



Forprosjekt

Øket sideborduttak

*Kvalitet, utbyttepotensial,
produksjonsmetoder og videreforedling*

Av Sverre Tronstad



Norsk Treteknisk Institutt

Adr.: Forskningsveien 3 B

P.B. 113 Blindern

N-0314 Oslo

Tel: +47 22 96 55 00

Fax: +47 22 60 42 91

Bank: 6039.05.16714

Post: 0802 5 14 87 70

Forprosjekt

Øket sideborduttak

Kvalitet, utbyttepotensial, produksjonsmetoder, videreforedling.

Saksbehandler: Siv. ing. Sverre Tronstad, Norsk Treteknisk Institutt
Dato: 1996-04-30
Oppdragsgiver: Trelastindustriens Landsforening
Prosjektnr.: 349015

Sammendrag

I dette forprosjektet er det foretatt en studie over hvilke muligheter som teknisk/økonomisk er til stede for et øket skurutbytte gjennom et større uttak av sidebord, samt hvilke muligheter som er til stede for en viderefordeling av bordene gjennom lamineringsteknikk.

Beregningene viser at det er mulig å øke skurutbyttet fra ca. 6 - 9 % avhengig av tykkelse og lengde på bordene sammenlignet med et normalt borduttak. Dette representerer en økning på 300.000 - 400.000 m³ pr. år på landsbasis.

Kvaliteten på de ekstra sidebordene vil være meget god når det gjelder styrkeegenskaper, sterkt varierende både positivt og negativt når det gjelder utseende og meget gode når det gjelder formstabilitet.

Lønnsomheten ved ekstra borduttak vil ved dagens produksjonsmetoder og priser være dårlig. Spesialkonstruert produksjonsutstyr tilpasset stort borduttak viser imidlertid teoretisk interessante resultater. Stor furuandel kan løfte gjennomsnittsprisen på sidebordene vesentlig og gi lønnsom produksjon.

En videreforedling av bordene gjennom enkel, men sterkt automatisert lamineringsteknikk synes å være økonomisk interessant under bestemte forutsetninger.

Forprosjektet viser at det ligger store muligheter for å øke skurutbyttet og videreforedlingsgraden ved trelastbrukene.

Stikkord: Sidebord, laminering, videreforedling.

Forord

Denne rapporten inngår som første del av prosjektet med tittel "Sidebord-produksjon og anvendelse".

Prosjektet, som er et av delprosjektene under "Bransjeløft for bedre råstoffutnyttelse", er et brukerstyrt prosjekt med deltagelse fra Begna Bruk AS ved Ingemar Moland, Kirknesvaag Sagbruk & Høvleri A/S ved Terje Smistad og MøreTre ASA ved Andreas Granhus, med 50 % finansiering fra NFR. Prosjektleder er Sverre Tronstad, som overtok etter Håkon Toverød våren 1995.

Prosjektet har som målsetting:

- Undersøke potensialet for et øket uttak av sidebord både utbyttmessig og kvalitetsmessig.
- Vurdere/utrede forskjellige produksjonsmetoder som kan være teknisk/økonomisk egnet for et øket sideborduttak.
- Vurdere forskjellige anvendelsesmuligheter for sidebord.

Med det omfanget dette prosjektet har, både når det gjelder utbyttepotensialet, produksjonsmetoder og anvendelsesområder for bord, vil en måtte se på denne rapporten som en første oversikt over de muligheter og begrensninger som foreligger både teknisk og økonomisk for et øket borduttak.

Rapporten viser at det er behov for å gå mer i dybden på flere av de områder som er behandlet.

Oslo, april 1996
Norsk Treteknisk Institutt

Sverre Tronstad

Innholdsfortegnelse

Sammendrag.....	3
Forord.....	4
Innholdsfortegnelse.....	5
1. Innledning.....	7
2. Råstoff.....	8
2.1. Volum.....	8
2.2. Kvalitet.....	10
3. Utbyttepotensial for ekstra borduttak.....	14
4. Produksjonsopplegg for ekstra sideborduttak.....	17
4.1. Produksjonsopplegg A (gullhønelinje).....	18
4.2. Produksjonsopplegg B (blokningslinje med kantverk).....	20
4.3. Produksjonsopplegg C (blokningslinje med integrert kanting).....	23
4.4. Produksjonsopplegg D1, D2 og D3 (spesiallinjer).....	23
5. Lønnsomhetsberegninger ved ekstra borduttak.....	27
6. Produksjonsopplegg for limtre.....	35
6.1. Lamineringslinje (A) for ferdigkappede bord på 2,5-3 m.....	36
6.2 Lamineringslinje (B) med buttskjøting av bord.....	37
7. Lønnsomhetsberegninger for limtreproduksjon.....	39
8. Konklusjon.....	43
Litteratur.....	45

Følgende er en oversikt over de ulike delene av rapporten og deres plassering i dokumentet. Dette er gjort for å gjøre det lettere for leseren å finne de ulike delene av rapporten. Oversikten er gitt i tabellform og viser plasseringen i dokumentet og i rapporten.

Del	Plassering i dokumentet	Plassering i rapporten
1. Innledning	S. 1-2	S. 1-2
2. Formål og oppgaver	S. 3-4	S. 3-4
3. Metode	S. 5-6	S. 5-6
4. Resultater	S. 7-8	S. 7-8
5. Oppsummering	S. 9-10	S. 9-10

1. Innledning

Formålet med all råstoffbasert industri er at man skal foredle råstoffet til produkter som har en høyere verdi, og som derved kan dekke produksjonskostnadene og gi en akseptabel avkastning av kapitalen.

I trelastindustrien består råstoffet av 75 % gran og 25 % furu med en råstoffpris som ligger i området 400-600 kr/m³. Av dette er det i dag bare 40-50 % (avhengig av foredlingsgrad) som blir til produkter som har en høyere verdi enn råstoffet. Resten blir til biprodukter med verdier som ligger fra 60 % ned til 10 % av råstoffprisen. For et typisk sagbruk med normal høvelandel vil biproduktene kunne fordele seg som følger:

- 38 % celluloseflis (inkl. 2 % kapp) til ca. 60 % av råstoffprisen
- 10 % sagflis til ca. 20 % av råstoffprisen
- 4 % kutterflis ca. 30 % av råstoffprisen

Disse prosentene varierer meget fra bruk til bruk, men et felles trekk for de aller fleste brukene er at celluloseflisandelen i dag er meget høy, i området 35-40 %.

Selv om en rekke nye systemer innen skurteknologi og optimaliseringsutstyr i de siste 15-20 årene hver for seg har lovet en markant økning i skurutbyttet og en tilsvarende reduksjon i biproduktene, ser det heller ut som om skurutbyttet har stått på stedet hvil, eller til og med har sunket, sammenlignet med tidligere. Undersøkelser fra 1950 - 60 årene utført bl.a. av NTI (1, 2) viser gjennomsnittlige skurutbytter regnet ut fra sagbruket på over 60 % mot 52 - 53 % i dag, alt regnet på skarp kant. Denne reduksjonen i skurutbytte er i vesentlig grad forårsaket av et mindre borduttak fra bakhonen. Dette viser seg også i de nevnte undersøkelser, som har registrert bakhonandeler på ca. 25 %, som er 9-10 % lavere enn i dag.

Årsaken til at det blir tatt ut mindre bord i dag sammenlignet med for 20 - 30 år siden kan bl.a. ligge i en ukritisk bruk av blokningsteknikken, som i stor grad har forenklet produksjonsopplegget i saghuset, men som på den annen side har gjort det litt for enkelt å hugge opp sideutbyttet. En annen faktor er at det tidligere ble tatt ut kortere bordlengder som ble benyttet til emballasje som f. eks. fiskekasser.

Denne rapporten vil derfor se nærmere på hvilke muligheter som er til stede for igjen å øke uttaket av sidebord på en økonomisk forsvarlig måte, og videre se på hvilken mulighet som ligger i en videre oppgradering av sidebordene til forskjellige former for limtre.

2. Råstoff

2.1. Volum

Råstoffet for produksjon av sidebord er i utgangspunktet bakhon i forskjellig form og størrelse, dette til forskjell fra sentrumsuttaket som blir tatt fra stokkens innskrevne kvadrat eller rektangel.

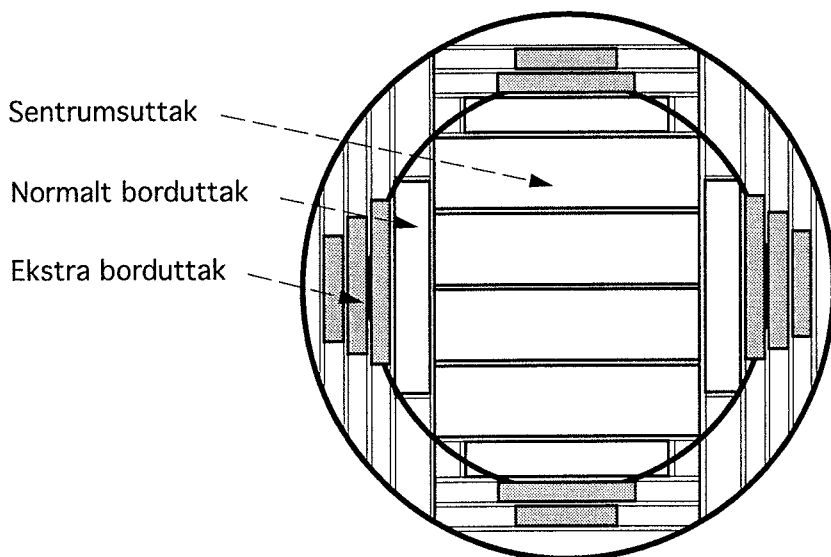


Fig. 1. Normalt og mulig ekstra uttak (skravert) av sidebord av en grov stokk.

Som det fremgår av fig. 1 kan en skille mellom et *normalt* borduttak, som praktiseres i dag og et *ekstra* uttak av sidebord som kan oppnås ved å ta ut tynnere og kortere borddimensjoner (skravert). Denne rapporten vil *primært* se på de produksjonstekniske muligheter som foreligger for et *ekstra* uttak av sidebord fra den delen av bakhonen som i dag overveiende hugges til sagbruksflis, og hvilke alternative anvendelsesmuligheter disse og de mer "normale" sidebordene kan ha.

Det er flere ting som tyder på at det er mulig å ta ut vesentlig mer bord fra den bakhonen som i dag hugges til sagbruksflis. Tall fra den første undersøkelsen NTI gjorde på skurutbytte (1) i 1951 viste et bakhonvolum inkl. kantribb ved skarpkantskur på 30 % ved skurstokk på 20 cm toppdiameter. Her ble det tatt ut bord ned til 2 m. Bruk som hadde kassebordproduksjon med både kortere og tynnere bord, var endog helt nede i 25 % bakhon.

Siden den gang synes bakhonandelen gradvis å ha øket på bekostning av sideborduttaket.

En undersøkelse (3) utført i 1987 ved 4 sirkelsagbruk med manuelle kantlinjer hvor det var mulig å måle alle bakhonene før de gikk i huggeren, viste at bakhonvolumet inklusive kantribbandelen var ca. 33 %.

Ser en på dagens situasjon, synes bakhonandelen å ha øket ytterligere til et gjennomsnittlig nivå på omkring 35-36 %.

Dette går også frem av fig. 2 som viser ferske tall for bakhonandelen fra et typisk moderne redusersirkelsagbruk.

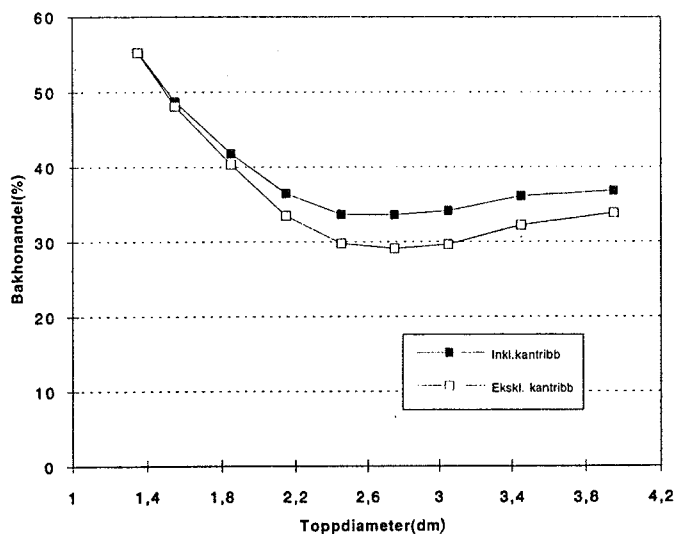


Fig. 2. Bakhonandelen med og uten kantribb for et moderne reduser-sirkelsagbruk.

Som det fremgår av figuren, er bakhonandelen (øverste kurve) sterkt avhengig av toppdiametere. For de minste toppdiameterklasser er bakhonandelen helt oppe i 55 %, synkende til ca. 34 % ved 26 cm toppdiameter. Deretter øker bakhonandelen igjen til ca. 37 % ved de største toppdiametre. I gjennomsnitt ligger bakhonandelen på dette bruket på ca. 38 % (ved en middelstokk på ca. 20 cm toppdiameter).

I diagrammet er det skilt mellom bakhonandelen inkl. og ekskl. kantribb fra det "normale" borduttaket. Det disponible volum for uttak av ekstra bord vil derfor bli den nederste kurven (ekskl. kantribb) som representerer det egentlige "bakhon"volumet. Som en ser, varierer dette volumet mellom 55 % for det minste tømmeret til 33 % for det grøvste tømmeret, med en middelvei på ca. 35 %.

Denne gradvise økningen i bakhonandelen (celluloseflisandelen) over tid må ha gått på bekostning av sidebordandelen, da det har skjedd en ubetydelig reduksjon i snittykkelsen (sagflisandelen) i samme tidsperiode.

Det er derfor ikke tvil om at det i dag foreligger et betydelig råstoffpotensial i bakhonandelen for uttak av av mer bord.

For middelstokken på ca. 19-20 cm ligger bakhonvolumet i dag på 35-36 %. Dette representerer på landsbasis et volum på ca. 1.600.000 m³, til en "råstoffpris" på 290 kr/m³.

Med den relativt lave prisen på sagbruksflisen, burde en undersøkelse av muligheten for en større utnyttelse av bakhonandelen til trelast være en økonomisk interessant problemstilling.

2.2. Kvalitet

Kvaliteten på bakhon som råstoff for sidebord kan vurderes ut fra både styrkeegenskaper, utseende og formstabilitet.

Ser en først på *styrkeegenskapene*, er det gjort få direkte undersøkelser på sammenhengen mellom trevirkets posisjon i stokkens tverrsnitt og styrken.

Indirekte vet en imidlertid at det er en klar sammenheng mellom styrkeegenskapene og trevirkets densitet. Flere målinger av sammenhengen mellom densitet og avstand fra marg, viser en ganske markert økning av densiteten fra marginen til overflaten. Nedenfor er således vist resultatene fra en relativ fersk undersøkelse utført på norsk granvirke (4) som viser densitetsvariasjonen avhengig av årringnummer fra marginen ved forskjellige høyder i stammen.

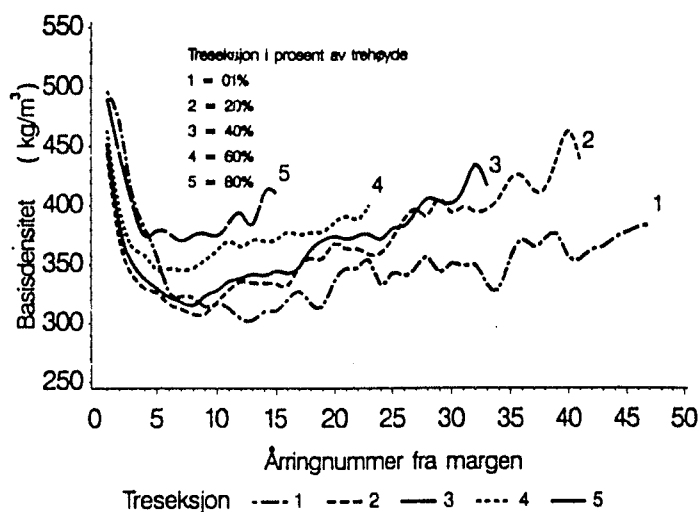


Fig. 3. Densitet avhengig av avstand fra marg og prosent av trehøyde (Kuçera).

