



Økt økonomisk skurutbytte

Increased economic recovery in sawmills

Av Andreas Garnæs, Sindre Holøyen og Håkon Toverød



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

Økt økonomisk skurutbytte.

Increased economic recovery in sawmills.

Saksbehandlere: Andreas Garnæs, Sindre Holøyen og Håkon Toverød.

Dato: 6. mars 1996.

Oppdragsgiver: Bransjeløft for bedre virkesutnyttelse.

Kontaktperson: Viseadm. dir. Tore E. Johnson.

Prosjektnummer: 349016

Sammendrag.

Denne studien har hatt som formål å utforme definisjoner av skurutbyttet, samt å finne fram til enkle målemetoder for dette. Anbefalinger til definisjon av skurutbyttet er utarbeidet sammen med korte metodebeskrivelser for hvordan utbytterelaterte størrelser kan måles. (Kapittel 6.)

Nøyaktigheten for de automatiske målesystemene for tømmer ble undersøkt. Generelt er målerammenes presisjon tilstrekkelig for å fastlegge volum og verdi av et parti stokker, men målevariasjonen for enkeltstokker var betydelig. Målerammer med 1 og 2 måleretninger ble sammenlignet, og viste som ventet høyere presisjon for 2-vegs rammer. Begge systemene gir et tilstrekkelig presist inntrykk av tømmerpartier, men 2 måleretninger er å foretrekke for enkeltstokker. (Kapittel 3.)

Stokkileggere benyttes i noen anlegg til å måle tømmeret på sagbenken. For enkelte tømmerklasser viste det seg at disse målingene ikke gav sikkert inntrykk av diameteren, selv ikke for tømmerpartiet som helhet. Bruk av disse målingene til å bestemme postningen er derfor ikke tilrådelig, med mindre presisjonen er godt dokumentert på forhånd. (Kapittel 3.)

Konsekvensene av usikker diametermåling på presisjon i tømmer-sorteringen ble undersøkt teoretisk. Prinsipper for hvordan en kan oppnå brukbar sorteringspresisjon selv med usikker måling ble utredet. Forutsetningen er at målefeilen er rimelig normalfordelt. (Kapittel 4.)

Vankanten målt på råsorteringen kan gi et godt inntrykk av hvor godt en tømmermengde passer med det valgte uttaket. En teoretisk modell for dette er utviklet. (Kapittel 5.)

<i>Stikkord:</i>	Trelastproduksjon, skurutbytte, måleteknikk.
<i>Keywords:</i>	Timber production, yield, measuring technology.

Summary.

Increased economic recovery in sawmills.

The aim of this study was to draw up definitions of the recovery from logs and to find simple ways of measuring this. Recommendations for definition of the yield is prepared, together with brief method descriptions of how yield related values can be measured. (Chapter 6.)

The precision of the automatic measuring systems for timber was examined. As a rule the log scanner precision is sufficient to determine the volume and value of a log batch, but the measurement variation for individual logs was considerable. Both 1- and 2-way log scanners were compared, and, as anticipated, the 2-way scanners had the higher precision. Both systems give a sufficiently precise impression of the timber lots, but 2-way scanning is preferable for single logs. (Chapter 3.)

In some mills log positioning scanners are used to measure the logs on the saw bench. For some timber classes these measurements did not give a reliable impression of the diameter, even for the batch as a whole. Consequently, it is not advisable to use these measurements to determine the sawing pattern unless the precision of the equipment is well documented. (Chapter 3.).

The consequences of the deviation of diameter measurements in the log sorting were examined theoretically. Principles for how to obtain a good sorting precision even with uncertain measurements were considered. The condition is that the measurement deviation is normally distributed. (Chapter 4.)

The wane was measured on the green lumber and seems to give a good impression of how well a log batch fits the selected sawing pattern. A theoretical model for this has been developed. (Chapter 5.)

Innhold.

Sammendrag.....	3
Summary.	4
Innhold.	5
Forord.	7
1. Litteraturstudium.	7
2. Forsøksoppsett.	10
2.1. Prøveutvalg og automatregistrering.	10
2.2. Målinger og registreringer.	11
3. Måleresultater.....	12
3.1. Resultater av tømmermålingen ved bruk 1.	12
3.1. Resultater av tømmermålingen ved bruk 2.	13
3.3. Fordeling av måleverdiene.....	13
3.4. Individmåling av tømmer.	14
3.5. Sammenligning mellom 1-vegs og 2-vegs målerammer.	16
3.6. Målerammenes sorteringsevne.....	17
3.7. Måling av sentrumsutbyttet.	18
3.8. Vankantens størrelse i måleseriene.....	19
4. Målenøyaktighet og tømmer-sortering.	20
4.1. Målenøyaktighet.....	20
4.2. Sorteringsnøyaktighet.	22
4.2.1. Effekten av bedre nøyaktighet.	22
4.2.2. Smale tømmerklasser.	23
5. Vankant og stokkdiameter.....	24
5.1. Skjevtillegging i kantsag.....	25
5.2. Skjevtillegging i delingssag.	25
5.3. Vankantlengde og stokkavsmalning.....	26
6. Definisjoner og metoder.	28
6.1. Definisjoner.	29
6.2. Metoder for måling av skurutbyttet.	30
6.2.1. Måling av rå skurlast på råsorterverket.....	30
6.2.2. Kontroll av postning og klassegrensar.	30
6.2.3. Kontroll av vankant.....	31
6.2.4. Måling av virkelig skurutbytte.	31
6.2.5. Registrering av tømmerforbruk og kvalitets-sortert virke.....	31
6.3. Produksjonsoppfølging med vankantmålinger.	31
7. Litteratur.....	33

Forord.

Prosjektet "Økt økonomisk skurutbytte" inngår i programmet "Bransjeløft for bedre virkesutnyttelse" finansiert av Forskningsrådet og SND v/Norwood med 50% og av to trelastbedrifter, NTI og TL med 50%. Styringsgruppen for programmet er oppnevnt av Trelastindustriens Landsforening og består av:

- Viseadm. dir. Tore E. Johnson, Bergene Holm AS (formann)
- Utviklingssjef Peder Gjerdrum, Norske Skog Trelast A.S. FoU
- Viseadm. dir. Pål Tajet, Moelven Treindustrigruppen A.S.
- Disp. Terje Smistad, Kirknesvaag Sagbruk & Høvleri A/S
- Disp. Andreas Granhus, A/S MøreTre
- Adm. dir. Ingemar Moland, Begna Bruk AS
- Dir. Finn Johansen, Trelastindustriens Landsforening

Denne rapporten omhandler første fase av prosjektet som har hatt til hensikt å utvikle sammenlignbare målemetoder og analyseverktøy for tømmer og skurutbytte. Arbeidet bygger på konkrete undersøkelser av målenøyaktighet i den tekniske utrustningen for måling av tømmer, og registrering av skurutbytte ved de to pilotbedriftene.

1. Litteraturstudium.

Utbyttespørsmålet - dvs. hva en sitter igjen med av trelast fra en gitt tømmermengde, har tydeligvis også opptatt tidligere generasjoner av trelastfolk. Litteratursøking over emnet skurutbytte avslører at forholdsvis tunge studier på dette området ble gjennomført like før og etter siste verdenskrig.

NTI's meddelelse nr. 1 [23], som kom ut i årsskiftet 1950-51, burde fremdeles p.g.a. sitt innhold være aktuelt, interessant og lærerikt lesestoff for de fleste trelastfolk. Ole Karlsen, tidligere rektor ved Norges Trelastskole, er en av hovedpersonene bak rapporten, som har tittelen "Skurutbyttets variasjon med skurordre, tømmerdimensjon og avsmalning ved en moderne sirkelsag".

Rapporten har et solid grunnlagsmateriale. Den er basert på skur av over to tusen granstokker. Disse fordelte seg med ca. 50 stk. på hvert diametertrinn (2 cm intervall fra 10-30 cm toppdiameter) med avsmalninger varierende mellom 0,5 og 2 cm pr. løpende meter. Av forsøstekniske grunner ble stokker med påfallende krok fjernet på forhånd.

Hver enkelt stokk ble nummerert før skuren, og det samme nummeret ble ført opp på de planker og bord som den ble oppdelt i. Dette gav mulighet for å fastlegge skurutbyttet for den enkelte stokk. Litt uvant for oss i dag er kanskje det at en skar sidebordene helt ut, - dvs. at en i tillegg til skarpkant fikk bord med 2/3 og 1/3 kant. Minstelengden på bordene ble satt til 2 meter.

Skurlasten ble sortert i IV, V og VI-sort etter Østlandets Skurlastmålings vankantregler. Lastens kvalitet forøvrig ble neglisjert. Ca. 150 stokker ble veid enkeltvis ved inntaket på sagen, og trelasten og honen fra hver enkelt av disse ble veid

med det samme etter skuren. Vektforskjellen mellom stokker og trelast/hon dannet grunnlag for beregning av sagflisprosenten.

Skurutbyttet er beregnet både etter midtmålt kubikk og etter toppmål til det stokkvolum som toppmålstabellen forutsetter. Tabellen var, da som nå, basert på toppmålt tømmer og en avsmalning på 1 cm pr. meter. Resultatene viser p.g.a. datidens borduttak en god del høyere utbytteprosent enn sagbrukene har i dag. Rapporten gir godt innblikk i hvordan tømmerdimensjon, avsmalning og målemetode påvirker skurresultatet og utbytteprosenten. F.eks. øker skurutbyttet med stokkdiameteren og med dårligere kant på skurlasten. Det viser seg imidlertid at utbyttet flater ut (eller synker) for de aller største stokkdiametrene p.g.a. for lite variantutvalg i pristabellen.

For lik toppdiameter vil størst avsmalning gi høyest utbytte når tømmeret kuberes etter toppmålstabellen. En centimeter større avsmalning vil ved skarpkantskur gi omtrent 9 % høyere volumutbytte. Ved kubering etter midtmålt diameter er virkningen av avsmalning motsatt, - dvs. at utbytteprosenten avtar med økende avsmalning. Forskjellen i utbytteprosent p.g.a. kuberingsmåte kommer vesentlig fra den underkubering som toppmålstabellen gir for avsmalninger større enn 1 cm pr. løpende meter.

Det blir påpekt at større avsmalning gjerne medfører dårligere skurlastkvalitet p.g.a. større kvistmengde i tømmeret. Rapporten opererer for skarpkantskur med utbytteprosent fra 49,7 til 69,1 (midtmålt tømmer) for avsmalninger på 1 cm pr. meter og diametre henholdsvis på 10 og 30 cm.

Det er gjort oppmerksom på at undersøkelser gjerne gir noe høyere utbytte enn det som oppnås under normal produksjon. Årsaken formodes å være høyere konsentrasjon og mindre jag, - dvs. at en i undersøkelser ikke forhaster seg i samme grad som i produksjonsmiljø. Svenske og amerikanske undersøkelser anslår denne effekten til rundt 4%. Det rapporterte utbyttet reflekterer også at undersøkelsen har unngått utbyttereduksjon p.g.a. kroket tømmer.

I 1974 foretok Garnæs [11], i forbindelse med utviklingen av NTT's første simuleringsmodell for skur av tømmer, beregninger og analyse av hvordan stokkenes diameter, lengde og avsmalning innvirker på utbyttet. Det er satt som krav til planker og bord at de skal holde 2/3 kant og bak. Resultatene som er gjennomsnitt for toppdiametre fra 12-29 cm, er vist i tabellene nedenfor.

