



Innleggingsnøyaktighet i sagmaskiner

Feeding accuracy into sawing machines

Audun Øvrum, NTI



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

E-mail: firmapost@treteknisk.no

Web: <http://www.treteknisk.no/>

Bank: 6039.05.16714

Post: 0808 5 14 87 70

Innleggingsnøyaktighet i sagmaskiner

Feeding accuracy into sawing machines

Saksbehandler:	Audun Øvrum
Dato:	2001-02-12
Oppdragsgiver:	Norsk Treteknisk Institutt

Sammendrag

Målet for denne undersøkelsen var å se på kvaliteten på innleggingen i sagmaskinene i forhold til tømmerstokkens geometri. Syv sagbruk var med i undersøkelsen, og målingene er foretatt på 151 stokker.

Det ble avdekket stor variasjon mellom sagbruk i evnen til å sentrere stokken i kantsaga. Det har ikke vært mulig å stadfeste statistisk sikker forskjell mellom saglinjer. Gjennomsnittsverdier for skjevinnlegget viser at forskjellen mellom saglinjer kan være opptil 50 %. I gjennomsnitt legges stokken 5,3 millimeter skjevt inn i kantsaga ut fra målingene i denne undersøkelsen.

I delingssaga vil kroken på stokken gjøre seg gjeldende. For å få et maksimalt utbytte fra stokken må en da enten ha utstyr som kan skjære stokken etter kroken, eller stokken må legges bevisst skjevt inn i saga. Ofte kombineres disse teknikkene, og det viste seg at evnen til å krokskjære ved de fleste brukene var stor. I delingssaga er skjevinnlegget større enn i kantsaga og ligger i gjennomsnitt på 6,2 millimeter.

Følgene av disse skjevinnleggene vil være at en ikke får ut det optimale geometriske utbyttet fra stokken. Diameterøkningen på grunn av skjevinnleggingen er i denne undersøkelsen beregnet til 16 millimeter. En halvering av innleggingsfeilen bør være oppnåelig, og da vil diameterklassene for de forskjellige postningene kunne reduseres med 8 millimeter.

Denne økningen i diameter vil føre til at sentrumsutbyttet reduseres. Uten skjevinnlegging ville sentrumsutbyttet kunne økes med 5,6 % viser målingene gjort i denne undersøkelsen.

Stikkord:	Skjevinnlegg, sentrumsutbytte, krokskur
Keywords:	<i>Feeding accuracy, yield, pithsawing</i>

Summary

The task of this survey was to measure the feeding accuracy into the sawing machines in relation to the geometry of the log. Seven sawmills took part in this survey and the testing was done on 151 logs.

The mills' ability to position the log in the canter varied greatly. Statistically there are no significant differences between mills, but the mean values show that the differences can be as high as 50 %. The bias from perfect feeding in the canter is on average 5,3 millimetres in this survey.

The sweep of the log has to be taken into consideration in the resaw. For a maximum yield you have to follow the sweep of the log, or the log has to be deliberately positioned away from its centre. These techniques are often combined, and this survey shows that the ability to pithsaw is large in most of the mills. The failure in positioning the log in the resaw is significantly larger than in the canter, and is on average 6,2 millimetres.

The consequence of the positioning failure is that you do not get the yield optimum from the log. The increased diameter due to this inaccuracy in feeding is estimated to 1,6 centimetres for the whole sample. A reduction in the feeding failure of 50 % should be attainable, which means that the size for each diameter class can be reduced by 0,8 centimetres.

This increase in diameter results in a reduction in the main yield. With perfect feeding of the log the main yield can be increased by 5,6 % according to this survey.

Forord

Denne rapporten bygger på en hovedfagsoppgave av Audun Øvrum ved Norges landbrukshøgskole (NLH), Institutt for skogfag (ISF). Datamaterialet ble hentet inn i prosjektet "Kvalitetssikring av postning, tillegging og skur" som ble gjennomført i 1998 ved Norsk Treteknisk Institutt. Sindre Holøyen var prosjektleder, og målet i prosjektet var å utarbeide enkle brukerverktøy for å kvalitetssikre skurprosessen ved sagbruk.

På bakgrunn av målemetoder skissert i STFI-meddelande serie A nr. 752, og i Aris "Stokkautomat KSI-7" (kapittel 8: "Stell og vedlikehold") utviklet Sindre Holøyen et regnearkprogram i Excel hvor ulike innleggingsfeil i sagmaskinene blir beregnet ut fra enkle målinger under skurprosessen.

Resultatene er innhentet fra syv forskjellige sagbruk i Norge, og målingene ble foretatt av Sindre Holøyen og Audun Øvrum.

Oslo, 12. februar 2001



Audun Øvrum

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord.....	5
Innhold.....	7
1. Innledning	8
2. Typer innleggingsfeil	8
2.1. Kantsag	9
2.2. Delingssag	10
3. Målemetoder og beregninger.....	11
3.1. Tømmerdata	11
3.2. Måling og beregning av innleggingsfeil i kantsag	11
3.3. Måling av innleggingsfeil i delingssag	13
4. Resultater.....	14
4.1. Bruk 1	14
4.2. Bruk 2	16
4.3. Bruk 3	17
4.4. Bruk 4	18
4.5. Bruk 5	20
4.6. Bruk 6	22
4.7. Bruk 7	24
4.8. Gjennomsnittlig innleggingsfeil	26
4.9. Diameterøkning	27
4.10. Tapt sentrumsutbytte	28
5. Diskusjon/konklusjon	30
6. Litteratur.....	32

1. Innledning

Det å dele opp tømmerstokken riktig i forhold til dens geometri er veldig viktig for å oppnå høyt skurutbytte ved et sagbruk. Særlig å få størst mulig sentrumsutbytte vil ofte være økonomisk avgjørende, da det er her den mest verdifulle trelasten ofte tas ut.

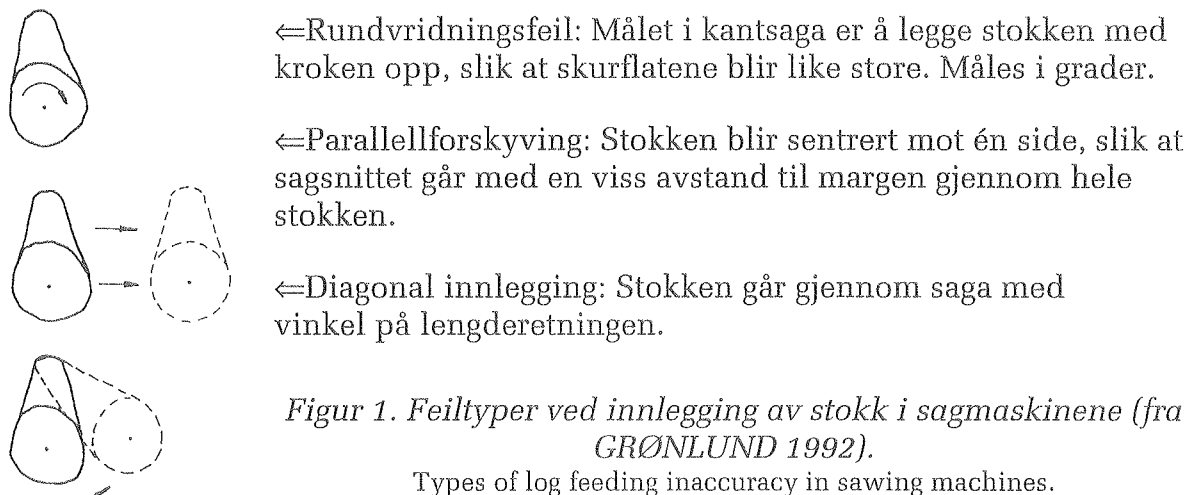
Skurprosessen ved sagbruk blir stadig mer automatisert. Det er i dag avanserte maskiner og målesystemer som styrer oppdelingen av stokken. Sagmesteren har i større grad fått en overvåkende funksjon. Med all denne teknikken og automatiseringen er det derfor viktig å etablere et system som kan overvåke kvaliteten i de valg maskinene gjør. Med en slik overvåking av nøyaktigheten vil feil og skjevheter sannsynligvis oppdages hurtigere enn i dag.

Med denne bakgrunnen utviklet derfor Sindre Holøyen et brukerverktøy i form av Excel-ark hvor ulike feiltyper i innleggingen av tømmerstokken i sagmaskinene blir regnet ut fra målinger som blir gjort under skurprosessen. Målingene og utregningene baserer seg på beskrivelser fra STFI-meddelande serie A nr. 752, og Aris "Stokkautomat KSI-7" (kapittel 8: "Stell og vedlikehold"). I denne rapporten er resultatene fra målinger og beregninger med utgangspunkt i denne malen sammenfattet.

2. Typer innleggingsfeil

I løpet av en tømmerstokks gang gjennom sagmaskinene på et sagbruk, er det flere typer feil som kan forekomme. Målet er som regel å få volumsenteret, som oftest margen i stokken, til å følge senterlinja i postningen best mulig. Dette betyr ikke at en alltid skal skjære i margen. Tas det ut 3 ex. eller 5 ex. log vil jo margen ideelt sett være midt i midtplanken. Det kan også tenkes at uttaket er asymmetrisk der en f. eks. tar ut et tykt bord på ene siden for å ikke ta ut noe bord på andre siden. Dette avhenger ofte av hvilke tekniske muligheter som finnes på sagbruket. Uansett er det et mål at anlegget sager mest mulig nøyaktig i forhold til stokkens geometri.