Som det fremgår av undersøkelsen, er det bortsett fra en densitetstopp i de første 3-4 årringene (som skyldes tennar), en markert stigning i densiteten ut mot yta. Dette gjelder for alle høyder i stammen. I og med at bakhonen ligger i yteveden, vil densiteten i bord tatt fra bakhonen være til dels markert høyere enn i sentrumsuttaket. Med den klare sammenhengen det er mellom densitet og styrkeegenskaper, kan man derved slutte at *bord tatt ut fra bakhon vil ha bedre styrkeegenskaper enn trevirke tatt ut fra sentrum av stokken*. Disse styrkeegenskapene vil også bli bedre jo lengre ut i bakhonen en kommer.

I tillegg til at bord fra bakhon har høyere densitet/styrke, vil også midlere fiberlengde være større. Dette viser resultater fra samme undersøkelse (4).

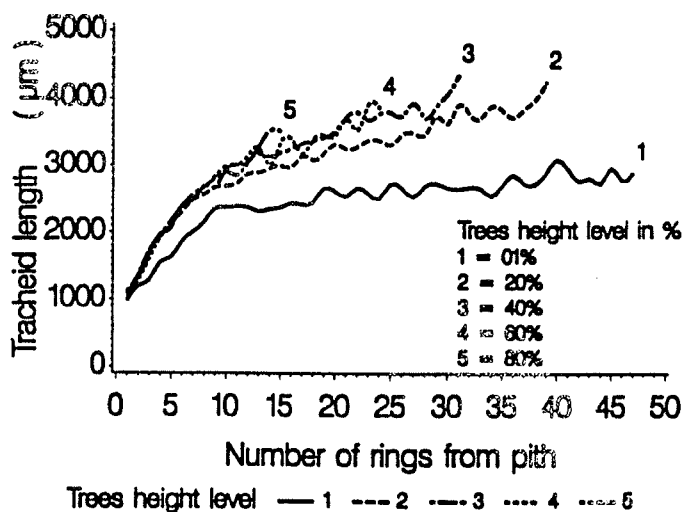


Fig. 4. Fiberlengde i avhengighet av avstand fra marg og prosent av trehøyde (Kucera).

I fig. 4 fremgår resultatene fra denne undersøkelsen, som viser en klar sammenheng mellom avstanden fra margen og fiberlengden. Det er grunn til å tro (uten at det direkte foreligger noen måledata) at en øket fiberlengde også vil bidra positivt til trevirkets styrkeegenskaper.

Det er også nylig foretatt *direkte målinger* av styrkeegenskapene forskjellige steder i stammetverrsnittet (Wormuth, 1993). Målinger er foretatt på granplanker av dimensjon 45 x 170 mm og viser densiteten og dynamisk E-modul fordelt over hele tverrsnittet representert med 102 prøveuttak på 10 x 10 mm tverrsnitt. Fig. 5 viser hvordan planketverrsnittet ser ut, og hvordan de enkelte prøver er tatt ut.

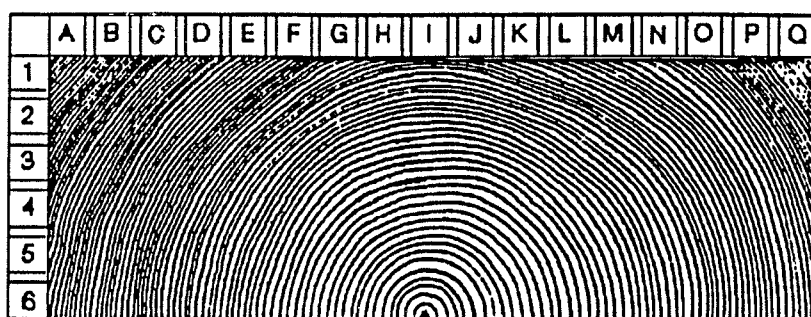


Fig. 5. Planketverrsnitt for uttak av densitets- og E-modulprøver (Wormuth).

Egenskapene i sidebordene blir i dette tverrsnittet representert av de ytterste årringene, som her i bordsammenheng blir A2, A3, A4, B1, B2, B3, C1, C2 og tilsvarende i det motsatte hjørnet.

Fig. 6 viser hvordan densiteten fordeler seg over tverrsnittet fra margen til de ytterste fibrene i yta.

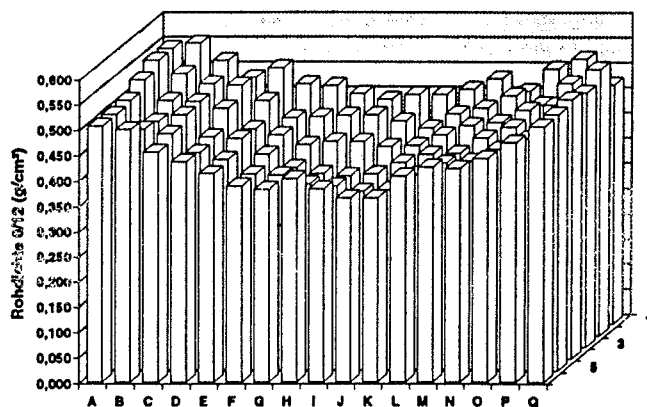


Fig. 6. Densitetsfordelingen i en granplanke over tverrsnittet uttrykt i g/cm^3 (tørrvekt/volum ved 12 % fuktighet). (Wormuth)

Det fremgår også her at densiteten er klart økende fra sentrum mot yta, og bekrefter de målinger som er vist i fig. 3. Fig. 7 viser hvordan E-modulen fordeler seg over tverrsnittet.

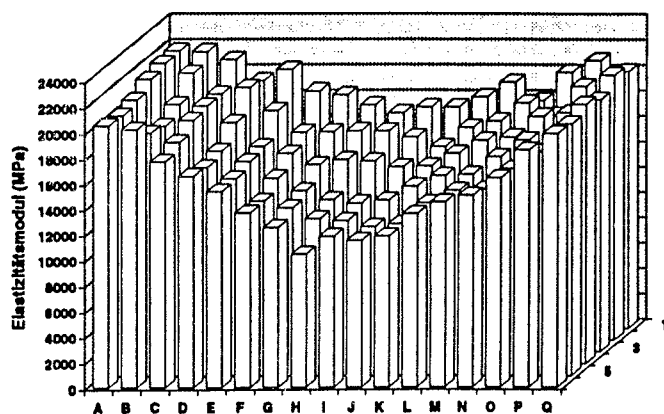


Fig. 7. Fordelingen av E-modulen over tverrsnittet i en granplanke i feilfrie prøver (Wormuth).

Som det fremgår av målingene er det for denne prøven en fordobling i E-modulen fra sentrum til de ytterste årringene! Dette understreker sammenhengen mellom densitet og E-modul, og viser klart at de beste styrkeegenskapene ligger i de ytterste deler av stokken hvor sidebordene tas ut.

Da derfor flere undersøkelser og sammenhenger peker mot bedre styrkeegenskaper jo lenger ut i stammen trevirket blir tatt ut, burde bord som er tatt ut fra bakhonandelen kunne være et utmerket råstoff for produksjon av (smale) limtrebjelker. Forøvrig burde bordene fra et i dag normalt sideuttak også ha styrkeegenskaper som ligger over gjennomsnittet i sentrumsuttaket.

Dette kan man positivt utnytte i oppbyggingen av limtre lameller hvor man som vist i fig. 8 kan legge de lavere kvalitetene i midten av limtrebjelken, og de høyere kvalitetene (som i stor grad kan komme fra sidebord) i de ytterste lameller.

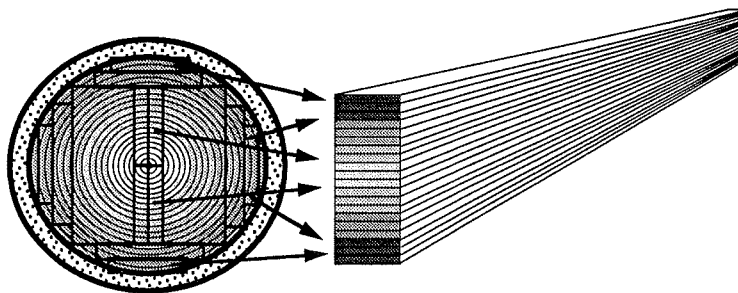


Fig. 8. En bevisst utnyttelse av stammetverrsnittets varierende styrkeegenskaper ved oppbyggingen av en limtrebjelke.

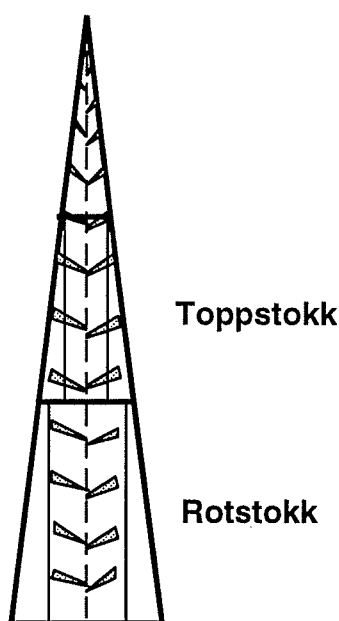


Fig. 9. Kvistfordeling i en stamme (teoretisk).

For andre anvendelser av sidebord vil *utseendet*, da først og fremst kvistmengde, være av stor betydning. Uten her å vise til noen direkte målinger av kvalitetsutfallet av sidebord sammenlignet med virket lenger inn i stokken, vil *kvistmengden* i yta på grunn av den naturlige kvistfelling, spesielt for furu, være mindre enn lenger inn i stokken. Dette vil først og fremst gjelde for rotstokken. For toppstokken vil kvistmengden være mer lik i yta og lenger inn. Dette vil fremgå av prinsippskissen over kvistsettingen i en stamme, vist i fig. 9.

Ut fra ovennevnte betraktning kan en derfor anta at den totale kvistmengden i sidebordene (spesielt for furu) vil være lavere enn i sentrumsuttaket, men at det vil være stor forskjell i kvistmengden i sidebordene mellom rot- og toppstokk. I de områder hvor det er friskkvist, vil imidlertid kvisten være større i sidebordene enn lenger inn i stammen. For dårlig oppkvistet gran vil sannsynligvis kvisten bli et problem i sidebordene både i mengde og størrelse.

Når det gjelder *kvistkvaliteten*, vil en få en gradvis overgang fra mer tørrkvist i sidebordene fra øverste del av rotstokken, til gjennomgående mer friskkvist i toppstokken. Dette er skjematisk fremstilt i fig. 10 etter en fordeling satt opp av Kärkkäinen (1986) og gjelder for furu.

Totalt sett vil en derfor måtte regne med en stor variasjon i kvistmengde og kvistkvalitet i sidebordene, som på den ene side kan gi mulighet for en utsortering av store andeler med kvistfrie bord, men hvor en også kan få store andeler av bord med tørrkvist og større friskkvist. Totalt vil en få et mindre kvistantall i sidebordene enn i sentrumsuttaket, men større variasjon i

kvistkvaliteten, som betinger en god kvalitetssortering for en optimal utnyttelse av kvalitetsegenskapene både når det gjelder utseende og styrke.

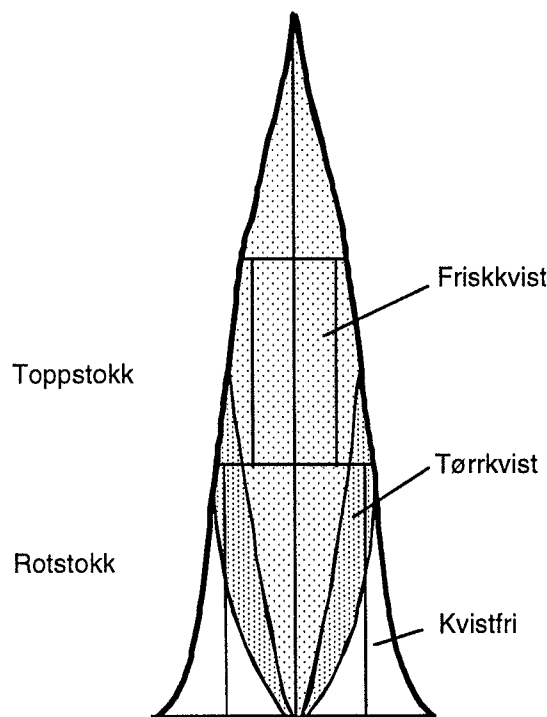


Fig. 10. Inndeling i soner for kvistfritt, tørrkvist og friskkvist i furu.
(Etter Kärkkäinen 1986).

Når det gjelder andre iboende kvalitetsegenskaper som kvaelommer, vil ifølge Temrud (6) antall kvaelommer i gran være større i sentrumsvirket enn i sidebordene. På den annen side vil kvaelommene være større i sidebordene enn i sentrumsvirket.

Formstabiliteten i sidebordene vil være bedre når det gjelder kuving p.g.a. nesten liggende årringer. Tykkelseskrypningen vil også være mindre, mens breddekrypningen derimot vil være større.

3. Utbyttepotensial for ekstra borduttak

Som det fremgår av det foregående, har det i de senere årene etablert seg en skurpraksis, spesielt for bruk med blokningsmaskiner, hvor borduttaket er blitt gradvis mindre, med en tilsvarende økning av bakhonandelen (celluloseflisandelen).

Et eksempel på en slik skurpraksis er vist i fig. 11 hvor det fremgår hvordan prosentfordelingen mellom sentrumsuttak, borduttak, sagflis og kantribb avhengig av toppdiameteren har vært i en periode for et moderne sagbruk med

blokningsmaskin. Det er her overveiende tatt ut bordtykkelser fra 19 mm og oppover med bordlengder på min. 3 m.

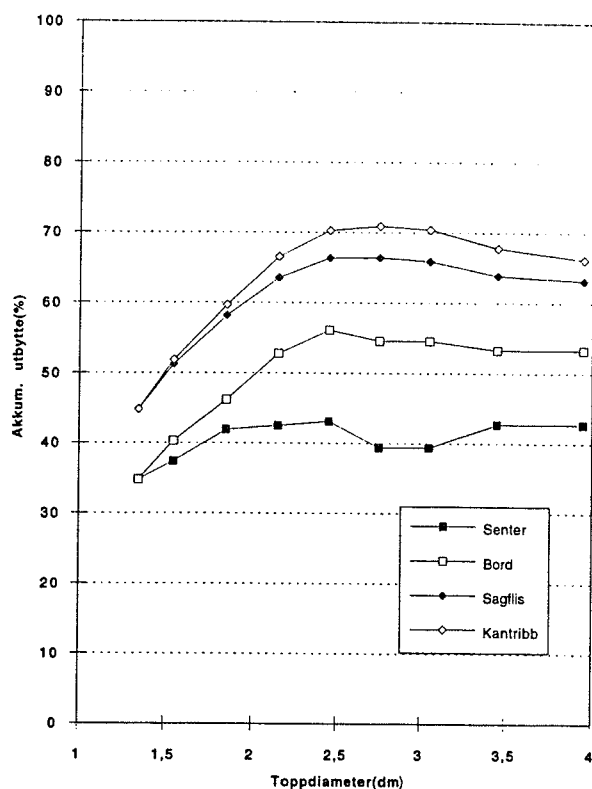


Fig. 11. Akkumulerte volumprosent av sentrumsuttak, sideuttak, sagflis og kantribb ved forskjellige toppdiametre for et trelastbruk med normalt borduttak.

Vi ser at sideuttaket (borduttaket) varierer mellom 0 % for de minste tømmerklassene, økende til 15 % for stokker omkring 30 cm toppdiameter, men synkende igjen til 10 % for de største diametrene. I gjennomsnitt ligger borduttaket her på 8,7 % av tømmervolumet. Med et sentrumsuttak på 40,7 % gir det et totalt utbytte av trelast på 49,4 %. Etter kappverket vil det salgbare skurutbyttet ligge 2-3 % lavere.

Kantribbandelen (fra de bord som blir kantet ved et normalt borduttak) er beregnet ut fra geometriske betraktninger av de ukantede bordene. Når man derved kjenner andelen kantribb, vil den nyttbare bakhonandelen for et eventuelt meruttak av bord bli differansen som gjenstår opp til 100 %. Det er denne andelen som er vist i fig. 2, og som viser at det ved normale skuruttak med borddimensjoner ned til 19 mm og lengder over 3 m på bordene, er et bakhonvolum for eventuelt ekstra borduttak på mellom 30 % og 50 % avhengig av toppdiameter.

Hvilke muligheter ligger det for et øket uttak av sidebord ved å gå ned i 13 mm og 16 mm bord, samtidig som en tillater kortere lengder på bordene?

I fig. 12 er vist resultatet av teoretiske beregninger av det totale skurutbyttet ved forskjellige borduttak på tømmerstokker med et midlere volum på 210 liter og en avsmaling i gjennomsnitt på 1 cm pr. m. Det er regnet på skurutbyttet i tre alternativer. Ved uttak av minimum 19 mm bord og minimum lengde på 3,5 m, minimum 13 mm bord og lengder ned til 2,5 m, samt minimum 13 mm bord med lengder ned til 1,2 m. Ved alle beregninger er det forutsatt skarpkantet trelast (90 % kant) med en minimumsbredde på 75 mm og en skjevinnlegging av stokken på 15 mm. Det er brukt en snittykkelse ved kanting (tømmertakende) på 4,5 mm og deling 4 mm ved beregningene.

