

## Sika® CarboDur®

### Sistema di rinforzo ad alta resistenza in CFRP

#### Indicazioni generali

**Descrizione** Sistema di rinforzo ad alta resistenza in CFRP per cemento armato, muratura, opere in pietra, acciaio, alluminio e legno.  
Componenti del sistema:  
- lamine pultruse in fibra di carbonio Sika® CarboDur®  
- adesivo Sikadur® 30 per rinforzo dell'adesione  
- sistemi di pretensione Sika® CarboDur®

**Campi di impiego** Grazie all'intenso lavoro di ricerca svolto presso il Centro EMPA (Laboratorio Federale di Prova dei Materiali e di Ricerca) di Dübendorf, è ora possibile realizzare rinforzi per strutture in cemento armato, muratura, opere in pietra, acciaio, alluminio e legno con lamine resistenti alla corrosione, realizzate in polimeri rinforzati con fibre al carbonio (CFRP). Grazie al lavoro di sviluppo mirato al contenimento dei costi svolto dalla Sika AG, dopo la preparazione della superficie, si può applicare il sistema CarboDur® direttamente, senza necessità di altre lavorazioni.

*Per rinforzare strutture per:*

#### **Incremento dei carichi**

- Incremento dei carichi statici
- Incremento dei carichi dinamici
- Installazione di macchinari pesanti in edifici ad uso industriale
- Modifiche d'uso di edifici

#### **Danni agli elementi strutturali**

- Invecchiamento dei materiali edili
- Corrosione dei ferri d'armatura
- Collisioni di veicoli
- Incendi
- Sismi

#### **Miglioramento dell'efficienza statica**

- Riduzione delle deformazioni
- Riduzione delle sollecitazioni a carico dei ferri d'armatura
- Riduzione dell'ampiezza delle fessurazioni

#### **Modifiche del sistema strutturale**

- Demolizione di pareti o colonne
- Demolizione di parti di solette per praticare aperture

#### **Modifiche delle normative**

- Realizzazioni antisismiche
- Adeguamenti per modifiche dell'approccio progettuale

#### **Difetti di progettazione o di costruzione**

- Armature insufficienti
- Spessore inadeguato degli elementi.

#### Vantaggi

- Peso contenuto
- Disponibile in qualsiasi lunghezza, non sono necessari giunti
- Spessore medio contenuto
- Facile da trasportare (rotoli)
- Intersezioni delle lamine facili da realizzare
- Applicazione economica – nessuna attrezzatura per movimentazione ed installazione particolarmente pesante
- Altissima resistenza
- Disponibile in diversi moduli di elasticità
- Eccezionale resistenza a fatica
- Molto resistente agli alcali
- Esente da corrosione
- Bordi netti senza fibre a vista
- Generalmente approvata nella prassi edilizia di molti paesi



## Certificazioni

- Verbale di prova EMPA N°. 154 490/1 del 1994: Prove di carico statico su travi in calcestruzzo rinforzate con Sika® CarboDur®
- Verbale di prova EMPA N°. 154 490 del 1994: Esame con tecnica roll-on Sika delle porosità interne mediante la termografia a raggi infrarossi
- Verbale di prova EMPA N°. 148 795 del 1994: Prova d'incendio su travi in cemento armato rinforzate con Sika® CarboDur®
- Verbale di prova EMPA N°. 170 569e-1 del 1999: applicazione di lamine Sika® CarboDur® sotto carico dinamico
- Verbale di prova EMPA N°. 402'017E/2 del 1999: Prova di resistenza a fatica e di cedimento a rottura B1/B2
- Verbale di prova EMPA N°. 172'745/2 del 1998: Prova di lamine precomprese CarboDur® in CFRP, trave V1
- Verbale UCSD, SSRP del 2000: solette in calcestruzzo precompresso con lamine CarboDur® al CFRP incollate esternamente – impostazione analitica e raccomandazioni progettuali
- Verbale NTVV N°. R-9-00 del 2000: Rinforzo di travi in calcestruzzo precompresso con lamine CarboDur® al CFRP
- Istituto Tedesco per l'Ingegneria Costruttiva Z-36.12 – 29 del 1997: Autorizzazione generale per l'utilizzo in edilizia del Sika® CarboDur®
- Verbale SOCOTEC N°. HX0823 del 2000: Verbale tecnico ispettivo / capitolato - Sika® CarboDur® / SikaWrap® (in francese)