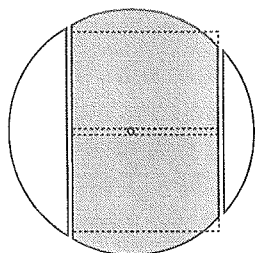
Sentrumsutbyttet utgjøres som regel av plank (minst 38 mm i tykkelse), og er det som gir størst dekningsbidrag på et sagbruk. Det er derfor viktig å få et størst mulig sentrumsutbytte. En bedre innleggingsnøyaktighet i sagmaskinene gir muligheten for mindre overmål på postningstabellene, som igjen fører til et høyere skurutbytte. I Figur 1 er det vist hvilke feil som kan gjøres når stokken blir lagt inn i sagmaskinene.



Rundvridningsfeil kan kun skje i kantsag, fordi kroken kommer sidelengs i delingssaga. De andre feiltypene forekommer imidlertid i begge sagene. Ved alle sagbrukene i denne undersøkelsen ble stokkroken manuelt plassert i første sag av sagemesteren. Data for rundvridningsfeil ble beregnet, men har liten interesse, da dette var personavhengig. Denne feiltypen er derfor ikke behandlet i rapporten.

2.1. Kantsag

Som regel skjer første snitt på sagbruket ved at en har to parallelle sagblad/bånd som skjærer av en like stor bakhon/celluloseflismengde på hver side av stokken og eventuelle sidebord. Den naturlige kroken bør her være lagt slik at den peker vertikalt opp eller ned. Det mest vanlige er oppover. Peker kroken rett oppover og stokken bare har krok én vei, skal skurflatene på begge sider teoretisk være like store. Er den ene skurflaten større langs hele stokklengden, tyder det på at stokken er parallellforskjøvet mot den siden som har størst bredde på skurflaten. Er den ene skurflaten større i begynnelsen av snittet og forholdet mellom skurflatene skifter langs lengden, tyder det på at stokken er lagt inn med én vinkel på sagbladene. I Figur 2 er det vist hvordan en skjevtillegging i kantsaga vil slå ut i forhold til blokka.

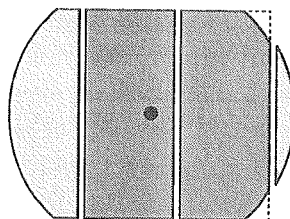


Figur 2. Skjevinnlegg i kantsag uten skjevinnlegging i delingssag (fra GARNÆS et al. 1996).
Infeed offset in canter.

Figur 2 viser at en skjevtillegging i kantsag uten noen innleggingsfeil i delingssag vil kunne skape vankant på begge sider av blokka etter at den er gått gjennom delingssaga. Dette betyr at ytterste plank på begge sider av blokka må kappes for vankant. Dette er selvfølgelig et idealisert bilde av en stokk og skjevtilleggingen, men prinsippet er ufravikelig, i og med at de fleste stokker er tilnærmet runde, om enn ikke sirkelrunde. Den tredje feilen i kantsaga er at kroken på stokken ikke blir lagt parallelt med sagbladene. Er kroken på stokken stor, vil dette ha mye å si for hvordan skurflatene vil se ut etter kantsaga. Er rundvridningsfeilen stor, blir forskjellen på skurflatene stor på midten i og med at sagbladene går rett fram, mens stokken vil gå i en bue.

2.2. Delingssag

Etter at de to snittene i kantsaga er foretatt, legges stokken ned på den ene siden, og går enten gjennom en sag som kanter inn blokka for så å gå til en delingssag, eller direkte til en sag som både kanter inn og deler opp blokka. Det er den andre saga som er interessant for skjevinnlegget, slik at denne for enkelhets skyld er kalt delingssag i denne rapporten, uavhengig om den deler opp blokka eller ikke. Her vil et skjevinnlegg kun gi vankant på den ene siden av blokka hvis sentreringen i kantsaga har vært perfekt. I Figur 3 er det vist hvordan et skjevinnlegg i delingssaga vil slå ut på blokka.



*Figur 3. Skjevinnlegg i delingssag uten skjevinnlegging i kantsag
(fra GARNÆS et al. 1996).
Symmetrically canted slab.*

I delingssaga prøver man som regel å skjære etter margin med såkalt krokskjæring. Det ideelle snittet ville være hvis sentrum av postningen hele tiden følger midten av skurflatene fra kantsaga, slik at en får utnyttet hele skurflata fra første snittet i sentrumsutbyttet. I følge ASPLUND & SEDERHOLM (1982) kan margsaging øke skurutbyttet med opptil 6 %, mens undersøkelser gjort av BREZNJAK et al. (1977) gir en gevinst i skurutbytte på 4,2 % ved krokskur. I tillegg øker andelen av sentrumsutbytte. Erfaringsmessig bør imidlertid ikke krokskjæringen overstige en pilhøyde på 40 millimeter (GRØNLUND 1992).

Er mulighetene til krokskjæring ikke til stede, er det vanlig å legge stokken inn litt skjevt i forhold til margin. Grunnen til dette er at dersom stokken blir sentrert i

topp, vil muligheten for å få vankant i midten av planken være stor. Særlig ved krokete stokker vil dette bli et problem. Den vanligste måten å skjevsentrere på er å ha som mål og sentrere perfekt 25 % og 75 % fra topp, slik at all eventuell vankant kommer i endene og lett kan kappes vekk. ASPLUND (1984) viser at med et skjevinnlegg i delingssaga vil en ikke tape så mye sentrumsutbytte på grunn av stokkrok, men uttaket av bord vil bli markert mindre. Det er to måter å skjevtillagge stokken i delingssaga for å kompensere for stokkroken. Enten sentreres hele stokken til én side, eller så sentreres stokken 25 % og 75 % fra toppen. ASPLUND (1984) anbefaler det første, fordi diameterøkningen for å få skarpkant på hele sentrumsutbytte er halvparten så stor når pilhøyden er lik.

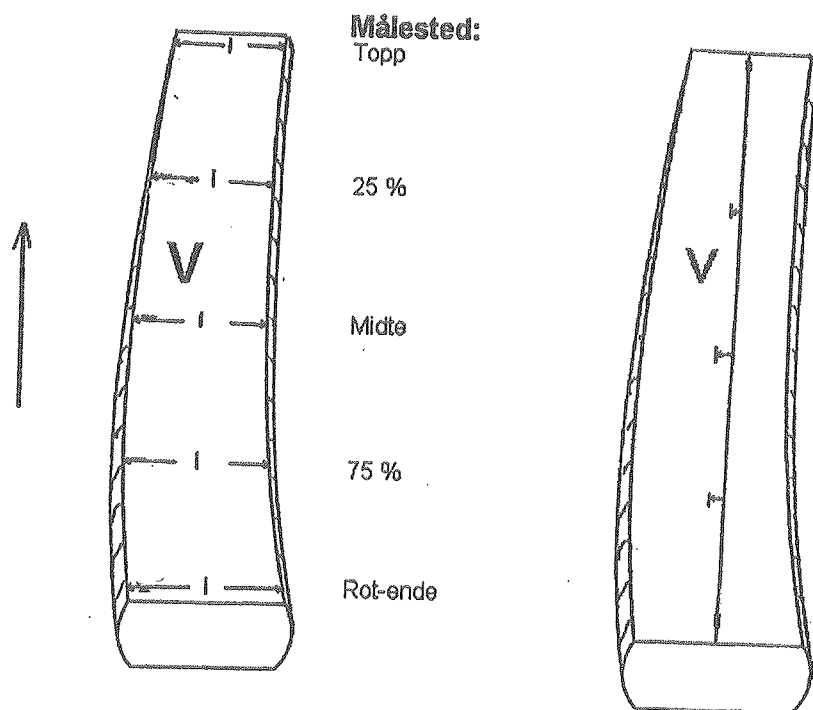
3. Målemetoder og beregninger

3.1. Tømmerdata

Først ble toppdiameter på stokken målt. Dette ble enten målt manuelt med tømmerklave eller med det utstyret sagbruket bestemte uttaket med. Dette var enten LOGPOS eller vanlige toveis eller enveis målerammer. Lengden ble målt på samme måten manuelt eller med postningsutstyret. Diameteren er ikke med i noen beregninger, men det er den som bestemmer hvilket postningsalternativ stokken får. I det minste blir blokkhøyden bestemt av diameter målt i måleramme eller LOGPOS.

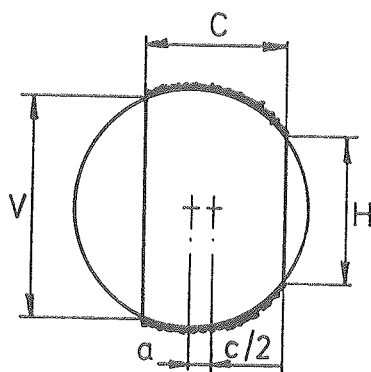
3.2. Måling og beregning av innleggingsfeil i kantsag

Etter at stokken hadde gått gjennom kantsagen og to bakhon/celluloseflis og eventuelle bord var tatt ut, ble bredden på skurflatene (blekene) målt på begge sider av stokken. Bredden på skurflaten ble målt på fem steder langs stokken, henholdsvis i topp, 25 %, 50 %, 75 % fra topp og i rota. På skurflaten som vendte opp i delingssaga, ble også midten av bleken avmerket på alle målestedene. En linje fra midten av bleken i rot til midten av bleken i topp ble merket av med en krittssnor. Så ble avstanden fra midten av bleken til krittssnora målt for å finne pilhøyden ved alle målestedene. Figur 4 viser hvordan målingene foregikk. Blokkhøyden ble også målt etter kantsag.



Figur 4. Måling av blekebredder og stokkrok etter kantsag.
Measuring of width and sweep of log following canter.

For å regne ut innleggingsfeilen i kantsagen, er utgangspunktet et sirkulært stammetverrsnitt (se Figur 5). I denne sirkelen vil radien være lik over alt, fordi stokken er tenkt sirkelrund. Ved å bruke Pythagoras formel for vinkelrette trekanter, er det da mulig å finne et uttrykk for innleggingsfeilen. Dette uttrykket vil kunne benyttes til å beregne innleggingsfeilen ved alle de fem målestedene på stokkene.



