300 g/mq (media)	63,09	3527,67	241,44
CoV [%]	6,44	5,90	2,20
Valore caratteristico	54,94	3111,24	230,79
DEFORMAZIONE ULTIMA [%] $\epsilon_{fib}$	1,29 (ipotesi di comportamento elastico lineare, $\epsilon_{fib} = f_{fib}/E_f$ )		
<b>RESISTENZA ALL'UMIDITÀ</b>			
3 STRATI da 300 g/mq (media)	37,29	3560,15	245,43
<b>RESISTENZA AD AMBIENTI ALCALINI</b>			
3 STRATI da 300 g/mq (media)	43,59	4332,8	259,96
<b>RESISTENZA AD AMBIENTI SALINI</b>			
3 STRATI da 300 g/mq (media)	42,51	4237,6	258,96
<b>RESISTENZA AI CICLI DI GELO/DISGELO -18°C/+38°C</b>			
3 STRATI da 300 g/mq (media)	41,51	4121,1	258,48

## CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E FISICHE

PROPRIETÀ	VALORE
Densità delle fibre [g/cm <sup>3</sup> ]	1,822
Massa del tessuto per unità di area [g/m <sup>2</sup> ]	319,17 (300 nominale)
Area equivalente [mm <sup>2</sup> /m]	165
Spessore equivalente [mm]	0,165
Densità della resina [g/cm <sup>3</sup> ]	1,28-1,35
Rapporto di miscelazione (in peso o in volume)	2:1
Frazione in peso delle fibre del composito [%]	31,22
Frazione in volume delle fibre del composito [%]	24,17
Temperatura di transizione vetrosa tre campioni UNI EN ISO 11357 maturazione 72 h [°C]	45,27
Temperature ambientali di messa in opera [°C]	+10 / +30
Temperature ambientali di esercizio [°C]	-18 / +30
Resistenza al fuoco	N.P.D.
Reazione al fuoco	classe E

Per ulteriori informazioni, assistenza e/o dimostrazioni pratiche relative al sistema consultare il nostro servizio tecnico.