

Klimatesting av massivtreelementer

Climate testing of solid wood elements

Saksbehandler: Karl Harper og Knut Magnar Sandland
Finansiering: Norges forskningsråd
Dato: Juni 2009

Sammendrag

Formålet med testene har vært å undersøke hvor høy trefuktigheten kan være i elementenes ulike sjikt, uten at kvaliteten blir uakseptabel med hensyn til sprekkutvikling ved eksponering i tørt klima over lengre tid.

Lav fuktighet i yttersjiktet og høyere fuktighet i midtsjiktene gir bra resultater med hensyn til sprekkdannelse. I testelementene med 8-10 % trefuktighet i yttersjiktet og ca. 20 % i to av midtsjiktene, holdt overflatene seg svært fine, selv ved lang tids eksponering i tørt klima.

Kantliming av synlige yttersjikt er ikke å anbefale, selv ikke ved lav trefuktighet. Også limsøl opp på kantene førte til noen sprekkdannelse innad i lamellene.

Det er svært viktig at kvaliteten på virket i og rundt fingerskjøtene er god for synlige flater som blir eksponert i tørt klima.

For dybelsammensatte elementer blir det åpninger mellom lamellene i det ytterste sjiktet når det utsettes for tørt klima over en lengre periode. Det blir imidlertid ikke sprekk innad i den enkelte lamell.

Stikkord: Massivtreelementer, trefuktighet, klimatesting, sprekk
Keywords: *Solid wood elements, moisture content, climate testing, checks*

Summary

The aim with these tests has been to find out how high the moisture content in the various layers of a solid wood element can be without undesirable checking in a dry climate as a result.

Low moisture content in the top layer, and higher moisture content in the middle layers, gives good results. For the test elements with a moisture content of 8-10 % in the top layer and about 20 % in the middle layers, the surfaces had a very good quality even after exposure to a very dry climate for several weeks.

Edge gluing of the planks/boards in the top layers is not to recommend, even when low moisture contents are used.

For finger joints in the visible top layers that are exposed to dry climate, it is important that the wood quality is good in order to avoid undesirable checks in connection with the fingers.

For elements with dowel connections, some openings between the planks/boards in the top layers may occur when the elements are exposed to dry climate over a long period. However, checks internally in the planks/boards do not occur.

Forord

Det utførte arbeidet har vært en del av prosjektet "Massivtre – egenskaper og anvendelse". Prosjektet har vært finansiert av Norges forskningsråd sammen med Skogtiltaksfondet, Moelven Massivtre AS, Holz100 Norge AS, Dynea ASA, Moelven Limtre AS, Heimdal Gruppen og Norsk Treteknisk Institutt.

Moelven Massivtre AS og Holz100 Norge AS har fremstilt forsøksmaterialet til denne delen av prosjektet.

En stor takk til alle som har gjort prosjektarbeidet mulig!

Innhold

Sammendrag.....	3
Summary	4
Forord	5
1 Innledning.....	8
2 Materiale og metoder	8
3 Resultater	9
3.1 Krysslimte elementer	9
3.2 Dybelsammensatte elementer	16
4 Diskusjon og konklusjoner	18

1 Innledning

Når det er ønskelig å benytte overflaten til massivtrelementene som synlig flate innendørs, stiller det store krav til rett fuktighetstilpasning for å unngå sprekkdannelser. Det er særlig gjennom vinterhalvåret det kan bli svært tørt klima i helårsoppvarmede lokaler. Det må påregnes likevektsfuktigheter ned mot 4-5 % i de tørreste periodene, avhengig av hva lokalene brukes til.

Å tørke trelast er imidlertid en svært kostnadskrevenne prosess, og spesielt ned til lave trefuktigheter. Det medfører lange tørketider, med tilhørende tap av kapasitet i tørkeanleggene, samtidig som at energiforbruket og trevirkets deformasjoner øker. Derfor er det viktig å ikke tørke trevirket unødvendig langt ned, men akkurat nok til å unngå skader i det ferdige produktet.