Figur 5. Utgangspunktet for utregningen av innleggingsfeil i kantsag.
Basis for calculation of infeed offset in canter.

a = innleggingsfeilen i millimeter
 V = bredden av venstre skurflate i millimeter
 H = bredden av høyre skurflate i millimeter
 C = blokkhøyde i råmål i millimeter

Innleggingsfeilen, a , er definert som positiv når blokkensentrum ligger til venstre for stokksentrum. Sammenhengen mellom trekantene gir følgende uttrykk for innleggingsfeilen.

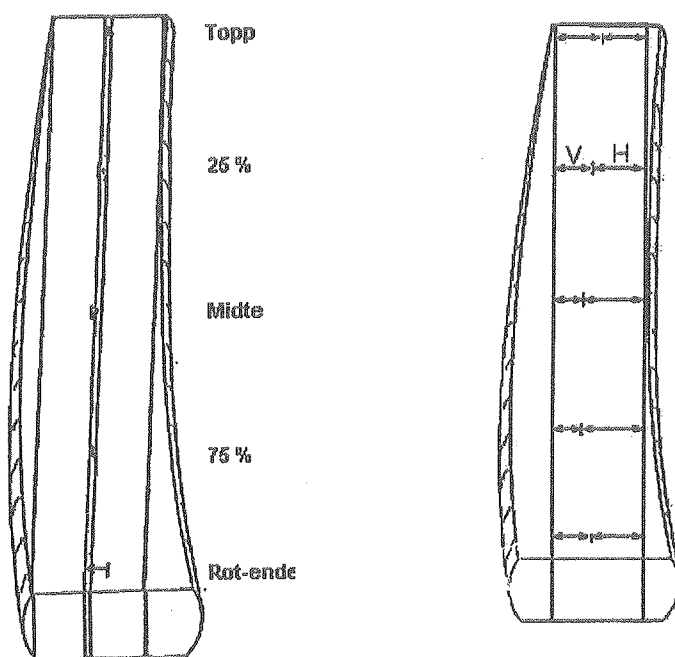
$$a = \frac{H^2 - V^2}{8C}$$

Formel 1. Utregning av innleggingsfeil i kantsag.
 Calculation of infeed offset in canter.

Med målene for skurflatebreddene og blokkhøyden er det nå mulig å bestemme innleggingsfeilen ved alle målestedene, slik at det er mulig å avdekke hvordan stokken har gått gjennom saga i forhold til margen.

3.3. Måling av innleggingsfeil i delingssag

Etter at stokken hadde gått gjennom delingssaga, ble så avstanden fra blekemidtt til postningsmidt målt. Dette ble gjort enten ved å måle på firkantblokk før den ble delt opp, eller ved målinger etter at sentrumsutbyttet er tatt ut. Dette var avhengig av sagbrukslayout og hvor det var enklest å måle. Vankantlengder ble også målt på firkantblokk eller på ytterste plank. Det ble målt til skarp kant. I Figur 6 er det vist hvordan det ble målt etter delingssaga.



Figur 6. Måling av skjevtillegging etter delingssag.
 Measuring of infeed offset in resaw.

Avstanden fra postningsmidt til midten av skurflata fra kantsaga vil utgjøre innleggingsfeilen i delingssaga.

4. Resultater

Resultatene er referert for hvert bruk, og viser hvilke systematiske skjevheter sentreringsutstyret har. Et slikt gjennomsnitt viser tendensen til skjevinnlegging i sagmaskinene. Størrelsen på innleggingsfeilen vil ikke komme fram, fordi skjevinnleggingen er definert som positiv eller negativ, avhengig av til hvilken side stokken er skjevsentrert. Standardavviket vil vise hvordan feilen fordeler seg rundt gjennomsnittet. For å se på størrelsen av innleggingsfeilen, er det bedre å regne med avviket fra perfekt saging uten å ta hensyn til hvilken vei stokken er skjevsentrert (absoluttverdien av skjevinnlegget).

4.1. Bruk 1

Bruk 1 er et rent bandsagbruk med reduserere. Det er ingen retur på kantsaga. Postningsforslag blir gitt på bakgrunn av data fra en måleramme på tømmerinntaket. Prøveuttaket her besto av tre måleserier av 10 stokker der seriene var delt inn etter toppdiameter på tømmerstokkene. Diameterklassene var:

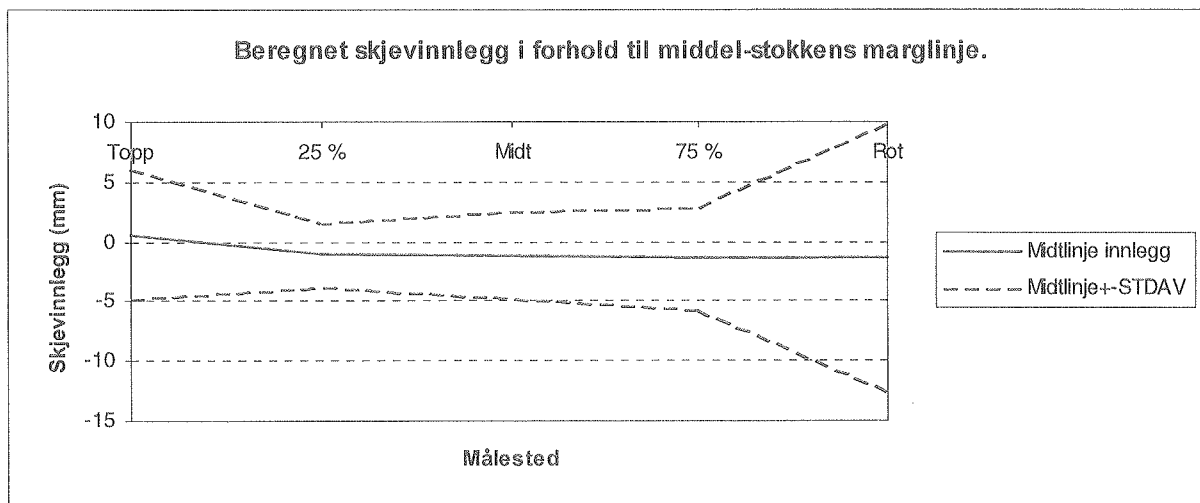
- Serie 1: Tømmerklasse 10, 131-150 millimeter i topp.
- Serie 2: Tømmerklasse 17, 201-215 millimeter i topp.
- Serie 3: Tømmerklasse 11, 271-310 millimeter i topp.

Tabell 1 viser hvordan relativ og absolutt innleggingsfeil forholdt seg ved de forskjellige målestedene ved Bruk 1.

Tabell 1. Gjennomsnittlig innleggingsfeil i mm ved Bruk 1.
Mean infeed offset in mm at Mill 1.

Sagtype	Måling	Totalt	Topp	25 %	Midt	75 %	Rot
Kantsag	Gj.snitt	-0,9	0,7	-1,1	-1,2	-1,4	-1,4
"	Std.	6,24	5,50	2,72	3,65	4,30	11,27
"	Abs.	4,3	4,6	2,3	2,7	3,1	8,6
Delingssag	Gj.snitt	-1,8	-2,6	-2,9	-3,1	-3,6	3,0
"	Std.	5,90	5,79	4,03	5,15	3,78	7,56
"	Abs.	5,0	5,2	4,0	5,2	4,4	6,2

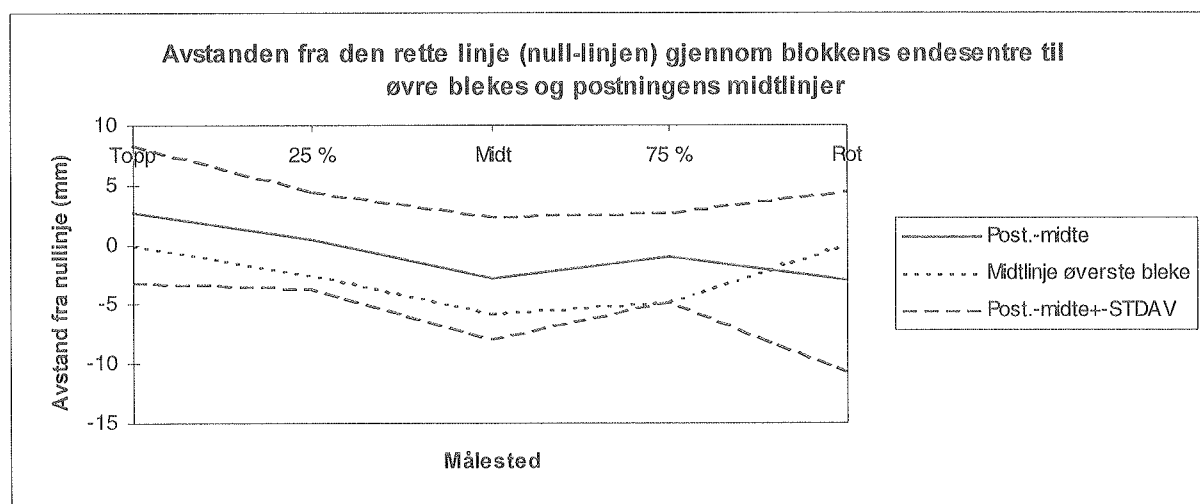
I Figur 7 og Figur 8 er det vist hvordan middelstokken har gått gjennom de to sagene ved Bruk 1.



Figur 7. Skjevinnlegg i kantsag ved Bruk 1.

Infeed offset in canter at Mill 1.

