

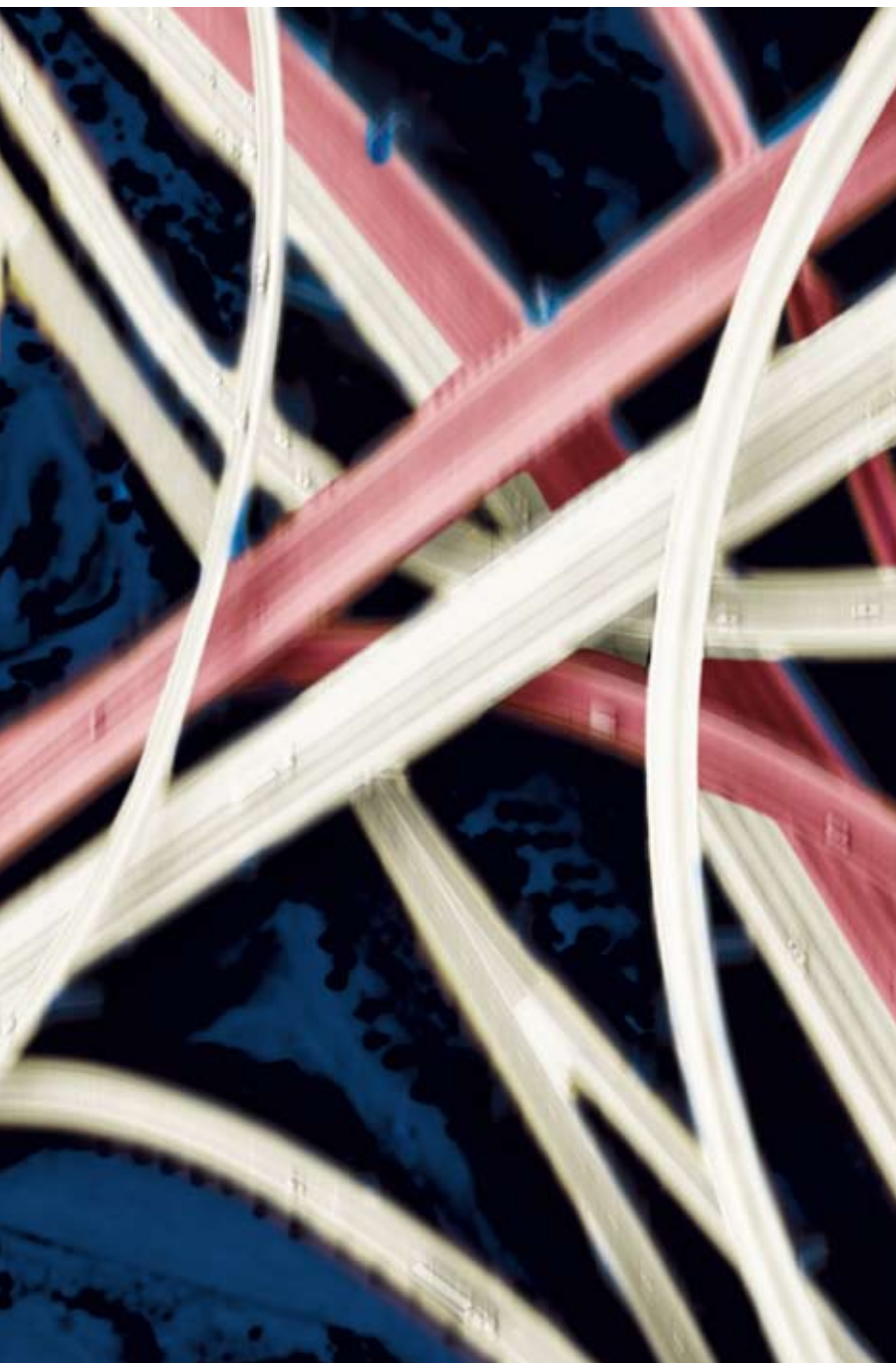


Sto Scandinavia | **Betonreovering**

## Forstærkning af bærende konstruktioner med StoFRP System

## Intelligent teknik til bæredygtige løsninger

Bærende konstruktioner af armeret beton har været anvendt i årtier. Med tiden kan der ske meget, som i værste fald nødvendiggør en efterfølgende forstærkning.