## Disponibilità

### Materiale disponibile

Tipologia	Modulo di elasticità a trazione 165.000 MPa		
	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )
Sika® CarboDur® S512	50	1,2	60
Sika® CarboDur® S613*	60	1,3	78
Sika® CarboDur® S812	80	1,2	96
Sika® CarboDur® S1012	100	1,2	120
Sika® CarboDur® S1014*	100	1,4	140
Sika® CarboDur® S1214*	120	1,4	168
Sika® CarboDur® S1512*	150	1,2	180

Tipologia	Modulo di elasticità a trazione 210.000 MPa		
	Larghezza (mm)	Spessore (mm)	Sezione (mm <sup>2</sup> )
Sika® CarboDur® M514*	50	1,4	70
Sika® CarboDur® M614	60	1,4	84
Sika® CarboDur® M914	90	1,4	126
Sika® CarboDur® M1214	120	1,4	168

\*Disponibile su richiesta

## Conservazione / Durata

Durata illimitata se non esposto ad insolazione diretta e conservato all'asciutto e a temperature inferiori a 50°C.

Trasportare solo negli imballi originali o proteggere da qualsiasi danneggiamento meccanico.

## Confezioni

### **Lamine Sika® CarboDur®:**

- Tagliati a misura in conformità alla lista delle parti, in confezioni riutilizzabili.
- Forniti in rotoli da 250 m in confezioni riutilizzabili.

### **Adesivo Sikadur® 30:**

- Unità predosate (comp. A+B) da 6 kg
- Pallet da 540 kg (90 confez. da 6 kg)
- Confezionamenti industriali non predosati: comp. A in latte da 30 kg, comp. B in latte da 10 kg
- Pallet da 560 kg (14 x 30 kg di comp. A e 14 x 30 kg di comp. B)

### **Detergente Sika® Colma Reiniger:**

- Latte da 1 e 5 kg, bidoncino da 20 kg e fusto da 160 kg
- Fusti da 20 e 160 kg

### **Sika® CarboDur®**

#### **Elica Sika®:**

- Confezione da 1 pezzo.

## Lamine Sika CarboDur pretese

### Campi d'impiego

- rinforzo longitudinale e trasversale di ponti
- rinforzo antisismico di muri in calcestruzzo e muratura
- rinforzo di edifici e saloni industriali e commerciali
- rinforzi in tutte le condizioni climatiche
- miglioramento della resistenza all'invecchiamento.

### Vantaggi

- semplice precompressione degli elementi strutturali preesistenti
- movimentazione agevole grazie al peso contenuto
- perdita contenuta della precompressione grazie alla sollecitazione di trazione iniziale più elevata
- non voluminoso grazie alla sezione sottile
- livello di sollecitazione analogo per le lamine CFRP e precompressione acciaio
- nessun rischio di fessurazione per corrosione da sollecitazione
- tirante di precompressione esente da corrosione
- sfruttamento ottimale delle elevate resistenze meccaniche delle lamine in CFRP Sika® CarboDur®
- dal 30 al 50% di lamine in meno rispetto all'uso delle lamine non precomprese
- rapporto ottimale prezzo/prestazioni per il rinforzo del cemento armato
- miglioramento dell'efficienza statica: riduzione dell'ampiezza delle fessurazioni, sollecitazione di trazione e corrosione a carico dell'acciaio
- effetto di rinforzo "attivabile" anche per il carico permanente
- riduzione della sollecitazione di trazione a carico dei rinforzi in acciaio preesistenti
- possibilità di rinforzo strutturale con substrati a basse temperature ed alta umidità senza necessità di riscaldare
- spessore delle lamine fino a 2,4 mm
- ancoraggi terminali corti delle lamine.

