

Komposit – et byggemateriale på vej frem

Af Finn Jernø, Fiberline Composites A/S



Illustration af hvor meget armering, der findes i et kompositprofil fremstillet ved produktionsmetoden pultrudering.

Profiler af komposit, eller glasfiberarmeret plast, er i dag et alternativ til traditionelle konstruktionsmaterialer som beton, stål og træ. Glasfiberarmeret plast har som konstruktionsmateriale den fordel, at materialet kombinerer en række egenskaber, som normalt ikke findes samlet i et enkelt materiale. Specielt kan nævnes, at materialet på en gang har høj styrke og lav vægt, samtidig med at det er korrosionsbestandigt, termisk og elektrisk isolerende og kan bearbejdes som træ.

Ved anvendelse af kompositmaterialer i stedet for traditionelle materialer som fx stål opnås der normalt betydelige vægtbesparelser, dels på grund af de enkelte komponenters specifikke egenskaber og lave egenvægt, og dels fordi det er muligt at fremstille

kompositter til helt bestemte formål. Et komposittemne kan således ved sin materialekombination sammensættes og konstrueres med en bestemt belastningstype for øje og giver yderligere en række fordele fremfor traditionelle materialer, f.eks. kemikaliebestandighed samt elektrisk og termisk isoleringsevne.

Egenskaber

Konstruktionsprofiler, gitterriste og planker er *bestandige over for UV-stråler, saltvand og kemikalier*. På Fiberlines hjemmeside kan man finde en kemikaliebestandighedsliste, som virksomheden har udviklet i samarbejde med udvalgte leverandører, listen viser profilernes modstandsdygtighed i korrosive omgivelser.

Konstruktionsprofilerne har gode termiske egenskaber og danner hverken kulde- eller varmebroer. Disse egenskaber kan eksempelvis udnyttes til at integrere facaden i bygningens bærende konstruktion, som således er synlig både ude og inde.

Den europæiske standard EN 13706

EN 13706 er en europæisk standard gældende udelukkende for pultruderede profiler til konstruktionsformål, der iflg. standarden defineres „where the load bearing characteristic is the major criterion of design and where the product is a part of a load bearing system“.

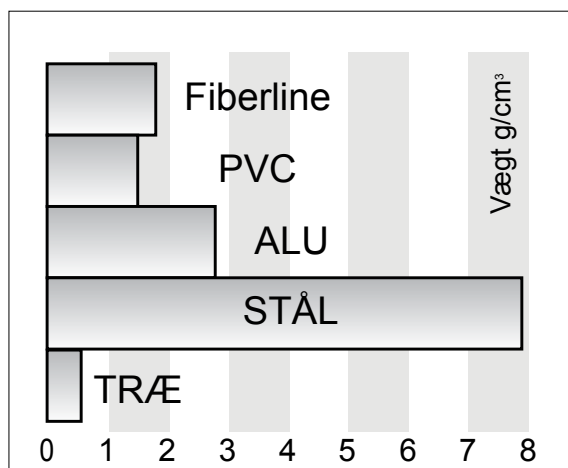
Standarden specificerer minimumskravene til konstruktionsprofilernes kvalitet, tolerancer samt styrke- og stivhedsforhold.

Grundlæggende deler standarden pultruderede konstruktionsprofiler i to klasser:

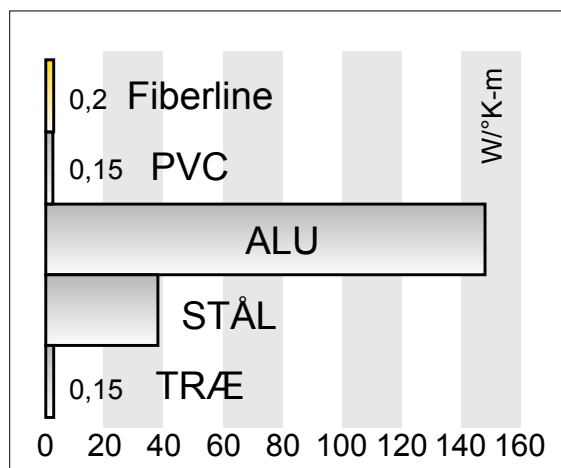
E23 - med de strengeste krav til kvaliteten.

E17 - hvor kravene til kvaliteten er lempeligere.

Fiberline konstruktionsprofiler opfylder som minimum kravene i henhold til klasse E23.



Sammenligning af forskellige materials vægtforhold.



Sammenligning af materials termiske isoleringsevne.