Avsmalning (Taper) cm/m	Tømmerlengde (Log length)		
	4 m	5 m	6 m
0,8	56,8 %	57,3 %	58,5 %
1,0	58,6 %	61,0 %	61,7 %
1,2	59,2 %	63,8 %	64,2 %

Tabell 1: Utbytte beregnet etter toppmål og kuberingstabell.
(Recovery calculated based on top diameter.)

Avsmalning (Taper) cm/m	Tømmerlengde (Log length)		
	4 m	5 m	6 m
0,8	58,2 %	60,1 %	61,6 %
1,0	58,6 %	60,7 %	61,1 %
1,2	56,9 %	61,3 %	60,2 %

Tabell 2: Utbytte beregnet etter midtdiameter.
(Recovery calculated based on mid diameter.)

Garnæs og Müller [12] foretok i 1974 praktiske målinger av tømmer og skurutbytte for å få en direkte kontroll på simuleringsmodellens beregninger. Resultatene fra målingene lå i verdi noe under beregningsresultatene, slik som en kunne forvente. Konklusjonen ble at det var et rimelig samsvar mellom simuleringsmodell og praksis for sentrumsuttaket. Undersøkelsen var for liten til å kunne vise noen statistisk sammenheng mellom utbytte og stokkdata for krok, ovalitet, lengde og avsmalning.

Gullik Hvamb, Bjørn Lier m.fl. [19], [20] og [25] gjennomførte fra 1959 til -63 omfattende studier av produktiviteten i sagbruks- og høvleriindustrien. Resultatene fra disse undersøkelsene er ikke direkte overførbare til dagens forhold, da kantkravet til planker og bord ved enkelte bruk er helt nede i 1/3 kant og 5/8 bakside. Midlere utbytteprosenten ved de undersøkte sagbrukslinjene hadde en variasjon mellom 45,8% og 68,3% for plankeuttaket, og fra 2,3% til 13,4% for borduttaket.

Bertil Thunell [34] opererte i 1979 med følgende gjennomsnittsverdier for skurutbyttet etter sagbrukstype: Sirkelsager 52,9%, Rammesager 49,6%, Bandsager 53,3% og Redusersager 45,9%.

De senere års utbyttesundersøkelser i Sverige har i en vesentlig del vært rettet mot tømmerkvalitetens innvirkning på skurresultatet. Dette gjelder særlig for arbeidet utført ved Svenska Lantbruksuniversitetet i Uppsala, under professor Mats Nylinder [28-31]. Nylinder har vært opptatt av hvordan ytre kjennetegn som kuler, overflatejevnhet, krok, ovalitet, avsmalning og rotendens konisitet sammen med inndeling i topp-, midt- og rotstokk, kan være parametre i en kvalitetssortering av tømmerstokkene. Det foreligger ennå ikke klare tall for hvilket utbyttespotensial som ligger i en slik sortering.

Eksamenskandidatene Bergkvist, Nilsson og Norén [4] har bl.a. viet stor oppmerksomhet til automatiske måleinnretninger som målerammene for tømmer. De har i et par tilfelle funnet signifikant avvik mellom målerammeresultat og resultatet fra den manuelle kontrollmåling. Den generelle sluttbedømmelsen av resultatene er likevel at målefeilen er liten (i underkant av 4 mm i det dårligste resultatet). Det påpekes at den undersøkte kryssmåleramme tydeligvis hadde en systematisk feil ved beregning av diameter 2, og dette gav utslag i ovalitetsbedømmelsen. Kvalitetsutfallet viste dårlig overensstemmelse mellom stokk kvalitet og sentrumsutbyttekvalitet. Og kvalitetsresultatene var betydelig dårligere enn det stokk kvaliteten skulle tilsi.

Det er sannsynlig at målenøyaktigheten på det automatiske utstyret er en viktig faktor for utbytteoppfølgingen på et sagbruk. Det er visse forutsetninger som må være oppfylt for at en automatisk måleinnretning skal måle riktig. Ei måleramme for tømmer forutsetter f.eks. at barken er jevntykk, at den sitter fast rundt hele stokken, og at stokken ikke er belagt med snø, is eller skitt. Det er dessuten viktig at måleutstyret er rent og ikke tildekket av løs bark, trefliser eller andre forurensninger.

2. Forsøksoppsett.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid med to pilotbedrifter høsten 1994. I arbeidet med å øke det økonomiske skurutbyttet vil det være vesentlig å ha kjennskap til råstofforbruk og volumutbyttet av planker og bord ved forskjellige postningsalternativer. Begge pilotbedriftene vurderer å bytte ut sine 1-vegs målerammer med nye, kryssmålende modeller. Hensikten er:

- Mer korrekt måling.
- Jevnere tømmerfordeling innen hver tømmerklasse.
- Riktigere data for råstofforbruket.

Samsvaret mellom tømmerets dimensjonsinndeling og valget av postninger ble sett på som en spesielt viktig del av prosjektet. Vi var spesielt interessert i å undersøke hvilke konsekvenser feilmåling kunne ha for volumutbyttet av sentrumsuttaket.

På denne bakgrunn ble hovedvekten av målinger lagt på registrering av tømmer for å undersøke målenøyaktighet og samsvar i måleresultater ved forskjellige typer måleutrustning på de to bedriftene.

2.1. Prøveutvalg og automatregistrering.

På begge bedriftene ble det valgt ut tømmer i tre sammenlignbare tømmerklasser. Det ble tatt ut ca. 40 stokker av dimensjonssortert tømmer i hver klasse på hvert av brukene som angitt i tabell 3. Fem serier var grantømmer, én var furu.

Diameterklasser [mm]	Bruk 1	Bruk 2
<i>Diameter class</i>	<i>Sawmill 1</i>	<i>Sawmill 2</i>
Småtømmer	120-139	130-139
Mellomtømmer	170-189 (furu)	170-179
Grovtømmer	290-309	290-305

*Tabell 3: Utvalg av tømmer.
(Sample groups of logs.)*

Tømmeret ble målt, deretter sortert på nytt i tømmer-sorteringen, og fulgt gjennom saganleggene til råsorteringen. Alle automatiske dataregistreringer ble tatt ut underveis. Det var noe ulikt registreringsutstyr ved de to brukene som vist i tabell 4.

Ved begge brukene ble tømmeret delt opp med fast sentrumspostning i hver serie. Sideuttaket ble variert avhengig av toppdiameteren på den individuelle stokk. Begge brukene hadde automatisk stokkilegger.

Ved begge bruk kan diametermålingen fra stokkileggeren benyttes for å bestemme tykkelsen på sidebordene. Ved bruk 2 blir denne muligheten sjelden brukt.

Bruk 1	Måleutrustning	Funksjon
Tømmersortering	1-vegs måleramme	Tømmermåling og sortering.
Saginntak	Stokkilegger	Diametermåling for postning av sideuttak.
Råsortering	Målelinjal	Sentrering av stokk. Dimensjons- og lengdemåling.
Bruk 2	Måleutrustning	Funksjon
Tømmersortering	2 veks måleramme	Tømmermåling og sortering.
Saginntak	1-vegs måleramme	Diametermåling for postning av sideuttak.
Råsortering	Stokkilegger Målelinjal	Sentrering av stokk. Dimensjons- og lengdemåling.

*Tabell 4: Måle- og styringsutrustning.
(Measuring and control equipment.)*

2.2. Målinger og registreringer.

Følgende målinger og registreringer ble gjennomført:

- 1) Stokkene i hver serie ble merket med stokknummer og farge i hver ende.
- 2) Toppdiameter og midtdiameter ble kryssmålt med klave, og stokklengdene ble målt.
- 3) De enkelte seriene ble senere kjørt over tømmer-sorterverkene på nytt.
- 4) Rækkefølgen på stokkene ble notert, og utskrift av måleresultatene fra målerammen ble hentet ut.
- 5) Rækkefølgen av stokkene som gikk gjennom stokkileggeren ble notert, og det ble tatt utskrift av måleresultatene fra stokkilegger og for bruk 2 også fra målerammen.
- 5a) På bruk 1 ble strølagte pakker med sentrumsplankene fra prøveseriene hentet ut, og dimensjon, lengde og vankantlengde ble målt og henført til stokknummer.
- 5b) På bruk 2 ble skurlasten fra to serier registrert automatisk på råsorterverket, og produksjonsrapport ble hentet ut.

Under måling av tømmeret ble det observert mye bortslitt og avrevet bark i de to minste tømmerklassene ved bruk 1. Vi valgte derfor å skave av resten av barken i toppenden og på midten før disse prøveseriene ble målt. Minste og største toppdiameter ble målt 10 cm fra toppenden. Toppdiameter i de øvrige seriene ble målt utenpå bark.

En feilkilde ved målinger av tømmer ved sorterverkene vil være variabel barktykkelse og skader på barken. Hvis barken i toppenden er borte på oppsiden av stokkene når disse kommer inn på tømmer-sorterverket, angir tømmer-sorterer 0 bark. Det kan da være bark å undersiden av stokkene. Bark kan også ha løsnet uten å være revet av. Om vinteren kan is og snø også forårsake feilmålinger. Dimensjonsmåling på ubarket tømmer vil derfor i praksis gi en del unøyaktighet for utstyr som ikke måler barktykkelsen.

Barkfradrag ble beregnet på den samme måten som i tømmer-sorteringene ved brukene for de diametermålene som var tatt utenpå bark. Tømmerlengdene ble målt med målebånd.

3. Måleresultater.

3.1. Resultater av tømmermålingen ved bruk 1.

Tabell 5 viser en statistisk oversikt over måleresultater for tømmer ved bruk 1. Tabellen viser gjennomsnittsverdier, standardavvik og største og minste verdier som ble målt for toppdiameter ved manuell måling, tømmer-sortering og stokkilegger. Tilsvarende verdier vises også for stokklengden fra manuell måling og måling ved tømmer-sortering.

Bruk 1 Tø.kl.: 120-139	Minste toppdiameter under bark			Lengde	
	Manuell	Tømmer-sortering	Stokk-ilegger	Manuell	Tømmer-sortering
Gjennomsnitt	136	132	150	436	437
Standardavvik	6,8	6,4	4,9	42,9	42,8
Maksimum	147	142	160	582	585
Minimum	120	120	139	369	370

Bruk 1 Tø.kl.: 170-189	Minste toppdiameter under bark			Lengde	
	Manuell	Tømmer-sortering	Stokk-ilegger	Manuell	Tømmer-sortering
Gjennomsnitt	170	174	179	429	430
Standardavvik	11,5	12,8	12,1	53,9	53,9
Maksimum	192	200	201	557	561
Minimum	147	149	149	334	339

Bruk 1 Tø.kl.: 290-309	Minste toppdiameter under bark			Lengde	
	Manuell	Tømmer-sortering	Stokk-ilegger	Manuell	Tømmer-sortering
Gjennomsnitt	291	295	300	514	518
Standardavvik	7,2	9,4	8,8	44,2	44,5
Maksimum	305	327	329	582	586
Minimum	279	273	285	389	389

Tabell 5: Statistisk oversikt over målinger av tømmer ved bruk 1.
(Statistical overview of timber measuring at sawmill 1.)

Resultatene for tømmerklasse 120-139 mm i tabell 5 viser en markert forskjell for toppdiametre målt av stokkileggeren i forhold til resultatene fra manuell måling og målerammen på tømmer-sorteringen. Forskjellen mellom verdiene fra stokkileggeren og de to andre målingene tyder på at den målte feil i dette diameterområdet. Resultatene for de to større tømmerklassene viser mindre avvik mellom verdiene for de tre målemetodene. Resultatene for lengdemåling viser liten forskjell mellom manuell måling og tømmer-sortering.

