

Rett trelast



SEPTEMBER
2008

- Utfordringer
- Krav
- Muligheter

Treteknisk



RS G 19/3

Bakgrunn

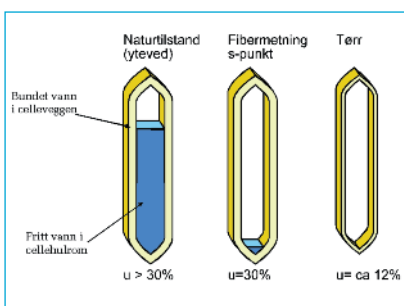
Trevirke er et materiale med helt unike egenskaper. Forholdet mellom styrke og egenvekt er det få andre materialer som kan måle seg med. Trevirkets psykologiske virkning gjør det også velegnet i direkte kontakt med mennesker. Trevirke har en kompleks oppbygning som fører til visse formendringer gjennom produksjonsprosessen. Ved riktig tørking og behandling, kan imidlertid disse forandringene reduseres til et høyst akseptabelt nivå.

Utfordringer

Trevirke har en utrolig avansert oppbygning. Byggeklossene er hule fibre, limt sammen av lignin. Disse fibre har evnen til å ta opp fuktighet fra luften, dvs. de er hygroskopiske. Fuktigheten tas opp mellom de lange sterke cellulosestrengene (fibrillene) som fiberen er bygget opp av. Det medfører at avstanden mellom fibrillene blir større. Dette fører til at hele fiberen, og derved hele trevirket, sveller ved fuktighetsopptak. Det krymper tilsvarende når fuktigheten reduseres (figur 1). Ettersom fibrillene i hovedsak er orientert i lengderetningen til fiberen, vil krymping og svelling være større i tverrsnittretningene enn i lengderetningen.

På grunn av at fibrenes (cellenes) oppbygning varierer med

Fig. 1. Celleveggen krymper når det bundne vannet fjernes.



beliggenhet i treet, veksttid og funksjon, og selve fibre ligger i forskjellige vinkler i forhold til trets lengdeakse, er det stor forskjell på krymping i forskjellige retninger. I hovedtrekk er det størst krymping langs årringene (tangentielt) og ca. halvparten så mye på tvers av årringene (radielt). I lengderetningen vil krympingen være langt mindre. Den vil variere sterkt med fibrillvinkelen i fibre og vinkelen på selve fiberen i forhold til lengdeaksen. For gran og furu er krympingen, fra rått til absolutt tørt, i gjennomsnitt 4 %, 8 % og 0,3 % for henholdsvis radiell, tangentiell og lengderetning (figur 2).

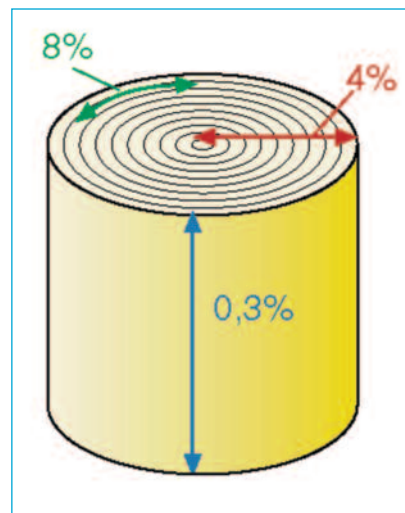


Fig. 2. Maks. krymping i radiell, tangentiell og lengderetning.

Hovedårsaken til deformasjoner i trelast er den store forskjellen i krymping i de forskjellige retningene og i de forskjellige stedene i tømmerstokken. Disse vises ved endringer i fuktighet.

Forskjellige typer deformasjoner

Kuving oppstår ved nedtørring av trelast grunnet forskjellen mellom tangentiell og radiell krymping (figur 3). Nivået på kuvingen er avhenging av kurvaturen på årringene og vil derfor

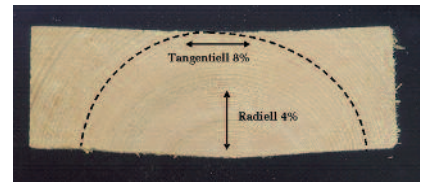


Fig. 3. Forskjell i radiell og tangentiell krymping forårsaker kuving.

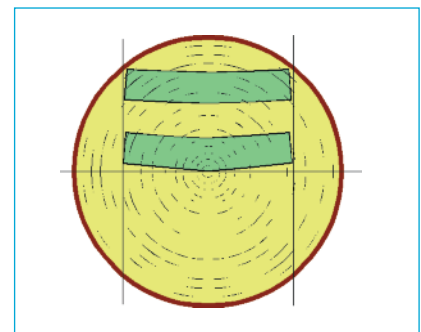


Fig. 4. Kuvingen avtar med økende avstand fra marginen.