Hovedmønsteret i kantsaga er at stokken blir lagt litt mot høyre i toppen for så å legges mot venstre i resten av lengden, altså en svak diagonal innlegging. Absoluttfeilen varierer mellom målestedene. Særlig i endene er innleggingsfeilen stor til begge sider.



Figur 8. Krokskjæringen i delingssaga ved Bruk 1.

Pithsawing in resaw at Mill 1.

Det er høyre skurflate som vender opp i delingssaga på Bruk 1. Det er derfor fornuftig å legge snittet litt mot bunnen av kroken så ikke resultatet blir vankant i rota. Ingen av stokkene som var med i utvalget, hadde vankant i rota. Dette skjevinnlegget i øvre deler av stokken kan jo overdrives, og på Bruk 1 kan det jo diskuteres om frykten for vankant i rota går på bekostning av resten av stokken, fordi den absolutte feilen i rota er ganske liten i forhold til en del andre bruk. Sagbladet følger kroken bra, men skjærer gjennom kurven på slutten.

4.2. Bruk 2

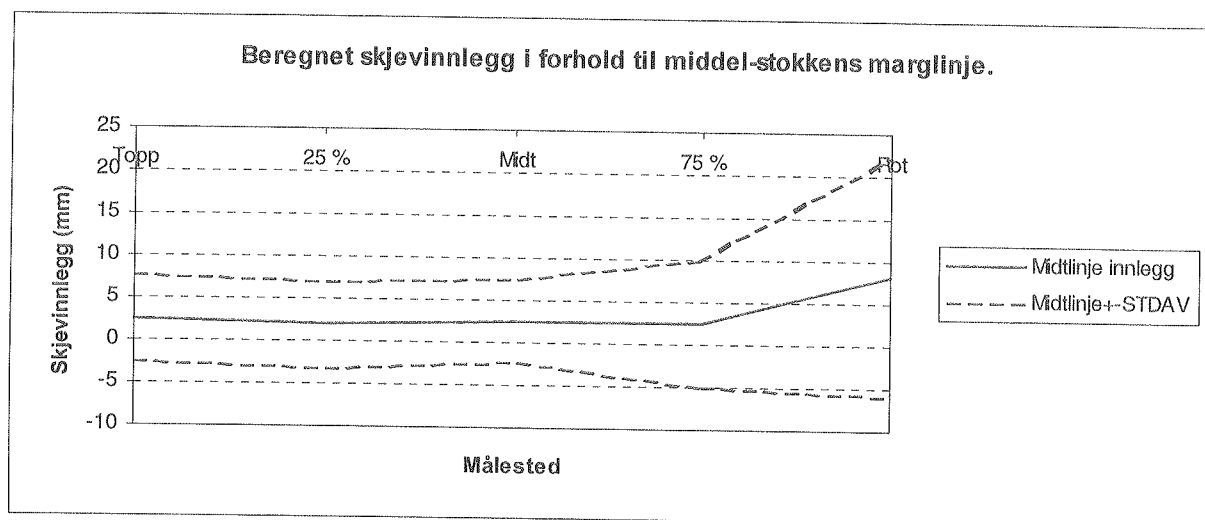
Bruk 2 er et rent bandsagbruk med reduserere. Stokken går i retur, slik at kantsag og delingssag er samme sagmaskin. Postningsforslag blir gitt av et LOGPOS-system montert like foran sagmaskinen.

Ved Bruk 2 ble det kun foretatt én måleserie bestående av 15 stokker. Toppdiameteren varierte mellom 220 og 320 millimeter.

Tabell 2. Gjennomsnittlig innleggingsfeil i mm ved Bruk 2.
Mean infeed offset in mm at Mill 2.

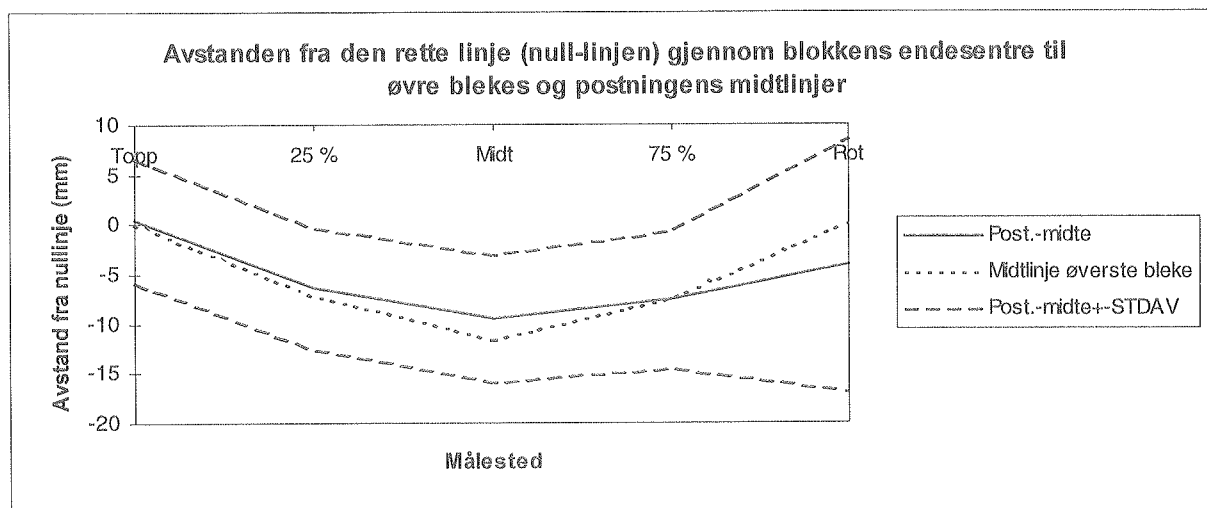
Sagtype	Måling	Totalt	Topp	25 %	Midt	75 %	Rot
Kantsag	Gj.snitt	3,6	2,5	2,0	2,6	2,5	8,2
"	Std.	8,21	5,08	5,12	4,92	7,53	13,98
"	Abs.	6,1	4,7	3,8	4,2	6,4	11,3
Delingssag	Gj.snitt	0,2	-0,5	-0,6	-2,1	0,0	4,1
"	Std.	8,15	6,23	6,15	6,41	6,89	12,75
"	Abs.	5,5	4,2	5,0	4,0	5,2	9,2

I Figur 9 og Figur 10 og er det vist hvordan middelstokken har gått gjennom de to sagene ved Bruk 2.



Figur 9. Skjevinnlegg i kantsag ved Bruk 2.
Infeed offset in canter at Mill 2.

Snittet tilsier at stokken blir lagt systematisk mot høyre ved alle målestedene, men det er stor spredning med enkelte grove innleggingsfeil mot venstre. I rota blir stokken lagt enda mer markert mot høyre.



Figur 10. Krokskjæringen i delingssaga ved Bruk 2.
Pithsawing in resaw at Mill 2.

Også ved Bruk 2 vender høyre skurflate opp i delingssaga. Det er da naturlig å legge stokken litt mot venstre for å unngå vankant i rota. Mønsteret er det samme som på Bruk 1 med innleggingsfeil mot høyre i rota, og mot venstre i resten av stokken. Gjennomsnittene er imidlertid mindre, og utslagene i rota større. Kroken følges veldig bra, men den lille innleggingsfeilen ved de fire første målestedene straffer seg i rota der feilen blir stor. Det ble likevel ikke registrert noe vankant i rota.

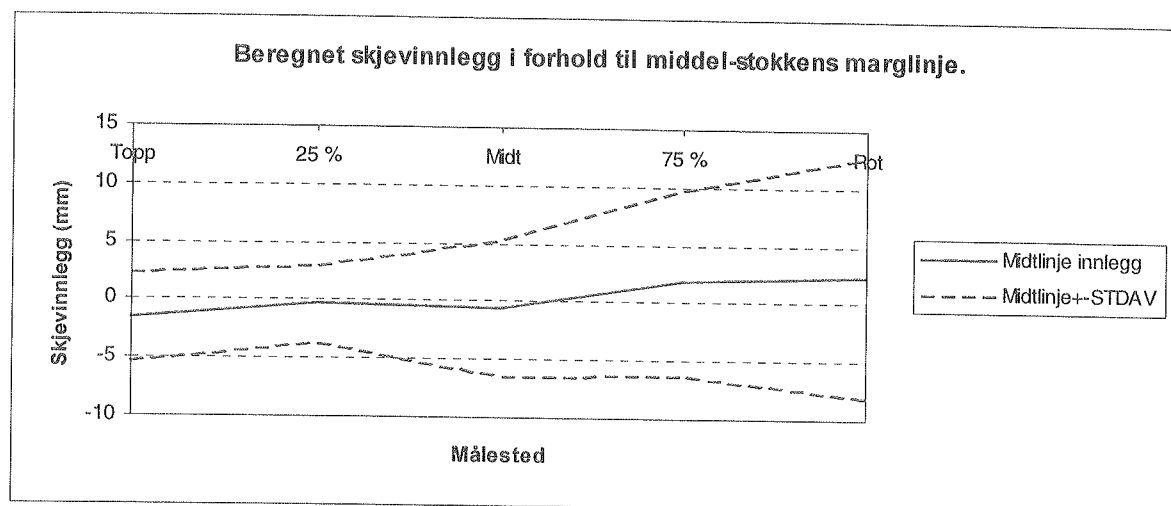
4.3. Bruk 3

Bruk 3 er et rent sirkelsagbruk med reduserere. Det er ingen retur på første sag. Postningsforslag gis av måleramme på tømmerinntak. Det ble gjort målinger på 15 stokker med toppdiameter fra 209 til 240 millimeter.

Tabell 3. Gjennomsnittlig innleggingsfeil i mm ved Bruk 3.
Mean infeed offset in mm at Mill 3.