Når det gjelder råstoff til massivtrelementer, er det også viktig å kunne benytte trelast som er tilgjengelig på markedet, uten at den må spesialtørkes. For synlige yttersjikt finnes det slikt råstoff, og det er gulvbordkvaliteter. Her er både virkeskvalitet og trefuktighet på et nivå som er riktig. Når det gjelder sjiktene lenger innover i elementene, som også kan være av lav kvalitet, er det vanskelig å finne nedtørket råstoff tilgjengelig på markedet. Det blir også kostbart å spesialtørke slikt råstoff for bruk i massivtrelementer.

Formålet med testene er å undersøke hvor høy trefuktigheten kan være i elementenes ulike sjikt uten at kvaliteten blir uakseptabel med hensyn til sprekkeutvikling ved eksponering i tørt klima over lengre tid.

2 Materiale og metoder

I utgangspunktet var målet å produsere testelementer med ca. 18 % trefuktighet i midtsjiktene og ca. 8 % i yttersjiktene. I en del av forsøkene var det vanskelig å oppnå så høy trefuktighet i midtsjiktene på råstoffet ved massivtre-fabrikken, men totalt sett gir de ulike forsøkene et grunnlag for å trekke noen klare konklusjoner.

Elementene ble produsert ved Moelven Massivtre og Holz 100 Norge. Hos Treteknisk ble de utsatt for et relativt tørt klima over lengre tid. Dette skal representere den tøffe belastningen trevirket får innendørs om vinteren i et oppvarmet lokale. Testklimaet var på ca. 20 °C og 15 % relativ luftfuktighet. Dette gir 3,5-4,5 % fuktighet i trevirket.

Innvirkning av kantliming og ikke kantliming i yttersjiktene inngikk også i testingen, samt at yttersjiktet hadde ulike tykkelser.

Følgende registreringer/målinger ble utført:

- Sprekk mellom lameller.
- Sprekk innad i lameller.
- Fuktighetsutvikling i de ulike sjiktene. Det ble satt inn elektroder i de første tre lagene i hvert element, slik at fuktighetsutviklingen kunne registreres. Endene av prøveelementene ble forseglet med silikon.
- Forskjell mellom kantliming og ikke kantliming i det ytterste sjiktet.

3 Resultater

3.1 Krysslimte elementer

3.1.1 Test 1

Forsøksopplegget for Test 1 var:

Element nr. 1:

Furu 21 mm (8-9 %) Kantlimt
Gran 33 mm (14-16 %)
Gran 23 mm (14-16 %)
Gran 33 mm (14-16 %)
Furu 21 mm (8-9 %) Ikke kantlimt

Element nr. 2:

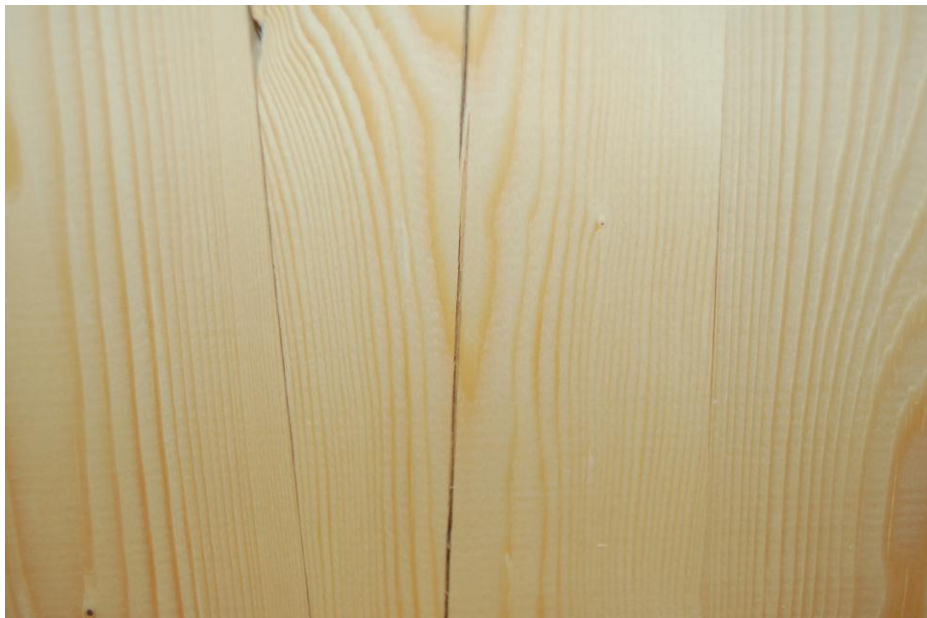
Gran 33 mm (12-13 %) Kantlimt
Gran 23 mm (14-16 %)
Gran 33 mm (14-16 %)
Gran 23 mm (14-16 %)
Gran 33 mm (12-13 %) Ikke kantlimt