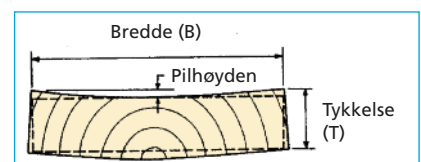
avta med økende avstand fra marginen (figur 4).

Jo lenger ned trevirket blir tørket, jo større blir kuvingen. Dette gjelder for alle former for deformasjoner som forårsakes av krymping.

Kuving uttrykkes ofte som pilhøyde (figur 5). Denne pilhøyden øker med graden av nedtørring og med økende bredde på trelasten (figur 6), noe som fører til betydelig utbyttetap ved høvling (figur 5). Spesielt stort blir dette utbyttetapet ved høvling av rektangulære tverrsnitt av tynnere dimensjoner med stor bredde.

Vindskjevhet eller vridning oppstår ved nedtørring av trelast hvor fibre ikke er parallelle med trelastens lengdeakse.

Fig. 5. Definisjon av pilhøyde. Stiplet linje viser utbytte ved høvling.



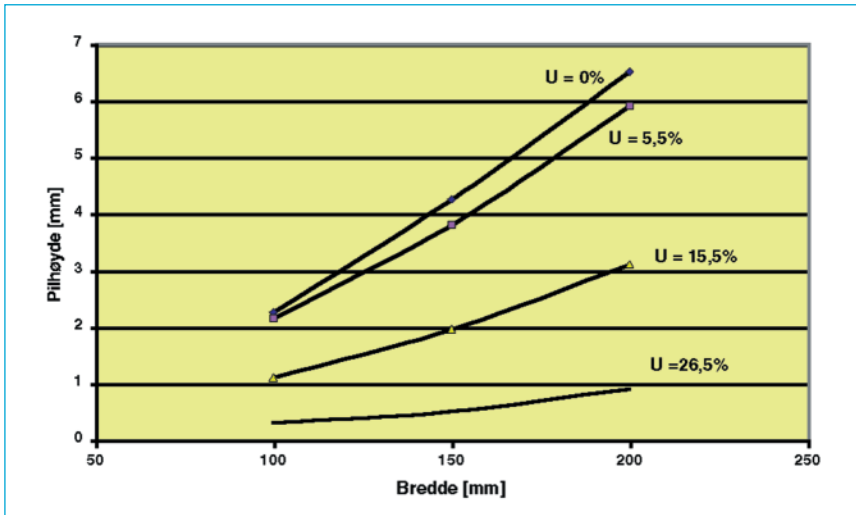


Fig. 6. Pilhøyden øker med plankebredden og nedtørkingsgraden.

Fibrenes helning i forhold til lengdeaksen betegnes som fibervinkelen (figur 7). Det er en tilnærmet positiv lineær sammenheng mellom fibervinkelen og vridningen (økende fibervinkel gir økende vridning). Fibervinkelen vil normalt variere i treet's stammetverrsnitt, med en gradvis overgang fra venstrehellende fibre i de første årringene til høyrehellende fibre i de siste årringene (figur 8). Midtveis i stammetverrsnittet vil derfor fibervinkelen være tilnærmet lik null. Vridningen i en planke vil derfor være avhengig av hvor i stammetverrsnittet den blir tatt ut i kombinasjon med plankens dimensjon.

Fig. 7. Vridning skyldes primært skråfibrighet.

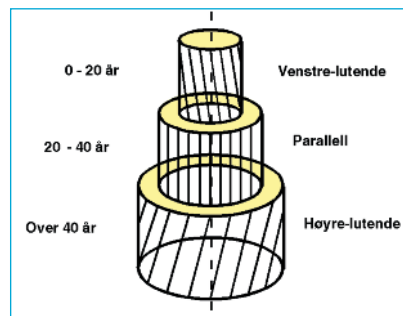
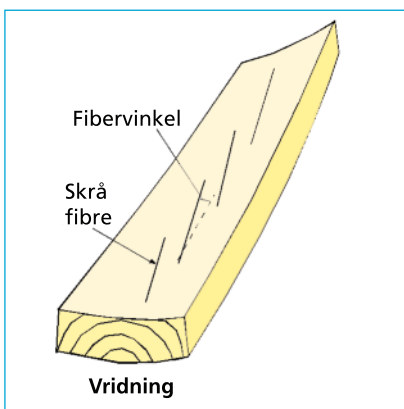
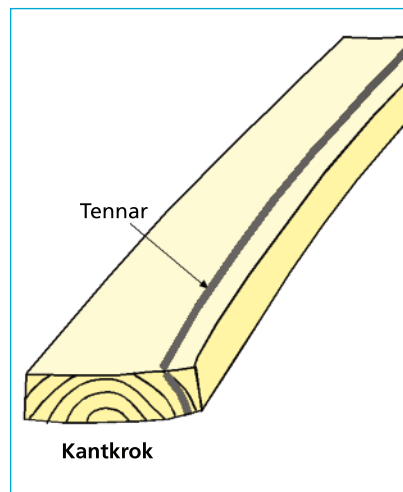