3.1. Resultater av tømmermålingen ved bruk 2.

Tabell 6 viser sammendrag av måleresultatene fra bruk 2. Analysen er basert på toppdiametre målt utenpå bark og korrigert for barktykkelse som nevnt før.

Bruk: 2 Tø.kl.: 130-139	Minste toppdiameter under bark			Lengde	
	Manuell	Tømmer-sortering	Stokk-ilegger	Manuell	Tømmer-sortering
Gjennomsnitt	134	135	142	426	431
Standardavvik	4,5	4,6	5,5	52,6	53,5
Maksimum	145	146	154	563	564
Minimum	124	120	127	338	340

Bruk: 2 Tø.kl.: 170-179	Minste toppdiameter under bark			Lengde	
	Manuell	Tømmer-sortering	Stokk-ilegger	Manuell	Tømmer-sortering
Gjennomsnitt	169	172		463	465
Standardavvik	3,7	3,8		49,6	49,5
Maksimum	180	183		611	614
Minimum	160	164		372	376

Bruk: 2 Tø.kl.: 290-305	Minste toppdiameter under bark			Lengde	
	Manuell	Tømmer-sortering	Stokk-ilegger	Manuell	Tømmer-sortering
Gjennomsnitt	301	304	310	446	450
Standardavvik	15,3	15,9	21,3	62,4	62,7
Maksimum	330	331	352	599	604
Minimum	273	276	258	343	344

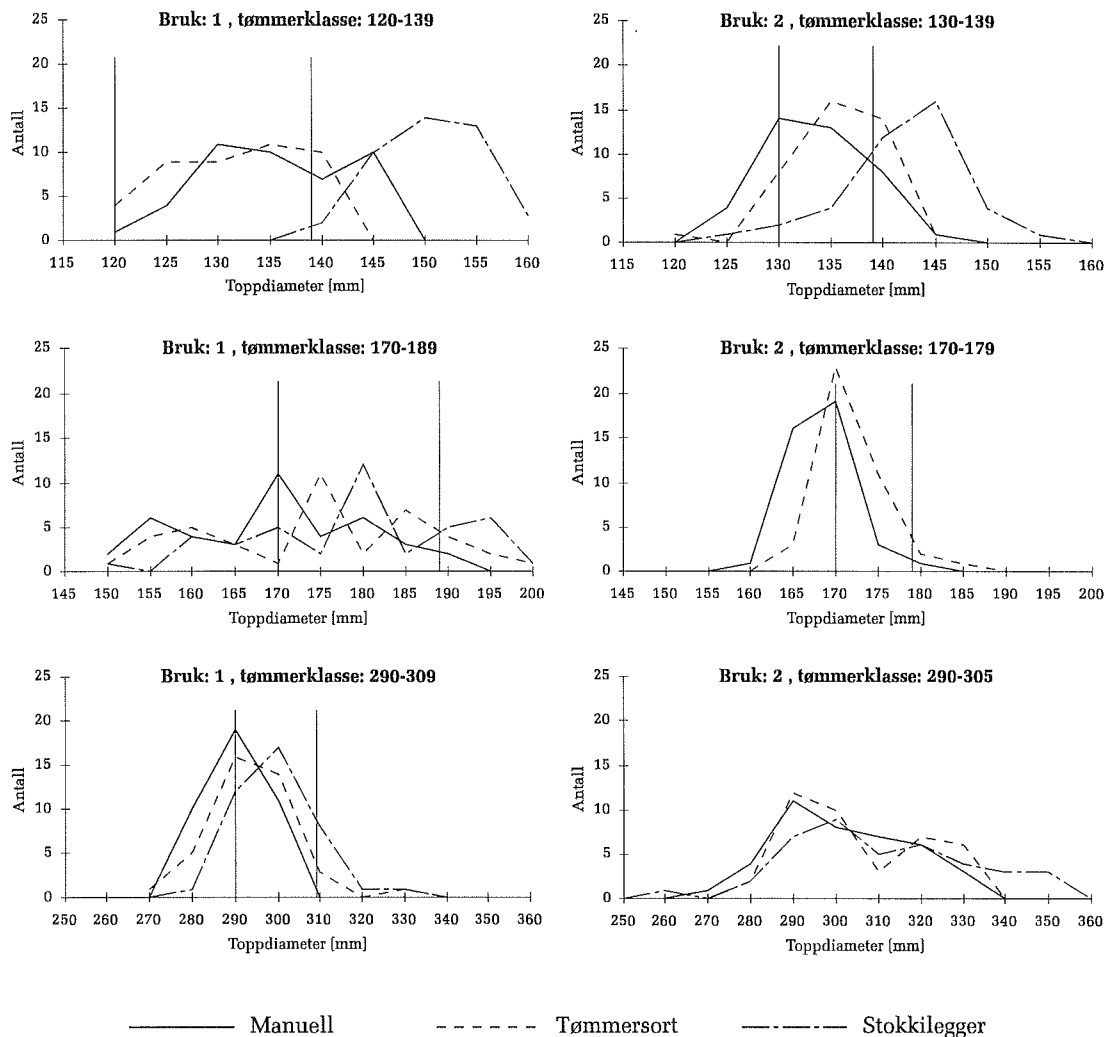
Tabell 6: Statistisk oversikt over målinger av tømmer ved bruk 2.
(Statistical overview of timber measuring at sawmill 2.)

Resultatene for tømmer-sortering og manuelle målinger viser godt samsvar mellom disse målemetodene. Det går ellers fram at gjennomsnittsverdiene for toppdiameter er høyere for stokkileggeren enn for de andre målestedene.

3.3. Fordeling av måleverdiene.

Diagrammene i figur 1 viser hvordan måleverdiene for toppdiameter fordelte seg for de forskjellige målingene i prøveseriene. Diagrammene er satt opp slik at sammenfallende tømmerklasser fra de to brukene kan sammenlignes med hverandre.

Bredden på tømmerklassene er større ved bruk nr. 1 enn ved bruk nr. 2, så diagrammene blir ikke helt sammenlignbare. Grensene for tømmerklassene er markert med vertikale linjer. For tømmerklasse 170-179 mm ved bruk nr. 2 mangler resultatene fra stokkileggeren.



Figur 1: Fordeling av toppdiameter i alle måleserier.
(Distribution of top diameter in all sample series.)

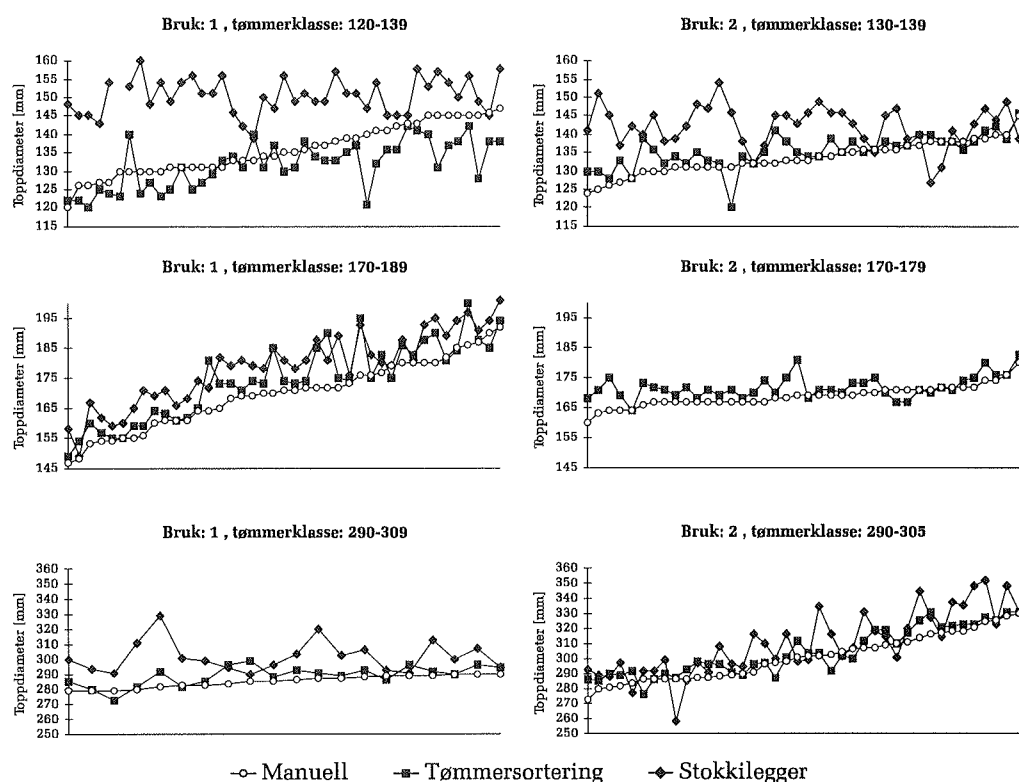
For den minste tømmerklassen ved begge brukene er måleverdiene gjennomgående større fra stokkileggeren enn de øvrige måleverdiene. Gjennomgående er manuelt målt diameter mindre enn målerammens diameter, men dette skyldes at man aktivt søkte seg fram til minste diameter under målingen. Spredningen i måleresultater er forholdsvis stor for alle tømmerklassene ved begge brukene. På grunn av at tømmeret som ble tatt ut til forsøket var sortert på forhånd, vil spredningen i tømmerets faktiske diameter være bestemt i tømmerensorteringen på forhånd.

3.4. Individmåling av tømmer.

Over har vi vist hvordan måleresultatene totalt fordeler seg i de seks måleseriene. Når diametermålingen brukes til å bestemme oppdelingen av tømmeret er det interessant

å se hvordan dimensjonsmålene fordeler seg for hver enkelt stokk. Dette er vist i diagrammene i figur 2.

Stokkene er sortert etter stigende toppdiameter målt manuelt. Denne verdien er dermed brukt som referanse. Dette betyr ikke at de manuelle målingene kan sies å være uten feil. For tømmerklasse 17-17,9 cm ved bruk nr. 2 mangler resultatene for stokkileggeren.



Figur 2: Tømmerdimensjon for like stokker med forskjellige målesystemer.
(Log dimension measured with different systems.)

Målesystemenes nøyaktighet framkommer ved å vurdere kurvenes likhet med referansen, (som her er den manuelle målingen). Dersom kurven følger referansen uten for store avvik, viser dette en god nøyaktighet.

For de minste tømmerklassene ved begge brukene viser måleresultatene fra stokkileggeren høyere verdier enn resultatene fra manuell måling og målerammen på tømmersorteringen. Mer bekymringsfullt er det at kurven ikke viser noen klar sammenheng med diameteren, hverken den manuelt målte eller den fra tømmersorteringen. Det samme bildet finnes i noen grad igjen også for den største tømmerklassen i bruk 1.

Statistisk kan vi beregne disse sammenhengene i form av en regresjonsanalyse. Denne analysen er egnet til å beregne hvor sterk en sammenheng er mellom to uavhengige forløp. Sammenhengen uttrykkes som en korrelasjonsfaktor som er et tall mellom null og 1. Sterk sammenheng markeres med verdier i nærheten av 1. Svake sammenhenger ligger nær null. For at en skal ha nyttbare sammenhenger, må korrelasjonsfaktoren normalt være over 0,67.

Tabell 7 viser korrelasjonsfaktoren for de forskjellige måleserier og målesystemer fra regresjonsanalysen.