SISTEMI:	Sika®-CarboStress®
Tipo di lamina:	S626
Modulo Elastico E medio:	165000 MPa
Sezione trasversale:	156 mm <sup>2</sup>
Carico di precompressione:	220 kN
Sollecitazione di trazione di precompressione:	1530 MPa
Ancoraggio di tensionamento	F <sub>s</sub> , E <sub>s</sub> , D <sub>s</sub> , G <sub>s</sub>

## Note per la progettazione

### **Osservazioni di carattere generale**

Una lamina Sika® CarboDur® non presenta riserve di deformazione plastica. Per questa ragione la massima resistenza a flessione di un tratto rinforzato viene raggiunta quando il cedimento della lamina si verifica durante lo snervamento dell'acciaio e prima del cedimento del calcestruzzo. La modalità di cedimento è influenzata dalla sezione della lamina. Per limitare la larghezza delle fessurazioni e la deformazione, nelle condizioni di servizio i ferri d'armatura non dovrebbero raggiungere il carico di snervamento. Si deve impedire che qualsiasi fessurazione da taglio che dovesse verificarsi possa provocare uno spostamento della superficie rinforzata ed il taglio della lamina. I calcoli di sollecitazione e deformazione possono essere effettuati con i soliti metodi, ma li si dovrà verificare in conformità con le linee guida CNR-DT 200/2004 o con le Linee Guida del CSSLPP del 24/07/2009.

### **Procedura di valutazione delle condizioni della struttura**

- Dimensioni (geometria, rinforzo, regolarità della superficie da rinforzare), qualità del materiale edile preesistente, condizioni climatiche ambientali, condizioni operative concordate.

### **Verifiche**

#### **Sicurezza di portata:**

- Struttura non rinforzata (prevedendo un fattore di sicurezza totale ridotto)
- Struttura rinforzata (con la modalità di cedimento descritta sopra, controllare le deformazioni)
- Taglio della lamina
- Ancoraggi

#### **Resistenza a fatica:**

- Controllare le sollecitazioni a carico del calcestruzzo e dell'acciaio

#### **Efficienza statica:**

- Deformazione (con deformazioni medie, assumendo che la struttura abbia un comportamento elastico e modifiche della deformazione del calcestruzzo in funzione del tempo)
- Acciaio sollecitato (nessuna deformazione plastica nelle condizioni operative)
- Ampiezza delle fessurazioni (limitando le sollecitazioni dell'acciaio nelle condizioni operative)

## Applicazione

### **Note importanti**

- La resistenza media di aderenza a trazione del sottofondo in calcestruzzo deve essere di almeno 2,0 MPa, quella minima di almeno 1,5 MPa.
- Il sistema Sika® CarboDur® dev'essere protetto dall'esposizione permanente all'irraggiamento solare diretto.
- La massima temperatura operativa ammessa è di +50°C. Quando si applica il dispositivo Sika® CarboHeather® congiuntamente all'adesivo Sikadur®-30 LP, la temperatura può arrivare anche fino a un max. di +80°C.
- Il tenore massimo in umidità del sottofondo dev'essere del 4%. La temperatura minima di applicazione dev'essere di +10°C.
- La temperatura ambiente e quella del sottofondo durante l'applicazione deve superare come minimo di 3°C il punto di rugiada.
- Quando si applica l'adesivo Sikadur®-30 attenersi alle istruzioni riportate nella scheda tecnica del prodotto.

### **Substrato**

#### **Cemento armato:**

- Pulito, esente da grassi ed oli, senza particelle incoerenti o lattime.
- Preparazione: pulitura a getto o carteggiatura.

#### **Legno, muratura:**

- Pulito, esente da oli e grassi, senza particelle incoerenti.
- Preparazione: pulitura a getto, rettifica o carteggiatura.