Fig. 8. Fibervinkelen varierer betydelig i stokkens tverrsnitt.

Kantkrok oppstår ved nedtørring av trelast på grunn av forskjellig (usymmetrisk) lengdekrymping i plankens bredderetning (figur 9).

Fig. 9. Kantkrok forårsaket av tennar.



Her er forskjellen i lengdekrymping forårsaket av at det ligger tennar på den ene siden. Tennar har en vesentlig større lengdekrymping enn normal ved og vil derfor kunne føre til betydelig kantkrok ved nedtørring. Overvekt av kvist på den ene siden kan også føre til større lengdekrymping enn på den andre siden, og dermed forårsake kantkrok.

Flatbøy oppstår ved nedtørring av trelast på grunn av usymmetrisk lengdekrymping i plankens tykkelsesretning (figur 10). Forskjellen i lengdekrymping kan være forårsaket av en overvekt av ungdomsved på den ene siden (figur 10). Ungdomsveden som opptrer i de første 15-20 årringer, har en vesentlig større lengdekrymping enn moden ved lenger ut i stammen. Dette kan føre til flatbøy, først og fremst på innerplanker.

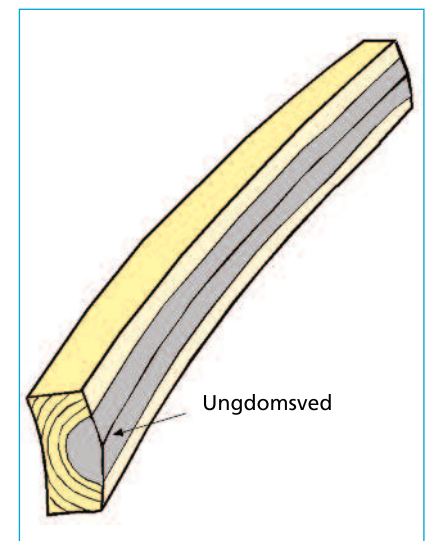


Fig. 10. Flatbøy forårsaket av ungdomsved.

Avhengig av beliggenheten i tverrsnittet av områder med avvikende lengdekrymping, kan trelasten altså få ren kantkrok eller flatbøy. I de fleste tilfeller er det en kombinasjon av begge typer deformasjoner ved nedtørring.

Deformasjoner av trevirket kan

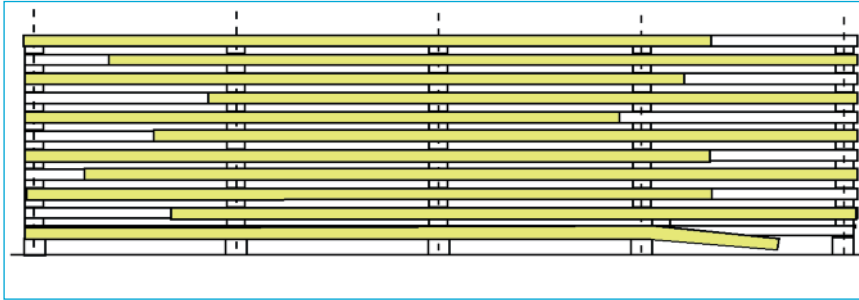


Fig. 12. Feil strølegging vil føre til deformasjoner.

også oppstå på grunn av feil stabling av trelasten under tørking eller lagring. Selv små forskyvninger i strøene fra den ideelle loddrette orientering kan føre til markert flatbøy med skarp overgang (figur 12).

Krav til retthet

I utgangspunktet er det ønskelig at alt trevirke er helt rett, men da dette i praksis ikke er mulig å oppnå, tillates det avvik innen visse grenser. Disse grensene kan avtales mellom kjøper og selger, eller det kan henvises til krav nedfelt i forskjellige standarder.

Tabell 1 viser kravene til deformasjoner i Nordisk Tre, som er fellesnordiske sorteringsregler for gran og furu, i NS-INSTA 142,

som er nordiske regler for visuell styrkesortering av trelast og i EN 1611, som er europeiske regler for handelssortering av skurlast.