Element nr. 3:

Gran 21 mm (12-13 %) Kantlimt
Gran 33 mm (14-16 %)
Gran 23 mm (14-16 %)
Gran 33 mm (14-16 %)
Gran 21 mm (12-13 %) Ikke kantlimt

Tabell 1. Fuktighetsutvikling i de ulike elementlagene for Test 1 (det ble fremstilt to testdeler fra hvert prøveelement). Lag 1 er det ytterste laget, mens lag 3 er sentrumslaget.

Element	Lag	Dim./Treslag	Fukt. [%] ved produksjon	Fukt. [%] etter ant. døgn i tørt klima ca. 20 °C og 15 % RF				
				1	3	12	20	28
1, del 1	1	21 mm Furu	8-9	9,8	8,5	7,5	7,4	7
	2	33 mm Gran	14-16	13,8	13,8	13,1	12	12,1
	3	23 mm Gran	14-16	15,1	15	14,6	14	13,9
1, del 2	1	21 mm Furu	8-9	10,0	9,1	7,7	7,8	7,1
	2	33 mm Gran	14-16	13,1	13,4	12,3	11,9	11,8
	3	23 mm Gran	14-16	14,6	14,8	14,2	13,9	13,9
2, del 1	1	33 mm Gran	12-13	11,3	10,2	8,8	8,2	7,8
	2	23 mm Gran	14-16	14,5	14,8	14	13,7	13,6
	3	33 mm Gran	14-16	14,3	14,6	14	13,8	13,8
2, del 2	1	33 mm Gran	12-13	11,8	10,7	9,3	8,2	8,4
	2	23 mm Gran	14-16	14,5	14,7	13,9	13,4	13,1
	3	33 mm Gran	14-16	15,0	15,2	14,7	14,3	14,3
3, del 1	1	21 mm Gran	12-13	12,1	9,6	8,1	8,7	8,4
	2	33 mm Gran	14-16	14,7	14,7	12,5	11,5	11,7
	3	23 mm Gran	14-16	13,6	14,0	13,5	12,8	12,8
3, del 2	1	21 mm Gran	12-13	12,6	9,3	8,4	8,5	7,6
	2	33 mm Gran	14-16	13,5	13,7	12,4	11,8	11,9
	3	23 mm Gran	14-16	14,6	14,6	14,1	13,5	13,4



Figur 1. Sprekk innad i bord der det er kantlimt.



Figur 2. Sprekk innad i bord der lim søles mellom bord.



Figur 3. Mye sprekk der fuktigheten i yttersjiktet er høy.

Resultatene viser at å ikke kantlime gir "penere sprekker" enn der bord er kantlimt. Dette skyldes at det vil bli små gliper mellom bordene i stedet for at det sprekker mer vilkårlig innad i bordene.

3.1.2 Test 2

I dette forsøket ble det produsert to ulike elementer med henholdsvis fem og tre sjikt. Det ble ikke brukt kantliming. Resultatene av fuktighetsutviklingen går fram av Tabell 2.