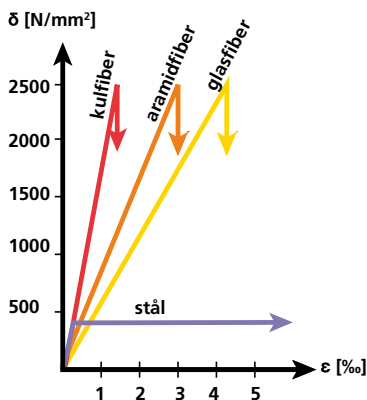


Broer eller parkeringshuse – intet bygningsværk holder evigt. Det sker ikke sjældent, at det efter en periode bliver nødvendigt at foretage forstærkning af bærende konstruktioner. Dette kan skyldes et ændret anvendelsesområde eller at der stilles nye belastningskrav til konstruktionen. Hen ad vejen kan det være nødvendigt med forbedringer, da bygningen udsættes for slitage ud over det planlagte pga. større belastninger. Skader kan være opstået på grund af ydre påvirkninger, som f.eks. storm eller ulykker, og disse skal afhjælpes for at garantere bygningens sikkerhed. Også nye love og normer kan kræve foranstaltninger.

Uanset årsag er målet klart: Det handler om at finde en effektiv løsning for at bevare bygningen, men også tilpasse den til de ændrede krav.



\* FRP = Fibre Reinforced Polymer



### Moderne kompositmaterialer afløser klassiske fremgangsmåder

I lang tid anvendte man kun traditionelle metoder, f.eks. forstærkning via forstørrede tværsnit med sprøjtebeton, overliggere med stålbjælker eller udvendig armering i form af stålplader. Disse konventionelle metoder medfører dog visse problemer, som f.eks. øget vægt på bygningsdelen, samt forøget bygningsvolumen, eller det bliver dyrere og tidkrævende på grund af lange driftsstop, larm og snavs.

Kompositmaterialer i form af kulfiber, glasfiber eller aramidfiber, som påføres konstruktionen som en ekstern armering, er i dag blevet meget mere accepteret på markedet. Disse materialer kan først og fremmest kendetegnes ved lav vægt (densitet), samt mulighed for at variere stivhed og trækbrudstyrke efter behov.

Blandt de moderne materialer anvendes hovedsagelig glasfiber som armering i konstruktioner med høj korrosionsrisiko, eller hvor der anvendes følsomme tekniske apparater, som ikke tåler de magnetiske felter, som kan opstå, når der anvendes stålarmring.

Aramid er derimod et fibermateriale, der er sammensat af filament og harpiks. Pga. den meget høje aksiale trækbrudstyrke, egner det sig specielt som materiale ved forspændte løsninger. Hvad angår robusthed har aramid den fordel, at karboniseret beton ikke korroderer eller angribes af klorider. Ganske vist kan skader, som er opstået gennem mekanisk påvirkning under brug, ikke udelukkes.

Kulfiber har i mange år bevist sine egenskaber som et let og stabilt byggemateriale på mange områder. Kulfibrenes specifikke fordele er minimal termisk udvidelse, lav materialetræthed og ekstrem korrosionsbestandighed. StoFRP\* System udnytter disse egenskaber optimalt og muliggør både kvalitative og økonomiske løsninger ved senere forstærkning af bygningsdele.

### StoFRP System kan mere

StoFRP System er meget fleksibelt, enkelt at påføre og let at transportere. Systemet øger træk-, tryk og strækstyrken på bærende elementer, mens vægten kun forandres ubetydeligt. Forstærkningsforanstaltningerne er diskrete og kan gøres optisk "usynlige".

StoFRP System er egnet til efterforstærkning af konstruktioner af beton og armeret beton.