Sagtype	Måling	Totalt	Topp	25 %	Midt	75 %	Rot
Kantsag	Gj.snitt	0,4	-1,5	-0,3	-0,5	1,8	2,3
"	Std.	6,78	3,76	3,32	5,83	8,05	10,39
"	Abs.	5,0	2,9	2,7	4,4	6,7	8,2
Delingssag	Gj.snitt	1,4	-0,8	-0,6	-2,5	1,6	9,3
"	Std.	10,80	4,97	4,40	5,79	11,95	17,41
"	Abs.	7,3	3,8	3,2	3,9	9,1	16,5

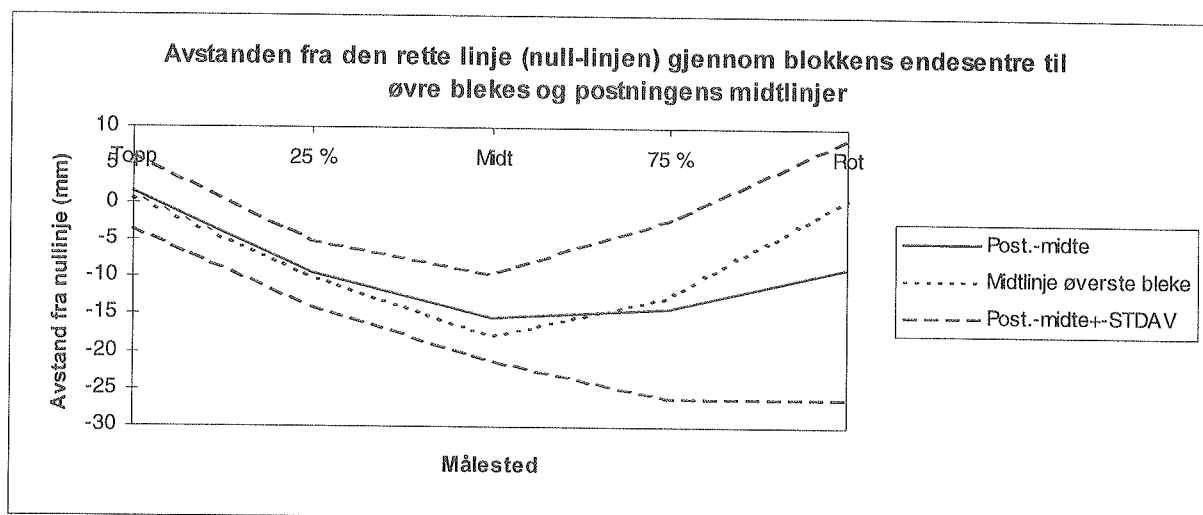
I Figur 11 og Figur 12 er det vist hvordan middelstokken har gått gjennom de to sagene ved Bruk 3.



Figur 11. Skjevinnlegg i kantsag ved Bruk 3.

Infeed offset in canter at Mill 3.

Middelstokken ved Bruk 3 ser ut til å bli lagt litt mot venstre i toppen for så å forskyve seg mot høyre nærmere rota.



Figur 12. Krokskjæringen i delingssaga ved Bruk 3.

Pithsawing in resaw at Mill 3.

Høyre skurflate vender opp i delingssaga, og kroken følges sånn omtrent med en liten innleggingsfeil mot venstre i toppen av stokken, før sagsnittet går gjennom kurven ved rotmålingene.

4.4. Bruk 4

Bruk 4 har bandsag med reduserere som kantsag, med reduserskiver som andre sag før en flerblads sirkelsag deler opp blokka. Det er ingen retur, og postnings-

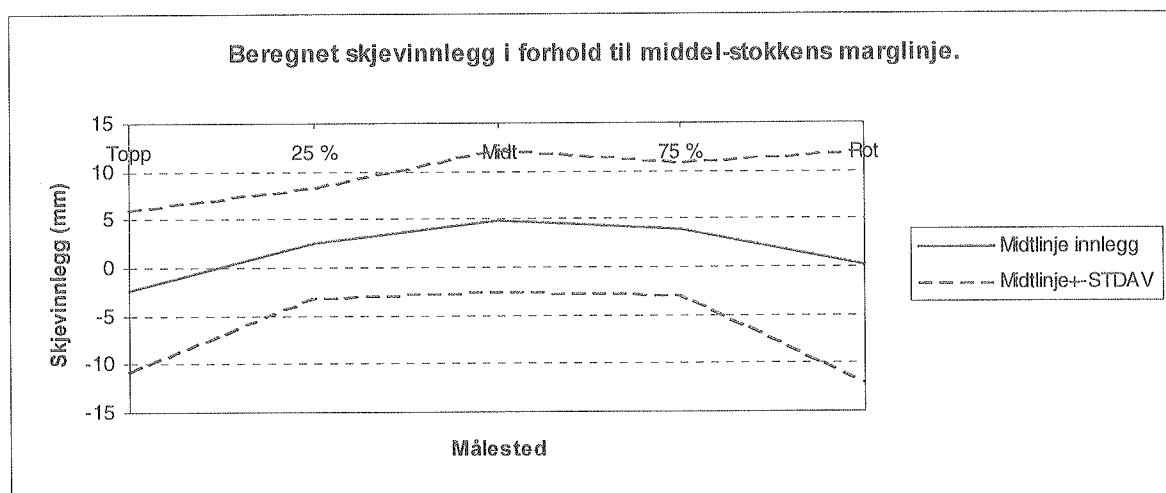
forslag blir gitt av et LOGPOS-system. Ved Bruk 4 ble det foretatt to forskjellige måleserier. Den første fant sted et halvt år før den siste. Den første serien besto av 10 stokker der det ble målt både etter kant- og delingssag, mens i den andre serien på 14 stokker ble det bare målt etter kantsag. Toppdiameteren var fra 175 til 210 millimeter.

Tabell 4. Gjennomsnittlig innleggingsfeil i mm ved Bruk 4.

Mean infeed offset in mm at Mill 4.

Sagtype	Måling	Totalt	Topp	25 %	Midt	75 %	Rot
Kantsag	Gj.snitt	1,9	-2,3	2,6	4,9	4,0	0,1
"	Std.	8,61	8,34	5,75	7,41	6,85	11,93
"	Abs.	6,6	6,9	4,2	6,5	5,8	9,8
Delingssag	Gj.snitt	-3,8	0,2	-2,5	-4,5	-6,7	-5,7
"	Std.	9,05	7,38	2,17	7,12	8,01	15,43
"	Abs.	6,3	5,2	2,9	4,9	6,7	11,9

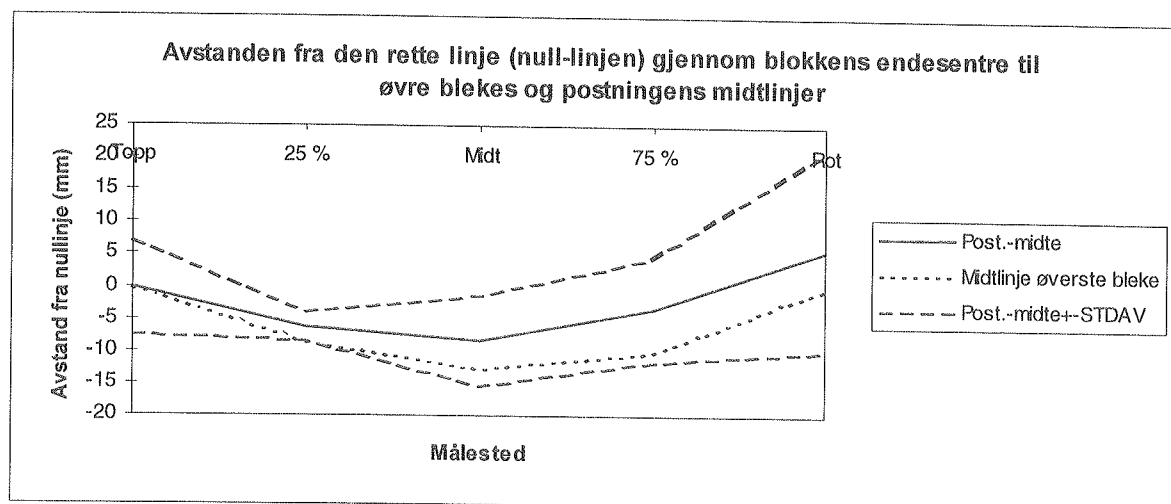
I Figur 13 og Figur 14 er det vist hvordan middelstokken har gått gjennom de to sagene ved Bruk 4.



Figur 13. Skjevinnlegg i kantsag ved Bruk 4.

Infeed offset in canter at Mill 4.

Middelstokken blir lagt mot venstre i toppen, for så å bli lagt mot høyre på midten før den rettes opp mot enden av stokken.



Figur 14. Krokskjæringen i delingssaga ved Bruk 4.

Pithsawing in resaw at Mill 4.

På Bruk 4 er det høyre skurflate som vender opp i delingssaga. Det vil da være naturlig å legge stokken litt til venstre i toppen for å unngå vankant i rot. Skjevtillaggingen i topp er imidlertid litt til høyre. Ved resten av målestedene er stokken lagt mot venstre. Til og med i rota ligger stokkene i gjennomsnitt mot venstre. Dette er litt uvanlig, da de færreste sagbruk klarer å krokskjære for mye i rota. I toppen er det veldig stort standardavvik på innleggingsfeilen. Dette tyder på at sentreringen ikke fungerer før saga har fått tak i stokken. Det spesielle her er at målestedet 75 % fra topp har høyere korrelasjon med pilhøyden enn rotmålingen. Ved alle målestedene er det høy korrelasjon mellom innleggingsfeil og stokkrok. Tømmeret var her veldig krokete. Det er kanskje derfor det slår så kraftig ut.