Bruk	Tømmer- klasse	Måleramme tøm. sort.	Stokk- ilegger
1	120-139	0,67	0,19
	170-189	0,89	0,93
	290-309	0,70	-0,14
2	130-139	0,71	0,34
	170-179	0,56	
	290-305	0,92	0,82

*Tabell 7: Korrelasjoner mellom manuelle målinger og automatmålinger.
(Correlation between manual and automatic measuring.)*

I den minste tømmerklassen ved bruk 1 viser målerammen relativt svak sammenheng med de manuelle målingene. Dette er også tilfellet for mellomklassen ved bruk 2, men her er diameteromfanget lite, hvilket vil trekke korrelasjonen ned. Generelt synes det som om målerammen ved bruk 2 er noe mer presis enn ved bruk 1, selv om materialet er i minste laget for å trekke klare konklusjoner.

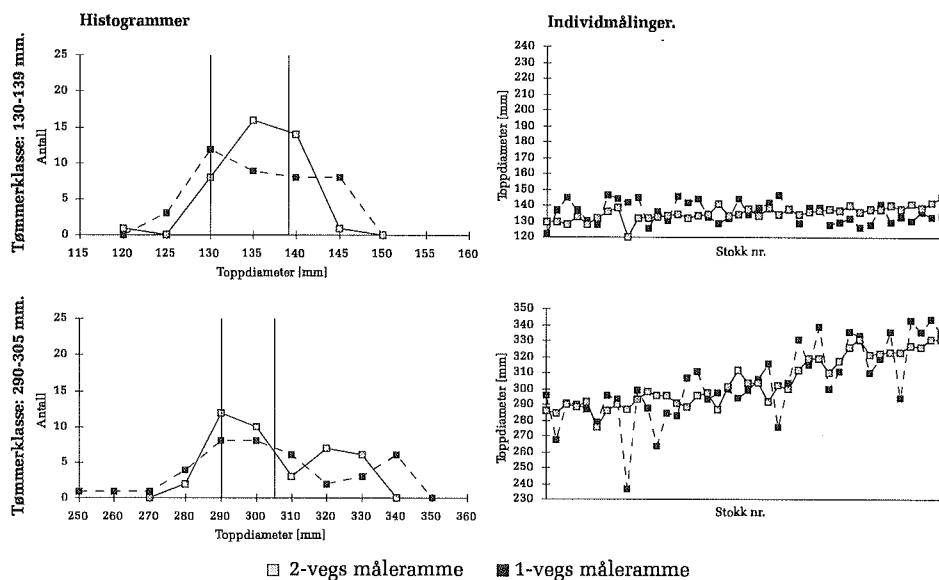
Stokkileggeren viser meget lav korrelasjon med de manuelle målingene i den minste tømmerklassen ved begge brukene. Korrelasjoner i størrelsesorden 0,2-0,3, antyder at det ikke er sammenheng mellom målt og faktisk diameter. I den største tømmerklassen ved bruk 1 er det heller ikke påvist sammenheng mellom målt og faktisk diameter. Dette har stor betydning ved bruk 1, der stokkileggerens diametermåling brukes til å poste om sideuttakets tykkelse.

3.5. Sammenligning mellom 1-vegs og 2-vegs målerammer.

Ved bruk nr. 2 kunne vi sammenligne målerammen i tømmer-sorteringen som har to måleretninger, med den i sagen som har én måleretning. Nøyaktigheten påvirkes i dette tilfellet også av at tømmeret måles henholdsvis før og etter barking, og dette burde gi bedre målenøyaktighet for målerammen i sagen. I tømmer-sortering anvendes en målemetode med dioder og infrarødt lys, mens målerammen på sagen bruker eldre måleteknikk basert på synlig lys og parabolspil.

Figur 3 er en sammenstilling av måleresultatene i de to tømmerklassene der det finnes komplette målinger. Manuell toppdiameter er igjen brukt som referanse, men ikke vist i diagrammene.

Diagrammene viser resultatene av målt toppdiameter i de to målerammene. Som en kan forvente, finner en større variasjoner i måleresultatene fra måleramme ved inntaket til sagen enn i resultatene fra målerammen på tømmer-sorteringen. Dette gjelder både spredning og individmåling av tømmeret. Vi har ikke forsøkt å beregne den økonomiske effekten av en slik forskjell, da dette ville bli beheftet med meget stor usikkerhet.



Figur 3: Sammenligning av 1- og 2-vegs målerammer.
(Comparison of 1- and 2-way log scanner.)

3.6. Målerammenes sorteringsevne.

Et moment som berører den operative nytten av tømmerensorteringen, er dens evne til å plassere tømmeret i riktig diameterklasse. Tabell 8 er basert på de manuelle målingene sammenlignet med klassegrensene. Tallene gjelder %-andel av antallet i serien som ble innmålt som undermåls, med riktig diameter og overmåls tømmer i de aktuelle klassene. Bruk 1 hadde en treff i alle klasser på 54%, mens bruk 2 traff i 42% av tilfellene.

Tø.kl.:	Bruk 1			Bruk 2		
	120-139	170-189	290-309	130-139	170-179	290-305
Under %	2,3	48,8	50,0	20,0	67,5	37,5
Treff %	65,1	46,3	50,0	72,5	30,0	22,5
Over %	32,6	4,9	0,0	7,5	2,5	40,0
Treff totalt	53,8			41,7		

Tabell 8: Tømmerensorteringens presisjon.
(The precision of the log dimension sorting.)

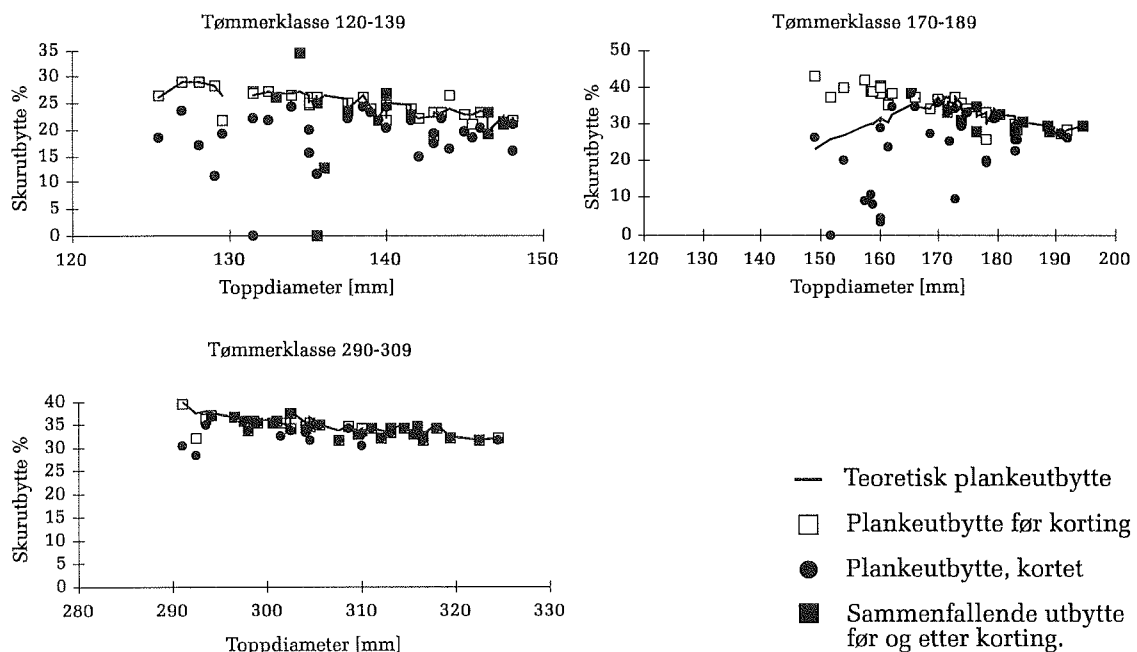
Siden bruk 2 hadde vesentlig smalere tømmerklasser enn bruk 1, er dette forventet. Kryssmåling av diametrene som anses som mer nøyaktig, klarte ikke å kompensere for smale klasser. Noe av årsaken til dette er å finne i den teoretisk oppnåelige presisjonen som kan forventes av målerammer som baserer seg på et fåtall diameter. Med klavemåling er det enkelt å finne den minste diameteren, selv på ovale stokker. I målerammen forutsetter dette at stokken tilfeldigvis er orientert slik at målerammen kan fange opp denne diameteren. Disse effektene er nærmere beskrevet i kapittel 4.

3.7. Måling av sentrumsutbyttet.

Ved bruk 1 ble tømmeret individmerket og fulgt gjennom sagen. Sentrumsplankene ble merket med stokknummer, slik at uttaket kunne henføres til stokk. Diagrammene i figur 4 viser sammenhengen mellom plankeuttaket i sentrum og toppdiameter.

Det teoretiske utbyttet er beregnet på basis av midlere diameter fra de manuelle målingene. Dette gav bedre samsvar med uttaket enn både den største og den minste diameteren. Tømmeret ble kubert etter midtmål.

Diagrammene i figur 4 viser skurutbyttet målt før og etter korting, sammenlignet med teoretisk utbytte. Når lengden før korting ligger nær det teoretiske, må kortingen skyldes skjevinnlegging, eller at tømmeret avviker sterkt fra det som forutsettes i den teoretiske beregningen. Når virkeslengden før korting er over det teoretisk mulige, viser dette at tømmerklassen er for liten i forhold til uttaket.



Figur 4: Sentrumsutbyttet i tømmerklassene ved bruk 1.
(Main yield of the timber classes at sawmill 1.)

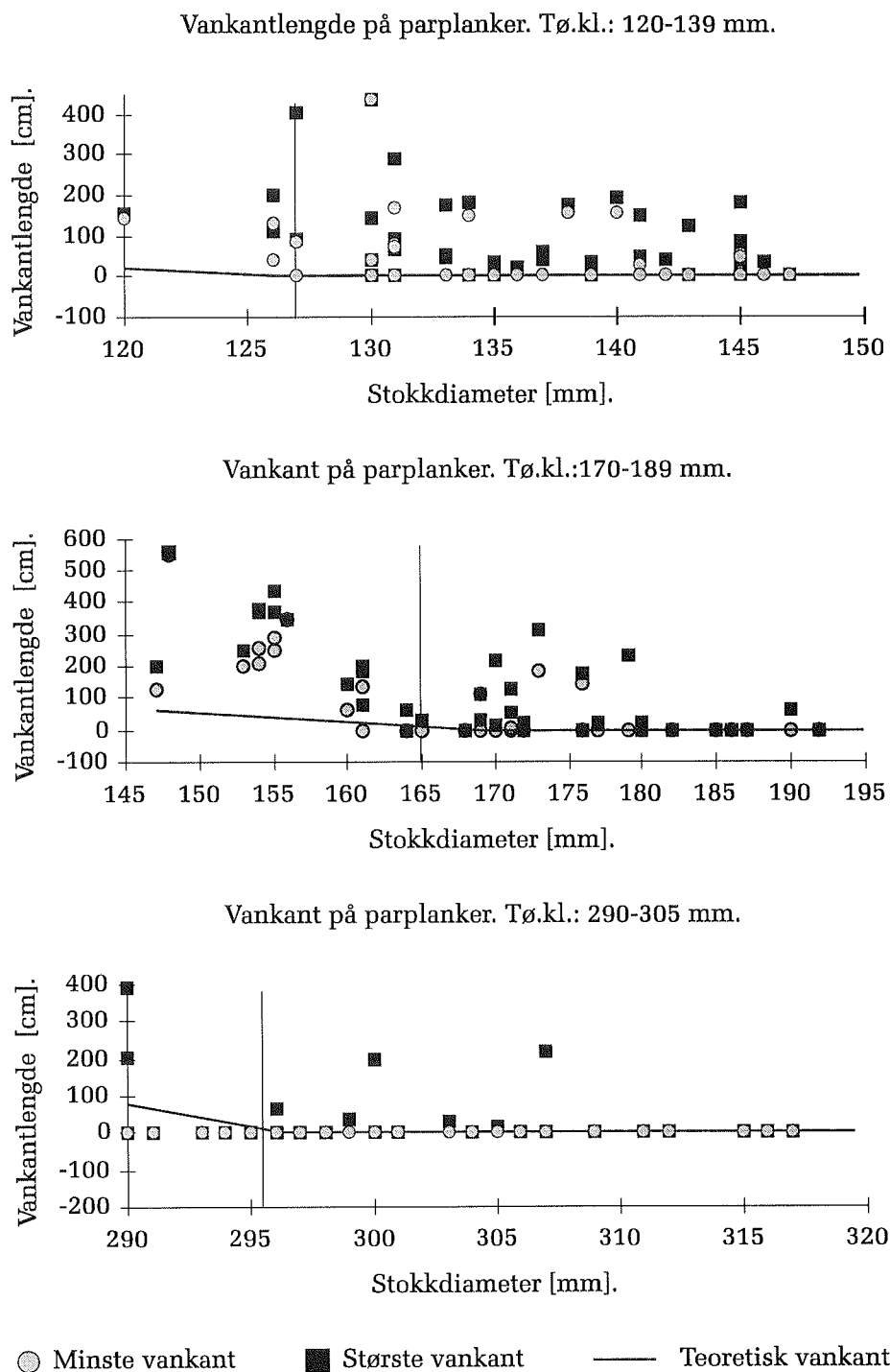
Tømmerklasse 120-139 burde teoretisk ha rom nok for uttaket, 2 stk 32x100. Dårlig kant her må skyldes skjevinnlegging eller at tømmeret avviker mye fra rett, avkortet kjegle.