#### **Acciaio:**

- Pulito, esente da grassi ed oli, privo di ruggine
- Preparazione: sabbiatura o carteggiatura, Primer Icosit®-277 o Sikagard®-63N.

Dopo la preparazione, eliminare tutta la polvere dalla superficie facendo uso di un aspirapolvere industriale.

La superficie da rinforzare deve essere piana, con rilievi e segni delle casseforme che devono essere accuratamente levigati.

Controllare la planarità del sottofondo con un listello metallico. Su una lunghezza di 2 m, la tolleranza massima è di 10 mm.

## **Impasto del Sikadur®-30**

### **Confezioni predosate:**

Aggiungere il componente B al componente A ed agitare con un'elica montata su un'impastatrice elettrica a bassa velocità (max. 500 giri/minuto) per evitare di inglobare aria. Miscelare a fondo per circa 3 minuti fino ad ottenere una miscela dall'aspetto uniforme. Quindi versare in un contenitore pulito ed agitare nuovamente per circa 1 minuto, a bassa velocità per cercare di inglobare quanta meno aria possibile.

### **Confezione sfusa, non predosata:**

Agitare bene il materiale nei suoi contenitori.

Aggiungere i componenti nella debita proporzione facendo uso di una bilancia. Versarli all'interno di un contenitore d'impasto adatto, ed impastare correttamente usando un'impastatrice elettrica a bassa velocità, come indicato per prodotti predosati pronti per l'uso.

Il pot life parte dal momento in cui si mettono in contatto resina e indurente, ed è più breve alle alte temperature, più lunga a quelle basse. Tanto maggiore è la quantità che si impasta, tanto più breve è il pot life. Per prolungare la lavorabilità alle alte temperature, si può dividere l'adesivo impastato in porzioni. Un altro sistema è quello di raffreddare molto i componenti A e B prima di impastarli.

### **Applicazione delle lamine Sika® CarboDur®**

Se la superficie del calcestruzzo presenta grossi buchi o alveoli, li si deve prima colmare con una malta da riparazioni della gamma Sika® MonoTop® (per l'utilizzo fare riferimento alle rispettive schede tecniche). L'adesivo Sikadur®-30 dev'essere usato come strato di incollaggio per garantire un buon aggrappo al substrato in calcestruzzo.

Disporre la lamina Sika® CarboDur® su un tavolo e ripulire il lato da incollare con il Sika® Colma Reiniger versato su una pezza bianca pulita. Servendosi di una spatola, applicare l'adesivo Sikadur®-30 in modo che il suo spessore sia massimo in mezziera della larghezza della lamina Sika® CarboDur®. L'adesivo Sikadur®-30 ben impastato dev'essere applicato con cura sul sottofondo adeguatamente preparato, esente da polveri, utilizzando una spatola, in modo da formare un primo strato molto sottile.

Entro l'open time dell'adesivo, in funzione della temperatura, posare la lamina Sika® CarboDur® rivestita sulla superficie in calcestruzzo preparata. Servendosi dell'apposito rullo in gomma Sika, comprimere bene la lamina sull'adesivo epossidico fino a far fuoriuscire l'adesivo da entrambi i lati della lamina.

Asportare l'adesivo epossidico in eccedenza.

Provvedere a prelevare campioni in loco per controllare la velocità di indurimento e la resistenza finale dell'adesivo utilizzato. Dopo l'indurimento misurare la resistenza a compressione e alla flessotrazione.

I valori medi standard sono: indurimento dopo 7 giorni a +23°C

■ resistenza alla compressione > 75 MPa

■ resistenza alla flessotrazione > 35 MPa

In caso di intersezione delle lamine si deve provvedere alla sgrassatura della lamina Sika® CarboDur® applicata per prima con Sika® Colma Reiniger. Se si sono incollate insieme più di due lamine, le si deve ripulire da entrambi i lati di adesione con Sika® Colma Reiniger (ogni contatto lamina-adesivo). In questo caso si raccomanda l'uso del Sikadur®-330.