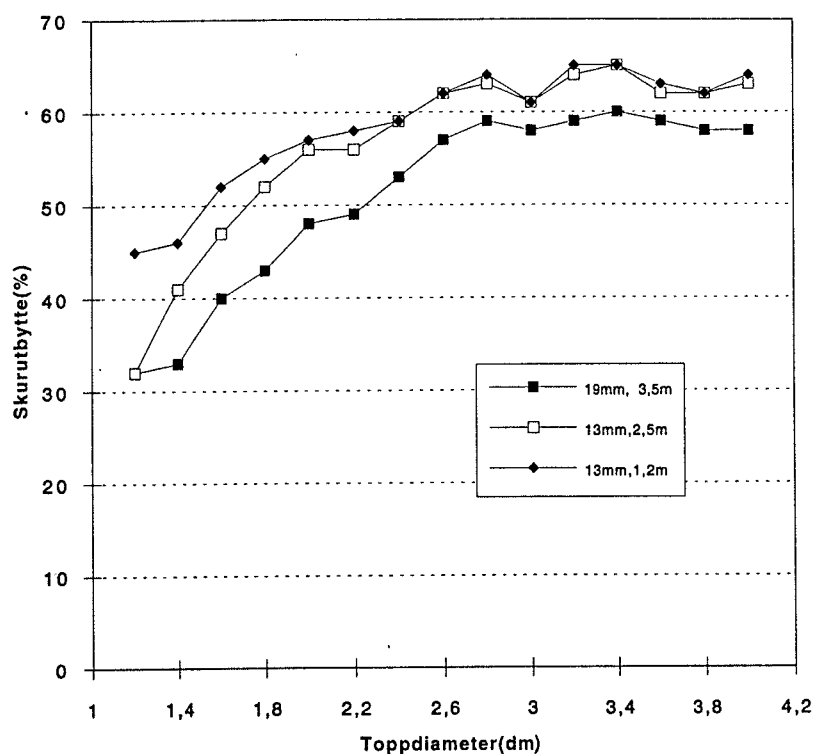


Fig. 12. Totalt skurutbytte avhengig av toppdiameter ved borduttak på min. 19 mm tykkelse og 3,5 m lengde, ved min. 13 mm og 2,5 m og ved min. 13 mm og 1,2 m (teoretiske beregninger).

Som det fremgår av diagrammet, vil en reduksjon av minimumstykkelsen på bordene til 13 mm og -lengden til 2,5 m heve det totale skurutbyttet vesentlig. Ved en normal fordeling av toppdiametrene vil skurutbyttet i gjennomsnitt øke med 6,4 %. Ved å gå ytterligere ned i lengde til 1,2 m (krever spesialopplegg), vil skurutbyttet øke ytterligere med 3,1 %, slik at en får en total økning på 9,5 %.

Midlere borduttak pr. stokk vil bli 2,6 ved normalt borduttak, 5,5 ved å gå ned til 13 mm og 2,5 m og 7,2 bord pr. stokk ved 13 mm og minimumslengde 1,2 m.

En ytterligere økning i skurutbyttet kan oppnås ved skråkanting av bordene, men dette er en så spesiell skurprosess at den ikke vil bli videre behandlet i denne rapporten. Ved kapping av bordene før

kanting kan en også øke utbyttet ytterligere, noe som er beskrevet senere i rapporten.

Det totale, nasjonale potensial for øket skurutbytte regnet i m³ pr. år vil derfor ligge på fra 290.000 m³ til 430.000 m³ ved et skurtømmerforbruk på 4.500.000 m³.

Omregnet i kroner vil det representere en verdiøkning på fra 205 mill. kr til 305 mill. kr, under forutsetning av en bordpris på 1.000 kr/m³ og en celluloseflispris på 290 kr/m³.

For en trelastbedrift med 100.000 m³ tømmerforbruk vil skurutbyttet øke med fra 6.400 m³ til 9.500 m³ og tilsvare en verdiøkning på 4.5 mill. til 6.7 mill under de samme prisrelasjonene som ovenfor.

For å avgjøre om det er interessant å ta ut mer sidebord, må det foretas lønnsomhetskalkyler. Dette krever en god del forutsetninger med hensyn til produksjonsopplegg og forventet prisnivå på bordene og celluloseflisen i kalkyleperioden.

Det største problemet er at bordprisen varierer meget over tid, og kan i perioder være helt oppe i 1400 kr/m³ og helt nede i 800 kr/m³. Så stor variasjon i prisen er det ikke for sentrumsuttaket.

Lønnsomheten av et eventuelt øket borduttak må en derfor forvente vil være sterkt varierende.

4. Produksjonsopplegg for ekstra sideborduttak

Det finnes i dag en rekke forskjellige opplegg for "normalt" uttak av sidebord i en saglinje. Skal en prøve å dele produksjonsoppleggene i noen få hovedtyper, kan en få følgende oppdeling;

- A. Skuropplegg med egne bakhonlinjer hvor bakhonen blir kløvet i en spesiell honkløve med etterfølgende kanting i en dobbelkante. En variant er også at bakhonen blir kantet først i en honkante med etterfølgende kløving. I begge tilfeller er det opplegg for retur av bakhonen for eventuelt nytt borduttak. Skiftkapasiteten er maks. 40.000 m³ tømmer uten tømmer-sortering, som er det vanlige.
- B. Skuropplegg med blokningsmaskiner hvor ukantede bord blir fremstilt i hovedlinjen, og hvor de ukantede bordene går direkte til optimerende kantverk (automatkantverk). Skiftkapasiteten er maks. 120.000 m³ tømmer ved usortert og 140.000 m³ ved sortert tømmer.

- C. Skuropslegg med blokningsmaskiner og integrert kanting i hovedlinjen. Her er det altså ingen egen bordavdeling. Skiftkapasiteten er maks. 140.000 m³ ved sortert tømmer.

Hvilke muligheter gir disse enkelte sagtypene til å øke sideuttaket ut over det som er normalt i dag, gjennom tynnere og/eller kortere bord ?

I tillegg vil det bli diskutert ideer til spesiellinjer (D 1, D 2 og D 3) hvor det fra grunnen av er lagt opp til å ta ut mer bord enn normalt.

For alle alternativene er det forutsatt en teknologi som er tilpasset norsk lønnsnivå.

4.1 Produksjonsopplegg A (gullhønelinje).

Ser en nærmere på *produksjonsopplegg A* kan det skjematisk anskueliggjøres som vist i fig. 13. Kapasiteten på et slikt anlegg vil ligge på maks. 40.000 m³ tømmer pr. skift.

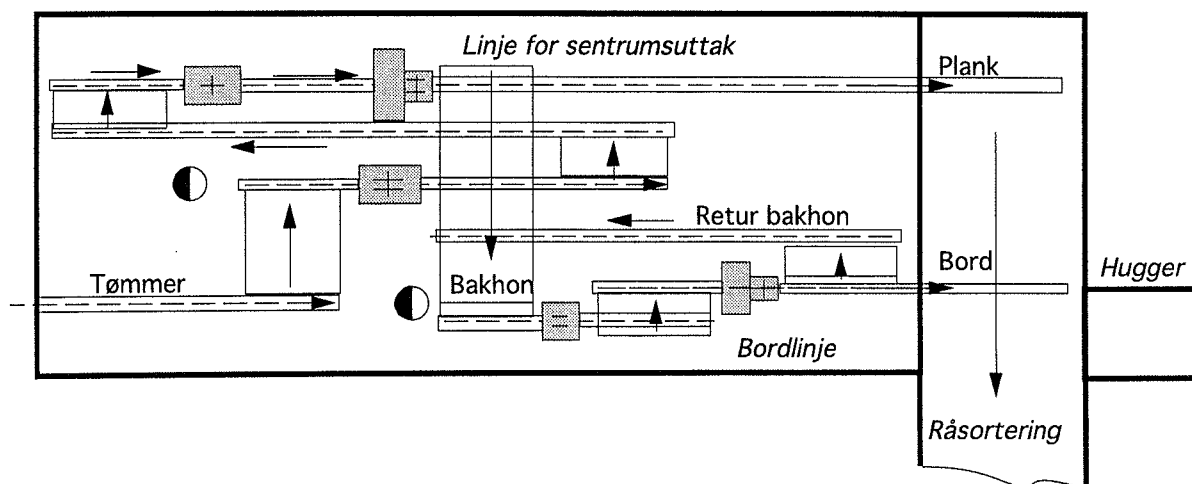


Fig. 13. Produksjonsopplegg (A) med kapasitet maks. 40.000 m³ og egen bordavdeling basert på bakhon.

Etter at sentrumsuttaket er tatt ut som plank går her sideuttaket i form av bakhon over til bordavdelingen hvor bakhonen i dette tilfellet blir kantet før kløving. Etter kløving til bord kan bakhonen returneres til dobbelkanta for uttak av flere bord.

Ved uttak av bord ned til 19 mm tykkelse og 3,5 m lengder, vil nødvendig midlere kapasitet på bordlinjen ved usortert tømmer og 20 % stopptid ligge på 5,7 bord pr. min.

I *prinsippet* kan en her derfor ta ut så mye bord som en vil fra bakhonen. Begrensningen i ekstra sideborduttak, da gjerne i form av tynnere og også kortere bord, ligger både i kapasiteten og i muligheten til å håndtere kortere

bakhoner og bord i transportutstyret. Dette gjelder både i selve bordavdelingen og i den etterfølgende råsoring og strølegging av bordene.

Som et første skritt for å øke sideuttaket av tynnere bord, men med tilstrekkelig lengde for råsoringen, kan en sette opp matehastigheten på bordlinjen og/eller øke bemanningen hvis maskinene og returmuligheten ikke er fullt utnyttet. Det førstnevnte gir en umiddelbar økning i skurutbyttet uten nevneverdig kostnadsøkning, men er selvfølgelig helt avhengig av utgangsbelastningen på kantverksoperatøren. En økning av bemanningen for å få gjennom flere bakhon (i en evt. underbelastet kantlinje) er også tenkelig, men vil kreve en vesentlig økning i utbyttet for å være lønnsom.

Ønsker en å ta ut kortere og tynnere bord enn det som er vanlig (dvs. min. 3 m og ofte bare ned til 19 mm) bør en lage et produksjonsopplegg som er spesielt tilpasset dette.

Med utgangspunkt i det opplegget som er vist i fig. 13 kan en tenke seg en egen spesiell linje for uttak av korte og tynne bord fra den mindre bakhonen, som normalt blir utsortert til hugging foran dobbelkanta og etter bakhonkløva. Et slikt opplegg er skissert i fig. 14.

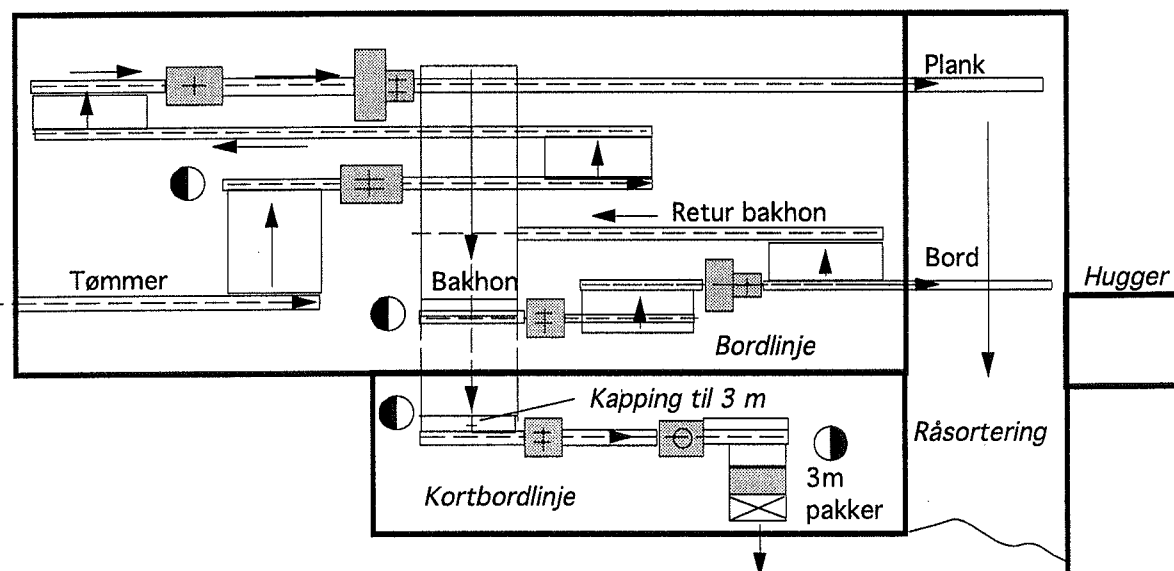


Fig. 14. Produksjonsopplegg A med ekstra linje for uttak av tynne og korte bord.

I opplegget som er vist i fig. 14, vil den honen som normalt blir utskilt foran dobbelkanta, samt den nyttbare honen som går i retur fra bakhonkløva, gå direkte til spesiell linje hvor all honen blir kappet til maks. 2,5 - 3 m regnet fra rotenden. Kappet går direkte til bestående hugger.

Den korte honen på 2,5 - 3 m blir deretter kantet og kløvet i ensartet tykkelse i kortbordlinjen. Denne linjen vil måtte ha en kapasitet på 6 - 8 honer pr. min. i gjennomsnitt, som gir et totalt borduttak på ca. 12 bord pr. min. Her er vist et opplegg med horisontal liggende blad i kløvsagen. Bordene går deretter direkte til en strøleggingsmaskin hvor det bygges opp strølagte pakker på 2,5 - 3 m

lengde. Disse pakkene kan settes inn to i bredden i en kammer- eller kanaltørke.

Et slikt opplegg uten retur på spesiallinjen (kortbordlinjen) vil kunne øke utbyttet med 4-5 %. Ønsker man å øke bordutbyttet ytterligere (ved å ta ut enda kortere bord enn 2,5 - 3,0 m) må en i tilfelle også ha retur på spesiallinjen eller lage et annet produksjonsopplegg.

I et tradisjonelt produksjonsopplegg av typen A med egen bordlinje basert på bakhon, er det derfor teknisk relativt enkelt å øke uttaket av tynnere og kortere bord. Ved enkelte sagbruk av denne typen, og spesielt de som har enkle råsorteringsanlegg som ikke har problemer med å håndtere korte bord, er det eksempler på at de har tatt ut vesentlig mer bord enn det normale.

4.2 Produksjonsopplegg B (blokningslinje med kantverk)

Produksjonsopplegg B kan prinsipielt fremstilles som vist i fig. 15. Et slikt anlegg vil ha en skiftkapasitet på max. 120.000 m³ tømmer uten tømmer-sortering og opptil 140.000 m³ ved sortert tømmer. Ett automat-kantverk vil da (på grensen) ha kapasitet til å ta unna de ukantede bordene ved usortert tømmer og "normalt" borduttak (min. 19 mm), som i *gjennomsnitt* vil ligge på 17 bord/min. Ved sortert tømmer må man ha to kantverk, da man ved de grøvste tømmerdimensjoner kan komme opp i 48 bord pr. min.

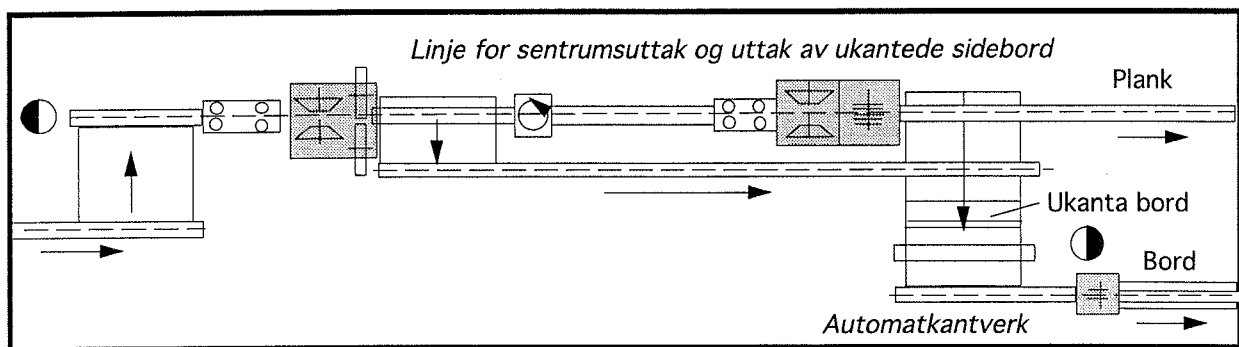


Fig. 15. Produksjonsopplegg B med blokningsmaskiner i hovedlinjen og automatkantverk for ukanta bord.