Standarden består af tre dele:

EN 13706-1: Specificerer betegnelse/mærkning af konstruktionsprofiler i forhold til valg af materiale, valg af armering, overfladebehandling etc.

EN 13706-2: Angiver metoder til test samt tolerancer for pultruderede konstruktionsprofiler. Desuden angives retningslinier for kvalitet og kvalitetskontrol.

EN 13706-3: Angiver minimumsværdier for konstruktionsprofilers tekniske egenskaber i henhold til standardens to klasser.

Karakteristiske egenskaber			Minimumskrav til egenskaber	
Egenskab	Enhed	Testmetode	Klasse E23	Klasse E17
Elasticitetsmodul	GPa	Annex D, EN 13706-2:2002	23	17
Trækelasticitetsmodul - længderetning	GPa	EN ISO 527-4	23	17
Trækelasticitetsmodul - tværretning	GPa	EN ISO 527-4	7	5
Trækstyrke - længderetning	MPa	EN ISO 527-4	240	170
Trækstyrke - tværretning	MPa	EN ISO 527-4	50	30
Hulrandsstyrke - længderetning	MPa	Annex E, EN 13706-2:2002	150	90
Hulrandsstyrke - tværretning	MPa	Annex E, EN 13706-2:2002	70	50
Bøjestykke - længderetning	MPa	EN ISO 14125	240	170
Bøjestykke - tværretning	MPa	EN ISO 14125	100	70
Forskydningsstyrke - længderetning	MPa	EN ISO 14130	25	15

Der arbejdes på at udvide standarden til også at omfatte retningslinier for konstruktionsprofilers kemikaliebestandighed og brandtekniske egenskaber.

Produktionsmetoden pultrudering

Pultrudering er en proces til kontinuerlig at fremstille kompositprofiler med konstant tværsnit og med materialegenskaber, der nøjagtigt er tilpasset anvendelsen. Metoden sikrer en konstant og reproducerbar kvalitet. Processen er i princippet enkel, og har i sin grundudformning været anvendt siden halvtredserne.

Pultrudering foregår ved, at kontinuerligt armeringsmateriale trækkes gennem et styr, hvor fibrene

placeres præcist i forhold til profiltværsnittet. Derefter ledes fibre igennem et værktøj, hvor fibrene imprægneres med matrixmaterialet.

Den samlede pakke af fibre og matrix trækkes videre gennem et opvarmet værktøj, hvor profilet hærdes i sin endelige geometri. Via aftrækkere føres det fuldt udhærdede profil frem til en sav, som afskærer profilerne i definerede længder. Processen giver mulighed for optimering af materialegenskaber og profiludformning til hver enkelt opgave.

Armering af kompositprofilerne

Armerings rolle i kompositmaterialer er hovedsageligt at tilføre materialet mekaniske egenskaber som styrke og stivhed.

Men også de elektriske egenskaber afhænger af armeringen, og armeringstypen er derfor af afgørende betydning for profils egenskaber.

De mest almindelige typer af armering er *glasfibre* og *kulfibre*. *Glasfibre* tilfører materialet gode all-round egenskaber, hvor *kulfibre* først og fremmest giver høj stivhed. Glasfiberforstærkede profiler giver elektrisk isolation og elektromagnetisk transparens, hvorimod kulfiber giver elektrisk ledende profiler.

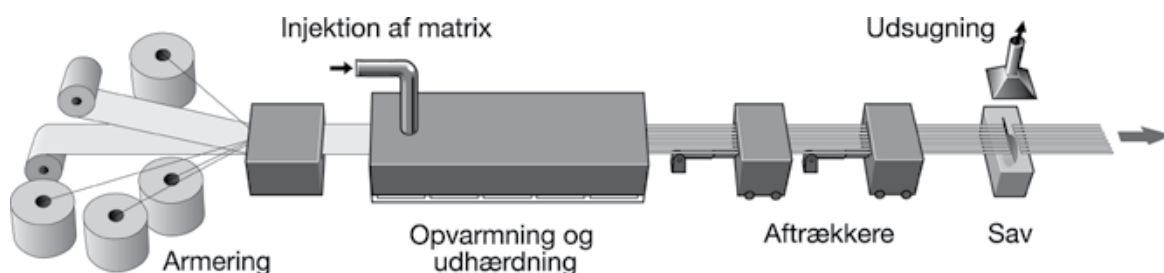
Orienteringsretningen af armeringen af stor betydning for det færdige emnes egenskaber i forhold til belastningerne.