Se necessario si possono proteggere le lamine Sika® CarboDur® con del materiale antincendio (pannelli o intonaci).

Una volta che l'adesivo Sikadur®-30 è indurito, si deve controllare la lamina Sika® CarboDur® picchiettandola delicatamente per verificare che non vi siano cavità. In alternativa si può usare la tecnica della termografia ad impulsi. La faccia esposta della lamina può essere verniciata con un materiale di rivestimento come ad es. il Sikagard®-550W Elastic.

<b>Consumo</b>	<i>Larghezza della lamina</i>	<i>Sikadur®-30</i>
	50 mm	0,35 kg/m
	60 mm	0,40 kg/m
	80 mm	0,55 kg/m
	90 mm	0,70 kg/m
	100 mm	0,80 kg/m
	120 mm	1,00 kg/m
	150 mm	1,20 kg/m

Il consumo effettivo di adesivo può risultare superiore in funzione della planarità e della regolarità del sottofondo, ma anche degli incroci delle lamine.

*Ripulitura*  
 Ripulire gli utensili immediatamente dopo l'uso con Sika® Colma Reiniger. Lavarsi accuratamente le mani e la pelle con sapone e acqua calda.  
 Una volta indurito il materiale può essere asportato solo meccanicamente.

<b>Misure di sicurezza per le lamine Sika® CarboDur®</b>	<i>Taglio</i>
	Il taglio a misura delle lamine Sika® CarboDur® nel senso della lunghezza dovrebbe di preferenza essere eseguito con un disco da taglio diamantato.
	<i>Misure protettive</i> Durante il taglio delle lamine Sika® CarboDur® indossare occhiali protettivi e mascherine antipolvere munite di filtro per le micropolveri, oltre a guanti monouso.

<b>Misure di sicurezza per il Sikadur®-30</b>	<i>Precauzioni antinfortunistiche</i>
	Il prodotto può provocare irritazioni della pelle (dermatosi)!
	Prima di dare inizio al lavoro, applicare sulle mani e sulle aree di pelle non protetta una crema barriera. Indossare capi protettivi (guanti, occhiali di sicurezza). In caso di contatto accidentale del prodotto con gli occhi o le mucose, sciacquare immediatamente con acqua calda pulita e farsi immediatamente visitare da un medico.
	<i>Salvaguardia dell'ambiente</i>
	I componenti non induriti possono contaminare le acque, e di conseguenza non li si può immettere negli scarichi, nei corsi d'acqua o nel terreno. I residui di Sika® Colma Reiniger e di Sikadur®-30 devono essere smaltiti in conformità alle regolamentazioni vigenti a livello locale.

*Scheda di sicurezza*  
 Per informazioni e consigli sulle norme di sicurezza per l'utilizzo di prodotti chimici, l'utilizzatore deve far riferimento alla più recente scheda di sicurezza, contenente i dati fisici, tossicologici, ecologici ed altri dati relativi in tema di sicurezza.

## Caratteristiche Tecniche

### Lamine Sika CarboDur

Descrizione	Polimero rinforzato da fibra al carbonio in una matrice epossidica		
Colore	Nero		
Tenore volumetrico in fibra	>68%		
Conservazione	Illimitata (evitare l'esposizione all'irraggiamento solare diretto)		
Densità	1,60 g/cm <sup>3</sup>		
Temperatura di transizione vetrosa	>100°C		

	Sika® CarboDur® S	Sika® CarboDur® M	
Modulo di E (valore medio)	165.000 MPa	210.000 MPa	EN 2561
Modulo di E (valore minimo)	>160.000 MPa	>200.000 MPa	EN 2561
Resistenza a trazione (valore minimo)	> 2.800 MPa	> 2.900 MPa	EN 2561
Resistenza a trazione a rottura (valore medio)	3.100 MPa	3.200 MPa	EN 2561
Deformazione a rottura (valore minimo)	>1,70%	>1,35%	EN 2561