Et produksjonsopplegg av type B krever mer omfattende investeringer for uttak av ekstra sidebord enn type A. På den tømmer-takende kantsagen er det vanligvis bare to sagblad (bånd eller sirkel) som derved begrenser uttaket til to bord. På delings-sagen, som oftest er en flerblads sirkelsag, kan en imidlertid enkelt sette inn flere blad som derved gir mulighet til større borduttak. På enkelte maskiner kan det imidlertid grunnet bladstyringene ikke tas ut tynnere bord enn 19 mm. På de maskiner som ikke har bladstyring, som f.eks. to spindlete (over/under) maskiner eller etterfølgende spindler, kan man derimot ta ut så tynne dimensjoner som man ønsker. Når det gjelder uttak av tynnere og kortere bord støter man også her på problemer i den videre håndtering av både

de ukantede og kantede bordene. Bord under 2,5 - 3 m skaper problemer både i automatkantverket og ikke minst i den etterfølgende råsortering og strølegging.

Et større borduttak (4 stk.) i den tømmerfagende kantsagen som vist i fig. 14, kan bare skje ved å sette inn en dobbelt båndsg til. Foruten å være en stor investering, kan det i praksis også gi plassproblemer. For anlegg som har sirkelsag som tømmerfagende kantsag, finnes det maskiner med 4 sagblad hvor en har fast bordpostning på de ytterste sagbladene. Dette gir mulighet til å ha fast bladstyring mellom bladene, og derved kunne å ta ut bord ned til 19 mm på de innerste bordene og hvilken som helst tykkelse på de ytterste.

Teknisk er det derfor også mulig å *skjære ut* flere ukantede bord helt ned til 13 mm fra en slik saglinje med mer eller mindre grad av tilleggsinvesteringer. Teknisk burde det også være mulig å kante disse tynnere bordene så lenge de er over 2.5 m, selv om en må regne med større problemer i enstykkmaterne både foran kantverkene og i råsorteringen.

Ønsker man å ta ut kortere lengder enn dette, kan en uten spesialtilpasning ikke lenger kjøre disse bordene gjennom automatkantverkene og heller ikke gjennom råsorteringen og strøleggingen. Kortere bord enn 2.5 - 3 m vil først og fremst medføre problemer med medbringere og enstykkmaterne. Tynne bord på 13 mm vil også være "myke", og vil også av den grunn kunne skape problemer i transportopplegget generelt.

Som beregnet foran, kan en sammenlignet med å skjære bord bare ned til 19 mm øke skurutbyttet med ca. 6,5 % ved også å skjære 16 mm og 13 mm bord ned til 2.5 m. En slik økning av borduttaket på ca. 7.500 m³ pr. år vil øke det midlere kapasitetsbehovet på kantverket for typebruk B fra 17 bord pr. min. til 36 bord pr. min. ved *usortert* tømmer. Ved *sortert* tømmer vil en komme opp i et maksimalt kapasitetsbehov på hele 63 biter pr. min. Dette tilsier behov for ett kantverk i tillegg til det bestående. I fig. 16 er det vist hvordan en utvidelse av bordkapasiteten er løst ved å installere et ekstra kantverk.

For råsorteringen/strøleggingen vil en få en tilsvarende økning i kapasitetsbehovet. For *usortert* tømmer vil en i middel få en markant øket stykketallsbelastningen fra 32 biter/min til 51 biter/min (uten stopptid). Selv om det i dag er anlegg som kan ta en momentanbelastning på 90 - 100 biter pr. min., er dette på grensen av hva selv et slikt anlegg kan ta i gjennomsnitt.

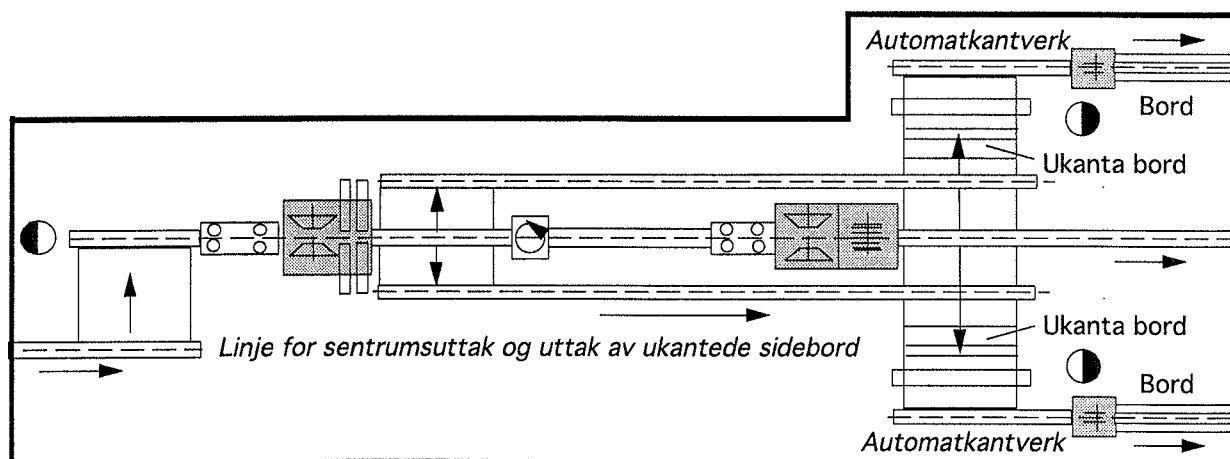


Fig. 16. Produksjonsopplegg B utvidet med ekstra snittkapasitet og ekstra kantverk for uttak av mer bord.

For sortert tømmer vil for det første skurkapasiteten øke fra 120.000 m³ til 140.000 m³ pr. skift, og for det andre vil en ved kjøring av de største tømmerklassene få et konstant høyt stykketall av planker og bord. Her vil en få en teoretisk toppbelastning (regnet uten stopptid) på 72 biter/min. ved "normalt" borduttak, og en økning til 85 biter/min. ved uttak av 13 og 16 mm bord. En slik toppbelastning vil både kantverkene og råsorteringen få problemer med.

Egentlig burde de tynneste bordene i det hele tatt ikke gå over et råsorteringsanlegg som er beregnet på å ta planker på opp til 75 mm x 225 mm. For det første skaper disse bordene store tekniske problemer (stopptid) i enstykksmaterne både til sorteringen og til strøleggingen. For det andre vil det bli mye brekkasje og kantskader på bordene.

Ved en så drastisk økning i borduttaket som vist her, burde en heller se på muligheten for å lede bordene (evt. bare de tynneste) til en egen råsortering som både dimensjoneringsmessig og teknisk var tilpasset bord. For å unngå de tekniske og de skademessige problemene med enstykksmatingen, burde en også se på muligheten for en eller annen form for etasjesortering.

Tar man ut de ekstra sidebordene i bare én tykkelse f.eks. 13 eller 16 mm, kan man lage en meget enkel strøleggingsavdeling bare for disse bordene, uten noen forutgående sortering.

Ved å gå ned på bordlengder til min. 120 cm, kan, som foran beregnet, utbyttet økes ytterligere med ca. 3 % opp til 9,5 %. Stykketallet bord vil da øke til i gjennomsnitt 52 bord pr. min. med en toppbelastning på 70 bord pr. min. ved flytende produksjon (uten stopp). Så korte bordlengder kan det være vanskelig å kjøre gjennom et automatkantverk, selv om visse leverandører av kantverk påstår at de kan ta bord ned til 1 m.

4.3 Produksjonsopplegg C (blokningslinje med integrert kanting)

Produksjonsopplegg C, som skiller seg fra de to andre ved at bordkantingen er integrert i hovedlinjen, er prinsipielt fremstilt i fig. 17.

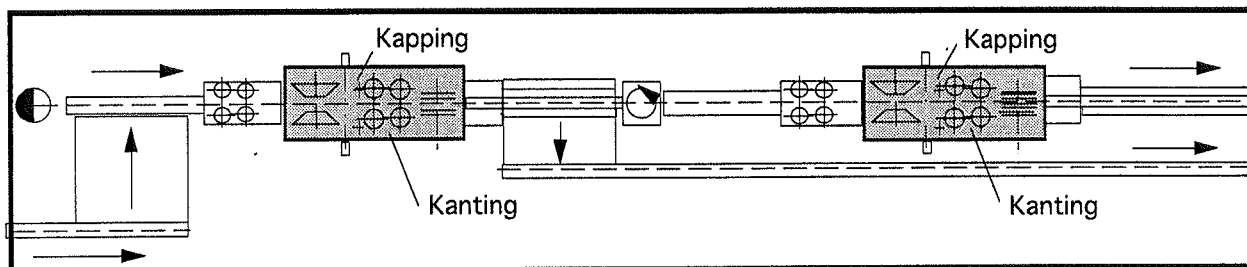


Fig. 17. Produksjonsopplegg C med integrert bordkanting og bordkapping i hovedlinjen med ekstra kantfreser for øket borduttak.

Stadig flere maskinleverandører, bl.a. Linck, Wurster & Dietz, Esterer, Søderhamn og ARI tilbyr nå slike produksjonsopplegg i forskjellige utførelser. Linck og muligens flere tilbyr også muligheten for å kappe bordene mens de ennå sitter på stokken.

Ved å kunne både kante og kappe sidebordene mens de ennå sitter på stokken, får en eliminert håndteringsproblemene med de ukantede sidebordene og de uhåndterlige honendene. Dette øker muligheten for teknisk å kunne ta ut mer sidebord, selv om en kan få redusert utbytte gjennom litt svakere krokskjæring og optimering.

Det er mulig å få levert produksjonslinjer etter dette konseptet, som kan ta ut 8 sidebord, noe som burde gi mulighet for et vesentlig øket borduttak.

Når det gjelder den etterfølgende håndtering av bordene vil en imidlertid få de samme problemene som nevnt foran under produksjonsopplegg B.

4.4 Produksjonsopplegg D1, D2 og D3 (spesiallinjer)

I tillegg til de muligheter som finnes ved å tilpasse dagens til dels "standardiserte" teknologi til et øket borduttak, kan en også gjøre seg noen tanker om hvordan man fra grunnen av kunne bygge en spesialtilpasset saglinje for maksimalt borduttak.

I 50-årene, da flere sagbruk drev med en utstrakt produksjon av kassebord basert på bakhon, ble det utviklet mange sindige konstruksjoner som etter datidens målestokk var svært avanserte. Da det på den tiden ikke eksisterte blokningsmaskiner, ble all sidebordproduksjon basert på viderebehandling av bakhonen etter at man først hadde tatt ut de grøvste bordene i tilnærmet full lengde.

"Restbakhonen" ble enten kløvet videre i en egen honkløve til ukantede bord, som deretter ble kappet i kassebordlengder og så kantet, eller bakhonen ble grovkappet i kassebordlengder for etterfølgende kløving og kanting. Den sistnevnte metoden var nok den mest utbredte. Selv om automasjonsgraden ved enkelte bruk var relativt høy, krevde det f.eks. 5 mann for å ta unna "restbakhonen" fra et bruk på ca. 35.000 m³. Med datidens lønnsnivå var dette allikevel et lønnsomt produksjonsopplegg.

Etter dagens lønnsnivå, med en operatørkostnad på 250.000 kr pr. år, ville en, forutsatt et salgbart kasseborduttak på 8 % av et tømmerkvantum på 35.000 m³, få en lønnskostnad på kr 446 pr. m³ regnet fra bakhon til strølagte kassebord. Dette ville i dag gi en tvilsom lønnsomhet.

Et produksjonsopplegg for maksimalt borduttak må i dag ha en vesentlig større automasjonsgrad for å kunne være lønnsom.

I utgangspunktet må også en *spesialsaglinje for høyt borduttak* være basert på ett av de tre prinsipper beskrevet foran;

- D 1. Uttak av bakhon fra hovedlinjen med egen spesiallinje for høyt borduttak av bakhonen.
- D 2. Ekstra uttak av ukantede bord fra hovedlinjen, med etterfølgende kanting og kapping, eller kapping i kortlengder og kanting.
- D 3. Uttak av ekstra mye ferdigkantede bord direkte i hovedlinjen.

For hver av disse alternativene vil det kunne skisseres en rekke forskjellige tekniske løsninger.

Alternativ D 1 som forutsetter ekstra borduttak av bakhon som er skilt fra hovedlinjen, er vanskelig å automatisere, og vil derfor kreve mye tung, manuell håndtering. Ønsker man imidlertid å ta ut bare korte bordlengder til f.eks. paller eller emballasje, kunne man tenke seg en mer automatisert variant av det opplegg som ble brukt i "kassebordperioden". En kapping av bakhonen før kløving og kanting ville i så fall gi betydelig økt utbytte ved et gjennomsnittlig større breddeuttak. Dette går klart frem av fig. 18, der en ser hvordan man ved en forkapping vil få en vesentlig bedre breddeutnyttelse enn ved å ta ut full bordlengde. Dette vil gi større utslag jo lenger ut i bakhonen en tar ut bord, grunnet økende avsmalning. Her kan det være tale om en økning i utbyttet på over 50 %, sammenlignet med å kante et bord i full lengde.

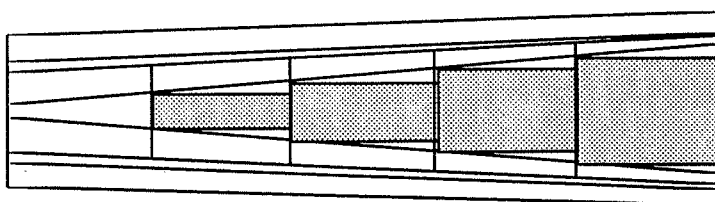


Fig. 18. Kapping før kanting ved kasseborduttak gir øket breddeuttak.

Grunnet stor manuell innsats og vanskelig automatisering, er dette alternativet ikke vurdert nærmere her, uten dermed å ha sagt at det ikke finnes teknisk interessante løsninger.

Alternativ D 2 kan tenkes utført teknisk på flere måter, avhengig av hvilket sluttprodukt man ønsker. Er det også her tale om å produsere kortlengder av bord, kan man "fantasere" over flere mer eller mindre teknisk finurlige løsninger. I fig. 19 er det vist en tenkt løsning for en saglinje spesialkonstruert for å ta ut pallevirke/emballasjevirke på ca. 120 cm fra ytterbordene, hvor det først tas ut 4 innerbord i full lengde.

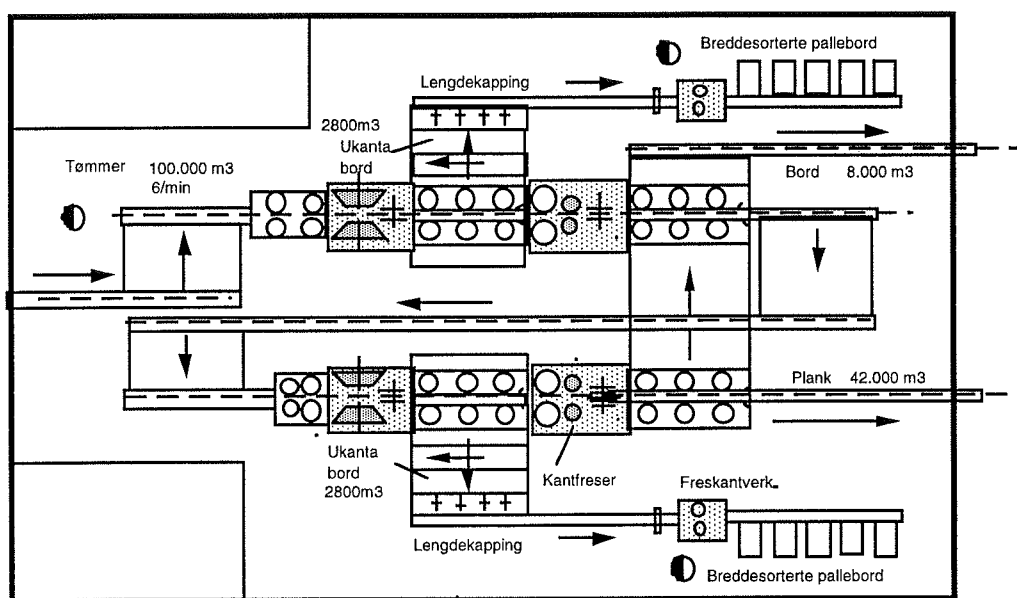


Fig. 19. *Spesiallinje D 2 for produksjon av korte emballasjebord basert på uttak av 4 ekstra ukantede sidebord som blir kappet før kantiing.*

Saglinjen er i utgangspunktet bygget opp som en vanlig blokningslinje med integrerte kantfreser, her med retur for å korte ned lengden. For å kunne utnytte "restbakhonen" maksimalt til palle/emballasjevirke i bestemte lengder på f. eks. 1,2 m, kan det for de fleste toppdiameterklasser bli tatt ut to ukantede bord foran både kantsagen/kantfresen og delingssagen/kantfresen.