MATRIX (injektion)	Armering (måtter og rovings)		
	Glasfibre	Kulfibre	Aramide-fibre
Polyester	x	x	x
Vinylester	x	x	x
Fenol	x	x	x
Epoxy	x	x	x

Sammensætningen af armerings- og matrixtyper.

Matrix

Armeringen kan kombineres med forskellige former for *matrix*. Matrixens rolle i et kompositprofil er dels at binde armeringen sammen, dels at holde armeringen placeret de korrekte steder i forhold til tværsnittet



Principskitse af pultruderingsprocessen

for optimal udnyttelse af de mekaniske egenskaber. Matrixtypen er ligeledes bestemmende for egenskaber som korrosionsbestandighed, elektrisk isoleringsevne, brand og temperaturbestandighed.

Grundlæggende er følgende fire matrixtyper velegnede til pultruderingsprocessen:

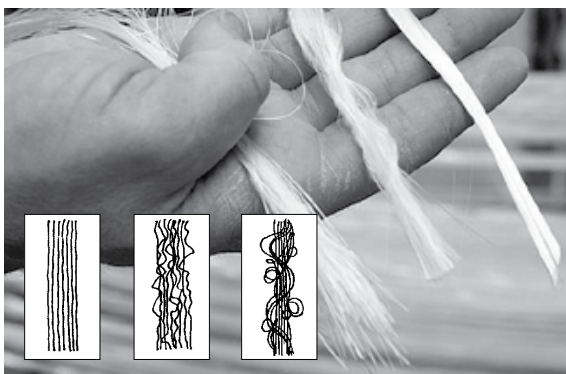
Polyester, vinylester, epoxy og fenol

Polyester er den mest anvendte matrixtype, idet den giver en komposit med gode allround-egenskaber. Det er også normalt denne type, der anvendes til konstruktionsbrug.

Vinylester anvendes ved ekstremt høje krav til korrosionsbestandighed.

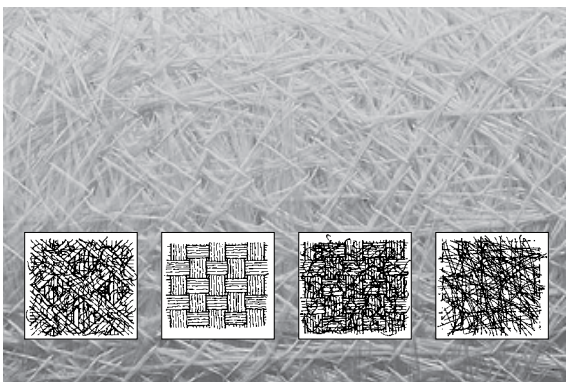
Epoxy bruges hovedsageligt til kulfiberarmerede profiler, mens *fenol* bruges hvor der stilles krav om høj brandmodstandsevne, temperaturbestandighed, lav røgudvikling og meget lille flammespredning under brandpåvirkning.

Profiler fremstillet hos Fiberline Composites er sammensat af forskellige former for rovings (tynde fiberbundter) og forskellige typer komplekst væv og måtter.



Rovingtyper, der anvendes i produktionen af kompositprofiler.

Konstruktionsprofiler er ofte udsat for belastninger på tværs af profilet's længde (dvs. på tværs af pultruderingsretningen), ligesom disse profiler ofte skal kunne modstå udtrækskræfter fra bolte og lignende. Desuden anvendes måtter og væv med forskellig orientering af fibrene. Måtter og væv med orientering af fibre mellem 45° og 90° bidrager hovedsageligt til at forbedre



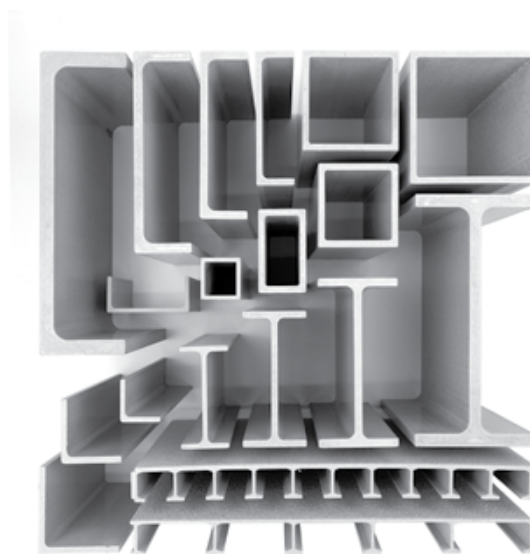
Måttetyper til armering af kompositprofiler.

boltudtræksstyrken og de mekaniske egenskaber i tværgående retning.