I tømmerklasse 170-189 følger utbyttet etter korting den samme trenden som det teoretisk utbyttet. Dette bildet er forventet når tømmerklassen er for snau i forhold til uttaket, som i dette tilfellet er 2 stk 50x125.

I den største tømmerklassen er det lite korting, og uttaket følger det teoretiske. Senteruttaket består av 4 stk 50x175. Tømmeret er relativt romslig i forhold til postningen.

3.8. Vankantens størrelse i måleseriene.

Figur 5 viser vankantresultatene i forhold til toppdiameter for de tre skurseriene på bruk 1. Diagrammene inneholder både registrerte vankantlengder på skårne planker, og en heltrukket kurve for teoretisk vankantlengde basert på uttakets tverrsnitt i de samme tømmerstokkene.



Figur 5: Observerte vankantlengder.
(Wane lengths observed.)

Siden eventuell vankantlengde er notert for både høyre og venstre planke i sentrumsuttaket, har vi valgt å skille mellom største og minste vankant på parplanker. På figurene er største vankant for hvert plankepar vist med en gjenfylt svart firkant, mens tilsvarende minste vankant er vist med en grå sirkel. Der punktene er sammenfallende, får vi en grå firkant.

I mange tilfelle har den grå sirkelen havnet nede på linjen for null vankantlengde, og denne tendensen øker mot høyre i diagrammene der stokktverrsnittene etter hvert blir mer enn store nok til å gi skarp kant i full lengde.

Vankantresultatene for den teoretiske beregningen, en heltrukken kurve. Den diameter der vi forventer å få skarp kant i full stokklengde, kan benevnes med kritisk diameter for postningen. Forventet vankantlengde er en lineært fallende kurve fram til kritisk diameter, og null for større diametre.

Det mest interessante området av denne kurven ligger til venstre for kritisk diameter. Rent teoretisk er det bare her at en skulle få vankant. Registrert vankant i området til høyre for kritisk diameter må i hovedsak komme fra feil tillegging av stokkene, men unøyaktig skur vil også kunne bidra med vankant.

De tre diagrammene viser at tyngdepunktet for målt vankantlengde løfter seg lengre og lengre opp fra kurven for null vankant når en går fra høyre mot venstre. Dette kan utnyttes som en praktisk metode for kontroll og justering av utstyr og produksjon, da det i kvalitetsbetingelsene både vil være krav om et maksimalt antall av undermålere og et minimumsmål for akseptabel kant.

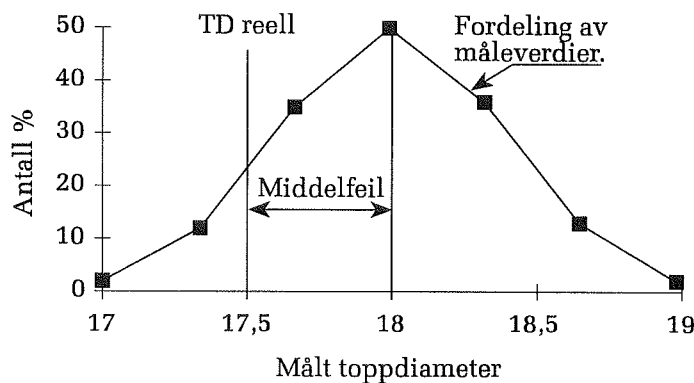
4. Målenøyaktighet og tømmersortering.

Målerammer brukes både til oppgjørsmåling og til å bestemme hvordan stokken skal deles opp. For oppgjørsmålingen kreves at totalverdien for et tømmerparti blir innmålt korrekt. Måleforeningene er som kontrollerende organ ansvarlig for presisjonen i oppgjørsmålingen.

For å bestemme hvordan stokken skal deles opp, blir det avgjørende at hvert individ blir innmålt med riktig diameter, lengde og avsmalning. Dette stiller strengere krav til utstyrets målenøyaktighet enn oppgjørsmålingen.

4.1. Målenøyaktighet.

Med målenøyaktighet mener vi måleutstyrets evne til å skaffe informasjon om den søkte størrelsen, i vårt tilfelle konsentrerer vi oss om toppdiameteren. I tillegg kan avsmalning, lengde, ovalitet, krok og annet være av interesse. Målenøyaktigheten kan vi få et begrep om ved å sende én og samme stokk gjennom utstyret mange ganger. Ved et slikt eksperiment kan vi skille mellom 2 forskjellige feiltyper som antydnet i figur 6:



Figur 6: Repeterbarhet og middelfeil for en toppdiameter.
(Repeatability and mean error for a top diameter.)

Gjennomsnittlig målefeil.

Dette er tendensen utstyret har til generelt å over- eller undervurdere den målte størrelsen. (Merket “middelfeil” i figur 6.) Feilen kan være en konstant forskyvning av diameteren over hele måleområdet. En annen type feil vises som en like stor %-feil i diameteren over hele måleområdet. Begge disse typene av feil er lineære, og systemet kan normalt justeres inn til riktig mål ved kalibrering.

I enkelte tilfeller finnes det ikke et én-til-én forhold mellom måleresultatet og den målte størrelsen. I verste fall er dette så graverende at det ikke lar seg gjøre å tolke måleresultatet. Dette er selvsagt uakseptabelt i et målesystem.

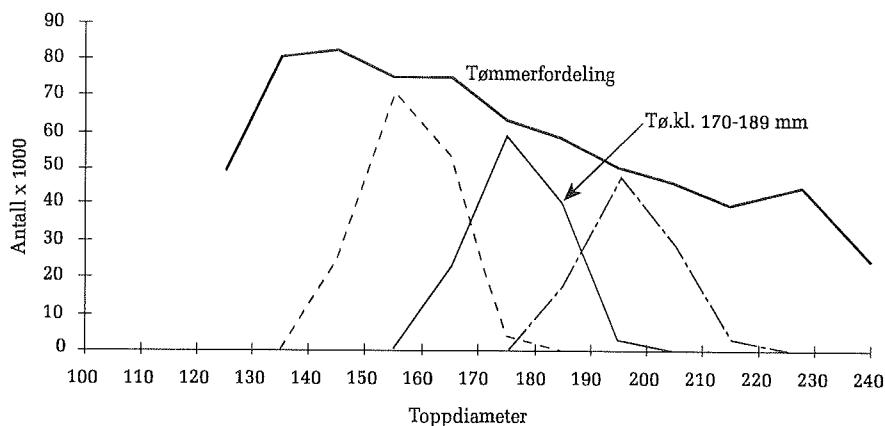
Repeterbarhet.

Om én og samme stokk sendes gjennom en måleutrustning mange ganger, vil målene, f.eks. toppdiameteren, variere fra gang til gang. Generelt fordeler målene seg om en middelvei som vist i figur 6. Spredningen rundt middelveien forteller noe om systemets repeterbarhet. Normalt bør vi ha en ren og symmetrisk fordeling. Skjev fordeling eller flere toppe er tegn på systematiske feil i systemet. For en måleramme vil repeterbarheten bli påvirket av flere faktorer:

- Siden systemet måler størrelsen av stokkens skygge i en kjent belysning, vil stokkens orientering ha stor betydning.
- Variasjoner i barktykkelsen vil gi variasjoner i forhold til den søkte toppdiameteren under bark for ubarket tømmer.
- Variasjoner i stokkens kontur, hengende barkflak, kvistknøler og andre uregelmessigheter, kan “lure” målerammens tolkning av data slik at diameteren angis feil. Kvaliteten i programvaren i systemet er bestemmende for størrelsen av denne feilkilden.
- Tilsnussing av sensorene kan midlertidig gi målefeil. Programvaren i systemene bør være i stand til å alarmere dersom slike feiltilstander oppstår.
- Elektrisk støy fra utstyr i nærheten kan gi målevariasjoner. Generelt bør leveransen omfatte relevant støyskjerming av utstyret.

4.2. Sorteringsnøyaktighet.

Enten tømmeret sorteres fysisk eller det måles inn ved inntaket til saga i et postningsstød, må dets postningsklasse bestemmes. For enkelhets skyld kaller vi evnen målesystemet har til å plassere tømmeret i riktig tømmerklasse for sorteringsnøyaktighet.



*Figur 7: Diameterfordeling i tømmerklasser.
(Diameter distribution in timber classes.)*

For å få et bilde av sammenhengen mellom målenøyaktighet og sorteringsnøyaktighet, har vi vært nødt til å ty til en simulering av diameterutfall i tømmerklasser. Dette underkapittelet bygger på en slik simulering.

En gitt tømmerklasse vil ha en målevariasjon som omfatter både under- og overmåls stokker i forhold til klassegrensene. Klassens diameterfordeling vil være bestemt av den totale diameterfordelingen for det partiet som er sortert og av målerammens nøyaktighet. Figur 7 viser fordelingen i tømmerklasse 170-189 mm sammenlignet med sine naboer i en relevant tømmerfordeling.

Tømmerklassene overlapper hverandre som følge av unøyaktigheten i utstyret. Når en poster i forhold til laveste klassegrense, vil et betydelig antall stokker bli for små til uttaket.

Et mål for sorteringsnøyaktigheten er den totale differansen mellom største og minste stukk i tømmerklassen. I figur 7 kan vi avlese differansen i klasse 170-189 til 205-155=50 mm. Spredningen består av tre elementer:

- Klassebredden.
- Spredningen av undermålere fra laveste klassegrense.
- Spredningen av overmålere fra høyeste klassegrense.

4.2.1. Effekten av bedre nøyaktighet.

Når målenøyaktigheten forbedres og tømmerklassene ellers holdes konstant, omfordeles tømmeret over klassegrensene, slik at en større andel av tømmeret fordeles til korrekt klasse.