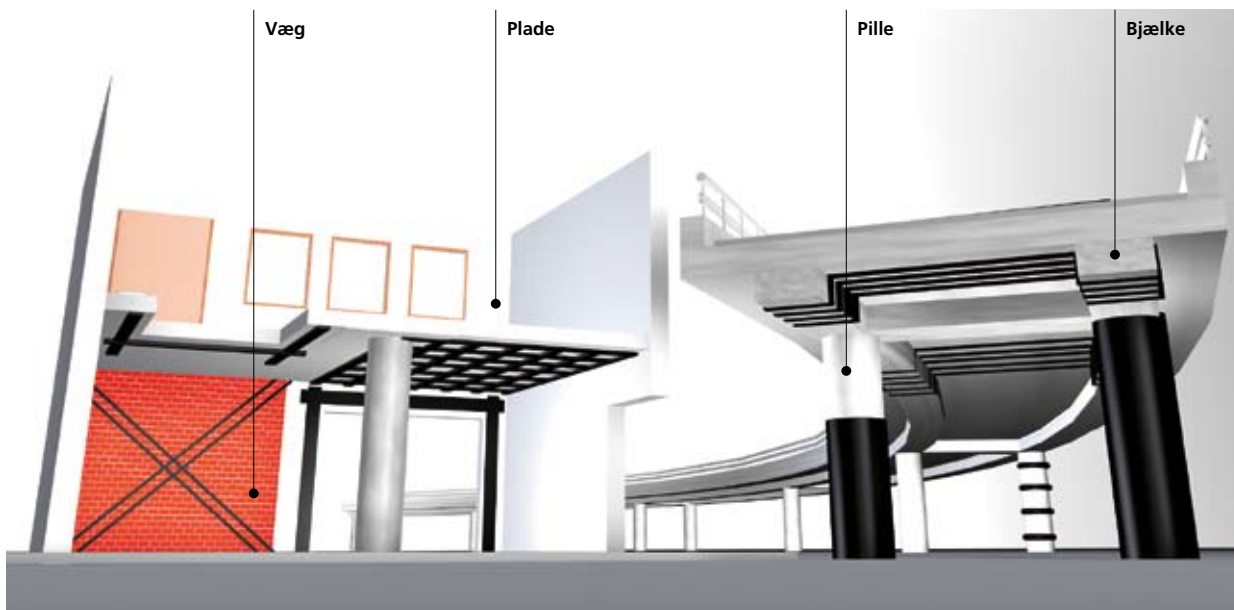
fibertype	E-Modul [kN/mm <sup>2</sup> ]	trækbrudstyrke [Mpa]
C (kulfiber)	240-650	2500-4000
A (aramidfiber)	125	3000-4000
G (glasfiber)	65-70	1700-3000
polyester	12-15	2000-3000
sammenlignet med armeringsstål	210	550

### Systemets fordele

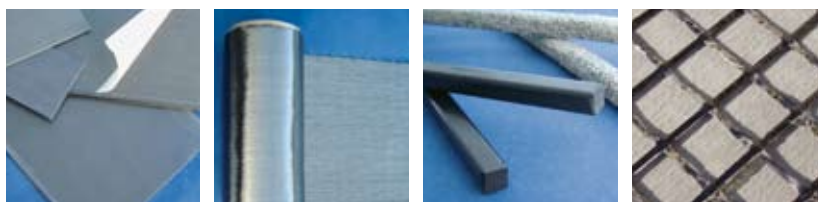
- Høj trækbrudstyrke og stivhed i forhold til vægten
- Tynde forstærkningslag
- Lav materialetræthed og høj korrosionsbestandighed
- Let at håndtere og transportere
- Hurtig påføring og dermed korte og få driftsstop
- Høj fleksibilitet ved udførelsen
- Problemfri visuel integration i bygningen
- God økonomi i hele systemet
- Mulighed for forspænding





## Et bredt anvendelsesområde

StoFRP System dækker et bredt anvendelsesområde. Systemet kan både anvendes ved anlæg, som f.eks. ved broforstærkninger og ved husbyggeri, hvor bjælkeforstærkning er en mulighed og hultagning en anden. Forstærkning af sokler og piller er dermed enkel og frem for alt mulig at gennemføre.



Et system for hvert anvendelsesområde:



Bygningsdel	Belastning	StoFRP systemløsning			
		StoFRP Plate	StoFRP Sheet	StoFRP Bar	StoFRP Grid
	Normal belastning	●	●	●	●
	Bøjning	●	●	●	●
	Brud		●		●
	Bøjning	●	●	●	●
	Hultagning		●		
	Bøjning	●	●	●	●
	Hultagning		●		●



## Forklaringer

**Følgende bygningsdele er egnede til kulfiberforstærkning:**

### Pille

En pille er en fritstående, vertikal støtte, som har den funktion, at bære centriske eller excentriske belastninger. Støttens bærekraft afhænger af modstandskraften i det valgte materiale, tværsnitsdimensionen og tværsnitsformen, samt længden hhv. højden på støtten. Piller af armeret beton er overvejende rektangulære eller runde.