Flere målinger har vist at mange av deformasjonskravene kan være vanskelige å oppnå, spesielt vridning. Trelasten er i en konkurransesituasjon med substitutter som reklamerer med stor grad av retthet på sine produkter. Derfor er det viktig å produsere trelast som tilfredsstillter brukernes krav når det gjelder retthet.

Muligheter

Nyskåret trelast har en fuktighet langt over fibermetningspunktet og er i det store og hele temme-

lig rett. Det kan forekomme indre vekstspenninger som vil forårsake noen deformasjoner, og da først og fremst flatbøy, men generelt ligger dette på et lavt nivå. Vridning forekommer nesten ikke.

Det er først når trelasten tørkes til lavere fuktighet enn ca. 30 % at deformasjonene opptrer. Deformasjonene øker derfra grovt sett lineært med økende nedtørkingsgrad. Nedenfor følger forskjellige metoder som kan bidra til å redusere deformasjonene ved nedtørring.

Postning

I prinsippet kan nivået og formen på deformasjonene påvirkes ved å ta ut planken forskjellige steder i stokktverrsnittet (figur 13).

Planker med stående årringer og margin nær den ene kantsiden (A i figur 13), som er et spesielt uttak, vil i teorien ikke få kuving eller flatbøy, men maksimal kantkrok. Dette er på grunn av at ungdomsveden ligger i den ene kantsiden. Vridningen vil bli middels.

Margplank (B i figur 13) vil etter nedtørring få maksimal kuving,

Tabell 1. Forskjellige krav til maksimale deformasjoner.

Standard	Kvalitet		Vindskjevhet [mm/ 25 mm bredde]	Kantkrok [mm/2 m]	Flatbøy [mm/2 m]	Kuving [mm/ 25 mm bredde]
Nordisk Tre	A1 og A2	virkestykkelse ≤ 44mm	1,5	3	10	0,5
		virkestykkelse > 44mm	1	3	5	0,5
	A3, A4 og B	virkestykkelse ≤ 44mm	2,5	4	15	0,5
		virkestykkelse > 44mm	1,5	4	10	0,5
	C	virkestykkelse ≤ 44mm	5	8	30	1
		virkestykkelse > 44mm	2,5	8	20	1
INSTA 142			1	5	8	ingen krav
EN 1611	0 og 1		2	4	10	0,75
		virkestykkelse < 45mm	2	4	15	0,75
		2	4	10	0,75	
	3	virkestykkelse < 45mm	2,5	10	50	1,25
		virkestykkelse ≥ 45mm	2,5	10	20	1,25

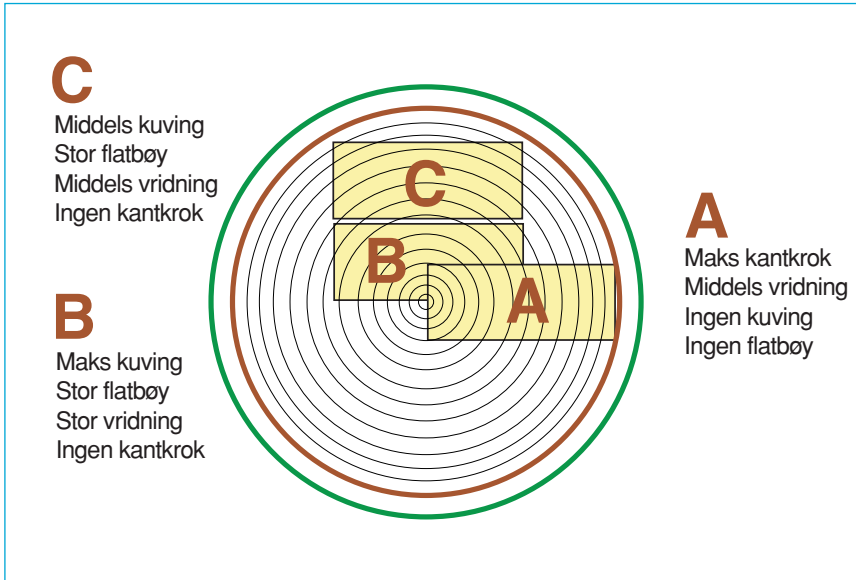


Fig. 13. Postningen har stor betydning for graden og typen av deformasjoner.

stor flatbøy, stor vridning, men ingen kantkrok.

Ytterplank (C i figur 13) vil få en redusert kuring i forhold til margplank. Flatbøyen kan ennå bli stor hvis ungdomsveden blir liggende på margsidene. Vridningen ventes å bli mindre enn for margplank, da fiber-vinkelen kan ligge mer eller mindre i nøytralsonen (figur 8). Kantkroken vil bli minimal, hvis det ikke finnes tennar etc.