Disse ukantede bordene går til to separate linjer for kapping i eksakt-lengder, med etterfølgende scanning og kantiing i forskjellige bredder. Kappingen som muligens kan by på problemer skjer fra rotenden som nullpunkt. Kapplengder under 1,20 m fra toppenden vil automatisk bli skilt ut og gå til en mindre hugger. Kantiingen kan foregå med freskantverk eller bare med sirkelsagblad. De forskjellige breddene blir deretter automatisk sortert i bredder som vist her, eller de kan gå direkte til en spesiell strøleggingsmaskin for kortlengder.

Produksjonsopplegg D3 kan i utgangspunktet være basert på produksjonsopplegg C, men modifiseres til å kunne ta et større borduttak.

I fig. 20 er vist hvordan man i prinsippet kan øke borduttaket ved å sette inn flere (to-spindlete) sagblad med fast postning og flere kantfreser direkte i hovedlinjen. Det er også vist hvordan man kunne tenke seg en form for "stepblokning" for å kunne ta ut maksimalt med bord fra bakhonen spesielt ved stokker med stor avsmalning. En slik linje kan kjøres med én operatør, tilsvarende dagens moderne blokningslinjer.

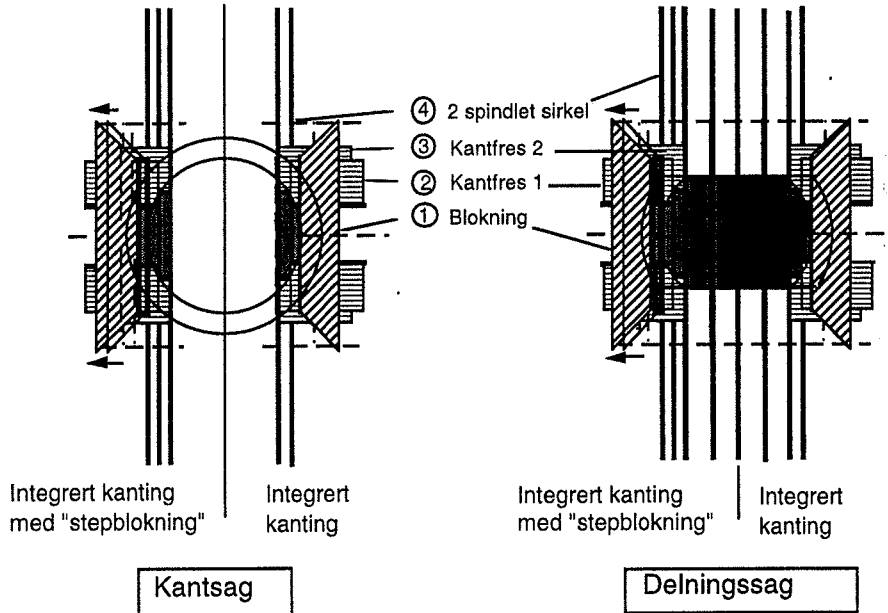


Fig. 20. Produksjonsopplegg D3 basert på et øket borduttak direkte i produksjonslinjen, og med integrert kantsag og "stepblokning".

Det sistnevnte prinsippet med "stepblokning" fremgår bedre av fig. 21. Med den raske omstillingshastigheten det er på dagens blokningsskiver, vil en bare miste ca. 10 cm i bordlengde ved hvert step. Det er forutsatt bruk av 2-spindlet sirkelsag med fast postning for utkløving av de ekstra sidebordene. Eventuelle kantfreser er ikke tegnet inn på prinsippskissen. Hvorvidt en slik stepblokning er teknisk gjennomførbar er vanskelig å si, men en sikker styring av stokken/blokken gjennom maskinene er kanskje den største tekniske utfordringen.

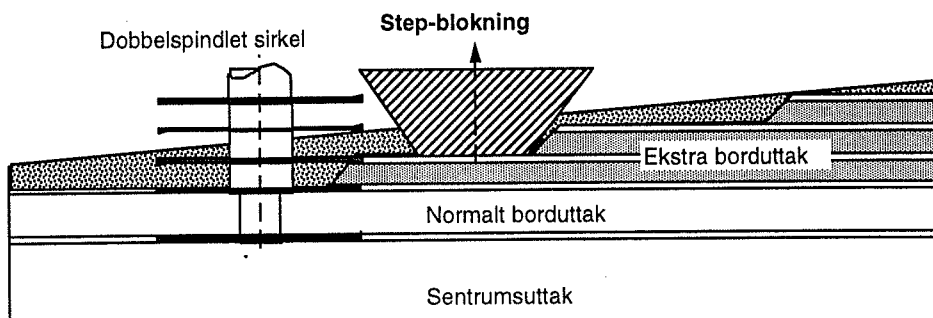


Fig. 21. Prinsipiell utførelse av stepblokning med 2-spindlet sirkelsag for utkløving av sidebordene. Eventuelle kantfreser ikke inntegnet.

5. Lønnsomhetsberegninger ved ekstra borduttak.

Ingen investering i nytt teknisk utstyr er interessant før en akseptabel grad av lønnsomhet kan sannsynliggjøres.

Som alle vet, er sidebord et produkt med høyst varierende markedsverdi. Således er det ikke uvanlig med variasjoner på opptil $\pm 30\%$ i prisene innen en relativt kort tidsperiode for bord levert bl.a til palle- og emballasjemarkedet. (I de senere årene i området fra 800 kr/m³ helt opp til 1400 kr/m³). Lønnsomheten ved uttak av bord generelt og spesielt ved ekstrainvesteringer for mer borduttak, må derfor bli være sterkt varierende.

Det er i dette forprosjektet ikke foretatt noen spesiell undersøkelse over markedspotensial og priser for sidebord til forskjellige andre anvendelser, men uansett anvendelse vil en ganske sikkert oppleve tilsvarende prisfluktuasjoner over tid som antydnet ovenfor.

I tabell 5.1 til 5.6 er det satt opp overslagsmessige kalkyler over antatte investeringer og lønnsomhet ved de 5 forskjellige produksjonsalternativene som nevnt foran. Grunnet den store variasjonen i pris på sidebordene, er det foretatt lønnsomhetsberegninger med 3 prisnivåer for sagbruk med 80 % gran og 20 % furu (900, 1100 og 1300 kr/m³).

I tillegg er det foretatt 2 beregninger for sagbruk med 80 % furu og 20 % gran (1100 kr/m³ og 1300 kr/m³, samt derav lavere bakhonpris). For furu sidebord vil prisen variere ekstra mye, fra 800-900 kr/m³ for de dårligste, helt opp i 3000 kr/m³ for de beste.

Beregningsmessig er det tatt utgangspunkt i at man "kjøper" råstoffet bakhon, som normalt går til hugging, til celluloseflispris (i dette tilfelle kr 290 pr. m³ for granbrukene og 265 kr/m³ for furubrukene). Som inntekt får man da en blanding av bord som hovedprodukt og bakhon, kapp (rått og tørt) og sagflis som biprodukter. Bordutbyttet er her regnet i prosent av en bakhonmengde på 36 %. Alle tilleggskostnader frem til ferdig tørkede og pakkebord kommer frem på kostnadssiden. Kostnadene til el. kraft, vedlikehold, hjelpematerialer og forsikring er ikke beregnet i detalj, og er derfor basert på bransjetall.

Ved en videreføring av forprosjektet vil det bli gått nærmere inn på både de tekniske løsningene, investeringer som disse medfører, samt gjennomført en mer omfattende lønnsomhetsberegning.

Tabell 5.1. Overslagsmessig investeringsbehov ved 5 forskjellige produksjonsopplegg for ekstra sideborduttak.

Overslagsmessige investeringer for øket borduttak											
BORDPRODUKSJON	Produksjonsopplegg (investeringer i 1000 kr)										
	A	40000	B	120000	C	120000	D3	120000	D2	100000	
	Ekstra bordlinje		Ekstra kantverk		Ekstra freser og blad		Stepblokning til 1,2 m		Kassebord-stepkanting		
<i>Bygg:</i>											
Tørkekammer	0,5 stk	350	2 stk	1400	2 stk	140	2,5	1750	2 stk	1000	
Prod.lokale	350m2	1750	150 m2	750					420 m2	2100	
Råsortering			400 m2	1200	400 m2	1200	400 m2	1200			
Tørresortering			300 m2	1200	300 m2	1200	300 m2	1200	150 m2	600	
Totalt bygg		2100		4550		2540		4150		3700	
<i>Maskiner:</i>											
Kantverk	Manuelt	200	Aut.	4000					2 stk	2000	
Kløvsag		200									
Ekstra kantfreser og blad ?						2500					
Stepblokning ?								3000			
Kapping av hon									2 stk	500	
Strøleggingsmaskin(en tykkelse)	3 m bord	350		1000		1000		1500	1,2 m	1200	
Transportører		300		500		400		400		400	
Tørkeutstyr		400	2 stk	1800	2 stk	1800		2250		1800	
Sum maskiner		1450		7300		5700		7150		5900	
Div. kostnader 15%		218		1095		855		1073		885	
Elektrisk opplegg.10%		145		730		570		715		590	
Montasje 10%		145		730		570		715		590	
Totalt maskiner		1958		9855		7695		9653		7965	
Total investering (1000Kr)		4058		14405		10235		13803		11665	

Tabell 5.2. Overslagsmessig lønnsomhetsberegning ved øket sideborduttak for 5 forskjellige produksjonsopplegg ved **midlere bordpris 900 kr/m³ (80 % gran - 20 % furu).**

BORDPRODUKSJON (80 % gran-20% furu)	Type/m3 tø. Sats	Produksjonsopplegg(utbytte i %, kostnader i 1000 kr)									
		A		B		C		D3		D2	
		40000	120000	120000	120000	120000	120000	100000	100000		
		Ekstra bordlinje	Ekstra kantverk	Ekstra freser og blad	Stepblokning til 1,2 m	Kassebord-stepkanting					
Inntekter(netto ab Werk)											
Sidebord	900	16	2074	17	6610	16	6221	22	8554	21	6804
Celluloseflis	290	61	2547	60	7517	61	7642	52	6515	52	5428,8
Kapp (rått og tørt)	250	10	360	10	1080	10	1080	11	1188	13	1170
Sagflis	100	13	187	13	562	13	562	15	648	14	504
Sum inntekter		100	5168		15768	100	15504	100	16904	100	13907
Råstoff											
Bakhon	290	100	4176		12528		12528	100	12528	100	10440
Dekningsbidrag 1			992		3240		2976		4376		3467
Kostnader											
Direkte lønn/kr/år	250000	3	750	5	1250	4	1000	5	1250	5	1250
Adm./salg lønn/kr/år	350000	0,3	105	0,5	175	0,5	175	0,6	210	0,5	175
Elektrisk kraft/inntekter	0,022		114		347		341		372		306
Vedlikehold/ "	0,032		165		505		496		541		445
Hjelpematr./ "	0,015		78		237		233		254		209
Forsikring(% av invest.)	0,5		20		72		51		69		58
Term. energi (380 kWh/m3)	0,20 kr/kWh	2304	175	7344	558	6912	525	9504	722	7560	575
Sum kostnader			1407		3143		2821		3418		3017
Driftsres.før avskrivn.			-415		97		155		958		449
Avskrivn. bygg(år)	20	2100	105	4550	228	2540	127	4150	208	3700	185
Avskr. mask./inkl.tørker	12	1957	163	9855	821	7695	641	9652	804	7965	664
Driftsresultat m/avskr.			-683		-952		-613		-53		-399
Finansielle kostnader											
Renter	0,08	2029	162	7203	576	5118	409	6901	552	5833	467
Økonomisk resultat			-845		-1528		-1022		-605		-866

Tabell 5.3. Overslagsmessig lønnsomhetsberegning ved øket sideborduttak for 5 forskjellige produksjonsopplegg ved midlere bordpris 1100 kr/m³ (80 % gran - 20 % furu).

BORDPRODUKSJON (80 % gran-20% furu)	Type/m3 tø. Satser	Produksjonsopplegg(utbytte i %, kostnader i 1000 kr)									
		A	40000	B	120000	C	120000	D3	120000	D2	100000
		Ekstra bordlinje	Ekstra kantverk	Ekstra freser og blad	Stepblokning til 1,2 m	Kassebord-stepkanfing					
<i>Inntekter(netto ab Werk)</i>											
Sidebord	1100	16	2534	17	8078	16	7603	22	10454	21	8316
Celluloseflis	290	61	2547	60	7517	61	7642	52	6515	52	5428,8
Kapp (rått og tørt)	250	10	360	10	1080	10	1080	11	1188	13	1170
Sagflis	100	13	187	13	562	13	562	15	648	14	504
Sum inntekter		100	5629		17237	100	16887	100	18805	100	15419
<i>Råstoff</i>											
Bakhon	290	100	4176		12528		12528	100	12528	100	10440
Dekningsbidrag 1			1453		4709		4359		6277		4979
<i>Kostnader</i>											
Direkte lønn/kr/år	250000	3	750	5	1250	4	1000	5	1250	5	1250
Adm./salg lønn/kr/år	350000	0,3	105	0,5	175	0,5	175	0,6	210	0,5	175
Elektrisk kraft/inntekter	0,022		124		379		372		414		339
Vedlikehold/ "	0,032		180		552		540		602		493
Hjelpematr./ "	0,015		84		259		253		282		231
Forsikring(% av invest.)	0,5		20		72		51		69		58
Term. energi (380 kWh/m3)	0,20 kr/kWh	2304	175	7344	558	6912	525	9504	722	7560	575
Sum kostnader			1439		3245		2917		3549		3122
Driftsres.før avskrivn.			14		1464		1442		2728		1857
Avskrivn. bygg(år)	20	2100	105	4550	228	2540	127	4150	208	3700	185
Avskr. mask./inkl.tørker	12	1957	163	9855	821	7695	641	9652	804	7965	664
Driftsresultat m/avskr.			-254		416		674		1716		1008
<i>Finansielle kostnader</i>											
Renter	0,08	2029	162	7203	576	5118	409	6901	552	5833	467
Økonomisk resultat			-416		-161		265		1164		542

Tabell 5.4. Overslagsmessig lønnsomhetsberegning ved øket sideborduttak for 5 forskjellige produksjonsopplegg ved midlere bordpris 1300 kr/m³ (80 % gran - 20 % furu).

BORDPRODUKSJON (80 % gran-20% furu)	Type/m3 tø. Satser	Produksjonsopplegg(utbytte i %, kostnader i 1000 kr)									
		A	40000	B	120000	C	120000	D3	120000	D2	100000
		Ekstra bordlinje		Ekstra kantverk		Ekstra freser og blad		Stepblokning til 1,2 m		Kassebord-stepkanting	
<i>Inntekter(netto ab Werk)</i>											
Sidebord	1300	16	2995	17	9547	16	8986	22	12355	21	9828
Celluloseflis	290	61	2547	60	7517	61	7642	52	6515	52	5428,8
Kapp (rått og tørt)	250	10	360	10	1080	10	1080	11	1188	13	1170
Sagflis	100	13	187	13	562	13	562	15	648	14	504
Sum inntekter		100	6090		18706	100	18269	100	20706	100	16931
<i>Råstoff</i>											
Bakhon	290	100	4176		12528		12528	100	12528	100	10440
Dekningsbidrag 1			1914		6178		5741		8178		6491
<i>Kostnader</i>											
Direkte lønn/kr/år	250000	3	750	5	1250	4	1000	5	1250	5	1250
Adm./salg lønn/kr/år	350000	0,3	105	0,5	175	0,5	175	0,6	210	0,5	175
Elektrisk kraft/inntekter	0,022		134		412		402		456		372
Vedlikehold/ "	0,032		195		599		585		663		542
Hjelpematr./ "	0,015		91		281		274		311		254
Forsikring(% av invest.)	0,5		20		72		51		69		58
Term. energi (380 kWh/m3)	0,20 kr/kWh	2304	175	7344	558	6912	525	9504	722	7560	575
Sum kostnader			1471		3346		3012		3680		3226
Driftsres.før avskrivn.			443		2832		2729		4498		3265
Avskrivn. bygg(år)	20	2100	105	4550	228	2540	127	4150	208	3700	185
Avskr. mask./inkl.tørker	12	1957	163	9855	821	7695	641	9652	804	7965	664
Driftsresultat m/avskr.			175		1783		1961		3486		2416
<i>Finansielle kostnader</i>											
Renter	0,08	2029	162	7203	576	5118	409	6901	552	5833	467
Økonomisk resultat			13		1207		1552		2934		1949

Tabell 5.5. Overslagsmessig lønnsomhetsberegning ved øket sideborduttak for 5 forskjellige produksjonsopplegg ved midlere bordpris 1100 kr/m³ (20 % gran - 80 % furu).