Ved den lave klassegrensen vil mange av de stokker som før var undermålere i klassen, bli fordelt til klassen under. Men dette er en prosess som går begge veier. Stokker som før var overmålere i den lavere klassen blir også forskjøvet til den aktuelle klassen som er den korrekte.

På grunn av symmetrien i denne omfordelingen, vil omtrent like mange stokker skyves ut av klassen som det antall som blir omfordelt inn i klassen. Den samme forskyvningen skjer ved den øvre klassegrensen. Det betyr at antall stokker i tømmerklassen forblir noenlunde konstant.

Bedre målenøyaktighet vil derfor gi bedre sorteringspresisjon, men beholde tømmerklassens relative størrelse.

4.2.2. Smale tømmerklasser.

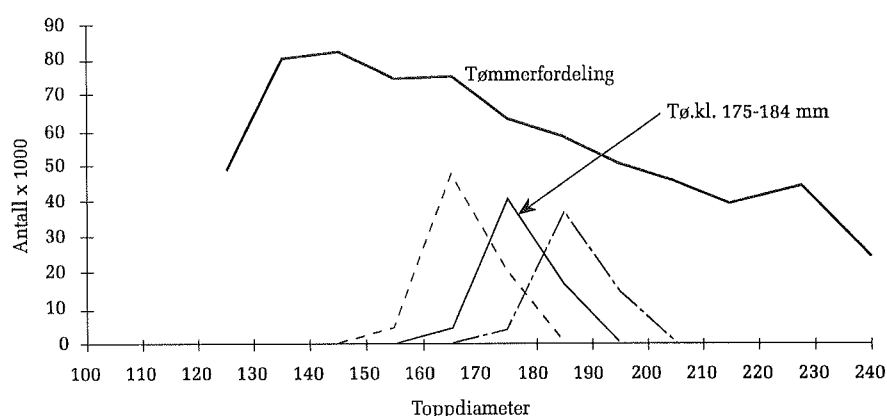
Smale tømmerklasser gir tilsynelatende en mer finfordelt sortering, men med den nøyaktigheten vi kan forvente av utstyret, er det interessant å se på hva som egentlig skjer. Både det totale antall stokker og diameterfordelingen i klassen er av betydning.

Antall i tømmerklassen.

Om vi korter inn en tømmerklasse symmetrisk slik at vi ikke flytter tyngdepunktet i klassen, vil antall stokker i klassen grovt regnet være proporsjonal med klassebredden, og samsvare med hva man vil forvente ved en perfekt sortering der alle stokker måles inn eksakt. Dette er i samsvar med betraktningen over.

Sorteringsnøyaktighet.

I figur 7 hadde vi en diameterspredning i klasse 170-189 på 50 mm. Figur 8 viser fordelingen når vi gjør tømmerklassen 10 mm smalere ved å flytte grensene til 175-184 mm.



Figur 8: Effekten av smale tømmerklasser.
(The effect of narrow timber classes.)

Her er antall stokker redusert til det halve, mens spredningen er redusert til 200-155=45 mm. En reduksjon av klassebredden på 10 mm førte altså til en reduksjon i variasjonen innen klassen på bare 5 mm.

Denne effekten skyldes utelukkende målenøyaktigheten. Selv om alle stökkene hadde vært like store, som vist i figur 9, ville vi hatt en ganske stor spredning av

måleverdiene. Uansett hvor smal vi gjør tømmerklassen, kan aldri spredningen i klassen bli mindre enn den spredningen som målesystemet forårsaker.

5. Vankant og stokkdiameter.

Om stokken er rett og har sirkelrundt tverrsnitt, så må stokkdiameteren minst være lik diagonalen i sentrumsuttaket pluss et overmål (3-4 mm) for å oppnå skarp kant på sentrumsplankene. I praksis er stokkene sjelden helt sirkelrunde eller fullstendig rette, så den nevnte regelen må praktiseres med visse modifikasjoner. Minimum stokkdiameter som vi velger å kalle kritisk diameter, kan enkelt beregnes fra følgende formel:

$$D = \sqrt{B^2 + (nT + (n-1)s)^2}$$

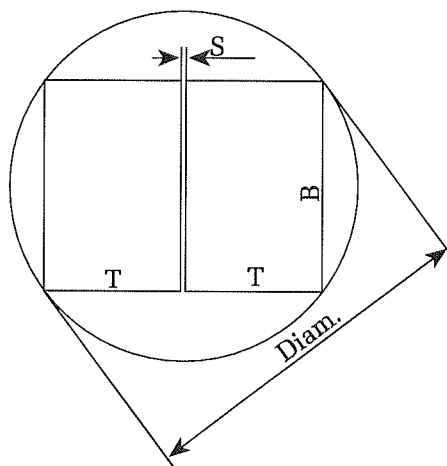
der: D= Kritisk diameter

B= Rå bredde

T= Rå tykkelse

n= Antall planker i senteruttaket

S= Snittykkelsen



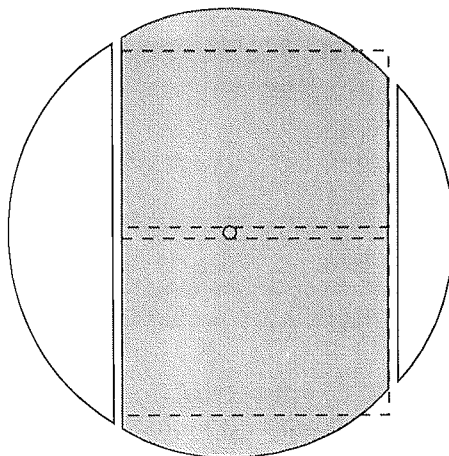
*Fig. 9: Skarpkantkrav og minste stokkdiameter.
(Minimum log diameter required for sharp edge timber.)*

Dette er et brukbart utgangspunkt for analyse av postningsalternativer, stokkdiameter og vankantstørrelser. Om vi forutsetter at stokktverrsnittet er noenlunde sirkulært og at stokken er rett, kan vi analysere utbytte og skjevinnlegging på basis av vankanter på senteruttaket.

Dette kan gi en enkel vurderingsmetode for hvor godt en tømmerklasse og dens senteruttak passer sammen, og eventuelt om skjevinnlegging i toppen er av stor betydning for utbyttet i klassen. Vankantene kan enkelt vurderes kvalitativt på rå last, eller kvantitativt med målinger og beregning av utbytte og skjevinnlegging.

5.1. Skjevtillegging i kantsag.

Skjevtillegging i kantsagen gir forskjellig bredde på snittflatene, og margen blir dessuten liggende i ulik avstand fra dem. Når tilleggingen i den etterfølgende delingssag er sentrert, resulterer skjevinnlegg i kantsagen i en like lang vankant på begge planker, se figur 10.



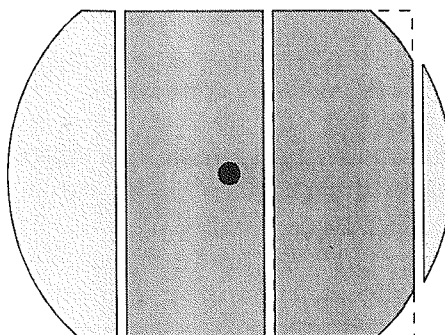
Figur 10: Skjevtillegging i kantsag.
(Infeed offset in canter.)

5.2. Skjevtillegging i delingssag.

Når skjevtillegging i delingssagen vurderes, må en i utgangspunktet skjelne mellom symmetrisk og usymmetrisk kantede blokker fra kantsagen.

Symmetrisk kantet blokk.

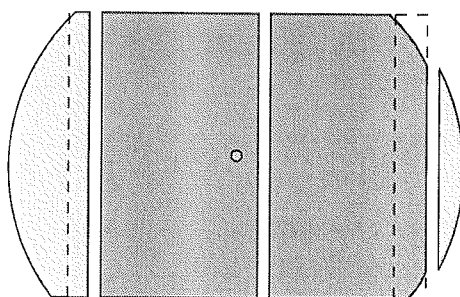
Når en symmetrisk blokk blir skjevt tillagt i delingssagen, vil en av sentrumsplankene få to omtrent like store vankanter. Den andre planken vil bli skarpkantet. Margsnittet blir liggende utenfor margen, som blir innelukket i den skarpkantete planken, se fig 11.



Figur 11: Symmetrisk kantet blokk.
(Symmetrically canted slab.)

Usymmetrisk kantet blokk.

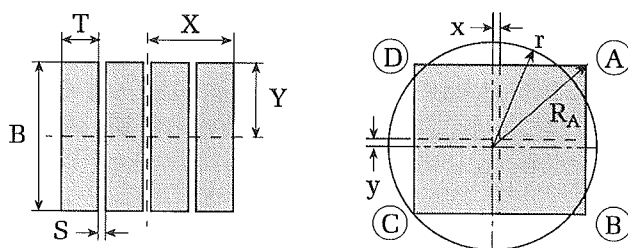
Når en usymmetrisk blokk blir skjevtillagt i delingssagen, så er det flere muligheter for vankant på plankene. Liten eller ingen skjevtillegging i delingssagen vil gi omtrent lik vankant på begge plankene. Med økende skjevtillegging vil all vankant før eller siden komme over på den ene planken, som kan få to vankanter av forskjellig størrelse. Margsnittet kommer ved skjevtillegging utenfor margen, som blir liggende i planken med skarp kant, se figur 12.



Figur 12: Usymmetrisk kantet blokk.
(Asymmetrically canted slab.)

5.3. Vankantlengde og stokkavsmalning.

Dersom en vet hvilken stokk sentrumsuttaket kommer fra, så er det mulig ut fra utseendet på sentrumsuttaket og stokkdata å analysere tilleggingen både i kant- og delingssagen. Det er en forutsetning at en måler og registrerer såvel størrelse som lengde på samtlige vankanter på sentrumsuttaket. Analysestokkene bør være rette og ha noenlunde sirkulært tverrsnitt.



Figur 13: Effekten av skjevtillegging.
(The effect of offset infeed.)

Figur 13 viser sammenhengen mellom de forskjellige størrelsene vi trenger for å kunne beregne effekten av skjevtillegging.

B= Rå bredde

$$Y = B/2$$

T= Rå tykkelse

n= Antall planker i senteruttaket

S= Snittykkelsen

$$X = (nT + (n-1)S)/2$$

x= Skjevinnlegg i delingssag

y= Skjevinnlegg i kantsag

D= Toppdiameter

$$r = D/2$$

A= Avsmalning

$$a = A/2$$

R_i = Kritisk radius ved hjørne i.

l_i = Vankantlengde ved hjørne i.

i = A, B, C, D er identitet for hjørnene i senteruttaket.

