

# FOKUS på tre

## Massivtre

- Egenskaper
- Byggemetoder
- Bruksområder
- Prosjektering
- Teknologi

*Massivtre – nye muligheter for tre. Vår tids behov for nye rasjonelle og miljøeffektive konstruksjonsløsninger har ført til utvikling av nye byggesystemer. Ett av disse er bygging med massivtreelementer. Utviklingen begynte tidlig på 1990-tallet i Mellom-Europa og spredte seg videre til Norden. I dag er bygging med massivtreelementer en anerkjent byggemetode som benyttes i bolighus, fleretasjes hus, næringsbygg, barnehager og skoler. Erfaringer viser at massivtre som byggemetode og systemløsning er konkurransedyktig på en rekke områder, som for eksempel bolig- og næringsbygg i 3-6 etasjer.*

### Hvorfor massivtreelementer?

Det er flere gode grunner til å velge massivtre. Mange arkitekter og utbyggere vurderer massivtre til å være et arkitektonisk, miljømessig og estetisk godt utgangspunkt for ulike typer bygg. Massivtre er også et miljømessig godt valg. Dette gjelder i forhold til CO<sub>2</sub>, energibruk, innemiljø og ressursbruk.

Bygging med massivtreelementer har flere fordeler:

- Stor fleksibilitet ved formgivning, planløsning og konstruksjon
- Kort byggetid og god totaløkonomi
- Enkelt å kombinere med andre materialer
- Lav vekt og enkel montering av tekniske installasjoner
- Godt arbeidsmiljø og ryddig arbeidsplass
- Positive miljøegenskaper
- God råstoffutnyttelse og utnyttelse av trevirkets egenskaper

### Hva er massivtre?

Massivtreelementer er lameller satt sammen til elementer ved bruk av spiker, skruer, tredybler, lim eller stålstag. Både elementets

tykkelse og antall sjikt er avhengig av elementets funksjon og bruksområde. Dersom elementene benyttes innendørs med eksponerte overflater, anbefales det en trefuktighet mellom 8-12 % i yttersjiktet mot varm side.

Massivtreelementene deles inn i følgende hovedkategorier:

- Kantstilte elementer
- Krysslagte elementer

**Kantstilte elementer** er en fellesbetegnelse for elementer som er satt sammen av stående lameller. Forbindelsesmiddel i disse elementene er skruer, spiker, tredybler eller stålstag.

**Krysslagte elementer** er en fellesbetegnelse for elementer som

er satt sammen av lameller i forskjellige sjikt. Som regel er sjiktene lagt 90 eller 45 grader i forhold til hverandre. Forbindelsesmiddel i disse elementene er lim eller tredybler.

#### **Kantstilte elementer sammenføyd med skruer eller spiker**

Kantstilte elementer sammenføres i en jigg med skruer eller spiker og er enkle å produsere. Trefuktigheten til plankene, dimensjon og senteravstand mellom skruene avhenger av bruksområdet.

#### **Krysslagte elementer sammenføyd med lim**

Krysslagte elementer framstilles ved å krysslegge sjiktene 90 grader i forhold til hverandre og påføre lim mellom hvert sjikt. Enkelte produsenter limer også plankene kant i kant. Dette kan gi et tettere element. Ved brann kan dette føre til noe redusert innbrenningshastighet. Tykkelsen på elementene varierer mellom 60 mm og 240 mm. Lengde oppimot 14 m. Antall sjikt varierer mellom 3 og 9. Tester etter europeisk standard [8] har vist at elementer produsert med formaldehydholdig lim tilfredsstiller kravene til den strengeste emisjonsklassen E1 med god margin.

*Krysslagte elementer sammenføyd med lim.*





### Krysslagte elementer sammenføyd med tredybler



*Krysslagte elementer sammenføyd med tredybler.*

Krysslagte elementer med tredybler som forbindelsesmiddel bygges opp med krysslagte sjikt, som også går diagonalt. Antall sjikt og tykkelsen på sjiktene varierer etter bruksområde og statiske behov. Etter at element-sjiktene er på plass, forborres hull i elementet og dyblene presses inn. Avstand mellom dyblene i elementet er avhengig av belastningssituasjon. Tredyblene som brukes er vanligvis av bøk, som er tørket helt ned til 3-5 % trefuktighet. Dyblene vil trekke til seg fuktighet fra trevirke og lufta omkring og svulle. Derved forbindes lamellene og statisk samvirke oppnås.