### Bjælke

Bjælker kendetegnes som langstrakte horisontalt placerede bygningsdele, som normalt bærer tværbjælker, brodæk, tagkonstruktioner og vægpartier over åbninger, osv. Bjælken har en stor længde i forhold til sine andre mål, og belastes hovedsagelig i én retning vinkelret mod længderetningen, hvorpå de bøjes. Belastning af bjælker sker først og fremmest gennem bøjende momenter og forskydning, men også vridende momenter kan forekomme.

### Væg

En væg defineres som en lodretstående konstruktionsdel, hvis horisontale strækning i en retning er meget større end i den anden retning, hvilket kan sidestilles med en vertikalt opstillet plade.

### Plade/Skive

Defineres som en horisontalt bærende eller adskillende overflade. Ud over at bære en vertikal last skal den også ofte kunne overføre horisontal belastning til stabiliserende konstruktioner. En plade kan være enten en- eller toakset fastgjort.

En enakset spændingsretning betyder, at belastningen kun overføres i én retning i de bærende lag. Ved en toakset spændingsretning overføres belastningen på bærelaget i to retninger.

### Belastninger

Med hensyn til belastningers variation med tiden, skal belastninger betragtes som:

- permanente
- variable
- ulykkesbelastninger

Belastninger skal desuden betragtes som enten statiske eller dynamiske afhængig af, hvor hurtigt de påføres. Afhængig af hvilken type belastning, der forekommer, kan belastningen i visse tilfælde være både permanent og variabel, f.eks. i forbindelse med sne.

### Permanente belastninger

Den permanente belastning er summen af alle uforanderlige laster. Disse udgøres af alle de indgående konstruktionsdeles egenvægt, jordlast og jordtryk. Den statiske belastning er derfor i høj grad afhængig af det anvendte byggemateriale.

### Variable belastninger

Variabel belastning er den foranderlige eller bevægelige belastning af konstruktionen. Den kan bestå af belastninger i forskellige kombinationer, fra personer, indretning, lagermateriale, køretøjer, maskiner og vind.

**Øgede variable belastninger giver følgende resultat:**

### Bøjningsmoment

Inden for teknisk mekanik vedrører bøjning en mekanisk forandring af bygningsdelens geometri som følge af et bøjningsmoment, som forårsager en bøjning af hovedakslen. Denne bøjning deles ind i enaksede og dobbeltaksede bøjninger.

### Forskydningskraft

Defineres som en kraft, der optræder parallelt med en fiktiv tværsnitsflade, som medfører tværspændinger. I mange tilfælde kan tværspændinger være dimensionerende.

## StoFRP System: Det komplette program

Den hurtige fremgang med StoFRP forstærkningssystem er resultatet af intensiv forskning og konsekvent videreudvikling. I dag kan vi tilbyde et komplet program til mange forskellige formål og indsatsområder.



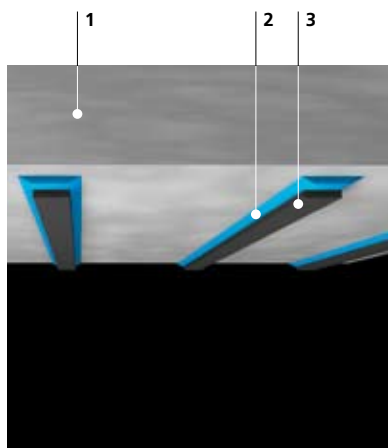
### Anvendelsesområde:

- Jævne eller afrundede elementer med stor diameter
- Underlag af beton, armeret beton, stål, træ og tegl
- Bøjningsforstærkning

### Systemets fordele:

- Hurtig påføring ved hjælp af præfabrikerede strimler (laminat)
- Flere forskellige tværsnit er tilgængelige som standard
- Flere forskellige E-moduler er tilgængelige som standard
- Optimeret vedhæftning ved hjælp af aftagelig beskyttelsesplast på begge sider af laminatet
- Korrosionsbestandigt
- Bestandigt over for kemiske og atmosfæriske belastninger