I de fleste tilfeller vil betydningen av et høyt skurutbytte overskygge eventuelle forsøk på å tilpasse uttaket til reduserte deformasjoner. For spesielle produkter, som for eksempel gulvbord, kan det likevel være interessant å tilpasse skuren etter posisjon A, som vil gi minst breddekrymping, men som kan medføre en del kantkrok.

Toppbelastning

Trevirke er plastisk, og plastisiteten øker med økende temperatur. Derfor bør innspenning av planken under tørkeprosessen, som hindrer planken i å deformeres, føre til en lavere deformasjon etter tørking. Planker som ligger på topp-

en av en pakke, er mye mer vridd enn planker i bunnen av pakken. Fastholdingen av plankene skjer her ved at plankene blir hindret i å vri seg grunnet den belastningen som plankene over medfører. Denne belastningen vil rimeligvis øke lenger ned i pakkene. For å få et tallmessig begrep på toppbelastningens innvirkning på deformasjonene, ble det gjennomført omfattende forsøk ved 24 medlemsbedrifter i Tørkeklubben. Disse forsøkene ble videre fulgt opp gjennom EU-prosjektet STRAIGHT.

Alle forsøkene med toppbelastning viser en klar sammenheng mellom nivået på toppbelastningen og graden av deformasjoner.

Figur 14 viser et eksempel på reduksjonen i midlere deformasjoner etter belastning med 900 kg/m² sammenlignet med helt ubelastede planker. Figuren viser også forskjellen i midlere deformasjoner på planker målt fra utstikkende ender mellom strøene og planker målt fra siste strø (tilsvarende helt innspent). Dette viser også klart betydningen av kort strøavstand.

Samlet viser forsøkene at toppbelastning gir en kraftig reduksjon av deformasjonene (figur 15), og at bare ved å påføre noe trykk oppnås et vesentlig resultat (figur 16). En økt belastning gir også mindre kuring, men dette skjer primært i planken under og nær strøene. Midt mellom strøene har toppbelastningen ingen betydning ved normal strøavstand.

I moderne tørker påføres toppbelastning på trelastpakkene ved hjelp av pneumatiske eller hydrauliske sylindere som utøver press via trykkammer i stål (figur 17). Integrert i trykkammene er også toppflapsen som er festet i mellomtaket og trykk-

Fig. 14. Eksempel på reduserte deformasjoner ved toppbelastning.

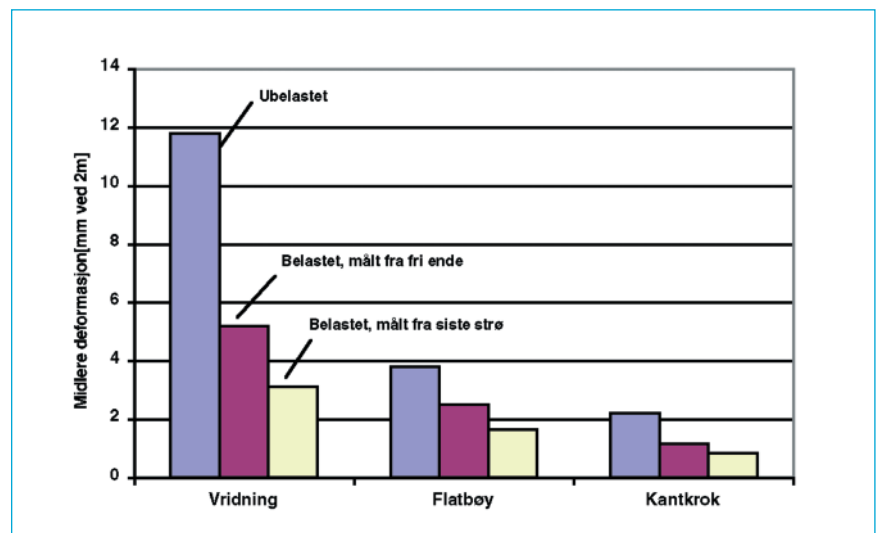




Fig. 15. Tre last uten og med toppbelastning.