### Adesivo Sikadur® 30 per rinforzi incollati

Aspetto	Comp. A: pasta bianca Comp. B: pasta nera Comp. A+B: grigio chiaro quando miscelati	
Rapporto di impasto	Comp. A : Comp. B = 3:1 (parti in peso) Rispettare l'esatto rapporto di miscelazione utilizzando una bilancia	
Consistenza	Comp. A + B miscelati: cremosa, pastosa	
Temperatura di applicazione	Sottofondo e ambiente: da +10°C a +35°C	
Densità	1,65 kg/L (A+B)	
Pot life (in conformità alla F.I.P.*)	30 minuti (a +35°C)	
Open time (in conformità alla F.I.P.*)	30 minuti (a +35°C)	
Colatura (in conformità alla F.I.P.*)	3-5 mm ( a +35°C)	
Ritiro (in conformità alla F.I.P.*)	0,04%	
Punto di transizione vetrosa (in conformità alla F.I.P.*)	+62°C	
Resistenza alla distorsione a caldo (in conformità alla ASTM D 648)	Indurimento 7 gg a +10°C 7 gg a +35°C 6 ore a +60°C 3 ore a +80°C	Temperatura di distorsione a caldo +36°C +53°C +53°C +53°C
Modulo di elasticità (in conformità alla F.I.P.*)	12.800 MPa	
Potere di aggrappo ad umido (in conformità alla F.I.P.*)	Cedimento del calcestruzzo (circa 4 MPa)	
Resistenza al taglio (in conformità alla F.I.P.*)	Cedimento del calcestruzzo (circa 15 MPa)	
Coefficiente di dilatazione termica (valori Sika)	9 x 10 <sup>-5</sup> per °C (da -10°C a +40°C)	
Conservazione	Nella confezione originale sigillata conservata da +5°C a +25°C: 24 mesi dalla data di produzione	
Nota	I valori specificati possono variare a seconda dell'intensità di impasto e della quantità di aria inglobata (nel corso dell'impasto)	

\* Federazione Internazionale del calcestruzzo Precompresso

## Note legali

I consigli tecnici relativi all'impiego, che noi forniamo verbalmente o per iscritto come assistenza al cliente o all'applicatore in base alle nostre esperienze, corrispondenti allo stato attuale delle conoscenze scientifiche e pratiche, non sono impegnativi e non dimostrano alcuna relazione legale contrattuale né obbligo accessorio col contratto di compravendita. Essi non dispensano l'acquirente dalla propria responsabilità di provare personalmente i nostri prodotti per quanto concerne la loro idoneità relativamente all'uso previsto. Per il resto sono valide le nostre condizioni commerciali. Il contenuto della presente scheda si ritiene vincolante per quanto sopra ai fini della veridicità del contenuto, solo se corredata di apposito timbro e di controfirma apposti presso la ns. sede e da personale delegato a quanto sopra. Diffonibilità dall'originale predetto per contenuto e/o utilizzo non implicherà alcuna responsabilità da parte della società Sika. Il cliente è inoltre tenuto a verificare che la presente scheda E GLI EVENTUALI VALORI RIPORTATI siano validi per la partita di prodotto di suo interesse e non siano superati in quanto sostituiti da edizioni successive E/O NUOVE FORMULAZIONI DEL PRODOTTO. Nel dubbio, contattare preventivamente il nostro Ufficio Tecnico.



Sika Italia S.p.A.  
Via L. Einaudi 6 - 20068 Peschiera Borromeo (MI)  
Tel. +39 02 54778.111 - Fax +39 02 54778.119  
www.sika.it - info@sika.it

AZIENDA CON SISTEMA DI  
GESTIONE PER LA QUALITÀ  
CERTIFICATO DA DNV  
=UNI EN ISO 9001:2000=

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE  
AMBIENTALE CERTIFICATO DA DNV  
= UNI EN ISO 14001:2004 =