- 1 Underlag
- 2 Epoxyharpiks
- 3 StoFRP Plate



### StoFRP Plate

Systemet består af millimetertynde laminater, der anvendes som ekstern armering og fastgøres mod konstruktionen ved hjælp af limning. For at optimere forstærkningen, dels efter behov men også efter materiale, findes StoFRP Plate i tre forskellige E-modulvarianter; M, S og E. M kendetegner et højt E-modul, S for høj brudbelastning og E for et økonomisk E-modul.

Alle fibre er vendt i strimplens længderetning og holdes sammen af en epoxyharpiksmatrice. StoFRP Plate er op til 150 mm bred og kan fås i valgfri længde op til 200 meter. Den kendetegnes ved høj brudbelastning, har en lav egenvægt og er meget let og hurtig at påføre.

Beskyttelsesplast på begge sider af laminatet garanterer et smuds frit arbejde og absolut rene klæbeflader, hvilket optimerer vedhæftningen.

Ved efterfølgende påføring af andre Sto-produkter, kan StoFRP Plate næsten helt skjules.



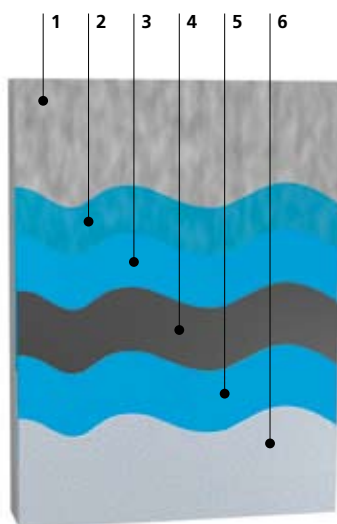
#### Anvendelsesområde:

- Jævne eller runde bygnings-elementer
- Underlag af beton, armeret beton, stål, træ eller tegl
- Bøjningsforstærkning
- Forskydningsforstærkning

#### Systemets fordele:

- Kan draperes
- Forskellige tværsnit er tilgængelige som standard
- Forskellige E-moduler er tilgængelige som standard
- Enkel og prisbillig sammenlignet med traditionelle materialer

- 1 Underlag
- 2 Grundning
- 3 Epoxyharpiks
- 4 StoFRP Sheet
- 5 Epoxyharpiks
- 6 Evt. slutbelægning



#### StoFRP Sheet

Sheets er et tørt, ensrettet væv af fiber materiale, som holdes sammen med et tværgående trådsystem. Dette produkt påføres ligesom almindelig tapetsering og danner først en fiberkomposit, når den påføres konstruktionen sammen med harpiks.

Begge varianter af StoFRP Sheet, S (høj brudbelastning) og M (højt E-modul), passer udmærket til ekstern forstærkning af forskydningskraft. De kan også anvendes til forankring af StoFRP Plate. Med StoFRP Plate kan man endda foretage forstærkning af vridning på massive bygningsdele.

StoFRP Sheet kan skjules ved påførelse af en slutbelægning.





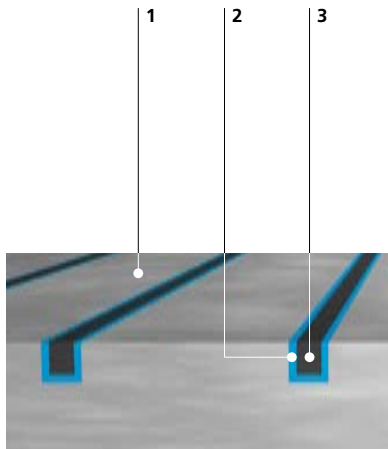
**Anvendelsesområde:**

- Jævne eller afrundede elementer med større diameter
- Underlag af beton, armeret beton, træ eller tegl
- Bøjningsforstærkning

**Systemets fordele:**

- Præfabrikerede stave giver enkel håndtering
- Flere E-moduler er tilgængelige som standard
- Bedre kraftoverførsel, da tre sider forbindes til forstærkningsunderlaget
- Arbejdes direkte ind i betonen, hvilket gør den næsten usynlig
- Staven ligger beskyttet mod ydre mekanisk påvirkning