BORDPRODUKSJON (80 % gran-20% furu)	Type/m ³ tø. Satser	Produksjonsopplegg(utbytte i %, kostnader i 1000 kr)									
		A	40000	B	120000	C	120000	D3	120000	D2	100000
		Ekstra bordlinje		Ekstra kantverk		Ekstra freser og blad		Støpblokning til 1,2 m		Kassebord-støpkanting	
<i>Inntekter(netto ab Werk)</i>											
Sidebord	1100	16	2534	17	8078	16	7603	22	10454	21	8316
Celluloseflis	265	61	2328	60	6869	61	6983	52	5953	52	4960,8
Kapp (rått og tørt)	230	10	331	10	994	10	994	11	1093	13	1076,4
Sagflis	100	13	187	13	562	13	562	15	648	14	504
Sum inntekter		100	5381		16502	100	16142	100	18148	100	14857
<i>Råstoff</i>											
Bakhon	265	100	3816		11448		11448	100	11448	100	9540
Dekningsbidrag 1			1565		5054		4694		6700		5317
<i>Kostnader</i>											
Direkte lønn/kr/år	250000	3	750	5	1250	4	1000	5	1250	5	1250
Adm./salg lønn/kr/år	350000	0,3	105	0,5	175	0,5	175	0,6	210	0,5	175
Elektrisk kraft/inntekter	0,022		118		363		355		399		327
Vedlikehold/ "	0,032		172		528		517		581		475
Hjelpematr./ "	0,015		81		248		242		272		223
Forsikring(% av invest.)	0,5		20		72		51		69		58
Term. energi (380 kWh/m ³)	0,20 kr/kWh	2304	175	7344	558	6912	525	9504	722	7560	575
Sum kostnader			1422		3194		2865		3504		3083
Driftsres.før avskrivn.			143		1861		1828		3197		2234
Avskrivn. bygg(år)	20	2100	105	4550	228	2540	127	4150	208	3700	185
Avskr. mask./inkl.tørker	12	1957	163	9855	821	7695	641	9652	804	7965	664
Driftsresultat m/avskr.			-125		812		1060		2185		1385
<i>Finansielle kostnader</i>											
Renter	0,08	2029	162	7203	576	5118	409	6901	552	5833	467
Økonomisk resultat			-287		236		651		1633		919

Tabell 5.6. Overslagsmessig lønnsomhetsberegning ved øket sideborduttak for 5 forskjellige produksjonsopplegg ved midlere bordpris 1300 kr/m³ (20 % gran - 80 % furu).

BORDPRODUKSJON (80 % gran-20% furu)	Type/m3 tø. Sats	Produksjonsopplegg(utbytte i %, kostnader i 1000 kr)									
		A	40000	B	120000	C	120000	D3	120000	D2	100000
		Ekstra bordlinje		Ekstra kantverk		Ekstra freser og blad		Stepblokning til 1,2 m		Kassebord-stepkanting	
<i>Inntekter(netto ab Werk)</i>											
Sidebord	1300	16	2995	17	9547	16	8986	22	12355	21	9828
Celluloseflis	265	61	2328	60	6869	61	6983	52	5953	52	4960,8
Kapp (rått og tørt)	230	10	331	10	994	10	994	11	1093	13	1076,4
Sagflis	100	13	187	13	562	13	562	15	648	14	504
Sum inntekter		100	5841		17971	100	17524	100	20049	100	16369
<i>Råstoff</i>											
Bakhon	265	100	3816		11448		11448	100	11448	100	9540
Dekningsbidrag 1			2025		6523		6076		8601		6829
<i>Kostnader</i>											
Direkte lønn/kr/år	250000	3	750	5	1250	4	1000	5	1250	5	1250
Adm./salg lønn/kr/år	350000	0,3	105	0,5	175	0,5	175	0,6	210	0,5	175
Elektrisk kraft/inntekter	0,022		129		395		386		441		360
Vedlikehold/ "	0,032		187		575		561		642		524
Hjelpematr./ "	0,015		88		270		263		301		246
Forsikring(% av invest.)	0,5		20		72		51		69		58
Term. energi (380 kWh/m3)	0,20 kr/kWh	2304	175	7344	558	6912	525	9504	722	7560	575
Sum kostnader			1453		3295		2961		3635		3187
Driftsres.før avskrivn.			572		3228		3115		4966		3642
Avskrivn. bygg(år)	20	2100	105	4550	228	2540	127	4150	208	3700	185
Avskr. mask./inkl.tørker	12	1957	163	9855	821	7695	641	9652	804	7965	664
Driftsresultat m/avskr.			304		2179		2347		3955		2793
<i>Finansielle kostnader</i>											
Renter	0,08	2029	162	7203	576	5118	409	6901	552	5833	467
Økonomisk resultat			142		1603		1938		3403		2326

Som det fremgår av beregningseksemplene, vil det for et typisk granvirkesbruk med de forutsetninger som er brukt mht. investeringer og utbytteøkning bli en uakseptabel lønnsomhet for alle alternativene med en bordpris på 900 kr/m³.

En pris på 1100 kr/m³ vil gi et overskudd på alle alternativer unntatt A og B, med det beste resultat for alternativ D3. D3 er imidlertid en spesialbygget linje med mye uprøvd teknologi, som derfor gir stor usikkerhet mht. funksjonsdyktighet og kapasitet. Beregningen indikerer imidlertid at det er interessant å gå videre med de tanker som er fremsatt m.h.t. spesiellinjer for høyt borduttak.

Øker prisen til 1300 kr/m³, som er en pris som sannsynligvis bare kan oppnås i korte perioder, vil lønnsomheten på papiret bli bra for alle alternativer unntatt alternativ A.

For alternativ A må bordprisen opp i 1400 kr/m³ for å få et minimum av lønnsomhet.

For et typisk furubruk med 80 % furu og 20 % gran, har en regnet med en gjennomsnittlig høyere pris på sidebordene som nevnt foran, og en lavere pris på råstoffet bakhon.

Med en gjennomsnittspris på 1100 kr/m³ på bordene gir alle alternativer unntatt A et positivt økonomisk resultat med D3 som det beste.

Ved en gjennomsnittspris på 1300 kr/m³, som ikke er helt urealistisk ved god kvalitet og sortering av furubordene, vil en få interessante resultater for alle alternativer.

Som en konklusjon på disse overslagsmessige teknisk/økonomiske betraktninger, ser det ut som det er vanskelig å oppnå tilfredsstillende økonomi ved et øket uttak av sidebord med de priser og de produksjonsteknikker som er vanlige i dag (1996). Dette gjelder spesielt for trelastbruk med stor granandel. For bruk med stor furuandel synes mulighetene større for et lønnsomt uttak av mer sidebord.

En annen konklusjon er at det synes mest økonomisk interessant å bygge en spesiellinje for høyt borduttak helt fra grunnen av, med bl.a. bruk av nye teknikker som på en rasjonell måte kan ta ut mer bord, også korte. Her kan man tenke seg å gå enda lenger i spesialisering for behandling av tynne bord bl.a. gjennom nye, kontinuerlige tørketeknikker.

Med de store variasjoner det er i teknologi ute på brukene, må hvert enkelt måtte foreta egen beregninger over lønnsomheten ved et eventuelt øket borduttak. Ved egnet utnyttelse av bestående sagutstyr, sorteringsopplegg og bygninger kan en komme frem til gunstigere økonomi enn hva disse beregninger, som er basert på investeringer i nytt utstyr og nye bygninger viser.

6. Produksjonsopplegg for limtre

Som det fremgår av forrige kapittel, er uforedlete sidebord et relativt lavt-vurdert produkt med store variasjoner i prisen. Dette gjør investeringer i øket borduttak meget usikre med dagens teknologi og priser/lønninger.

Som et alternativ for sagbrukene til å selge bordene uforedlet, vil det her bli sett på hvilke tekniske muligheter det er for en oppgradering av bordene ved sagbrukene gjennom enkel lamineringsteknikk.

Prisen på laminerte emner til dører, vinduer, bjelker og andre bruksområder ligger på et vesentlig høyere nivå og med generelt mindre variasjoner i prisen. Konkurransen er imidlertid hard også på dette markedet noe som krever et meget rasjonelt produksjonsopplegg for å kunne overleve økonomisk.

Råstoffet for de laminerte produktene vil være bord av forskjellige tykkelser og bredder med dimensjoner ned til 13 mm x 75 mm.

De laminerte produktene kan være emner til dører og vinduer, møbelplater men også spesialstendere og mindre bjelker som vist i fig. 22.

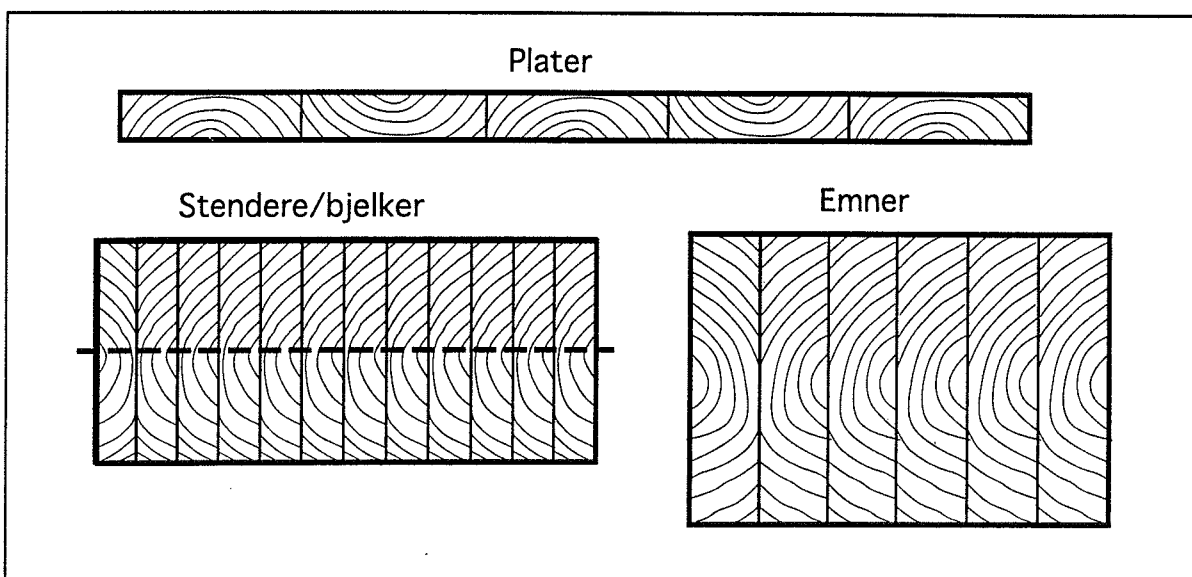


Fig. 22. Eksempler på limte produkter med utgangspunkt i bord.

For fremstilling av slike rette limtreprodukter er det flere mulighet for et rasjonelt produksjonsopplegg med mer eller mindre helautomatiske linjer.

Ønsket lengde på limtreproduktene vil selvfølgelig sterkt påvirke valg av produksjonsopplegg. En middellengde på bordene på under 4 m ved et høyt borduttak vil begrense lengden på de laminerte produktene tilsvarende. Større limtre lengder krever fingerskjøting av bordene, med de relativt store kostnader det medfører.

Som et eksempel på produksjonsopplegg for fremstilling av rette limtreprodukter er det her valgt å satse på en maksimal lengde på 2,5-3 m. Dette gir mulighet for fremstilling av limtreprodukter på opptil 2,5-3 m uten fingerskjøting. For større lengder er det mulig å fingerskjøte selve bjelkene. For å utnytte overskytende kapplengder er det også sett på et opplegg med buttliming av kortlengder brukt som "fyllstoff" midt i bjelker og stendere.

6.1 Lamineringslinje (A) for ferdigkappede bord på 2,5-3 m.

Det enkleste opplegget er basert på ensartete bordlengder på f.eks. 2,5 m som råstoff. Med en middellengde på bordene på ca. 4 m vil ca. 2/3 av bordene få en lengde på 2,5 m. Av de resterende 1/3 kan halvparten sorteres ut til f.eks. 1,2 m palle/emballasjevirke, mens den andre halvparten med kortere biter kan hugges opp før tørking eller selges som ved hvis den tørkes. Dette vil senke gjennomsnittsprisen på bordene og kreve minst 1140 kr/m³ for de kappede bordene hvis man ønsker en gjennomsnittspris på 1000 kr/m³.

For laminering kreves det at bordene er tørket ned til ca. 12 % fuktighet. For emner kan det kreves fuktighet ned til 8 %. Tørking til 10 % vil teoretisk øke tørketiden med ca. 35 % i forhold til å tørke til 17 %. Energiforbruket vil øke med ca. 25 %. Overslagsmessig vil det øke tørkekostnadene med ca. 40 kr/m³.

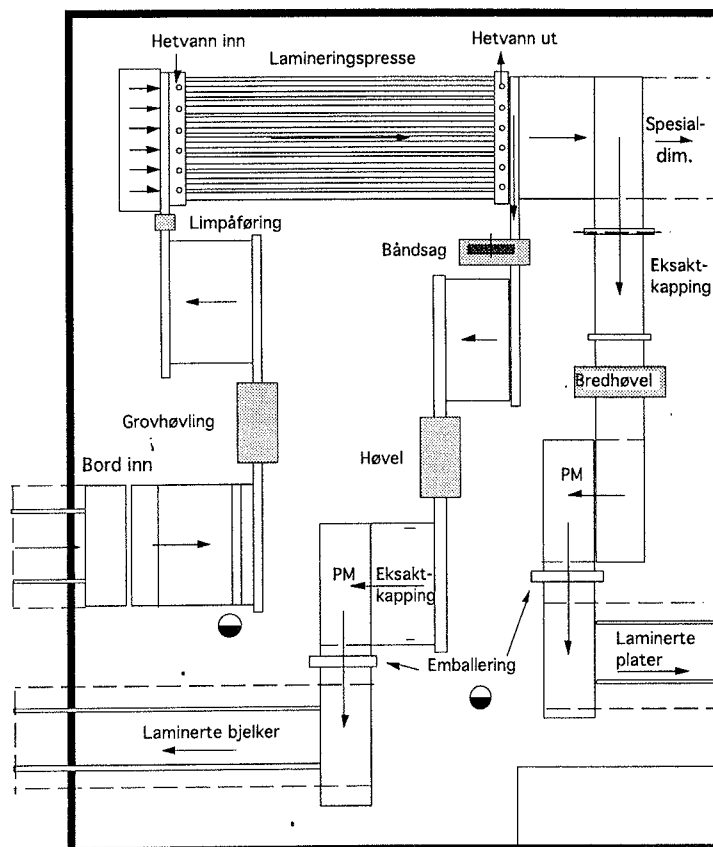


Fig. 23. Lamineringslinje (A) for fremstilling av limte plater, stendere, bjelker og emner basert på 2,5 m bord som råstoff.

I fig. 23 er det vist et forslag til produksjonsopplegg for limte produkter med en maks. lengde på 2,5 m basert på ferdigkappede bord på vel 2,5 m. De produkter som kan fremstilles er kantlimte plater (max. 1,2m x 2,45 m), små bjelker, stendere, emner og tykke bordplater opptil 100 mm tykkelse.

Bord med en lengde på ca. 2,5 m og en fuktighet på 8-12 % blir tatt inn til en enstykksmater (vakuumløfter) for innmating i høvel. Bordene bør ha en temperatur på min. 15-20 °C før de går i produksjon. En utsorteringsmulighet for bordene er lagt inn foran høvelen. Etter høvling går bordene via en buffer til limpåføring (150-220 g/m²) og deretter direkte til en kontinuerlig limpresse hvor man enten kan kantlime bordene eller lime dem sammen på flasken. Om nødvendig kan en tenke seg en automatisk årringvurdering av bordene etter høvelen, for derved å kunne vende bordene vekselvis for å få så liten kuring på platene som mulig.

Maksimal åpning på den beskrevne limpressa er her satt til 100 mm. Takttiden på pressen er fra 15 biter/min for laminering og 22 biter pr. min. ved kantliming. Dette gir en teoretisk bruttokapasitet på fra 3500 m³/år/skift ved laminering av 13 x 75 mm bord til 14000 m³ ved kantliming av 25 x 100 mm bord.