*Rask montering. Opaker Gård.*



### Dimensjonsstabilitet

Krysslagte massivtreelementer er meget dimensjonsstabile. Krysslagging av sjiktene vil medføre at trefibrene vekselvis vil ligge i lengderetning og på tvers av dette. Dette medfører at elementet i tverretning vil ha meget begrenset tverrsnittsendring pga. fuktendring. I lengderetning vil elementet ha dimensjonsendring lik tradisjonelt konstruksjonsvirke i fiberretning.

### Bruksområder

Massivtreelementer kan brukes som bærende eller ikke-bærende elementer i gulv, vegger og tak. De benyttes i alle typer bygg som boliger, fleretasjeshus og næringsbygg. Hele bæresystemet kan bygges opp av massivtreelementer, eller kombineres med andre materialer. Svalganger og balkonger har vist seg å være et meget utbredt anvendelsesområde.

Massivtreelementer kan produseres i alle fasonger. Overflaten kan brukes ubehandlet, eller slipes og overflatebehandles. For å oppnå spesielle egenskaper, kan elementene suppleres med himlingsplater, isolasjon, kledning eller påstøp.



*Massivtre brukt som balkonger og svalganger har vist seg å være meget praktisk.*

I krysslagte elementer benyttes vanligvis virke av høy kvalitet i ytter-sjiktene for å oppnå ønskede spennvidder og tiltalende overflater. Foruten gran kan ytter-sjiktene også bestå av andre treslag som furu, osp, bjørk og eik. Bruk av avansert høytteknologisk bearbeidingsutstyr gir meget høy presisjon ved utfresing av spor for tekniske installasjoner, utsparinger for vinduer, søyler eller bearbeiding av elementene på annen måte.

Massivtre kan klare store punktlaste, noe som gir muligheter for fleksible bygninger, spesielt i forbindelse med asymmetrisk plassering av vegger. Lav vekt gir positive effekter på andre bærende bygningsdeler og fundamenter. Elementene kan også brukes som stabiliserende eller avstivende skiver.

## Bygging med massivtre

### Prosjektering

Når man skal bygge med massivtreelementer, er det viktig å legge dette til grunn tidlig i pro-



sjekteringsarbeidet. Da får man utnyttet massivtreets muligheter og konkurransevne på en god måte. Mange like elementer vil gi god repeterbarhet og lønnsomhet under produksjon og ved montasje. Planlegg bruksområdet for elementene i forhold til slitestyrke, holdbarhet og synlige overflater. Benyttet vannbåren varme i gulvene, vil ikke elementene bli synlige fra oversiden. Det stilles derfor ikke samme krav til overflate som for et element med synlig gulvoverflate. Slike faktorer har innvirkning på produksjon, materialvalg og pris.

### Fra produksjon til byggeplass

Produksjonen foregår innendørs under tørre og kontrollerbare omgivelser. Ved ankomst til byggeplass vil elementene være emballert for beskyttelse mot regn, tilsmussing og sollys.

*Formen på elementene gjøres ferdig på fabrikk.*



### Montasje

Elementene monteres som regel med kran. Sørg for kvalitetssikring av detaljtegninger på skjøter og forankringer, montasjetegninger, elementtegninger,

*Elementmontasje.*

pakklister for elementene og heiseutstyr.

### Fuktsikker byggeprosess

I dag blir de aller fleste byggplassbygget under åpen himmel. Dette medfører at tre og andre byggematerialer blir utsatt for regn, snø og høy relativ fuktighet. Det er derfor svært viktig at bygget reises og tettes raskt. For en normal enebolig bygget med massivtrelementer vil montasjetiden være 1-5 dager. For større byggeprosjekter bør man så tidlig som mulig i prosjektet tenke fuktsikker byggeprosess. Værbeskyttet bygging, for eksempel ved bruk av teltbaserte systemer, vil gi en fuktsikker byggeprosess. Den største gevinsten ved bruk av slike systemer er jevnere og bedre kvalitet på utført arbeid, økt produktivitet og bedre arbeidsmiljø [13].