*Tabell 2. Fuktighetsutvikling i de ulike elementlagene for Test 2
(det ble fremstilt tre testdeler fra hvert prøveelement).*

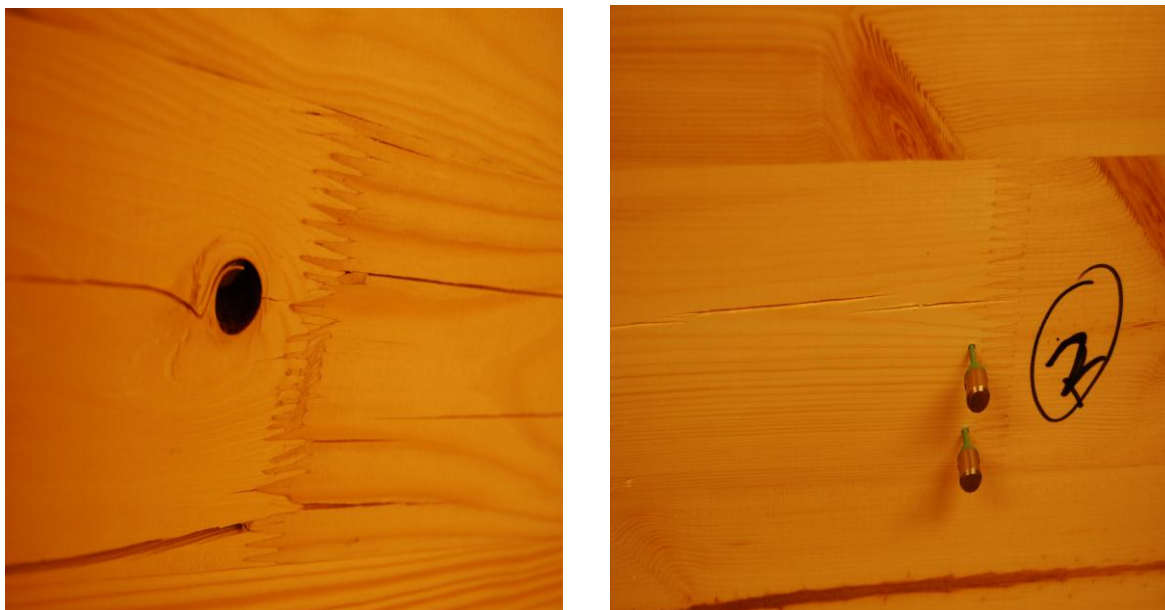
Element	Lag	Dim./Treslag	Fukt. [%] ved produksjon	Fukt. [%] etter ant. døgn i tørt klima ca. 20 °C og 15 % RF				
				1	10	21	62	86
1, del 1	1	21 mm Furu	9-10	10,3	7,6	7,6	7,0	6,6
	2	21 mm Gran	14-16	16,4	14,4	13,6	9,9	8,4
	3	21 mm Gran	14-16	15,6	13,9	13,2	9,9	7,7
	4	21 mm Gran	14-16	16,1	13,3	11,6	9,2	8,4
	5	21 mm Gran	12-14	13,9	9,6	8,9	7,9	7,1
1, del 2	1	21 mm Furu	9-10	13,3	8,1	7,8	7,4	7,0
	2	21 mm Gran	14-16	14,9	12,4	12,0	9,6	8,7
	3	21 mm Gran	14-16	15,0	13,7	13,0	10,8	10,0
	4	21 mm Gran	14-16	15,2	12,0	10,9	9,2	8,9
	5	21 mm Gran	12-14	12,3	8,6	8,0	7,4	7,1
1, del 3	1	21 mm Furu	9-10	10,8	8,9	8,7	7,7	6,2
	2	21 mm Gran	14-16	15,6	13,0	11,5	7,5	7,2
	3	21 mm Gran	14-16	14,5	12,8	12,5	9,6	8,9
	4	21 mm Gran	14-16	14,3	11,4	9,8	7,9	7,7
	5	21 mm Gran	12-14	12,3	8,4	7,9	7,4	7,1
2, del 1	1	33mm Furu	9-10	9,3	7,1	6,4	6,5	6,3
	2	33mm Gran	14-16	14,2	12,4	12,8	10,2	9,8
	3	33mm Gran	12-13	12,2	8,6	8,3	8,3	7,5
2, del 2	1	33mm Furu	9-10	9,4	7,0	7,1	6,4	6,5
	2	33mm Gran	14-16	12,3	10,9	10,9	9,9	9,6
	3	33mm Gran	12-13	12,0	8,6	8,3	7,2	7,1
2, del 3	1	33mm Furu	9-10	9,2	7,2	7,0	6,5	6,5
	2	33mm Gran	14-16	12,9	12,0	12,0	10,8	10,2
	3	33mm Gran	12-13	11,6	8,4	7,6	7,4	7,1