Etter limpressa som er oppvarmet med hettvann fra barkfyringsanlegget går laminatet enten til platebearbeiding med eksaktkapping og høvling eller til stender/bjelke/emnebearbeiding via kløvsag, høvel og eksaktkapping. Avhengig av hvilken bredde man ønsker på plater og stendere/bjelker/emner, blir det automatisk utelatt å ha på lim ved ønsket antall lameller. I produksjonsopplegget er det også tatt hensyn til at det kan leveres spesiallaminater i så store bredder som ønskelig.

I slutten av produksjonsstrengene er det opplegg for emballering av de laminerte produktene.

6.2 Lamineringslinje (B) med buttskjøting av bord.

Ønsker man en bedre utnyttelse av bordenes fulle lengde, er det vanlig å ty til fingerskjøting. For tynne bord er dette imidlertid en relativt kostbar prosess, og det er derfor sett på en alternativ produksjonsprosess som kan gi bortimot samme lengdeutnyttelse. Dette prinsippet er basert på å benytte buttskjøting av de lengder som er kortere enn 2,5 m. Dette fremgår best av fig. 24 som viser en stender/bjelke som er bygd opp av 6 buttskjøtte lameller med modul 0,5 m i midten og 2 hele lameller i hver av kantene.



Fig. 24. Utnyttelse av kortlengder av bord ved buttskjøting av de indre lameller.

Med basis i samme presstype og maksimallengde er det i fig. 25 skissert et opplegg for hvordan dette teknisk kan løses. Opplegget er basert på en diskusjon med Dimter, som leverer lamineringslinjer.

Produksjonsprosessen starter her med at bord i full lengde blir tatt inn til enstykkmating og høvling. Deretter blir bordene via en tverrtransportør overført til en lengdemåling og videre til en optimeringskappsag som kapper ut lengder på 2,5 m, 2,0 m, 1,5 m, 1,0 m og 0,5 m. Disse lengdene blir lagret i hver sin buffertransportør. De enkelte lamellene blir derfra matet etter ønsket syklus inn i pressa slik at man får en riktig fordeling mellom ytterlameller i full lengde og kortere innerlameller, som alle kan kombineres til en lengde på 2,5 m.

Etter limpressa er opplegget tilsvarende det foregående, bortsett fra at det ikke er lagt opp for produksjon av plater. Produksjonsteknisk er det ikke noe problem å lage buttskjøtte plater, men markedsmessig er det mer usikkert.

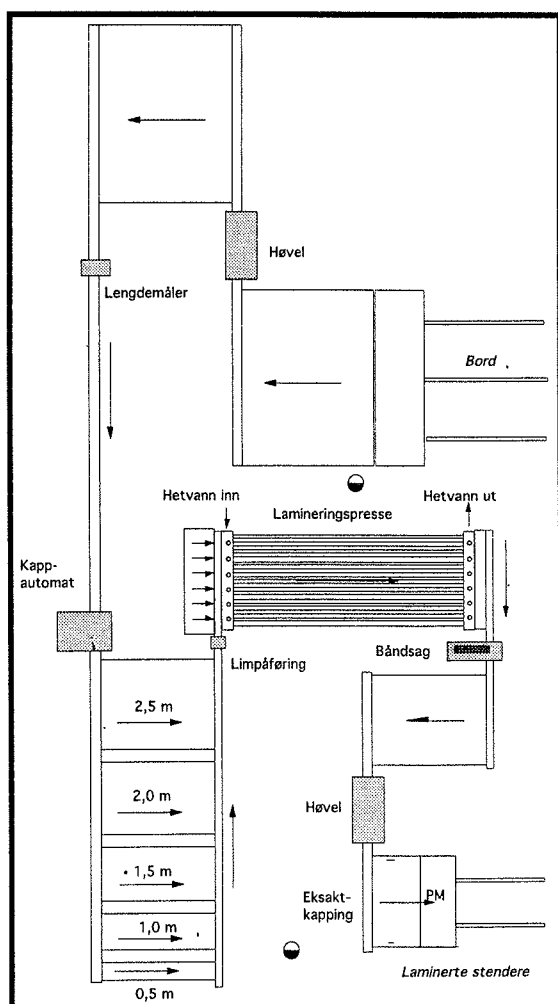


Fig. 25. Lamineringslinje (B) for maks. 2,5 m lengder med buttskjøting av innerlamellene.

Ved et slikt opplegg vil en få en lengdeutnyttelse på ca. 94 % som vil kreve en gjennomsnittspris på 1045 kr/m³ for de kappede bordene for å kunne oppnå en gjennomsnittspris på hele bordmengden på 1000 kr/m³. Dette vil da gi en råstoffkostnad som ligger ca. 100 kr/m³ lavere enn det første alternativet. I stedet har man fått investeringer i en ekstra optimeringslinje og større bygningsmasse. Investeringsbehovet for de to typer av lamineringslinjer fremgår forøvrig av bilag 6.1.

7. Lønnsomhetsberegninger for limtreproduksjon

I teorien virker det interessant å se på muligheten for en oppgradering av bordene til laminerte produkter med markedsverdier som er det mangedobbelte av bordverdien. Det er imidlertid ikke dermed sagt at lønnsomheten er like interessant. Produksjonen av rette laminerte bjelker er ingen ny teknologi, det finnes i dag flere firmaer som kan levere "nøkkelen i døra" -produksjonslinjer av forskjellige typer. Da markedet dessuten sannsynligvis så langt er dekket, må en regne med stor markedsinnsats og en hard priskonkurranse også på disse produkter.

I tabell 6.1 og 6.2 er det satt opp overslagsmessige økonomiske beregninger for produksjon av rette limtrebjelker på basis av de to tekniske opplegg presentert foran. Beregningene er basert på at limtreavdelingen er en integrert del av et trelastbruk hvor en kan dra nytte av felles salg og administrasjon, transport, verksted, billig bioenergi osv.

De nødvendige investeringer i anleggene fremgår av tabellene.

Inngangsprisen på råstoffet sidebord er beregnet foran, og vil være høyest for ferdigkappede bord på 2,5 - 3 m (1140 kr/m³) og lavest for fallende lengder (1045 kr/m³), begge priser basert på at bruket ønsker å oppnå en gjennomsnittspris inkl. kapp på 1000 kr/m³. Denne prisen ligger noe over hva som tilbys på markedet i dag.

Prisen på limtre er vanskeligst å fastsette. For vanlige rette limtrebjelker ligger prisen på 4000-5000 kr/m³ for små tverrsnitt, spesiellengder og plater endog vesentlig høyere. For de to produksjonsopplegg som er beskrevet her og som i det vesentlige er basert på gran er bl.a. limtre lengden begrenset til 2,5 - 3 m og tykkelse til i underkant av 100 mm. Bjelkehøyden er imidlertid bortimot ubegrenset.

Mulige anvendelsesområder for slike rette bjelker eller plater kan være mange, som vi har vært inne på tidligere. Det kan være korte konstruksjonsbjelker, dørkarmer, vinduskarmer og "superstendere", samt en rekke platetyper opp til en tykkelse på 100 mm. Avhengig av kvaliteten/sorteringen av bordene kan produktfordelingen forskyves fra mer høykvalitetslimtre(vinduer) til mer lavkvalitetslimtre som stendere. I beregningene er det her lagt et prisnivå som

ligger mot lavkvalitets limtre (2300 kr/m³ og 2500 kr/m³ for alt. A og 2200 kr/m³ og 2400 kr/m³ for alt. B).

De øvrige innsatsfaktorer fremgår av beregningene. En spesielt viktig innsatsfaktor er lim. Her er det store sprik i angivelsen av hvor mye lim som er nødvendig pr. m³ limflate. Her er brukt ca. 220 gram/m² og en pris på kr 15 pr. kilo lim basert på lim for innvendig konstruksjon.

I konkurranse med frittstående limtrefabriker er hovedinnsatsfaktorene som lim og produksjonsutstyr relativt like for alle produsentene. Hvor en kan hente konkurransefortrinn er i råstoffkostnader, lønnskostnader både i produksjon og administrasjon, i transport- og energikostnader samt i utnyttelse av biprodukter. Et slikt fortrinn burde være til stede ved en integrasjon med et bestående trelastbruk.

Som det fremgår av beregningene vil en midlere limtrepris på 2300 kr/m³ gi et negativt resultat ved ett-skifts drift (4000 m³ limtre) for alternativ A, men et brukbart resultat for to-skifts drift. For alternativ B hvor det er regnet med en litt lavere pris grunnet buttskjøtingen og ingen platelaminering, viser både ett- og to-skifts drift et negativt resultat.

Økes midlere limtrepris til 2500 kr/m³ respektive 2400 kr/m³ viser alternativ A positiv lønnsomhet for både ett- og to-skifts drift. For alternativ B er det bare to-skifts drift som er økonomisk interessant.

To-skifts drift gir klart store fordeler på papiret, men en skal være oppmerksom på at det også skal selges et dobbelt så stort kvantum.

Denne enkle økonomiske kalkylen viser at det i teorien er mulig å oppnå lønnsomhet under noen av de forutsetninger som er brukt. Den største usikkerheten i beregningene og ved en praktisk gjennomføring av prosjektet er hvilket markedspotensial som ligger i de forskjellige limtreprodukter, og hvilken pris som kan oppnås.

Tabell. 6.1

Overslagsmessige lønnsomhetsberegninger for limtreproduksjon basert på det tekniske opplegg beskrevet i kap. 5. (Limtrepris 2300 kr/m³).

LIMTREPRODUKSJON (80 gran-20% furu)	Produksjonsopplegg (Utbytte i %, kostnader i 1000 kr)											
	Råstoff: 2,5m bord-ett skift			Råstoff: 2,5m bord- to skift			Råstoff: Fall.lengder-ett skift			Råstoff: Fall.lengder-to skift		
	Satser	A	4000	Satser	A	8000	Satser	B	4000	Satser	B	8000
<i>Inntekter ab Werk</i>												
Laminerte bjelker/emner	2300	72	6624	2300	72	13248	2200	82	7216	2200	82	14432
Laminerte plater	4000	10	1600	4000	10	3200	4000	0	0	4000	0	0
Kapp	150	6	36	150	6	72	150	6	36	150	6	72
Kutterflis	150	10	60	150	10	120	150	10	60	150	10	120
Sagflis	100	2	8	100	2	16	100	2	8	100	2	16
Sum inntekter		100	8328		100	16656		100	7320		100	14640
<i>Råstoff</i>												
Sidebord	1140	100	4560	1140	100	9120	1045	100	4180	1045	100	8360
Dekningsbidrag 1			3768			7536			3140			6280
<i>Kostnader</i>												
Direkte lønn/år	250000	3	750	271000	6	1626	250000	3	750	271000	6	1626
Adm./salg lønn/år	375000	1,5	563	375000	2	750	375000	1,5	563	375000	2	750
Elektrisk kraft	0,022		183	0,022		366	0,022		161	0,022		322
Vedlikehold/matr.	0,042		350	0,042		700	0,042		307	0,042		615
Lim (12kg/m3x15kr/kg)	180		720	180		1440	180		720	180		1440
Forsikring(% av invest.)	0,5		63	0,5		63	0,5		74	0,5		74
Term. energi (50kWh/m3)	0,20 kr/kWh		40	0,20 kr/kWh		80	0,20 kr/kWh		40	0,20 kr/kWh		80
Sum kostnader			2668			5025			2615			4907
Driftsres.før avskrivn.			1100			2511			525			1373
Avskrivn. bygg(år)	20	2575	129	20	2575	129	20	3800	190	20	3800	190
Avskrivn. maskiner	12	10000	833	10	10000	1000	12	11000	917	10	11000	917
Driftsresultat m/avskr.			138			1382			-582			266
<i>Finansielle kostnader</i>												
Renter	0,08	6288	503	0,08	6288	503	0,08	7400	592	0,08	7400	592
Økonomisk resultat			-365			879			-1174			-326

Tabell. 6.2 Overslagsmessige lønnsomhetsberegninger for limtreproduksjon basert på det tekniske opplegg beskrevet i kap. 5. (limtrepris 2500 kr/m³).

LIMTREPRODUKSJON (80 gran-20% furu)	Produksjonsopplegg (Utbytte i %, kostnader i 1000 kr)											
	Råstoff: 2,5m bord-ett skift			Råstoff: 2,5m bord- to skift			Råstoff: Fall.lengder-ett skift			Råstoff: Fall.lengder-to skift		
	Satser	A	4000	Satser	A	8000	Satser	B	4000	Satser	B	8000
Inntekter ab Werk												
Laminerte bjelker/emner	2500	72	7200	2500	72	14400	2500	82	8200	2500	82	16400
Laminerte plater	4000	10	16000	4000	10	32000	4000	0	0	4000	0	0
Kapp	150	6	36	150	6	72	150	6	36	150	6	72
Kutterflis	150	10	60	150	10	120	150	10	60	150	10	120
Sagflis	100	2	8	100	2	16	100	2	8	100	2	16
Sum inntekter		100	8904		100	17808		100	8304		100	16608
Råstoff												
Sidebord	1140	100	4560	1140	100	9120	1045	100	4180	1045	100	8360
Dekningsbidrag 1			4344			8688			4124			8248
Kostnader												
Direkte lønn/år	250000	3	750	271000	6	1626	250000	3	750	271000	6	1626
Adm./salg lønn/år	375000	1,5	563	375000	2	750	375000	1,5	563	375000	2	750
Elektrisk kraft	0,022		196	0,022		392	0,022		183	0,022		365
Vedlikehold/matr.	0,042		374	0,042		748	0,042		349	0,042		698
Lim (12kg/m ³ x15kr/kg)	180		720	180		1440	180		720	180		1440
Forsikring(% av invest.)	0,5		63	0,5		63	0,5		74	0,5		74
Term. energi (50kWh/m ³)	0,20 kr/kWh		40	0,20 kr/kWh		80	0,20 kr/kWh		40	0,20 kr/kWh		80
Sum kostnader			2705			5099			2678			5033
Driftsres.før avskrivn.			1639			3589			1446			3215
Avskrivn. bygg(år)	20	2575	129	20	2575	129	20	3800	190	20	3800	190
Avskrivn. maskiner	12	10000	833	10	10000	1000	12	11000	917	10	11000	917
Driftsresultat m/avskr.			677			2461			339			2108
Finansielle kostnader												
Renter	0,08	6288	503	0,08	6288	503	0,08	7400	592	0,08	7400	592
Økonomisk resultat			174			1958			-253			1516

8. Konklusjon

I trelastindustrien er det tendenser til et stadig lavere utbytte fra tømmerstokken, og en stadig lavere videreforedlingsgrad av den trelasten som blir tatt ut.

Det største potensial for å øke utbyttet ligger i den bakhonen som blir hugget til celluloseflis og som representerer ca. 36 % av tømmer volumet. Beregninger og målinger viser at det ligger et skurutbyttepotensial i form av bord i denne bakhonandelen på fra 18 % ved ned til 2,5 m lange bord og opptil 26 % ved uttak av også korte bord ned til 120 cm sammenlignet med dagens skurpraksis. Dette representerer en skurutbytteøkning på 6,5 % til 9,5 % regnet på tømmer volumet.

Når det gjelder kvaliteten på bordene fra et ekstra sideuttak, kan den klassifiseres i styrke, utseende og deformasjoner. Styrkeegenskapene viser en klar økning jo lenger man kommer ut mot yta. Utseendet, som vanligvis blir kalt kvaliteten, er sterkt varierende med treslag, høyde i stammen og region. I rotstokken kan en finne mye kvistfrie bord ytterst i stokken, spesielt i furu, mens det i midtstokken blir en blanding av tørrkvist og større friskkvist. Deformasjoner i form av kuling blir liten i ytterbord, grunnet nesten liggende årringer, men en vil få litt større breddekrumning.

Hovedgrunnen til at det blir tatt ut relativt lite bord ligger i en økonomisk vurdering ut fra den skurteknikk som benyttes i dag og de lønnskostnader som gjelder. En gjennomgang av flere vanlige skurteknikker og også en vurdering av nye teknikker mer tilpasset et stort borduttak, viser at det med dagens (1996) bordpriser er liten lønnsomhet i et øket borduttak ved de mer tradisjonelle skurteknikker. Nye skurteknikker spesielt tilpasset stort borduttak og med lite bemanning, synes imidlertid å kunne gi interessante resultater. For bruk med stor furuandel synes også et større borduttak å være økonomisk interessant.

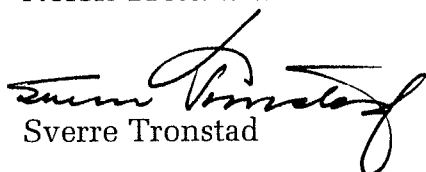
Sidebord er, tross mange gode kvalitetsegenskaper, et gjennomgående lavpriset produkt, men med store variasjoner i prisen.