4.5. Bruk 5

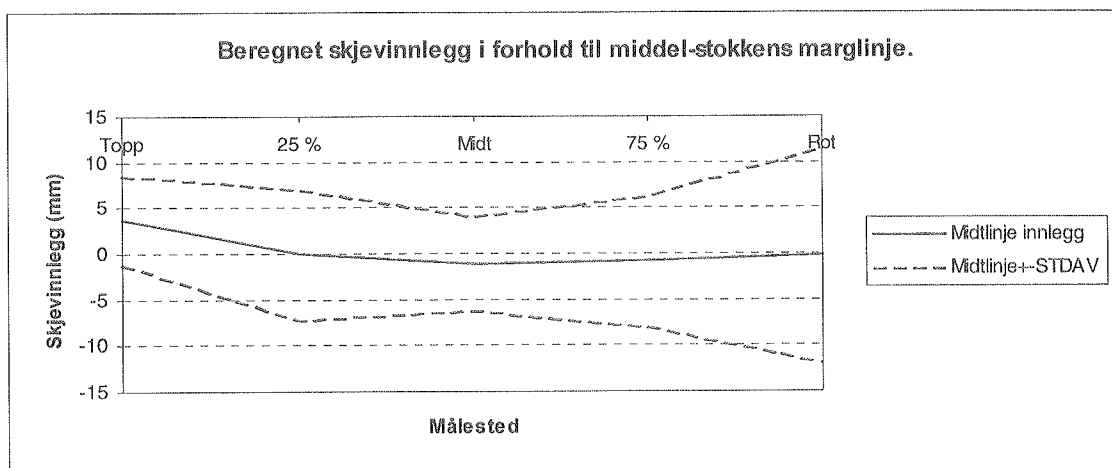
Bruk 5 er et rent bandsagbruk med reduserere. Stokken går i retur slik at kantsag og delingssag er samme sagmaskin. Systemet er temmelig likt det ved Bruk 2, og det er også her et LOGPOS-system foran første sagmaskin som gir postningsforslag. Det ble foretatt to måleserier med et halvt års mellomrom ved dette bruket. I serie 1 på 7 stokker var toppdiameteren 202-215 millimeter, mens serie 2 på 10 stokker hadde toppdiameterer i området 164-178 millimeter.

Tabell 5. Gjennomsnittlig innleggingsfeil i mm ved Bruk 5.

Mean infeed offset in mm at Mill 5.

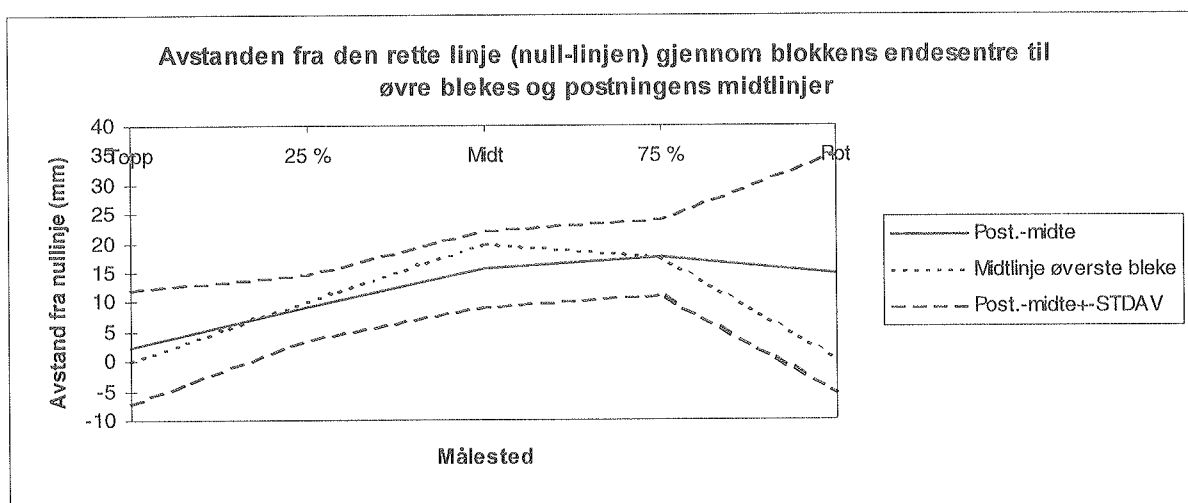
Sagtype	Måling	Totalt	Topp	25 %	Midt	75 %	Rot
Kantsag	Gj.snitt	0,3	3,7	-0,1	-1,1	-0,8	-0,2
"	Std.	7,60	4,82	7,02	5,09	7,14	11,72
"	Abs.	5,2	5,3	3,6	3,6	5,0	8,7
Delingssag	Gj.snitt	-2,5	-2,5	0,8	4,1	0,0	-14,8
"	Std.	12,66	9,54	5,50	6,52	6,43	20,26
"	Abs.	7,8	6,8	4,1	6,4	4,3	17,6

I Figur 15 og Figur 16 er det vist hvordan middelstokken har gått gjennom de to sagene ved Bruk 5.



Figur 15. Skjevinnlegg i kantsag ved Bruk 5.
Infeed offset in canter at Mill 5.

Spredningen er veldig stor, og noen store verdier grunnet veldig stor krok trekker snittet i én retning. Det ser ut til at middelstokken legges til høyre i topp, for å gå mot venstre på midten, for så å bli nesten null i rota.



Figur 16. Krokskjæringen i delingssaga ved Bruk 5.
Pithsawing in resaw at Mill 5.

Venstre skurflate vender opp i delingssaga. Utgangspunktet bør da være at stokken legges litt mot høyre i toppen for å ta opp kroken i rota. Mønsteret her er tydelig preget av krokete stokker som gi en del merkelige verdier. Stokkene blir lagt inn litt til venstre i toppen for så å bli lagt til høyre mot midten før de blir lagt voldsomt til venstre i rota igjen. Særlig i rota er innleggingsfeilen veldig påvirket av kroken.

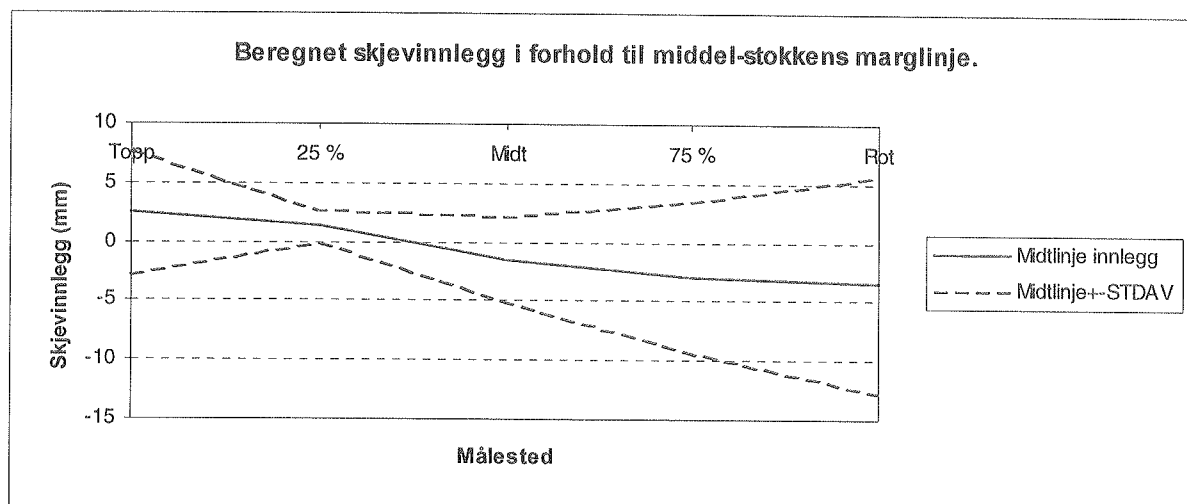
4.6. Bruk 6

Bruk 6 er et sirkelsagbruk uten redusere. Det er ingen retur på kantsaga og det er et tradisjonelt "gullhøneanlegg". Postningsforslag blir gitt av en måleramme på tømmerinntaket. Det ble her målt på 20 stokker med varierende toppdiameter i intervallet 132-254 millimeter.

Tabell 6. Gjennomsnittlig innleggingsfeil mm ved Bruk 6.
Mean infeed offset in mm at Mill 6.

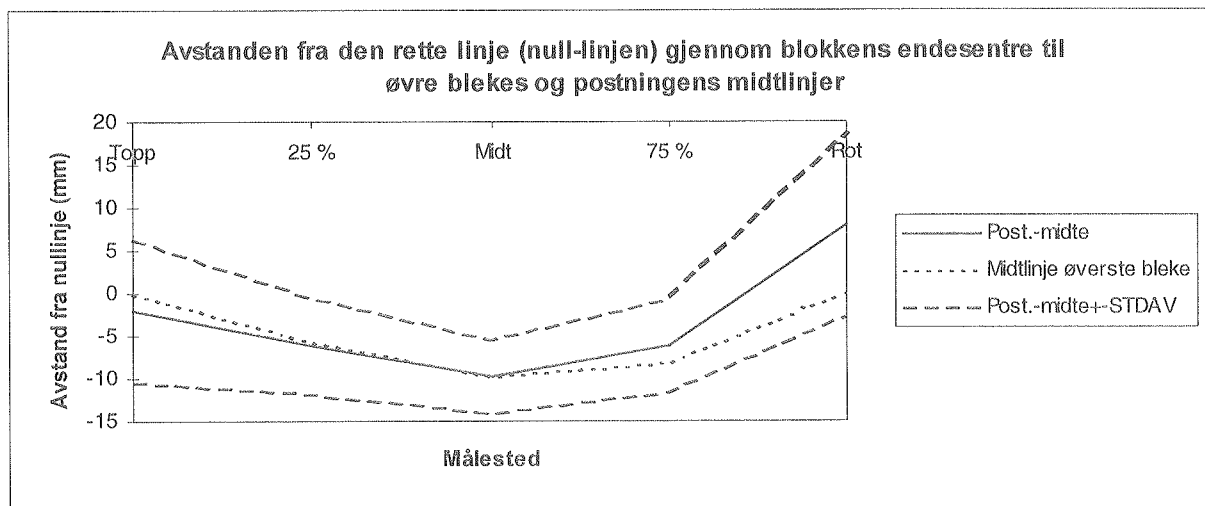
Sagtype	Måling	Totalt	Topp	25 %	Midt	75 %	Rot
Kantsag	Gj.snitt	-1,0	3,0	1,6	-1,7	-3,0	-4,7
"	Std.	7,06	6,10	1,78	4,35	6,97	10,45
"	Abs.	4,3	5,2	1,9	3,5	5,9	8,8
Delingssag	Gj.snitt	-1,5	2,0	0,5	-0,1	-2,0	-8,0
"	Std.	7,96	8,47	5,74	4,28	5,43	10,69
"	Abs.	5,7	6,2	4,8	3,2	4,6	9,7

I Figur 17 og Figur 18 er det vist hvordan middelstokken har gått gjennom de to sagene ved Bruk 6.