- 1 Underlag
- 2 Epoxyharpiks, alt. mørtel
- 3 StoFRP Bar

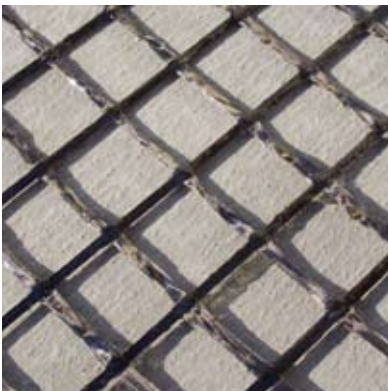


**StoFRP Bar**

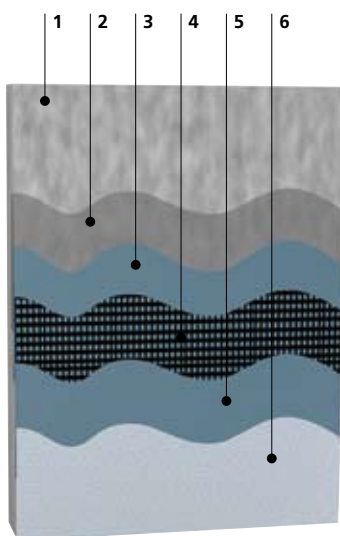
Forstærkningssystemet består af kvadratiske stave med konstant tværsnit. Alle fibre er placeret i stavenes længe-retning. Egenskaber og påføring ligner StoFRP Plate, men armeringen indlejres i konstruktionsunderlaget.

Smalle spor, ca. 15-30 mm dybe, fræses ned i underlaget. Disse fyldes derefter med epoxyharpiks eller mørtel og derefter presses kompositstaven ned i sporet. Indfræsset armering giver en bedre overførsel af forskydnings-spænding sammenlignet med armering, som er klistret på ydersiden. Derved kan kompositstens høje brudbelastning udnyttes fuldt ud.

For bedre at kunne tilpasse systemet til materialet og bygningsdelen, findes StoFRP Bar i to forskellige E-modulvarianter, E (økonomisk) og M (højt E-modul).



- 1 Underlag
- 2 Grundning
- 3 Mørtel
- 4 StoFRP Grid
- 5 Mørtel
- 6 Evt. slutbelægning



**StoFRP Grid**

StoFRP Grid er et system med kul-fibernet, som anvender mineralbaseret mørtel i stedet for epoxyharpiks til vedhæftning mod underlaget. Dette fører til en række positive egenskaber, som f.eks. diffusionsåbenhed og højere tolerance over for lave temperaturer, hvilket principielt muliggør arbejde hele året.

Systemet egner sig især til bygningsdele, som udsættes for vand, salt eller kemikalier, og derudover som armering af præfabrikerede elementer. StoFRP Grid kan også anvendes som revne-armering på bjælker og vægge eller som armering af dekorative beton-bygningsdele.

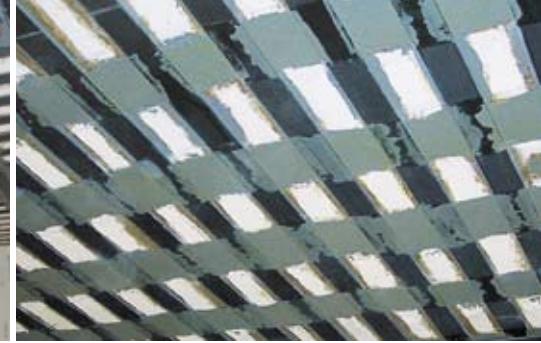
**Anvendelsesområde:**

- Jævne eller runde elementer
- Underlag af beton eller armeret beton
- Udvendig armering

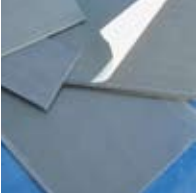



**Systemets fordele:**

- Præfabrikerede net giver enkel håndtering
- Flere maskestørrelser
- Diffusionsåbent
- Relativ luftfugtighed har ingen indflydelse på påføringen
- Naturlig brandsikring via beton-inddækning
- Kan påføres ved lave temperaturer
- Kan påføres våde underlag