I forprosjektet er det derfor også sett på muligheten for en videreforedling av bordene gjennom en sterkt automatisert lamineringsteknikk. Da tynne bord er dyre å fingerskjøte, er det her kun sett på liming av korte og hele bordlengder opptil 3 m, samt buttskjøting av bordlengder fra 0,5 m opptil 2,5 m.

Overslagsmessige økonomiske beregninger basert på de to tekniske løsninger viser at det er mulig å oppnå akseptable resultater. Et stort usikkerhetsmoment i beregningene er hvilke priser en kan oppnå på de forskjellige limtreprodukter. En sannsynlig stor fordel er en produksjonsmessig koordinering med et bestående trelastbruk for å dra delvis nytte av et allerede bestående administrasjons- og salgsapparat, transportopplegg, vedlikeholdsopplegg, samt billig energi.

Samlet kan en konkludere med at det ligger et stort potensial for en økning i skurutbyttet i form av bord (300.000-400.000 m³ pr. år på landsbasis), og at en med mer tilpassede skurteknikker kan ta ut en stor del av dette kvantum med akseptabel lønnsomhet. Det ligger også en mulighet for at en del av dette kvantumet med fordel kan oppgraderes til mer høyverdige, laminerte produkter.

Blindern, 1996-04-30
Norsk Treteknisk Institutt


Sverre Tronstad

Litteratur

1. Klem, Gustav G. og Karlsen Ole; Skurutbyttets variasjon med skurordre, tømmerdimensjon og avsmalning ved en moderne sirkelsag. Medd. nr. 1 fra NTI , 1951.
2. Lier, Mørk, Flessum; 1959
3. Tronstad S., Munthe S. O.; "Bedre utnyttelse av sekundærprodukter, Delrapport 1. Bakhon - et billig råstoff med mange muligheter", 1987.
4. Kuçera, B.; ".. juvenile formation in Norway spruce", Wood and Fiber, Jan. 1994.
5. Wormuth, E.W.; "Untersuchung des Verhältnisses von flachkant zu hochkant ermitteltem Elastizitätsmodul von Schnittholz zur Verbesserung maschinellen Festigkeitssortierung". Diplomarbeit fra Universitetet i Hamburg, fagområdet biologi (1993)
6. Temnerud, Erik; " Kådlåpor i virke från ett svenskt granbestånd". Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport nr. 242 (1994)

Rapporter

1. Energisparing og energiøkonomisering ved trelasttørking. Magnar Eikerol. 1981.
2. Oppvarming og rengjøring av skurtømmer før barking. Per Skogstad og Sverre Tronstad. 1982.
3. Betydningen av å kappe skurtømmeret etter kvalitet. Bjørn Lier. 1982.
4. NTI's simuleringsprogram for skur. Andreas Garnæs. 1982.
5. Metalldetektorer. Bjørn Lier. 1983.
6. Bruk av tre i svømmehaller. Håkon Bergsrud og Hans-Kristian Ellingsen. 1983.
7. Kvalitetskrav til skurlast av lauvtre. Bohumil Kucera. 1983.
8. Skurnøyaktighet ved råskur. Bjørn Lier og Magnar Müller. 1983.
9. Emneproduksjon. Markeder og produksjonsanlegg. Rolf Birkeland og John Rønningen. 1985.
10. Skurnøyaktighetsundersøkelser '86. Nye sirkelsagmaskiner - råskur med sagbladstyringer og tørrkløyving. Magnar Müller og John Rønningen. 1987.
11. Fingerskjøting av konstruksjonslast. Undersøkelser av forhold ved produksjon og styrke. Per Lind. 1987.
12. Skjærforhold i sagblad. Håkon Toverød. 1988.
13. MPS i trelastindustrien. Andreas Garnæs, Per R. Nordby og Håkon Toverød. 1988.
14. Trevirke. Prosjekt fasader - fornyet overflatebehandling. Redigert av Eirik Raknes. 1989.
15. Støydemping av sorterverk og internt transportutstyr. Samarbeidsprosjekt Odden Verksted A/S og NTI. Andreas Garnæs. 1992.
16. Arbeidsmiljø ved båndkløyve. Endring av avslug og demping av støy. Andreas Garnæs. 1992.
17. Tørking - trekvalitet. Resultater fra 4 tørkeforsøk. Sverre Tronstad. 1993.
18. Tørking av stolper. Resultater fra litt.studier, forsøk og økonomiske kalkyler vedr. kunstig tørking av stolper. Marie-Louise Edlund og Sverre Tronstad. 1993.
19. Nordisk samkalibrering av styrkesorteringsmaskiner. Kjell Solli. 1993.
20. Sammenliming av gulvbord ved lakkering. Blocking tendency of floor seals. Eirik Raknes. 1993.
21. Metoder for destruksjon/deponering av avfall fra impregneringsindustrien. En litteraturstudie. Fred G. Evans. 1994.
22. Miljø ved produksjon og bruk av trykkimpregnert tre. Sluttrapport. Fred G. Evans. 1994.
23. Årringer som uttrykk for tømmerkvalitet. Wei Han og Håkon Toverød. 1994.
24. Måling av tømmerkvalitet. Seminarrapport. Wei Han. 1995.
25. Lysbeskyttende forbehandling av tre kombinert med klarlakk. Lightprotecting pretreatment of wood in combination with clear coatings. Eirik Raknes. 1995.
26. Styrkesortering ger mervärde. Del 1 - Spørreundersøkelse. Strength grading gives added value. Part 1 - Questionnaire. Kjell Helge Solli. 1995.
27. Miljøargumenter for nordisk trevirke og treprodukter. Environmental arguments for Nordic wood and wood products. Tore Opdal. 1995.
28. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner (sluttrapport). Long-term durability of structural adhesives for wood (final report). Eirik Raknes. 1995.
29. Tørking av bjørk. Per F. Jørgensen, KanEnergi AS. Sverre Tronstad og Asle Tengs, NTI. 1995.
30. Kvalitetsforbedringsprogram basert på avvikskostnadsoppfølging. Quality Improvement Program based on Poor Quality Cost Measurements. Rune Moen. 1996.

Rapporter (forts.)

31. Økt økonomisk skurutbytte.
Increased economic recovery in sawmills. Andreas Garnæs, Sindre Holøyen og Håkon Toverød. 1996.
32. Øket sideborduttak. Forprosjekt.
Kvalitet, utbyttepotensial, produksjonsmetoder og videreføring. Sverre Tronstad. 1996.

Tekniske småskrifter

20. Tabeller over statiske verdier for trelast. 1992.
21. Skadeinsekter i forarbeidet trevirke. 1967.
22. Endeskjøting av trelast. 1968.
23. Trebeskyttelse. Gustav S. Klem og Fred G. Evans. 1992.
24. Mekaniske treforbindelsesmidler. 1996.
25. Sagbruksavfall som industribrensel. 1974.
26. Tregulv - typer og egenskaper. Michael Foslie. 1976.
28. Sortererhåndboka. Kvalitetsforhold i trevirke. Michael Foslie. 1979.
29. ABC for fingerskjøting. Karl Mørkved. 1980.
30. Råteskader i bygninger. Årsaker - Forebyggende tiltak - Utbedring.
Jöran Jormer og Carl Michael Johannesson. Oversatt av Fred G. Evans. 1982.
31. Impregnert trevirke. Bruksområder og egenskaper. Fred G. Evans. 1984.
32. Fuktavhengige dimensjonsforandringer i høvellast. Michael Foslie. 1989.
33. Treteknisk Håndbok. 1991.

Utredninger

47. Kontroll og styring av trelasttørker. Trygve Raen og Sverre Tronstad. 1978.
48. Tørkeskjemaer for norske og utenlandske treslag. Trygve Raen og Sverre Tronstad. 1979.
49. Bjerk - Produksjon, egenskaper, bearbeiding og anvendelse. K. Vadla, N. Berg og M. Foslie. 1980.
50. Trekonstruksjoner. Eksempelsamling. 1988.

Meddelelser

1. Skurutbyttets variasjon med skurordre, tømmerdimensjon og avsmaling ved en moderne sirkelsag. Gustav S. Klem og Ole Karlsen. 1951.
2. Sammenliknende skurforsøk mellom sirkelsagblad med viggete og stukete tenner. Gustav S. Klem og Ole Karlsen. 1951.
3. En undersøkelse av skurnøyaktigheten ved forskjellige sagbrukstyper. Gustav S. Klem og Martin Seem. 1951.
4. Tannvinklenes innvirkning på kraftforbruket ved saging med og mot fibrene. Curt Skoglund og Gullik Hvamb. 1953.
5. En transportteknisk undersøkelse på stabeltomtene ved trelastbrukene. Ulført ved Produksjonsteknisk Forskningsinstitutt etter oppdrag og i samarbeid med NTL. 1954.
6. Fuktighetsopptak i gulvbord under lagring på byggeplassen. Ole Karlsen. 1954.
7. Noen resultater fra undersøkelser over saging med og mot fibrene. Torstein Englesson, Gullik Hvamb og Bertil Thunell. 1954.
8. Skurnøyaktigheten ved våre viktigste sagbrukstyper. Gullik Hvamb. 1956.
9. Laminering av trykkimpregnert furu. Magnus M. Selbo og Ole Grønvold. 1956.
10. Fastmasse i stablet, kappet bakhon. Michael Foslie. 1957.
11. Undersøkelser over metoder for tørking av rå sagflis. Per Granlund. 1958.
12. Tørkløyving med koniske sirkelsagblad. Lester H. Reincke og Gullik Hvamb. 1958.
13. Metode for beregning av pneumatiske tørkeanlegg basert på eksperimentelle undersøkelser med sagflis. Per Granlund. 1959.
14. Brikettering av bark og sagflis. H. Millstein og K. Mørkved. 1960.
15. Strength and Stiffness of Glued Laminated Timber Beams. Johannes Moe. 1961.
16. Fingerskjøting av furubord. Eirik Raknes. 1961.
17. A Study of Nail-Glued Timber Truss Joints. Johannes Moe. 1961.
18. Stability in Fire of Protected and Unprotected Glued Laminated Beams. K. Imatsumi. 1962.
19. The Mechanism of Failure of Wood in Bending. Johannes Moe. 1962.
20. Studier over stukete og viggete rammesagblad og skurnøyaktighet. M. Breznjak og G. Hvamb. 1962.
21. Liming av trykkimpregnert bøk. E. Raknes. 1962.
22. Forsøk med trykkimpregnering av skurlast av gran etter en spesiell metode. Per Hanetho. 1962.
23. Studier over skurnøyaktigheten ved båndagskur av frosset og ikke frosset virke. Rolf Birkeland og Gullik Hvamb. 1963.
24. Styrkeegenskapene hos furu (*Pinus sylvestris*) fra Pasvik og fra Østlandet. Michael Foslie. 1963.
25. Strength Properties and Testing Methods of Glued Finger Joints in Structural Timbers. O. Brynildsen. 1965.
26. Sammenligning av beregningsmetoder for enkle tretakstoler. O. Brynildsen. 1966.
27. Limte bjelkelagsselementer. O. Brynildsen. 1966.
28. Varigheten av granvirke behandlet med forskjellige konserveringsmidler og under anvendelse av forskjellige konserveringsmetoder. Gustav S. Klem. 1966.
29. Slagbruddfasthet og kløvfasthet til furuvirke trykkimpregnert med et vannløselig saltkonserveringsmiddel. Gustav S. Klem. 1966.
30. Investigations on Sawing Accuracy for Big Bandsaw when Sawing Frozen and Unfrozen Logs with Different Feed Speeds and Different Swage Sizes. Rolf Birkeland. 1967.
31. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Eirik Raknes. 1968.
32. Fingerskjøting med resorcinlim ved høy trefuktighet. Eirik Raknes. 1967.
33. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 1. Bøystyrke, elastisitetsmodul og strekkstyrke målt på 3" x 8" og 2" x 4". Michael Foslie og Knut Moen. 1968.
34. Resultatene av målinger av skurnøyaktigheten ved sirkelsagbruk og båndagsbruk. R. Birkeland. 1968.
35. Lagringskader på ubarkot skurtømmer og effekten av sprøyting med insekt- og soppdrepende midler. Gunnar Wilhelmsen og Michael Foslie. 1968.
36. Fingerskjøting av konstruksjonsvirke med høy trefuktighet. Eirik Raknes. 1969.
37. Frittstående tretakstoler. Odd Brynildsen og Rolf Schjødt. 1969.
38. Skur med stukete tenner på sirkelsagblad med høy matning pr. tann. M. Breznjak og Knut Moen. 1969.
39. Betydningen av sterk tilvekstøkning hos vanlig furu for trevirkets tørkeskader, bøyefasthet og skjærfasthet. Gustav S. Klem. 1970.
40. On the Vibration of the Circular Saw Blade under Sawing Conditions. M. Breznjak og Knut Moen. 1970.
41. Fingerskjøting av "lufttørr" trelast ved hjelp av høyfrekvensoppvarming. Eirik Raknes og Martin Seem. 1971.
42. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 3. Styrkeegenskaper for små, feilfrie prøver. Michael Foslie. 1971.

43. NTI's Trebjelkefasit. NTI. 1971.
44. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Eirik Raknes. 1972.
45. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 2. Bøystyrkens og strekkstyrkens sammenheng med enkelte sorteringskriterier. Michael Foslie og Knut Moen. 1972.
46. On the Lateral Movement of the Bandsaw Blade under Various Sawing Conditions. M. Breznjak og K. Moen. 1972.
47. Korrosjon på metaller i kontakt med trykkimpregnert trevirke. Egil Ormstad. 1973.
48. Theory and Experiment on the Optimal Operation of Circular Saws. C.D. Mote, Jr. og Sindre Holøyen. 1973.
49. The Temperature Distribution in Circular Saws during Cutting. C.D. Mote, Jr. og Sindre Holøyen. 1973.
50. Saltakstoler. Asbj. Aass jr. og Odd Brynildsen. 1974.
51. Egenskaper til trevirke fra gjødslet gran- og furuskog. Gustav S. Klem. 1974.
52. Automatic setting of a twin circular saw. M. Breznjak, A. Garnæs, S. Holøyen og B. Lier. 1975.
53. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 10 års eksponering. Eirik Raknes. 1976.
54. Apparat for ikke-ødeleggende prøving av sponplater. K. Mørkved, S. Johannesen og E. Ormstad. 1976.
55. Sagbladstyringer. Sindre Holøyen. 1977.
56. Feedback control of sawblade temperature with inductionheating. C.D. Mote, Jr. og S. Holøyen. 1977.
57. Krokskur. M. Breznjak, B. Lier, M. Müller og A. Storm. 1977.
58. Småhusfundamenter av tre. Tore Haavaldsen. 1979.
59. Structural models for trussed rafters. O. Brynildsen. 1979.
60. Saw stability control by thermal tensioning. S. Holøyen, C.D. Mote, Jr. og G.S. Schajer. 1979.
61. Tverravstivning av bjelkelag. Jon Lundesgaard. 1980.
62. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 15 års eksponering. Eirik Raknes. 1981.
63. Oppbøying av takstoler. N. Mjøs og O. Ellingsrud. 1982.
64. Temperaturspenninger og sideutbøying på enkeltkoniske sirkelsagblad. Sindre Holøyen. 1982.
65. Hydrodynamic sector bearings as circular saw guides. C. D. Mote, Jr., G.S. Schajer og L.I. Telle. 1982.
66. Målesystem for vurdering av kantingsoperasjoner. 1983. I. Sandqvist, K.O. Sommardahl, L.I. Telle og A. Usenius.
67. Usymmetriske sirkelsagblad. Sindre Holøyen. 1983.
68. Korrosjon på metaller. Fred G. Evans. 1984.
69. Gran og sitka innplantet på Vestlandet. M. Foslie. 1985.
70. Usymmetriske sirkelsagblad. Del II. S. Holøyen. 1985.
71. Sawing Accuracy at Norwegian Bandsaw Mills. Nobuaki Hattori. 1986.
72. Konstruksjonsvirke med små tverrsnitt. 1986. Kjell Solli og Reinhard Lackner.
73. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 22 års eksponering. E. Raknes. 1987.
74. Gran fra Vestlandet. Styrke og sortering. R. Lackner og M. Foslie. 1988.
75. Lysbeskyttende forbehandling av tre. E. Raknes. 1988.
76. Belastningstidens innflytelse på strekkfasthet for konstruksjonsvirke i dimensjon 45 x 145 mm. R. Lackner. 1990.
77. The performance of glued laminated beams manufactured from machine stress graded norwegian spruce. R.H. Falk, K.H. Solli og E. Aasheim. 1992.