### Lyd

Forskriften anses som oppfylt dersom det kan dokumenteres at bygningens lydtekniske egenskaper er minst like gode som grenseverdiene anvist i lydklasse C i NS 8175 [10].



Montasjen blir best under tak.

## Luftlydisolasjon

Luftlydisolasjon er isolasjon mot luftbåret lyd, som for eksempel fra stereoanlegg, TV og tale. Når lydølger treffer en bygningsdel, en skillekonstruksjon, vil de sette denne i svingninger. Noe av den innfallende lyden vil da stråle ut på baksiden. Forskjellen i utstrålt effekt på baksiden i forhold til innfallende effekt på framsiden gitt i dB, kalles lydreduksjonstallet,  $R$ . Det vil si at jo høyere lydreduksjonstallet til en skillekonstruksjon er, desto bedre isolerer den mot luftlyd. Et massivtreelement anvendt som etasjeskille med eksponert over- og underside vil oppnå,  $R_w = 37-43$  dB, avhengig av type element og tykkelse.

## Trinnlydnivå

Trinnlyd er strukturbåret lyd, og betegnelsen på vibrasjoner i faste strukturer (konstruksjoner) som sekundært utstråler lyd. Gangtrafikk er den vanligste årsak til slike vibrasjoner. Ved trinnlydmålinger måles det fak-

tiske lydtrykksnivået man registrerer i mottakerrommet. Dette lydtrykket ønskes lavest mulig og betegnes  $L$ .

Et massivtreelement anvendt som etasjeskille med eksponert over- og underside vil oppnå,  $L_{n,w} = 77-85$  dB, avhengig av type element og tykkelse.

## Lyddempende list.



## Lydoverføring

Lydoverføring skjer enten som direktetransmisjon eller som flanketransmisjon. I praksis vil overføring av all lyd i en bygningskonstruksjon skje på begge måter. Ved direkte transmisjon vil lyden overføres direkte gjennom skillekonstruksjonen. Generelt sett vil økt tyngde i skillekonstruksjonen øke lydisolasjonsevnen. Dette gjelder både for luftlydisolasjon og trinnlydnivå. Massivtreelementer har derfor et større potensial som lydisolator enn tradisjonelle trebjelkelag og stendervegger.

## Brann

Den funksjonsbaserte forskriften (TEK) til Plan- og bygningsloven som kom i 1997, har gitt større fleksibilitet i forhold til materialbruk og valg av løsninger. Dette har ført til gode muligheter for økt bruk av tre i bygg, spesielt i fleretasjes trehus. Dette gjelder i bærekonstruksjonen og overflater, både innvendig og utvendig.

På grunn av sin massive og tette oppbygging vil massivtreelementer ha meget gode egenskaper mht. brannpåkjenning. Massivtreelementer vil i en brann gradvis forkulles fra brannpåkjent side og innover i elementet. Dette vil beskytte de bakenforliggende sjikt, som dermed får en meget liten temperaturøkning og tilnærmet uendret fasthet- og stivhetsegenskaper. For limte krysslagte elementer kan det benyttes en nominell innbrenningshastighet lik 0,7 mm/min. For dyblede krysslagte elementer kan det benyttes en nominell innbrenningshastighet lik 0,8 mm/min. Elementene kan dimensjoneres for å bevare bæreevne ( $R$ ), integritet ( $E$ ) og isolasjon ( $I$ ) i høyeste brannklasse. Det vil være forbindelsesmidler og





Brannforsøk utført ved brannlaboratorier kan dokumentere at et etasjeskille av massivtreelementer med tykkelse 160 mm krysslagt element med 5 sjikt med eksponert over- og underside oppfyller funksjonskravene REI 90. Massivtreelementene var forbelastet med 3 kN/m<sup>2</sup>.

beskyttelse av disse som kan være det kritiske i den sammenheng [8] og [9].