### Materialegenskaber

	Produkt	E-modul	Trækbrudstyrke	Elasticitet
	StoFRP Plate E	> 150 MPa	> 1800 MPa	15,0 ‰
	StoFRP Plate S	> 163 MPa	> 2800 MPa	16,0 ‰
	StoFRP Plate M	> 245 MPa	> 2000 MPa	7,7 ‰
	StoFRP Sheet S 300 (fiber)	> 228 MPa	> 4500 MPa	18,0 ‰
	StoFRP Sheet M 300 (fiber)	> 377 MPa	> 4200 MPa	11,0 ‰
	StoFRP Bar E	> 150 MPa	> 1800 MPa	15,0 ‰
	StoFRP Bar M	> 245 MPa	> 2000 MPa	7,7 ‰
	StoFRP Grid (fiber)	242 MPa	3800 MPa	17,0 ‰

## Overlad intet til tilfældighederne!

Forstærkning af bærende konstruktioner stiller høje krav til alle projektets faser. I analysefasen fremkommer afgørende kriterier, som afgør valget af forstærkningssystem. Den praktiske, mål-orienterede udførelse, og de efterfølgende foranstaltninger til kvalitetssikring, garanterer den varige robuste funktion.



### Følgende kvalitetssikringsforanstaltninger er med til at garantere funktionerne i StoFRP System:

#### Inden forstærkningen

##### Undersøgelse af underlag:

- Visuel kontrol af betonunderlaget (jævnt, støvfrit)
- Konstatering af underlagstemperatur
- Konstatering af dugpunkt
- Kontrol af betonens brudbelastning >1,5 N/m<sup>2</sup>

##### Undersøgelse af komposit:

- Type
- E-modul
- Trækbrudstyrke
- Udstrækning

##### Undersøgelse af harpiks:

- Kontrol af udløbsdato
- Protokolleret chargenummer
- Trækbrudstyrke
- Kontrol af tryk- og bøjningstrækstyrke

##### Omgivende forhold:

- Notering af lufttemperatur
- Notering af luftfugtighed

#### Efter forstærkningen

##### Undersøgelse af appliceringen:

- Visuel kontrol af arbejdet
- Forankringslængde
- Trækbrudstyrke
- Kvalitetssikring vha. knækning
- Kvalitetssikring vha. IR-termografi



### Brandsikring

Temperaturbelastning stiller specielle krav til byggematerialet. Dette gælder også for forstærkningssystemer. I visse tilfælde kræves der tekniske foranstaltninger pga. brandsikringsbestemmelser. I disse tilfælde er det nødvendigt med samråd med brandmyndighederne. I de tilfælde, hvor der er lavet forandringer i det statiske system, f.eks. i forbindelse med hultagning, er brandsikring en nødvendighed. Ellers er restkapaciteten i konstruktionen oftest tilstrækkelig til at brandmyndighedernes krav kan opfyldes.



### **Service fra Sto**

Sto tilbyder ikke kun produkter, men fokuserer også på service over for kunden. Via en målrettet teknisk rådgivning, løsningsorienteret rådgivning om projektet og praktisk uddannelse, hjælper Sto med at finde det rette system. Derudover tilbyder vi gerne hjælpemidler, som f.eks. kvalitets- og projektmapper. Sto gennemfører løbende et intensivt forsknings- og udviklingsarbejde, for at sikre vores løsninger er blandt de førende på markedet.

### **Yderligere oplysninger**

I samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet og Luleå Tekniska Universitet, har Sto Scandinavia udviklet enkle beregningsmodeller til praktisk brug, og disse kan bestilles på cd. Vi anbefaler også følgende publikationer af professor Björn Täljsten, Danmarks Tekniske Universitet:

- "Förstärkning av existerande betongkonstruktioner med kolfiberlaminat – dimensionering, material och applicering", ISSN: 1402-1536
- "FRP Strengthening of Existing Concrete Structures, Design Guidelines", ISBN: 91-89580-03-6

**Sto Scandinavia**

Avedøreholmen 86

DK-2650 Hvidovre

Tlf 70 27 01 43

Fax 70 27 01 46

kundekontakt@stoeu.com

www.stodanmark.dk