Vankantlengden beregnes på basis av kritisk radius, stokkens radius og avsmalningen for hvert hjørne.

$$l_i = \frac{R_i - r}{a}$$

Når uttrykket løses med hensyn på R_A får vi:

$$R_A^2 = l_A^2 a^2 + 2l_A ar + r^2$$

Ved hjørne A kan kritisk radius også uttrykkes som:

$$R_A^2 = (X + x)^2 + (Y + y)^2 = X^2 + 2Xx + x^2 + Y^2 + 2Yy + y^2$$

De to uttrykkene kombineres og regnes ut for alle hjørnene:

$$l_A^2 a^2 + 2l_A ar + r^2 = X^2 + 2Xx + x^2 + Y^2 + 2Yy + y^2$$

$$l_B^2 a^2 + 2l_B ar + r^2 = X^2 + 2Xx + x^2 + Y^2 - 2Yy + y^2$$

$$l_C^2 a^2 + 2l_C ar + r^2 = X^2 - 2Xx + x^2 + Y^2 - 2Yy + y^2$$

$$l_D^2 a^2 + 2l_D ar + r^2 = X^2 - 2Xx + x^2 + Y^2 + 2Yy + y^2$$

Ved å kombinere ligningene for hjørnene A og B, begge på høyre planke, og løse med hensyn på y, får vi følgende uttrykk for skjevinnlegging i kantsagen:

$$y = \frac{a^2(l_A^2 - l_B^2) + 2ar(l_A - l_B)}{4Y} \quad (1)$$

Tilsvarende kan vi kombinere hjørnene D og C på venstre planke for å få samme resultat:

$$y = \frac{a^2(l_D^2 - l_C^2) + 2ar(l_D - l_C)}{4Y} \quad (2)$$

Ved å kombinere hjørnene i overkant og deretter de i underkant, kan vi beregne skjevinnleggingen i delingssagen:

$$x = \frac{a^2(l_A^2 - l_D^2) + 2ar(l_A - l_D)}{4X} \quad (3)$$

$$x = \frac{a^2(l_B^2 - l_C^2) + 2ar(l_B - l_C)}{4X} \quad (4)$$

Stokkradien kan beregnes dersom vi har 4 synlige vankanter, men det blir da bare mulig å beregne radien for de aller minste stokkene i et utvalg. Dette kan vi oppnå ved å eliminere y av ligningene (1) og (2) og løse med hensyn på r. Avsmalningen a må anslås.

$$r = \frac{a(l_A^2 - l_B^2 + l_C^2 - l_D^2)}{2(-l_A + l_B - l_C + l_D)} \quad (5)$$

Nå har vi et formelverk som kan benyttes til å vurdere vankanter på senteruttaket. Vi er i stand til å beregne skjevinnleggingen i kantsag, delingssag og stokkens opprinnelige toppradius dersom vi har minst 4 målbare vankanter.

6. Definisjoner og metoder.

Ved måling og beregning av skurutbyttet har praksis vært noe forskjellig ved volumberegning av råstoff og skurlast. I tillegg til at beregning av skurutbyttet blir utført for å kontrollere råstofforbruket internt på bedriftene, kan resultater fra utbytteberegningene bli utvekslet eller diskutert mellom bedriftene i bransjen. Dette kan gi grunnlag for sammenligninger og informasjon. Ved utgivelse av litteratur er det nødvendig å ha entydige definisjoner for råstofforbruk og skurlastvolum.

Måling og kubering av trelast.

Ved en del sagbruk blir det foretatt målinger av tømmerforbruk og mengden av rå skurlast på råsorterverket. Med dette som grunnlag, blir utbyttet av rå last beregnet i forhold til råstofforbruket som en del av produksjonskontrollen. I tillegg til at disse beregningene kan gi antydninger om eventuelle svakheter i produksjonen som for eksempel feil med måleinnretninger, skjevtillegging ved sagmaskinene etc., kan resultatene også brukes til å sammenligne tømmerforbruket ved forskjellige postningsalternativer.

Ubytteverdiene vil på grunn av forskjellig praksis ved kapping av lasten på råsorterverket og senere tørking og kapping på tørrsorterverket, ikke kunne gi pålitelige verdier for tømmerforbruk i forhold til ferdig skurlast. Ved beregning av skurutbyttet må en derfor gå ut fra ferdig tørket og kvalitetssortert last for å få verdier som kan gi pålitelige sammenligninger.

Måling og kubering av tømmer.

Programvaren i målerammene gir vanligvis anledning til å velge mellom forskjellige beregningsmåter ved tømmervolum. Vanlige alternativer er "normalvolum", "midtvolum" og "fysisk volum".

Beregningsmåten for "normalvolum" blir brukt ved oppgjørsmåling. Toppdiameter måles vertikalt over bark 10 cm fra toppenden og det trekkes for bark. Toppdiameter under bark avrundes til 1 cm intervaller for toppdiameter opp til og med 29 cm. Fra 30 cm og opp avrundes til intervaller på 2 cm. En går ut fra intervallets midte, d.v.s. at det legges på 0,5 cm for toppdiameter opp til og med 29 cm og 1 cm fra 30 cm og opp. Dette legges til før en beregner midtdiameter ved å gå ut fra en avsmalning på 1 cm pr. meter. Volumet beregnes som for en sylinder med diameter lik beregnet midtdiameter og lengde lik stokklengden.

Ved beregning av "midtvolum" går en ut fra målt toppdiameter og beregner midtdiameter ut fra stokkens gjennomsnittlige avsmalning fra topp til midte. Det foretas ikke avrundinger i diameteren. Ved kubering går en også her ut fra en sylinder med diameter lik beregnet midtdiameter.

"Fysisk volum" beregnes ved å seksjonskubere stokkene. Ved kubering av de enkelte seksjoner går en ut fra målt avsmalning på hver seksjon, og volumene for seksjonene blir summert. Ved denne beregningsmåten skal en få et volum som tilnærmet tilsvarer

fortrengt væskemengde hvis en senker stokken i vann. Det blir tatt hensyn til rotutslag ved volumberegningen.

Målerammenes programmer for beregning av tømmer volum gir muligheter for å velge forskjellige alternativer ved valg av avrunding for diameter og lengde. Målt toppdiameter kan avrundes til hele cm og en kan velge cm-klassens bunn, topp eller midte. Stokklengdene kan avrundes til hele cm, dm, eller 30 cm. Tilsammen vil dette gi et meget stort antall muligheter for kubering av tømmer ved målerammene.

Anbefalt volumberegning av tømmer.

For kubering av tømmer i forbindelse med skurutbyttmålinger, vil vi derfor anbefale at en går ut fra "normalvolum" eller "midtvolum", og at en bruker stokklengde avrundet til hele cm. For større tømmermengder vil volumberegning etter "normalvolum" sannsynligvis ikke avvike mye fra beregning etter "midtvolum". For enkeltstokker eller et lite antall stokker, kan en imidlertid få større avvik.

I forbindelse med forsøk med et begrenset antall stokker, vil vi anbefale at en ved volumberegning av tømmeret går ut fra "midtvolum". Ved skurutbyttmålinger hvor det inngår større tømmermengder, kan en gå ut fra samme volumberegning som brukes ved oppgjørsmåling. I begge tilfeller bør en gå ut fra målt stokklengde i cm.

6.1. Definisjoner.

Teknisk og skurutbytte defineres som:

$$\text{Teknisk skurutbytte} = \frac{\text{Skurlastvolum} \cdot 100}{\text{Tømmervolum}}$$

Det er god praksis å oppgi om utbyttet er beregnet ut fra "normalvolum" eller "midtvolum".

Økonomisk skurutbytte defineres som:

$$\begin{array}{rcl} & \text{Sum trelastvolum} \times \text{pris for all trelast} & \\ + & \text{fast volum celluloseflis} \times \text{pris} & \\ + & \text{fast volum sagflis} \times \text{pris} & \\ \hline = & \text{Produktverdi} & \end{array}$$

$$\text{Økonomisk skurutbytte} = \frac{\text{Produktverdi}}{\text{Tømmervolum}}$$

Også her må selvsagt valgt kuberingsmetode for tømmeret oppgis. Trelastprisen bør primært være oppnådd salgspris for trelasten.

Dekningsbidrag defineres som:

$$\text{Dekningsbidrag} = \text{Produktverdi} - \text{Tømmerverdi}$$

6.2. Metoder for måling av skurutbyttet.

Hovedhensikten med å kontrollere skurutbyttet er vanligvis å etterprøve hvor godt en disponerer råstoffet. Et annet formål kan være å avdekke svakheter i produksjonen, som for eksempel målefeil ved utstyr for tømmermåling, skjevtillagging ved sagmaskinene, dårlig skurnøyaktighet, feil ved innkanting av bord, etc.

Andre formål som kan nevnes er:

- Skaffe til veie underlag for produksjonsplanlegging.
- Sammenligne skurutbyttet ved alternative postninger for samme tømmerklasser.
- Få tall for praktisk utbytte i forhold til teoretisk utbytte beregnet ved sagsimulering.
- Hensiktsmessig inndeling av tømmerklasser.
- Få vurdert lønnsomheten ved forskjellige ordrer opp mot hverandre hvis en skjærer etter ordre.
- Produksjonskontroll.

Metodene for måling av skurutbyttet vil til dels være avhengig av formålet med målingene. Vi tror det kan være hensiktsmessig å finne frem til hvilke formål som skal dekkes og at en på dette grunnlag legger opp rutiner som innarbeides. I det følgende skal vi nevne eksempler på metoder som kan brukes for måling av utbyttet og kontroll av råstoffutnyttelse og produksjonsutstyr.

6.2.1. Måling av rå skurlast på råsorterverket.

- 1) Sagen kjøres tom for virke.
- 2) Rapport i råsorteringen nullstilles.
- 3) Prøveserien produseres.
- 4) Sagen kjøres tom for virke.
- 5) Rapport fra tømmermåling hentes ut.
- 6) Rapport fra råsortering hentes ut.

Hvis virket ikke måles foran nedfallet til lommene, må de tømmes før og etter at serien produseres. Oppgave over bordutfallet kan eventuelt tas fra utskrift på automatkantverk. Selv om bordene ikke kappes, er det vanlig at utskriften viser mengder som er beregnet ut fra de lengder som er brukt ved optimering av innkantingen.

Slike målinger vil være aktuelle for å skaffe datagrunnlag for produksjonsplanlegging, sammenligne skurutbyttet ved alternative postninger for samme tømmerklasse og for å få tall for praktisk utbytte i forhold til teoretiske utbytter beregnet ved sagsimulering.

6.2.2. Kontroll av postning og klassegrenser.

- 1) Det tas ut 6 til 10 stokker fra en tømmerklasse.
- 2) Minste og største toppdiameter klaves og stokklengden måles.
- 3) Stokkene males i rotenden med forskjellige farger.
- 4) En fører skjema med angivelse av stokkmål og farge.
- 5) En kjører stokkene gjennom sagen og lar virket gå i en spesiell lomme.
- 6) Planker og bord tas ut for måling og eventuelt sortering.

Resultatene fra målingene gir informasjon som kan brukes til å korrigere postningen, og om skjevtillegging og andre feil i produksjonen.

6.2.3. Kontroll av vankant.

- 1) Ta strølagte pakker med sentrumsuttak ut fra en serie før tørking.
- 2) Vurdere og eventuelt måle vankant.

Dette kan gi informasjon om feilsortering av tømmer, om postningen er riktig for klassen og om eventuell skjevtillegging ved kantsag eller delingsag. Metoden er nærmere beskrevet i kapittel 6.3.

6.2.4. Måling av virkelig skurutbytte.

- 1) Kjøre en serie, og følge alle trelastpakkene frem til tørrsortering.
- 2) Ta utskrift av tømmerforbruk og mengder av kvalitetsortert virke.

I forbindelse med dimensjons- og kvalitetsortering av tømmer, kan resultatene gi informasjon om sammenhengen mellom tømmerdimensjon, tømmerkvalitet og skurlastvolum og kvalitetsutfall. Data kan brukes i forbindelse med bestemmelse av seriestørrelse for å tilfredsstille spesielle ordrer eller dekning av lagerbehov, utfallet av høvellast og bygningslast, og praktisk skurutbytte i forhold til teoretisk utbytte ved forskjellige postninger i samme tømmerklasse. Data kan også gi informasjon i forbindelse med justering eller endring av tømmerklasser og postninger, og ellers gi grunnlagsdata for produksjonsplanlegging og budsjettering.