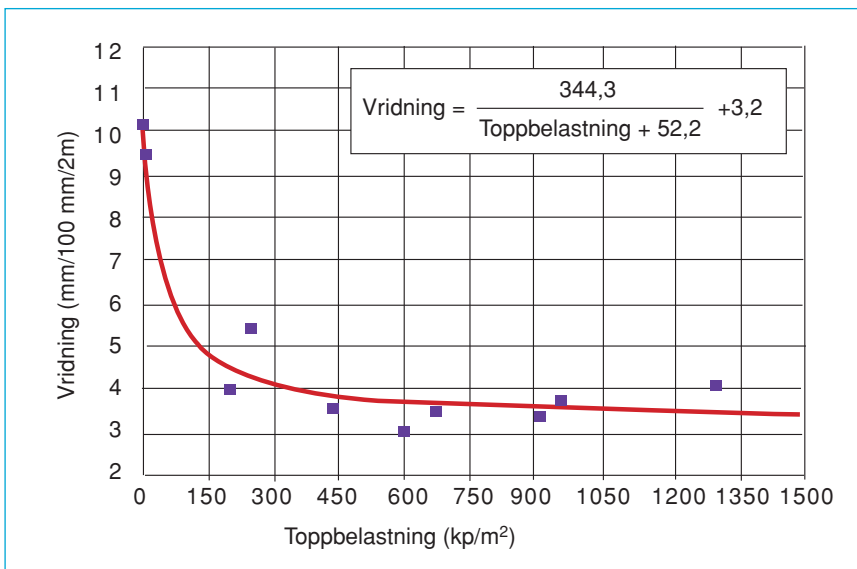


Fig. 16. Vridning som funksjon av toppbelastning.

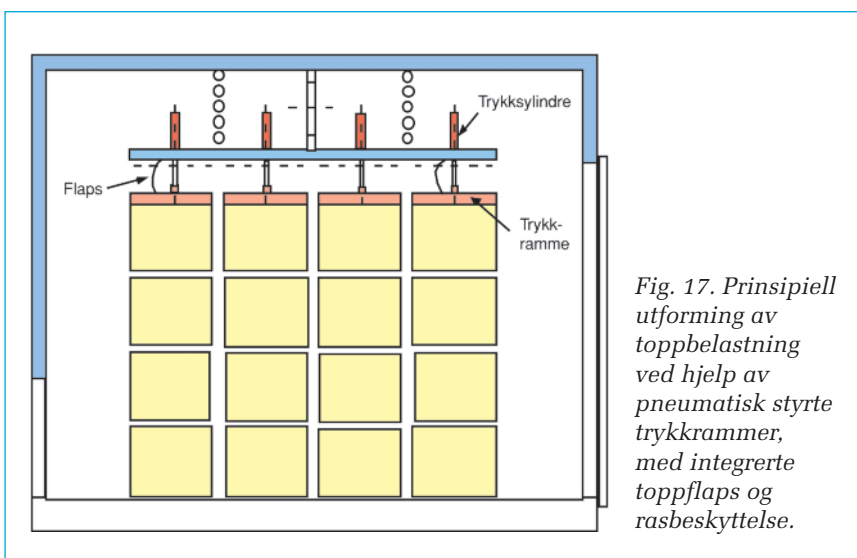


Fig. 17. Prinsipiell utforming av toppbelastning ved hjelp av pneumatisk styrte trykkammer, med integrerte toppflaps og rasbeskyttelse.

rammene. Dette gir en fullstendig tetting av luftstrømmen over pakkene, også ved synkende pakkehøyde. I tillegg gir trykkrammene sikkerhet mot pakkevelt.

Bruk av pneumatisk (eller hydraulisk) toppbelastning gir også mulighet for en gradvis økning av belastningen etter hvert som trelasten tørker. Dette kan være aktuelt i tilfeller med mange pakker i høyden hvor strøtrykket i de nederste plankene kan bli for høyt med fullt trykk i starten. Etter hvert som trelasten tørker, blir trykket gradvis lavere nedover i pakkene grunnet redusert egenvekt. Samtidig blir trykkfastheten hos trelasten høyere. Dette tillater en gradvis økning av trykket, slik at belastningen blir tilstrekkelig i den øverste pakken når trefuktigheten passerer fibermetningspunktet (ca. 30 % gjennomsnittsfuktighet i planken) og tørker videre ned til ønsket sluttluftfuktighet.

Motvridning

Da trelasten ved de normale tørketemperaturer som er brukt, fremdeles er litt elastisk, vil den etter at belastningen er tatt bort, fjære litt tilbake. Derfor vil det ved normale tørketemperaturer ikke være mulig å fjerne all deformasjon ved bare toppbelastning.

Hvis måling av fiberhelningen kan brukes til å forutsi vridningsretning og midlere grad av vridning, kan vridningen ytterligere reduseres ved å vri trelasten i motsatt retning av forventet tørkevridning og innspenne den slik under tørkeprosessen. Etter at belastningen er tatt bort, vil plankene da teoretisk fjære tilbake til null vridning i middel.