Figur 4. Lite sprekk der fuktigheten er lav i yttersjiktet.



Figur 5. Hvis lim søles på kant under produksjon, sprekker det lett innad i bordene.



Figur 6. Sprekk i sammenheng med dårlig fingerskjøting.

Igjen viser det seg at lav fuktighet på yttersjiktet og høyere fuktighet i midtsjiktene gir bra resultater. Limsøl på kantene er imidlertid fortsatt kritisk og kan føre til sprekkdannelse, selv om yttersjiktet har lav startfuktighet.

I denne testen var det en del av ytterlamellene som hadde fingerskjøter med begynnende sprekkdannelse i fingerforlengelsene allerede før de ble eksponert i tørt klima. Dette skulle vise seg å føre til betydelige skader etter hvert som yttersjiktet tørket ut. Konklusjonen er at det er svært viktig at kvaliteten på virket i og rundt fingerskjøtene er god for synlige flater som blir eksponert i tørt klima, selv med en startfuktighet på ca. 8-9 %.

3.1.3 Test 3

Målet med denne testen var å benytte enda fuktigere trelast i midtsjiktene enn i de foregående testene. På grunn av praktiske forhold ved fabrikken ble det valgt å benytte impregnert trelast i midtsjiktene. Denne hadde en gjennomsnittlig fuktighet ved produksjon på ca. 20 %, og det ble produsert tre testelementer av følgende type:

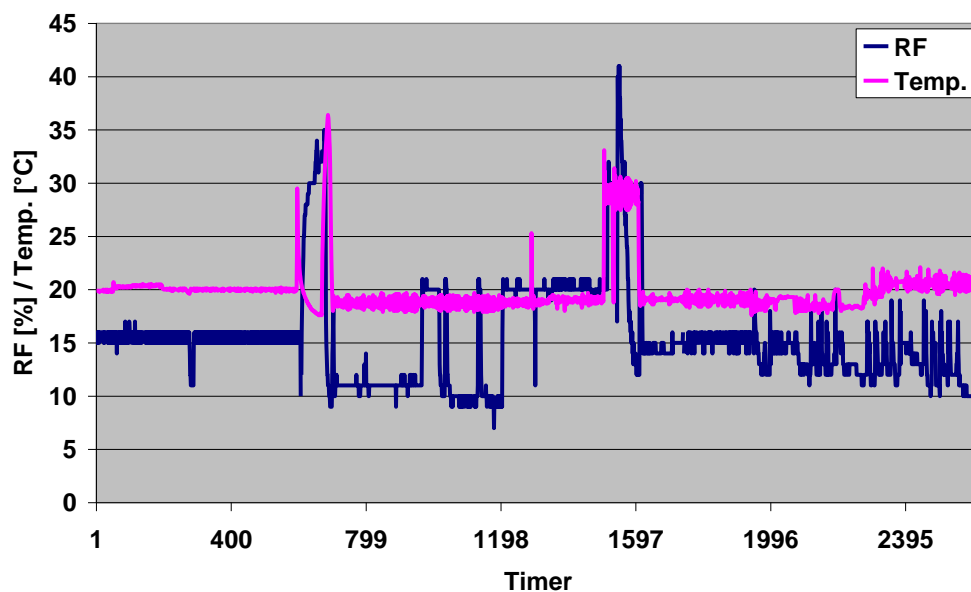
- 21 mm Furu (8-10 %)
- 33 mm Furu (ca. 20 %) Impregnert
- 21 mm Furu (8-10 %)
- 33 mm Furu (ca. 20 %) Impregnert
- 21 mm Furu (8-10 %)