6.2.5. Registrering av tømmerforbruk og kvalitetsortert virke.

Resultatene kan gi informasjon som kan brukes for produksjonskontroll, produksjonsplanlegging, informasjon til regnskapet for beregning av lønnsomhet ved sagen, og i forbindelse med blant annet budsjettering.

6.3. Produksjonsoppfølging med vankantmålinger.

Rent generelt består metoden av klaving av enkeltstokker og individuell oppfølging under skuren, slik at en får registrert kantresultatene for plankene fra hver stokk. Måleresultatene må veies mot kritisk stokkdiameter og de aktuelle kvalitetskrav til skurlasten. Koplingen til postningstabeller og tømmer-sortering opprettholdes ved at den enkelte kontroll konsentreres til en tømmerklasse ad gangen. Den praktiske gjennomføring av metoden kan organiseres på flere måter. I det etterfølgende beskrives tre eksempler på hvordan kontrollen kan utføres.

Kontroll av produkt etter hver sagmaskin.

- 1) Før kantsag (på tømmerdekket):
 - a) Klaving av stokkdiameter og fargemerking av en eller begge endeflater.
- 2) Etter kantsag:
 - a) Måling av bredde på skurflater (bleker).
 - b) Registrering av sentrering av marg mellom blekene.

- 3) Etter delingssag:
 - a) Måling av lengde og størrelse på evt. vankant. Hver vankant bør registreres med referanse til hvilken planke og hvilken kant den tilhører.
 - b) Registrering av margens beliggenhet (hvilken planke og plassering i denne).

Kontroll av produktene skjer først på råsorteringen eller annet egnet uttrekkssted.

- 1) Før kantsag (på tømmerdekket eller transportør):
 - a) Klaving av stokkdiameter og fargemerking av en eller begge endeflater. Utvalg av stokkdimensjon bør følge en gjennomtenkt plan.
- 2) På råsortering:
 - a) Måling av lengde og størrelse på evt. vankant. Hver vankant registreres med referanse til hvilken stokk, planke og kant den tilhører.
 - b) Registrering av margens beliggenhet (hvilken planke og plassering i denne).

Skur av en kontrollserie med tømmer.

Produktkontrollen skjer først etter at plankeuttaket er samlet i lommer på råsorterverket eller i strølagte pakker.

- 1) Ute på tomt:
 - a) Det samles et gjennomtenkt dimensjons- og kvalitetsutvalg av stokker som nummermerkes og klaves. Ekstra fargemerking, der fargene repeteres i sekvenser, vil sannsynligvis lette gjenfinning av plankene på sorterverket.
- 2) Etter skur:
 - a) Planker fra samme stokk samles. Lengde og størrelse på evt. vankant måles. Hver vankant bør registreres med referanse til hvilken stokk, planke og kant den tilhører.
 - b) Registrering av margens beliggenhet (hvilken planke og plassering i denne).

Analyse av kontrollresultater.

1. Er vankant registrert? I så fall: Hvor stor er vankanten?
2. Hvor ligger marginen i plankene?
3. Hvor ligger stokkdiametrene for vankantplankene i forhold til det teoretiske null vankant-skjæringspunktet (figur 14)?
4. Er vankanten i hovedsak et problem p.g.a. undermåls stokkdimensjon? I så fall må nedre grense i tømmerklasse justeres oppover.
5. Hvis vankant også finnes på plankene fra stokkdimensjoner som ligger til høyre for den kritiske diameteren, så er dette en klar indikasjon på skjevtillegging. Eventuelt skjevt beliggende marg er en bekreftelse på det samme. Prosentvis for mange tilfeller av vankant og overskridelse av kantkrav krever tiltak for bedring av tillegging og/eller justering av postning og klassegrenser.

7. Litteratur.

1. Christer Andersson, Anders Eliasson, Mats Nilson, Mats Nylinder: Sågverkens produktion och virkesbehov m.m. 1990. Part I. Production and timber requirement. Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport nr. 224. Uppsala 1991.
2. Christer Andersson, Anders Eliasson, Mats Nilson, Mats Nylinder: Sågverkens produktion och virkesbehov m.m. 1990. Part II. Production conditions. Sveriges Lantbruksuniversitet, Rapport nr. 226. Uppsala 1991.
3. Åke Barklund:
Sågverksekonomi. Sågverken nr. 11, 1977.
4. Åke Bergkvist, Per Nilsson, Ulf Norén:
Kontrollmätning och provsågning av sågklasser vid Viresjö såg. Sveriges Lantbruksuniversitet, Examens-och seminariearbeten, Skoglig marknadsinriktning. Uppsala, Nr. 75 1991.
5. Marijan Breznjak, Andreas Garnæs, Sindre Holøyen, Bjørn Lier: Automatisk innstilling av dobbel tømmerkantsag. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, mars 1976.
6. Marijan Breznjak, Andreas Garnæs, Sindre Holøyen, Bjørn Lier: Automatic setting of a twin circular saw. Norsk Treteknisk Institutt. Meddelelse nr. 52. Blindern, desember 1975.
7. Marijan Breznjak, Bjørn Lier, Magnar Müller og Arne Storm:
Krokstur. (Sawing logs with sweep.) Norsk Treteknisk Institutt. Meddelelse nr. 57. Blindern, okt. 1977.
8. Terence D. Brown:
Determining Lumber Target Sizes and Monitoring Sawing Accuracy. Forest Products Journal. Vol. 29, No. 4, p. 48 - 54. April 1979.
9. E. Drake, L. G. Johansson:
Positionering av stokkar i første såg. I 8610060
10. Karl Fronius:
Schnittfugenbreite - Ausbeute - Erlös. Holz als Roh- und Werkstoff, p. 1415, 1976.
11. Andreas Garnæs:
Tømmerlengde, avsmalning og skurutbytte. Et beregningseksempel. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, Blindern, april 1974.
12. Andreas Garnæs og Magnar Müller:
SKURUTBYTTE. Resultater av praktiske målinger sammenlignet med teoretiske beregninger. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, Blindern, november 1974.

13. Laura Grace:
Using Optical Log Scanners to Determine Log Properties: Initial results from Munksunds sawmill. Report 232, 1993. Inst. f. Virkeslära, SLU, Uppsala.
14. Laura Grace:
Evaluating a prototype log quality sorting system for use in pine sawmills. Report 237, 1993. Inst. f. Virkeslära, SLU, Uppsala.
15. Laura Grace:
Exploring the potential of using optical scanners for predicting grade. Forest Products Journal, 43 (10) 1993.
16. A. Grönlund:
Trapetssågning, vinkelsågning, fyrsågning - En jämförelse av volymsutbyttet. Träteknik Rapport nr. 89.
17. George B. Harpole:
How to Estimate Break-Even Points for Sawmill Improvement. Projects. Forest Products Journal, Vol. 27, No. 4, p. 54 - 56. April 1977.
18. Gullik Hvamb, Bjørn Lier, Arne Seim:
Produktivitetsundersøkelse innen høvleriindustrien. Teknisk utbytte ved høvling. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, Blindern, august 1962.
19. Gullik Hvamb, Bjørn Lier, Arne Seim:
Produktivitetsundersøkelser innen høvleriindustrien. Plankekvaliteten og dens innvirkning på høvlastens kvalitet. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, Blindern, april 1963.
20. Gullik Hvamb, Bjørn Lier, Arne Seim:
Produktivitetsundersøkelser innen høvleriindustrien. I. Verdiøkning ved høvling. II. Innkanting og korting av bakkbordet. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, Blindern, desember 1963.
21. Industridepartementet, Skogindustrikontoret:
Skogindustriene, virkestilgang, produksjon m.v. Hovedtall for 1981-84. April 1986.
22. Lars Jonsson, Mats Nylinder:
Studie av ulike postninger ved sågning av automatisk kvalitetssortering av timmer. Rapport 205, 1990, Inst. f. Virkeslära. SLU. Uppsala.
23. Gustav S. Klem, Ole Karlsen:
Skurutbyttets variasjon med skurordre, tømmerdimensjon og avsmalning ved en moderne sirkelsag. Norsk Treteknisk Institutt. Meddelelse nr. 1, 1951.
24. Bjørn Lier:
Krokskur. Norsk Skogindustri, nr. 11, 1977, p. 295 - 297.
25. Bjørn Lier, Bjørn Mørk, Gunnar Nedberg, John Olsen:
Produktivitetsundersøkelser innen sagbruksindustrien. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, Blindern, mai 1959.

26. Anders Lycken:
Mät- och styrteknik samt processkontroll i sågverket (Medel och metoder för bättre produkter och högre lønsamhet). TräteknikCentrum, Rapport P 9001004. Stockholm december 1989.
27. T. K. McEwan:
Analysis of the Effect of the Lumber Recovery Factor (LFR) on Sawmill Cost. Forest Products Journal, Vol. 24, No. 3, p. 17 - 19.
28. Mats Nylinder, Laura Grace och Lars Jonsson:
Sortering av timmer. Sågverken 1-2, 1994, p. 14-17.
29. Mats Nylinder:
Automatisk kvalitetssortering av talltimmer. Resultat från provsågningar vid Rockhammars sågverk. Rapport 215, 1990, Inst. f. Virkeslæra. SLU. Uppsala.
30. Mats Nylinder:
Automatisk sortering av sågtimmer - ett sätt att utnyttja råvaran bättre. Skogsakta nr. 4 1991, SLU, Uppsala.
31. Mats Nylinder, Laura Grace:
Automatic determination of Log Quality: A way to improve raw material utilization. Proceedings of IUFRO P3.07-01, Rotorua, New Zealand.
32. R. Palm:
Längdanpassning av sågtimmer och sågade trävaror. A 419
33. Ingemar Sandquist:
Kontroll av mått och fukt för produktionsstyrning i sågverken. Sågverken/Trävareindustrien nr. 8, 1973.
34. Bertil Thunell:
Vad har vi før sågutbyte? Sågverken nr. 6, 1979.
35. Sverre Tronstad, Nils Berg:
Produksjon og anvendelse av sekundærvirke innen sektoren saging og høvling. Norsk Treteknisk Institutt. Oppdragsrapport 35325, Blindern, februar 1986.
36. Jon Uleberg, Bjørn Lier:
Automatmåling av skurtømmer - diameter, lengde, barktykkelse og barkslitasje. Norsk Treteknisk Institutt. Intern rapport, Blindern, juni 1974.

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. NTT'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 avsug 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 lakking. 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 avviskostnadsoppfølging.
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.

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 Jermer og Carl Michael Johansson. 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. Bjørk - 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 fibre. Curt Skoglund og Gullik Hvamb. 1953.
5. En transportteknisk undersøkelse på stabeltomtene ved trelastbrukene. Utført ved Produksjonsteknisk Forskningsinstitutt etter oppdrag og i samarbeid med NTI. 1954.
6. Fuktighetsopptak i gulvbord under lagring på byggeplassen. Ole Karlsen. 1954.
7. Noen resultater fra undersøkelser over saging med og mot fibre. Torstein Englessen, 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 stabelt, kappet bakhon. Michael Foslie. 1957.
11. Undersøkelser over metoder for tørking av rå sagflis. Per Granlund. 1958.
12. Tørkløyving med koniske sirkelsagblad. Lester H. Reineke 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. Imaizumi. 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 båndsagskur 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 bjelkelagselementer. 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 båndsagbruk. R. Birkeland. 1968.
35. Lagringsskader på ubarket 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. Fritt bærende tretakstoler. Odd Brynildsen og Rolf Schjødt. 1969.
38. Skur med stukete tenner på sirkelsagblad med høymatning 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 "lufttør" 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. Bøyestyrkens 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. Kroksksur. 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.