## Brannbelastning

Ved beregning av brannbelastning har forsøk vist at det kun er relevant å regne med den delen av massivtrekonstruksjonen som vil bli involvert i brannforløpet. Dette betyr at for f.eks. en massivtrevegg med total tykkelse på 200 mm som skal motstå en brannbelastning på 60 minutter, tas bare ca. 50 mm av tykkelsen til massivtreveggen med i beregningen av brannbelastningen, og ikke hele den potensielle energien som et 200 mm massivtreelement representerer.

## Statikk

Et krysslagt massivtreelement anvendt som etasjeskille, vil pga. av begrensninger i dynamisk og statisk stivhet klare et fritt spenn på opptil 7,0-7,5 m. Ved bruk av massivtreelementer i kombinasjon med f.eks. betong

og/eller limtrebjelker i statisk samvirke, kan vi oppnå spennvidder opptil ca. 14 m. Ribbe/kassetverrsnitt vil også øke spennvidden. Ved bruk av massivtreelementer som stabiliserende elementer i vegg, dekke eller tak, er det sammenføyning og forbindelsesmidlene mellom elementene som blir dimensjonerende for den stabiliserende effekten i bygningen.

Krysslagte massivtreelementer kan lett dimensjoneres med nødvendig antall sjikt og total tykkelse for å oppnå tilstrekkelig styrke og stivhet. Det er krav til nedbøyning og vibrasjon (statisk og dynamisk stivhet) som vanligvis vil være dimensjonerende for elementene.

Ved beregning av stivhet og styrke til et krysslagt massivtreelement, kan det forenklet antas at kun de sjiktene som er bærende i den retning elementet belastes tas med i beregningen. Forskjell i E-modul til bærende yttersjikt og innersjikt tas med i beregningen. For beregning av bøyestivhet på tvers av elementplanet vil da kun de tverrgående sjikt gi et "armbidrag". På grunn av krysslaggingen av sjiktene og den lave E-modulen på tvers av

fiberretning, kan skjærdeformasjoner ved et lavt forhold mellom spennvidde og elementtykkelse få en del innvirkning på deformasjonen og maksimal nedbøyning. Når forholdet mellom spennvidde (L) og elementtykkelse (t) overstiger 30 ( $L/t > 30$ ), kan det ses bort fra innvirkningen av skjærdeformasjoner.

Ved stor skjærbelastning på tvers av elementplanet, bør det også tas hensyn til trevirkets lave skjærfasthet på tvers av fiberretning, såkalt rulleskjær. Skjærfastheten på tvers av fiberretning er ca. halvparten av skjærfastheten i fiberretning.

## Tre og miljø

Tre er et naturmateriale basert på et fornybart råstoff, og har i utgangspunktet ingen negativ innvirkning på miljøet. Trevirke er et av de mest miljøvennlige byggematerialene vi har tilgjengelig i Norge. Treprodukter har følgende sentrale miljøegenskaper:

- Basert på et bærekraftig skogbruk og fornybare ressurser
- Lite energikrevende fremstillingsprosesser

Massivtre i kombinasjon med limtre. Viken Skog BA.



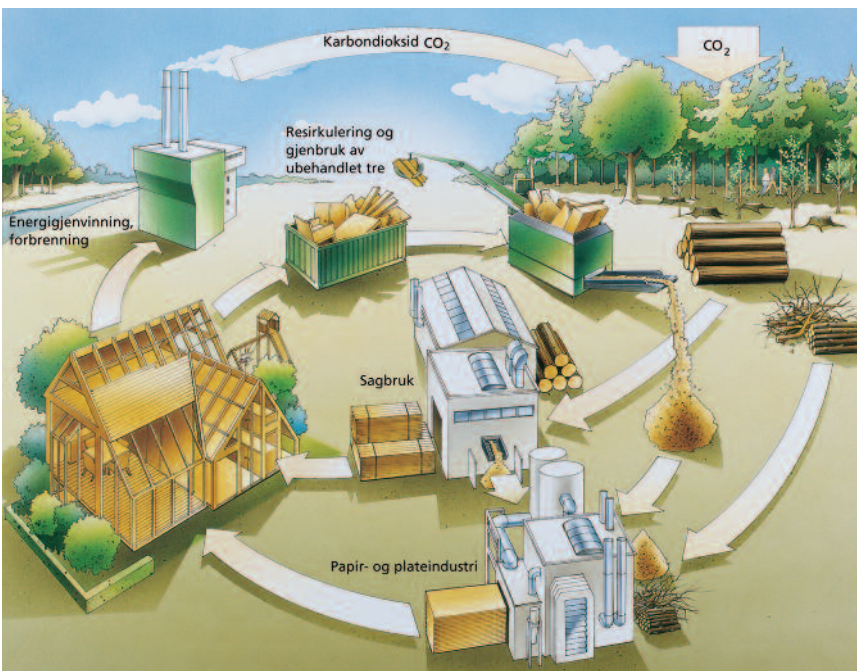
- Reduserer CO<sub>2</sub>-utslippene til atmosfæren
- Godt innemiljø og -klima
- Resirkulering og gjenbruk er enkelt