Det at midtsjiktet ble et tørt sjikt med 21 mm furu i stedet for et sjikt med høy trefuktighet, var ikke tilsiktet, og det var ikke helt heldig for den effekten som skulle testes. Imidlertid ble det to tykke sjikt med rå trelast i sjikt nr. 2 og 4, og dermed vil testen likevel gi et godt bilde av å bruke nokså rå trelast i midtsjiktene.

Det ble utført en test for å få et mål på hvor mye det må korrigeres med når en elektrisk fuktighetsmåler benyttes for å måle trefuktigheten på det impregnerte virket. Referansemetoden var tørke-/veiemetoden. Ut fra dette ble det konkludert med at den impregnerte lasten hadde en trefuktighet på ca. 20 %.

Etter produksjon ble testelementene pakket i plast og levert Treteknisk. Dette tok ca. 10 dager, og i løpet av denne perioden hadde fuktigheten jevnet seg ut betydelig. De tørre sjiktene har blitt fuktet opp, mens de fuktige sjiktene har tørket. Deretter ble elementene satt inn i tørt klima. Dette er årsaken til avviket fra produksjonsfuktighet og verdiene for måling dag 1 i Tabell 3.

Det kan stilles spørsmål om det er det mest optimale å pakke slike elementtyper i tett plast, i og med at det da faktisk kan se ut til at fuktigheten i det ytre sjiktet kan bli så høy at det kan bli uheldig svellingstrykk i transport-/lagringsperioden.



Figur 7. Forløpet av relativ luftfuktighet og temperatur for Test 3.

Fuktighetsutviklingen i de ulike lagene i elementene er vist i Tabell 3.

Tabell 3. Fuktighetsutvikling i de ulike elementlagene for Test 3.

Element	Lag	Dim./Treslag	Fukt. [%] ved produksjon	Fukt. [%] etter ant. døgn i tørt klima ca. 20 °C og 15 % RF		
				1	21	86
1	1	21 mm Furu	8-9	12,3	10,4	7,0
	2	33 mm Furu impr.	Ca. 20	18,7	17,8	9,7
	3	21 mm Furu	8-9	15,1	15,5	12,0
	4	33 mm Furu impr.	Ca. 20	20,3	18,5	11,8
	5	21 mm Furu	8-9	13,0	10,8	7,9
2	1	21 mm Furu	8-9	12,7	10,7	6,9
	2	33 mm Furu impr.	Ca. 20	22,2	20,6	13,0
	3	21 mm Furu	8-9	14,2	14,5	11,0
	4	33 mm Furu impr.	Ca. 20	20,5	18,2	12,1
	5	21 mm Furu	8-9	11,8	10,3	7,5
3	1	21 mm Furu	8-9	12,2	10,3	7,5
	2	33 mm Furu impr.	Ca. 20	19,3	18,2	12,5
	3	21 mm Furu	8-9	13,9	14,0	10,9
	4	33 mm Furu impr.	Ca. 20	17,8	16,8	10,8
	5	21 mm Furu	8-9	10,8	9,4	7,4

Ved avslutningstidspunktet har yttersjiktet fortsatt svært god kvalitet, nesten helt uten sprekker. De eneste sprekkeene som har oppstått, er i de lamellene der marginen ligger inne i tverrsnittet. Da har det noen steder blitt sprekk ut til overflaten. At det oppstår sprekk i trelast med marg innesluttet i tverrsnittet er et svært vanlig fenomen, og er derfor ikke spesielt knyttet til massivtreelementer.

3.2 Dybelsammensatte elementer

Testelementene hadde følgende oppbygging:

- 38 mm Furu (8-9 %)
- 23 mm Gran (14-16 %)
- 70 mm Furu (12-14 %)
- 23 mm Gran (14-16 %)
- 38 mm Furu (8-9 %)

Det ble satt in fuktighetsmålerelektroder i de første tre lag av hvert element, slik at fuktighetsutviklingen kunne registreres. Tabell 4 viser resultatene.