SP Trätec i Sverige har gjort forsøk med kileformete labanker som bidrar til å vri planken i motsatt retning av forventet



Fig. 18. Motvridning av hele pakker ved hjelp av kileformete labanker.

vridning (figur 18). Forsøkene viste at motvridning gav en vridning, på halvparten sammenlignet med vridningen på trelast med toppbelastning og normale rette labanker, men at virkningen i hovedsak var begrenset til nederste pakke. Metoden kan være interessant hvis en praktisk og rimelig løsning på motvridning blir utviklet.

Ved alle metoder med innspenning, hvor trevirkets plastisitet ved høyere temperaturer utnyttes til å redusere deformasjonene, vil noe av den positive effekten bli redusert hvis planken får ligge ubelastet over lengre tid i et varierende klima. Dette kalles på godt norsk "springback" og kan i visse tilfeller resultere i at 20-30 % av deformasjonsreduksjonen forsvinner. Dette er imidlertid avhengig av hvilken temperatur trevirket er tørket ved. Forsøk på innspent høytemperaturtørket virke viser nemlig ubetydelig springback.

I virkeligheten vil trelasten sjelden bli liggende helt fri etter tørking. Trelasten vil ligge under mer eller mindre press både som strølagt og som ferdig pakket (ofte presspakketert). Først når pakkene blir åpnet på byggeplass, blir de øverste flørne

fristilt. Festes materialer i sin endelige posisjon innen rimelig tid, vil det meste av springbacken unngås, særlig hvis veggen eller gulvet blir bundet med plater, bord, panel eller lignende.

Riktig strølegging og stabling

Riktig strølegging og stabling er viktig for å unngå deformasjoner. Hvis strøene og labankene plasseres på linje vertikalt, vil trykkkreftene bli ført gjennom strøene/labankene helt ned til underlaget uten noe bøyemoment, og dermed hindres eventuelle deformasjoner.

Spiralskur

Hvis midlere fiberhelning i tømmerstokken er kjent, kan fiberhelningen i plankeuttaket forutses. Ved å kjenne fiberhelningen er det teoretisk mulig å skjære ut plankene i en spiralform motsatt den retningen som planken forventes å vri seg under tørking. Denne metoden er utprøvd ved Chalmers i Sverige, hvor de har sammenlignet parplanker med spiralskur og normal rettlinjert skur (figur 19).

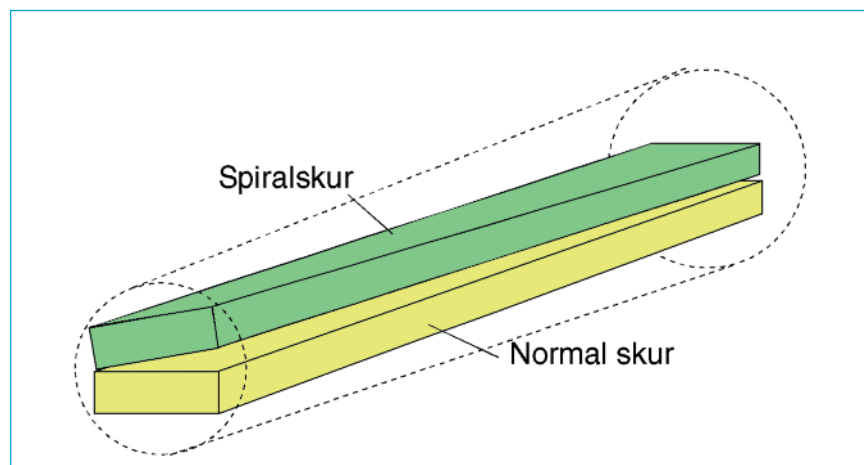
Forsøkene viste at vridningen ble redusert til det halve sammenlignet med rettskur. Videre forsøk og praktiske tillempninger gjenstår før metoden er økonomisk interessant.

Våtliming

Rå planker kan limes sammen med spesielle typer lim, blant annet polyuretan. Denne mulighet kan utnyttes til å lime sammen rå planker, for derved å oppnå minimal vridning ved at de to plankenes vridning motvirker hverandre under tørkeprosessen.

Plankene kan limes sammen på forskjellige måter, men forsøk viser klart at "rygg mot rygg"-liming (figur 20) ga mest effekt, med en reduksjon av vridningen ned til 10 % av vridningen på enkeltplanker.

Fig. 19. Spiralskur vil redusere vridningen.