Figur 17. Skjevinnlegg i kantsag ved Bruk 6.
Infeed offset in canter at Mill 6.

Middelstokken er sentrert mot høyre i toppen, men etter hvert mot venstre nærmere rota. Det er tydelig mønster av diagonal innlegging.



Figur 18. Krokskjæringen i delingssaga ved Bruk 6.

Pithsawing in resaw at Mill 6.

Ved Bruk 6 er det høyre skurflate som vender opp i blokk/delesaga. En innleggingsfeil litt mot venstre ved de første målestedene vil da være naturlig. Mønsteret er imidlertid en liten feil mot høyre i topp, og en ganske stor feil mot venstre i rot. Evnen til å følge kroken er veldig stor, og krokskjæringen er faktisk for kraftig, slik at rota blir presset for mye til siden når den går gjennom saga.

4.7. Bruk 7

Bruk 7 er et rent sirkelsagbruk med reduserere. Det er ingen retur på kantsaga og et LOGPOS-system foran første sagmaskin gir postningsforslag.

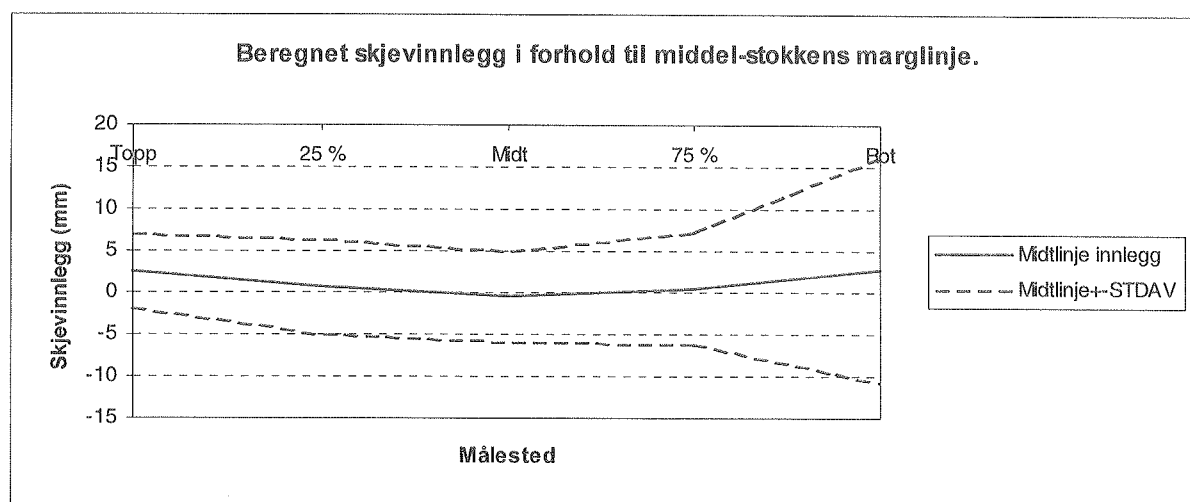
Ved Bruk 7 var måleopplegget det samme som på Bruk 1, dvs. tre måleserier à 10 stokker inndelt etter toppdiameter. Klassene var følgende:

- Serie 1: 127-170 millimeter i toppdiameter.
- Serie 2: 189-218 millimeter i toppdiameter.
- Serie 3: 227-259 millimeter i toppdiameter.

Tabell 7. Gjennomsnittlig innleggingsfeil i mm på Bruk 7.
Mean infeed offset in mm at Mill 7.

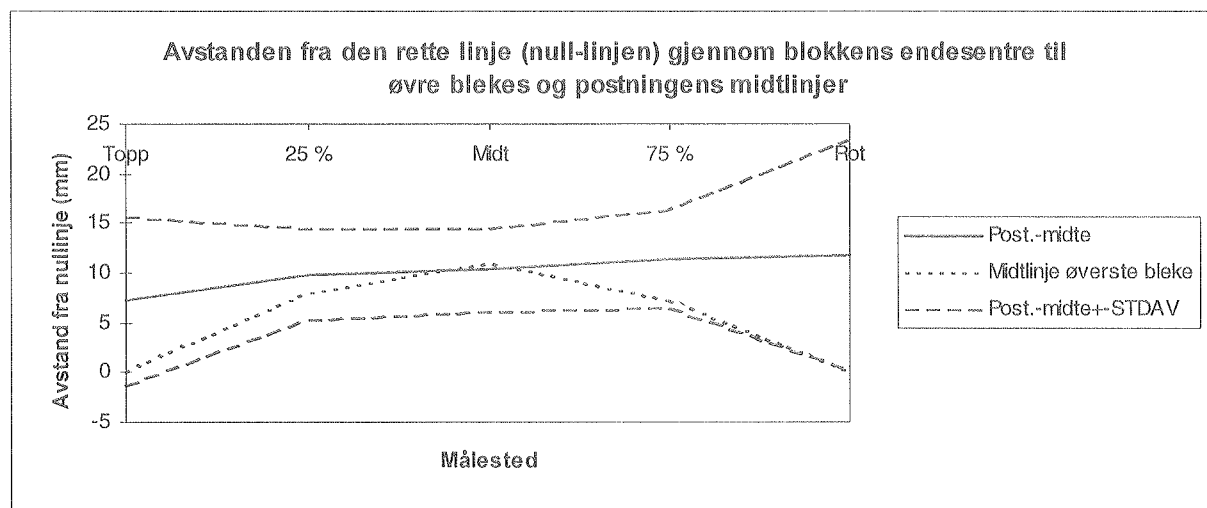
Sagtype	Måling	Totalt	Topp	25 %	Midt	75 %	Rot
Kantsag	Gj.snitt	1,2	2,6	0,7	-0,4	0,5	2,7
"	Std.	7,85	4,48	5,76	5,48	6,69	13,46
"	Abs.	5,6	4,1	4,1	4,3	5,3	10,1
Delingssag	Gj.snitt	-4,9	-7,4	-1,8	0,5	-4,1	-11,5
"	Std.	8,31	8,21	4,63	4,18	4,95	11,46
"	Abs.	6,7	8,5	3,6	3,2	5,0	12,9

I Figur 19 og Figur 20 er det vist hvordan middelstokken har gått gjennom de to sagene ved Bruk 7.



Figur 19. Skjevinnlegg i kantsag ved Bruk 7.
Infeed offset in canter at Mill 7.

Alle seriene viser at stokken blir lagt mot høyre i toppen, for etterpå å bli sentrert mot venstre i midten før den blir lagt mot høyre ved rot igjen. Standardavviket er stort i alle målinger.



Figur 20. Krokskjæringen i delingssaga ved Bruk 7.
Pithsawing in resaw at Mill 7.

På Bruk 7 er det venstre skurflate som vender opp i delingssaga. Dette betyr at det er naturlig å legge stokken litt til høyre når den går inn i saga, slik at utslagene i rota ikke fører til vankant. På Bruk 7 er imidlertid stokkene lagt ganske kraftig mot venstre i toppen og så blir de mer og mer høyresentrert mot midten før de blir kraftig venstresentrert mot rota. Det ser ut til at saga tangerer stokkroken i midten, og at evnen til å krokskjære er liten. Resultatet av å legge snittet på «utsiden» av kroken blir at det er store sjanser for vankant. Dette gjenspeilte seg også i vankantmålingene.

I serie 3, som er den serien med mest feilinnlegging mot venstre, var det mye vankant i toppen av plankene på høyre side av blokka. Dette blir et resultat av at blokka er lagt for mye til venstre. I tillegg var det i kantsag en feilsentrering mot høyre. Dette betyr at venstre skurflate som vender opp i delingssaga, er mindre enn skurflaten som vender ned. At vankanten kommer i toppen av blokka på høyre side er da ikke overraskende. I serie 2 er ikke mønsteret med bare vankant i høyre hjørne så tydelig. Det er vankant i høyre hjørne på nesten alle stokkene, men det er også mye vankant i nedre høyre hjørne og øvre venstre hjørne. Innleggingsfeilen i kantsag var her ganske stor mot høyre i toppen, og sammen med venstresentreringen i delingssaga betyr det at det er lett å få vankant ved alle hjørner, bortsett fra i nedre venstre hjørne.

4.8. Gjennomsnittlig innleggingsfeil

I Tabell 8 er gjennomsnittlig absolutt innleggingsfeil vist for alle brukene. Dette er gjennomsnittlig innleggingsfeil av alle målingene på alle stokkene. Det betyr at det er fem målinger på hver stokk som er med her

Tabell 8. Gjennomsnittlig absolutt innleggingsfeil.
Mean absolute infeed offset.