Tabell 4. Fuktighetsutvikling i de ulike elementlagene for dybelsammensatt testelement.
Lag 1 er det ytterste laget, mens lag 3 er sentrumslaget.

Element nr.	Lag nr.	Dim./Treslag	Fukt. [%] etter ant. døgn i tørt klima ca. 20 °C og 15 % RF				
			1	4	18	60	200
1	1	38 mm Furu	8,3	7,5	7,2	6,9	6,5
	2	23 mm Gran	16,0	14,6	11,9	9,1	7,6
	3	70 mm Furu	14,0	13,2	9,7	7,9	6,6
2	1	38 mm Furu	7,9	7,2	6,3	6,3	7,1
	2	23 mm Gran	14,4	13,6	12,3	10,6	8,7
	3	70 mm Furu	11,7	11,3	10,5	9,6	7,0
3	1	38 mm Furu	8,2	7,6	6,3	6,3	6,4
	2	23 mm Gran	13,9	12,8	11,4	7,9	8,2
	3	70 mm Furu	12,1	11,9	10,7	8,4	7,3



Bilde 7. Store sprekker mellom bord, men ikke innad i bordene.



*Bilde 8. Dyblene har løsnet enkelte steder.
Dette resulterer i omkant mellom bord.*

Når elementene utsettes for tørt klima over lang tid, vil ikke de enkelte bordene i det ytterste sjiktet ligge helt tett sammen lenger. Det kan da bli en del åpninger mellom dem. Testingen viser også at det kan bli problemer ved at dyblene løsner enkelte steder når elementene eksponeres for tørt klima over lang tid. Dette vil føre til at det kan bli noen formendringer i enkeltlamellene der dette skjer, på grunn av at de ikke blir holdt på plass av tredyblene. Her må det presiseres at testingen er gjort på små testelementer. Det forventes at denne effekten blir mindre når elementene blir større, siden hvert bord da blir holdt på plass av flere dybler.

4 Diskusjon og konklusjoner

Lav fuktighet i yttersjiktet og høyere fuktighet i midtsjiktene gir bra resultater med hensyn til sprekkdannelse. I testelementene med 8-10 % trefuktighet i yttersjiktet og ca. 20 % i to av midtsjiktene, holdt overflatene seg svært fine, selv ved lang tids eksponering i tørt klima.

Kantliming av synlige yttersjikt er ikke å anbefale, selv ikke ved lav trefuktighet. Også limsøl opp på kantene førte til visse sprekkdannelse innad i lamellene.

Det er svært viktig at kvaliteten på virket i og rundt fingerskjøtene er god for synlige flater som blir eksponert i tørt klima, selv med en startfuktighet på ca. 8-9 %. I en av testene ble det mye sprekkdannelse i forlengelsen av fingerskjøtene, og mye av dette kan tilskrives lav virkeskvalitet på lamellene.

For dybelsammensatte elementer blir det åpninger mellom lamellene i det ytterste sjiktet når det utsettes for tørt klima over en lengre periode. Det blir imidlertid ikke sprekk innad i den enkelte lamell. Testingen viser også at det kan bli problemer ved at dyblene løsner enkelte steder når elementene eksponeres for tørt klima over lang tid.

I testene er det fokusert på sprekkdannelse i det ytre sjiktet. I tillegg er det viktig å være klar over at det vil bli en viss tykkelseskrymping av hele elementet dersom det benyttes trevirke i midtlamellene med høy fuktighet. Denne tykkelsesforandringen vil omtrent tilsvare bevegelsen grunnet radiell krymping i lamellene når lamellene er basert på normalt skuruttak.

Dersom det benyttes høy fuktighet i massivtreelementenes ulike sjikt, kan det være en potensiell fare for muggdannelse under transport og lagring ved fullemballering av elementene. Da skal imidlertid fuktigheten være nokså høy i lamellene (over 20 %).