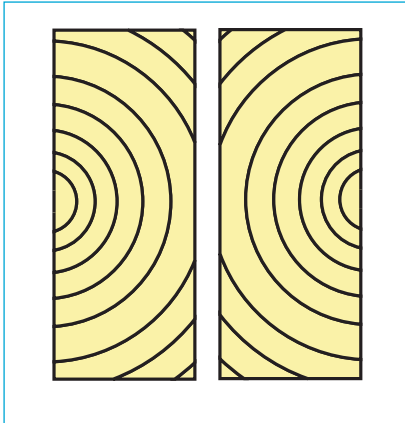


Fig. 20. Våtliming med plankene plassert rygg mot rygg gir best resultat.

Riktig slutfuktighet

For å redusere ytterligere deformasjoner etter innbygging/montasje, er det viktig å tørke trelasten til den fuktighet

som den i middel vil stabilisere seg på i bygget.

Konklusjon

- Trevirkets iboende egenskaper fører til at trelast kan få uheldige deformasjoner ved nedtørking, hvis ikke spesielle tiltak settes inn.
- Kravene til deformasjoner blir strengere i takt med økt konkurranse fra substitutter.
- Det er mulig å redusere deformasjoner og krymping ved å tilpasse postningen.
- Bruk av toppbelastning for innspenning av trelasten fører til en kraftig reduksjon av deformasjonene. Trykkrammer gir i tillegg beskyttelse mot pakkevelt. I kombinasjon med

flaps gir det en effektiv tetting av lekkasjeluft over pakkene.

- Riktig strølegging kombinert med kort avstand mellom strøene bidrar sterkt til en reduksjon av deformasjonene.
- Trelast som har fått redusert deformasjonene ved tørking under press, bør holdes på plass i pakker for å unngå springbackeffekten.
- Spiralskur av stokken halverer vridningen, men er ennå på forsøksstadiet.
- Motvridning kombinert med toppbelastning reduserer deformasjonene ytterligere, men er ennå under utvikling.
- Tørking til riktig slutfuktighet er meget viktig for å redusere ytterligere deformasjoner av trelasten i bruk.

Tidligere utgaver av Fokus på tre

- Nr. 1 Sagtømmerandel i massevirke
- Nr. 2 Vurdering av norske treslag til bruk som fasadematerialer utendørs
- Nr. 3 Spenninger og deformasjoner i trevirke som tørker
- Nr. 4 Øket sideborduttak - Øket videreføring
- Nr. 5 Kvalitetsforbedring basert på oppfølging av avvikskostnader
- Nr. 6 Overflatebehandling av tregulv
- Nr. 7 Heltregulv
- Nr. 8 Tre og miljø
- Nr. 9 Innvendig panel
- Nr. 10 Soppfarget lauvtre
- Nr. 11 Lerk

- Nr. 12 Broer i tre
- Nr. 13 Innvendig listverk
- Nr. 14 Parkettgulv
- Nr. 15 Endebeskyttelse av tømmer
- Nr. 16 Tømmervanning
- Nr. 17 Avrenning fra tømmervanning
- Nr. 18 Lavtrevirkets egenskaper
- Nr. 19 Konkurransefortrinn gjennom avansert kvalitetsforbedringsarbeid
- Nr. 20 Massivtre
- Nr. 21 Trykkimpregnering
- Nr. 22 Utvendig kledning
- Nr. 23 Overflatebehandling av utvendig kledning
- Nr. 24 Virkesegenskapenes betydning for tørke- og høvlingskvalitet
- Nr. 25 Kjerneved av furu
- Nr. 26 Trebaserte plater

- Nr. 27 Trebaserte konstruksjonselementer
- Nr. 28 Gran
- Nr. 29 Uttak av furu kjerneved
- Nr. 30 Ubehandlede trefasader
- Nr. 31 Brannbeskyttet trevirke
- Nr. 32 Fleretasjes trehus
- Nr. 33 Rett trelast
- Nr. 34 Furu
- Nr. 35 Bjørk
- Nr. 36 Tre og lyd
- Nr. 37 Tre og brann
- Nr. 38 Trefuktighet – tørking
- Nr. 39 Tørking av gran og furu
- Nr. 40 Trevirkets oppbygging og egenskaper
- Nr. 41 Tradisjonsbasert trebruk
- Nr. 42 Tradisjonsbaserte byggemetoder
- Nr. 43 Konstruksjonsvirke
- Nr. 44 Laft og lafting

Forfatter Sverre Tronstad og Ylva Steiner

Finansiering Treteknisk

Treteknisk



Forskningsveien 3 B,
Postboks 113 Blindern, 0314 Oslo
Telefon 22 96 55 00
Telefaks 22 60 42 91
firmapost@treteknisk.no
www.treteknisk.no