Bruk av massivtrelementer vil bidra til reduksjon av CO<sub>2</sub>-tilførsel til atmosfæren. Treprodukter krever lite fossil energi i fremstillingsprosessen, og mye av den energien som benyttes er klimanøytral bioenergi.

Produksjon av treprodukter er basert på råstoff fra skogbruk som er bærekraftig. Rundt 90 % av alle Norges skoger er sertifisert i henhold til internasjonale standarder for bærekraftig skogbruk.

Treets hovedbestanddel, karbon, inngår i naturens eget kretsløp. Karbon utveksles naturlig mellom jordens økosystemer og atmosfæren. Dette skjer gjennom en prosess med fotosyntese, respirasjon, nedbrytning og forbrenning som utgjør en karbon-syklus. Tre er derfor en fornybar ressurs som går tilbake i natur-

*Det utvidete kretsløpet bidrar til at karbon lagres lengre i trevirket enn ved en naturlig syklus. Dermed bidrar det til å redusere CO<sub>2</sub>-innholdet i atmosfæren. @CEI-Bois*



*Tre er et naturmateriale basert på et fornybart råstoff, og har ingen negativ innvirkning på miljøet.*

ens store kretsløp etter endt levetid, uansett om materialet brennes eller brytes ned naturlig.

Treprodukter kan gjenvinnes til energi gjennom CO<sub>2</sub>-nøytral bioenergi, eller materialgjenvinnes til andre trebaserte produkter, som for eksempel spon- og fiberplater. I noen sammenhenger kan heltre også gjenbrukes til

nye produkter. Med massivtrelementer oppnås ofte færre sjikt i konstruksjonene, noe som medfører enklere kildesortering og økte muligheter for gjenbruk.

Tre er et naturmateriale og bidrar til å skape et godt innemiljø. Å oppholde seg i hus med synlige treoverflater gir en spesiell følelse av komfort. Dette kan skyldes følelsesmessige inntrykk og akustikk, men også evnen en trekonstruksjon har til å jevne ut variasjoner i relativ luftfuktighet og temperatur. Ved å utnytte denne fordelene vil dette kunne gi en gevinst i forhold til energi og innemiljø.

### Nye energiregler

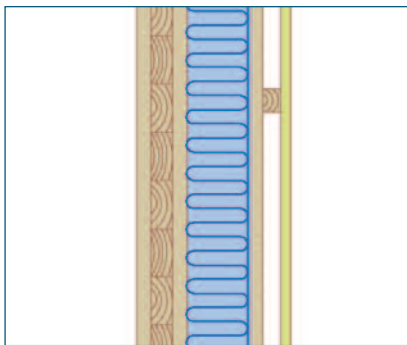
I 2007 ble Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) endret. De mest omfattende endringene gjelder energikravene, som trådte i kraft 1. februar 2007.

Bygninger oppført med massivtrelementer vil etter formålet ha behov for tilleggsisolasjon. Det er også mulig å oppfylle kravene til U-verdi med tilstrekkelig tykke elementer. Det normale er imidlertid å dimen-

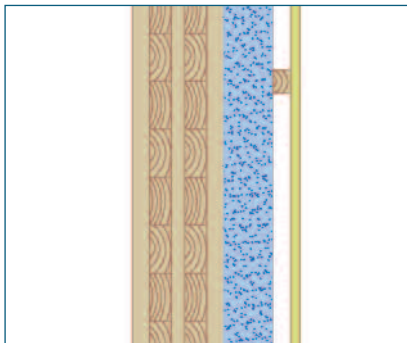


sjonere elementene ut fra statiske krav og eventuelt brannkrav, og supplere med isolasjon for varmekomfort. Nødvendig isolasjonstykkelse avhenger av massivtreelementenes tykkelse, utvendig vindtetting, klimaskjerm, isolasjonsmateriale og hvilken U-verdi som skal opp-