Sammensætningen af roving og måtter kan designes efter de krav, der stilles til det enkelte profil. Armeringsindholdet i Fiberline konstruktionsprofiler ligger normalt på minimum 60% efter vægt.

Profilprogram

Fiberline Composites markedsfører et standard-profilprogram specielt udviklet til konstruktionsformål. Profilerne fremstilles, så de som nævnt minimum opfylder kravene i den europæiske standard for pultruderede konstruktionsprofiler - EN 13706, Klasse E23.

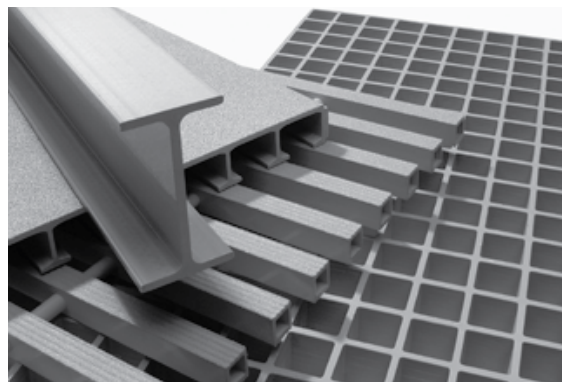


Fiberline Composites profilprogram.

Riste og planker

Gitterriste, profilriste og planker i glasfiberarmeret plast er også en væsentlig del af konstruktionsprogrammet. Både profiler, riste og planker er velegnede i aggressive miljøer, hvor korrosionsbestandighed er afgørende. Det kan være på boreplatforme, i renseanlæg eller kemisk industri.

I konstruktionsprogrammet indgår også en serie patenterede beslag, som er udviklet specielt med henblik på effektiv samling af Fiberline konstruktionsprofiler.



Eksempler på riste, planker og profiler fra Fiberline.

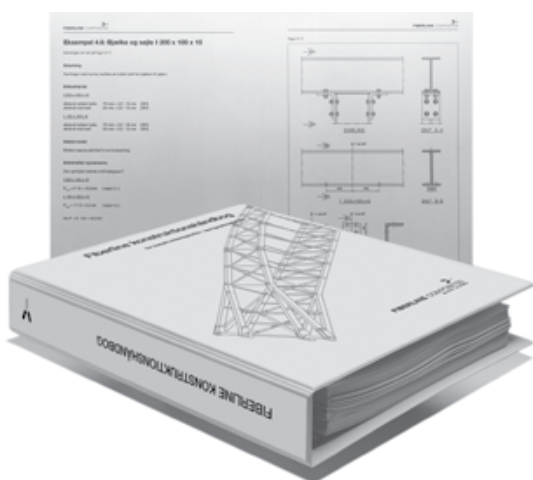
Beregning af konstruktioner

På Fiberlines hjemmeside www.fiberline.dk kan man efter registrering gratis downloade virksomhedens omfattende Konstruktionshåndbog i PDF-format. Håndbogen er udarbejdet som et værktøj til ingeniører, arkitekter og teknikere, der har brug for at dimensionere konstruktioner udført med Fiberline konstruktionsprofiler.

Som et supplement til Fiberlines Konstruktionshåndbog findes også et beregningsværktøj på hjemmesiden.

Med dette program kan man beregne konstruktionsprofilernes bæreevne som bjælker og søjler.

Programmet er avanceret, men alligevel ukompliceret at anvende, idet man beregner bjælker og søjler i én længde. Hvis en bjælke eller søjle er underdimensioneret, vil programmet selv foreslå en alternativ profildimension.



Fiberline konstruktionskatalog.

Eksempler på anvendelse af kompostiprofiler

Standardkoncept til letvægtsbroer

Fiberline tilbyder et standardkoncept til lette, stærke, korrosions- og vejrbestandige broer i komposit. Broen er enkel og hurtigt at samle og montere direkte på stedet.

Broen bygges af Fiberline konstruktionsprofiler og samles med Fiberline standardbeslag. Brodækket består af Fiberline planker eller riste, med anti-slip overflade.



Anløbsbro til færgen.

Skridsikre og korrosionsfrie planker

For at minimere risikoen for lugtgener har Skive rensningsanlæg overdækket spildevandstanke med planker i komposit. For Skive rensningsanlæg har det specielt været af betydning, at plankerne kan leveres med kvartssandbelægning, så gangarealet er skridsikkert, også når det regner og sneer.