*Yttervegg: 100 mm krysslåst element, 125 mm isolasjon (mineralull), vindspærre, sløyfer, lekter, stående utvendig kledning. U-verdi: 0,22 W/(m²K).*



*Yttervegg: 185 mm krysslåst element m/tredybler, 100 mm trefiberplate, sløyfer, liggende utvendig kledning. U-verdi: 0,22 W/(m²K).*



nås. Ved å benytte de muligheter som Teknisk forskrift inviterer til, vil massivtreelementer kunne ivareta de krav som stilles til energibruk. Figurene viser eksempler på ulike veggkonstruksjoner og deres U-verdi.

## Litteratur

### Håndbøker



- [1] - bygge med Massivtreelementer Treteknisk, 2007.
  - [2] Industrikonsortiet Massivträ, 2002 Massivträ handboken [www.solidwood.nu](http://www.solidwood.nu)
  - [3] Massivtræ i byggeriet Associerede Ingeniører Aps, 2001 Træbranchens Oplysningsråd ISBN 87 - 90856 11 - 2
  - [4] Træhuse af massive træelementer Peder Fynholm, Teknologisk institutt Træteknik i Danmark, 2000 ISBN 87-7756-571-1
- Håndbok - Fleretasjes trehus SINTEF Byggforsk

### Lover og forskrifter

- [5] Plan- og bygningsloven (PBL) [www.be.no](http://www.be.no)
- [6] Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven. [www.be.no](http://www.be.no)
- [7] Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven [www.be.no](http://www.be.no)

### Standarder

- [8] NS-EN 717-1:2004, Trebaserte platematerialer, Bestemmelse av formaldehydutslipp, Del 1: Formaldehydutslipp ved kammermetode.
- [9] NS-EN 1995-1-1. Prosjektering av trekonstruksjoner. Beregnings- og konstruksjonsregler. Del 1: Allmenne regler.
- [10] NS-EN 1995-1-2. Prosjektering av trekonstruksjoner. Beregnings- og konstruksjonsregler. Del 2: Brannteknisk dimensjonering.
- [11] NS 8175 Lydforhold i bygninger. Lydklassifisering av ulike bygningstyper.

### Rapporter

- [12] Værbeskyttet bygging med Weather Protection Systems (WPS), Knut Noreng, Byggforsk 2005.
- [13] Massivtreelementer, typer og bruksområder, Byggdetaljblad nr. 520.205. NBI. 2001.
- [14] Parkeringshus i tre, Rapport 51 2002, Treteknisk.

### Webadresser

[www.trefokus.no](http://www.trefokus.no)  
[www.treteknisk.no](http://www.treteknisk.no)  
[www.solidwood.nu](http://www.solidwood.nu)  
[www.ecobox.no](http://www.ecobox.no)  
<http://solidwood.teknologisk.dk>

**Forfatter** Jarle Aarstad og Geir Glasø, Treteknisk Aasmund Bunkholt, TreFokus AS

**Finansiering** TreFokus AS og Treteknisk

**Foto** Moelven MassivTre AS  
 Holz100 Norge AS  
 David Grandorge  
 Tore Andre Sines  
 Treteknisk

TreFokus 

TreFokus AS • Wood Focus Norway  
 Postboks 13 Blindern, 0313 Oslo  
 Telefon +47 22 96 59 10  
 Telefaks +47 22 46 55 23  
[trefokus@trefokus.no](mailto:trefokus@trefokus.no)  
[www.trefokus.no](http://www.trefokus.no)

Treteknisk 

Forskningsveien 3 B,  
 Postboks 113 Blindern, 0314 Oslo  
 Telefon 98 85 33 33  
 Telefaks 22 60 42 91  
[firmapost@treteknisk.no](mailto:firmapost@treteknisk.no)  
[www.treteknisk.no](http://www.treteknisk.no)