Det aggressive spildevand havde gradvist fået aluminiumplankerne til at korrodere på Aars Rensningsanlægs rotorbro. Derfor valgte man at fjerne de forvitrede aluminiumplanker og i stedet montere planker af komposit.



Skive rensningsanlæg. Overdækning med kompostiprofiler.

Transluent solskærm

I det 15.000 kvadratmeter store kongres- og koncertcenter Palacio de Congressos i den spanske by Badajoz skabes udblik og gennemsiknelighed med translucente kompostiprofiler, der danner en stor ydercirkel omkring den runde hovedbygning.

Om dagen er den udvendige kompositfacade en solskærm, der omdanner det stærke sollys til et behageligt diffust lys. Om aftenen bliver hegnet til en blid rotunde af lys i landskabet.

Pilehegnets store ring har en diameter på 75 meter og en højde på 14 meter, og man har anvendt mere end 12 km kompostiprofiler, udviklet og produceret i Danmark af Fiberline Composites.

Kompostiprofilerne er fastgjort på spinkle galvaniserede stålsøjler med en afstand af 8 meter. Arkitekter: José Selgas og Lucía Cano Laso.



Palacio de Congressos, Badajoz. Translucente profiler.

Gang- og vejbroer i komposit

Profilen i komposit anvendes i stigende grad til brobyggeri rundt omkring i Europa. I visse tilfælde er hele broen fremstillet af kompositprofiler, men ofte kombineres kompositprofilerne med andre materialer som for eksempel stål.

Vejdirektoratet i det tyske forbundsland Hessen har installeret en letvægtsbro i komposit, fremstillet af profiler fra Fiberline Composites.

Den 27 meter lange og 5 meter brede bro består af kompositprofiler, der er limet på to ståltragere, så de tilsammen danner den bærende konstruktion.



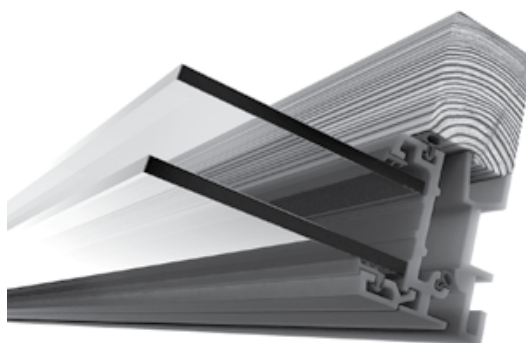
Friedberg, Hessen, Tyskland. Letvægtsbro i komposit.

Lav-energi vinduer

Et komposit-baseret produkt til byggesektoren er producenten PRO-TEC Vinduers model PRO-TEC 7.

Vinduet er opbygget af en indre trædel og en ydre del af kompositprofiler, produceret af Fiberline Composites. De meget slanke profiler muliggør integrerede facadeløsninger uden dobbeltkarme.

Den meget lave U-værdi på 0,76 W/m² K og energitilskuddet gennem vinduet (op til 7 kWh/m²) gør det muligt at reducere energitabet med op til 60% sammenlignet med traditionelle moderne lav-energi vinduer.



PRO-TEC 7 vinduesprofil sammensat af træ og komposit.

Fiberlines egen nye fabriksbygning

Med sin egen nye fabriksbygning i Middelfart demonstrerer Fiberline de nye muligheder, som profiler af komposit tilbyder europæiske producenter af vinduer og facader. Den 300 m lange facade brydes af smalle bånd af kompositvinduer, udført af smalle og elegante profiler, ja faktisk er hele facaden beklædt med translucente plader i komposit, der giver en særlig lysvirkning, når solen rammer materialet. Arkitekt: Professor Jan Søndergaard, KHR Arkitekter A/S.



Fiberline Composites A/S, Middelfart. Facadebeklædning og konstruktive profiler i komposit. Arkitekt Jan Søndergaard, KHR.

Kirke i komposit

Den nye Hellig Kors Kirke i Jyllinge er forsynet med translucente plader af komposit på tag og facader, således at det har været muligt at opnå et helt specielt visuelt udtryk i en kombination af lys og struktur. Væggens dobbeltkonstruktion i glasfiberkomposit, hvis celleopbygning ligeledes i komposit-materiale fremstår fuldstændig gennemsigtigt, tillader lysgenngang samtidig med at konstruktionen opretholder den lovmæssige isoleringsevne.



Hellig Kors Kirke Ark. Prof. Jan Søndergaard, KHR Arkitekter.



Fiberline Composites A/S, Middelfart. Mødelokale.