Bruk	KANTSAG			DELINGSSAG		
	Antall målinger	Skjev-innlegg i mm	Std. i mm	Antall målinger	Skjev-innlegg i mm	Std. i mm
Bruk 1	150	4,3	4,61	150	5,0	3,64
Bruk 2	75	6,1	6,56	75	5,5	5,97
Bruk 3	75	5,0	4,56	75	7,2	8,05
Bruk 4	120	6,6	5,79	50	6,3	7,50
Bruk 5	85	5,2	5,48	85	7,8	10,22
Bruk 6	100	5,1	4,97	100	5,7	5,74
Bruk 7	150	5,6	5,65	150	6,7	7,04
Totalt	755	5,3	5,36	680	6,2	6,86

Risiko for vankant på grunn av skjevinnlegging er størst i toppen, da diameteren her er minst på en normal tømmerstokk. Skjevinnlegging her vil derfor ha stor betydning for skurutbyttet, fordi det ofte direkte fører til at en må kappe for vankant. Tabell 9 viser innleggingsfeilen i toppen av stokkene, og i 4.9 er diameterøkningen p.g.a. skjevinnlegget i toppen av stokkene beregnet.

Tabell 9. Absolutt innleggingsfeil i toppen.
Absolute infeed offset at top end.

Bruk	KANTSAG			DELINGSSAG		
	Antall målinger	Skjev-innlegg i mm	Std. i mm	Antall målinger	Skjev-innlegg i mm	Std. i mm
Bruk 1	30	4,6	3,03	30	5,2	3,63
Bruk 2	15	4,7	2,97	15	4,2	4,50
Bruk 3	15	2,9	2,69	15	3,8	3,21
Bruk 4	24	6,9	5,09	10	5,2	4,94
Bruk 5	17	5,3	2,91	17	6,8	6,94
Bruk 6	20	5,2	4,20	20	6,2	5,96
Bruk 7	30	4,1	3,09	30	8,6	6,96
Totalt	151	4,8	3,61	137	6,0	5,60

4.9. Diameterøkning

Innleggingsfeilen i kantsag og delingssag vil resultere i at det må beregnes en større toppdiameter på hver postning i forhold til den som ville vært nødvendig hvis stokken hadde blitt lagt inn perfekt i begge sagene. Denne diameteren kan regnes ut på følgende måte (fra GRØNLUND 1992).

$$DS = 2 \sqrt{\left(I_k + \frac{B}{2}\right)^2 + \left(I_b + \frac{D}{2}\right)^2}$$

Formel 2. Sorteringsdiameter etter innleggingsfeil.
Sorting diameter after infeed offset.

Der:

DS = Sorteringsdiameter etter skjevinnlegging

I_k = Innleggingsfeil i kantsag i toppen

I_b = Innleggingsfeil i delingssag i toppen

B = Blokkhøyde i råmål

D = Sentrumsutbyttets totale tykkelse

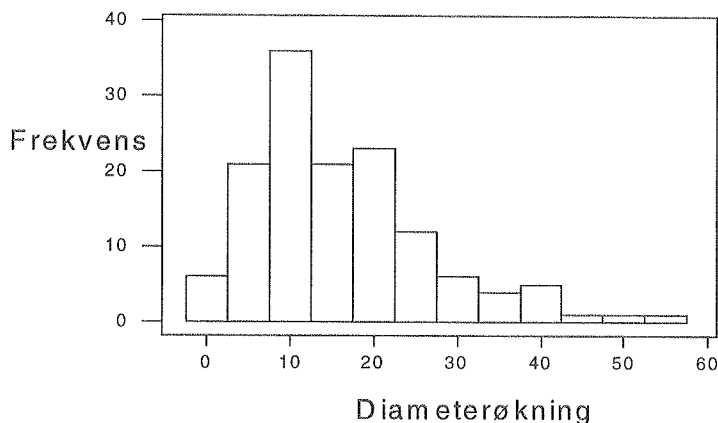
Dette vil være den diameteren som må til for at det skal bli skarpkant i alle fire hjørner på en snorrett, sirkelrund stokk. Differansen mellom teoretisk diameter for aktuelle postning uten innleggingsfeil og den diameteren som nå er regnet ut, vil gi en verdi på hvor mye større diameter postningen krever på grunn av innleggingsfeilen. Tabell 10 viser differansen mellom teoretisk diameter for skarpkant med og uten innleggingsfeil. Disse verdiene er regnet ut fra skjevinnlegget i toppmålingene, som vil være flaskehalsen for postningen.

Tabell 10. Oversikt over gjennomsnittlig diameterøkning på grunn av innleggingsfeil.

Outline of mean diameter increase due to infeed offset.

Bruk	Antall stokker	Diameterforskjell i mm	Standardavvik i mm	%-vis økning i diameter
Bruk 1	30	15,2	7,22	8,1
Bruk 2	15	14,7	13,51	6,9
Bruk 3	15	9,2	5,26	4,6
Bruk 4	10	17,2	10,60	10,2
Bruk 5	17	17,4	9,73	10,0
Bruk 6	20	15,2	10,66	8,9
Bruk 7	30	20,5	12,84	10,3
Totalt	137	16,1	10,61	8,6

Resultatene her viser at med perfekt innlegging i toppen på begge sager hadde det vært mulig å minske postningsklassene med 16 millimeter i gjennomsnitt. Å følge margen perfekt på alle stokkene er i praksis umulig, og noe av denne innleggingsfeilen har også bakgrunn i tilsiktet skjevinnlegg i delingssag for å kompensere for stokkrok. En halvering av innleggingsfeilen burde imidlertid være oppnåelig. Dette ville bety at postningsklassene kunne minkes med 8 millimeter. Figur 21 viser hvordan diameterøkningen fordeler seg i materialet.



Figur 21. Fordelingen av diameterøkningen p.g.a. innleggingsfeilen.
Distribution of diameter increase due to infeed offset.

4.10. Tapet sentrumsutbytte

Feilinnlegging av stokken i sagmaskinene vil resultere i at toppdiameteren må økes for å unngå vankant. Dette betyr at sentrumsutbyttet vil minske, og sannsynligvis det totale tekniske skurutbyttet også. Dette tapet i sentrumsutbytte kan regnes ut på forskjellig måter. Forholdet mellom volum av stokk nødvendig for postningen med og uten innleggingsfeil er en variant. En kan også regne ut volumet av den delen av sentrumsblokka som innleggingsfeilen utgjør. Tabell 11 viser volumøkningen av stokkene p.g.a. innleggingsfeil. Her er tapet regnet ut fra forholdet mellom volum for stokk nødvendig for postningen med og uten innleggingsfeil. Dette betyr at tapet her viser hvor mye større stokk som trengs for skarpkant som følge av innleggingsfeil.

$$VolØK = \frac{VolMI - VolUI}{VolUI} \times 100\%$$

Formel 3. Utregning av volumøkning av stokk p.g.a. innleggingsfeil.
Calculation of volume increase due to infeed offset.

Der:

- VolØK = Volumøkning av stokken p.g.a. skjevinnlegging
- VolMI = Volum av stokk med innleggingsfeil
- VolUI = Volum av stokk uten innleggingsfeil

Tabell 11. Volumøkning på stokkene på grunn av skjevinnlegging i sagmaskinene.
Volume increase due to infeed offset in the sawing machines.

Bruk	Antall stokker	Volumøkning i %	Standardavvik i %
Bruk 1	30	15,0	8,71
Bruk 2	15	13,2	14,31
Bruk 3	15	8,5	4,91
Bruk 4	10	18,8	11,81
Bruk 5	17	18,6	9,83
Bruk 6	20	16,5	11,62
Bruk 7	30	19,6	12,38
Totalt	137	16,0	11,11

Ved å regne ut differansen i sentrumsutbytte (SU) ved toppdiameter nødvendig for skarpkant med og uten skjevinnlegg, vil en få en pekepinn på skjevinnleggingens innvirkning på sentrumsutbyttet. Tabell 12 viser hvordan dette forholder seg i forsøksmaterialet.

Tabell 12. Sentrumsutbytte med og uten innleggingsfeil.
Main yield with and without infeed offset.

Bruk	SU uten innleggingsfeil i %	SU med innleggingsfeil i %	Tap av SU grunnet skjevinnlegging i %	Standardavvik i %
Bruk 1	44,7	39,2	5,5	2,34
Bruk 2	44,0	39,3	4,7	4,32
Bruk 3	42,2	39,0	3,2	1,66
Bruk 4	42,7	36,3	6,3	3,42
Bruk 5	41,6	35,3	6,3	2,81
Bruk 6	42,8	37,2	5,6	3,44
Bruk 7	43,9	37,1	6,8	3,60
Totalt	43,3	37,7	5,6	3,26

5. Diskusjon/konklusjon

- Størrelsen på skjevinnleggingen varierte brukene imellom, men det var ingen statistiske metoder som kunne påvise signifikante forskjeller i innleggingsnøyaktighet. Mønstrene i skjevinnleggingen varierte. Utvalget er imidlertid for lite til at en kan si noe bastant om sentreringsutstyrets nøyaktighet og mønster ved det enkelte bruk, selv om resultatene gir en indikasjon. Totalt for hele materialet derimot, bør resultatene gi en god pekepinn på størrelsesordenen på skjevinnleggingen.
- Skjevinnlegget i kantsag er på 5,3 millimeter totalt for alle brukene. Dette er et gjennomsnitt av alle målingene med fem målinger på hver stokk. Når det gjelder innad mellom målesteder, er det uten unntak i rota at skjevinnleggingen er størst. Dette er også statistisk signifikant ut fra variansanalysen. I rota vil det være mest å gå på i forhold til vankant, slik at et stort skjevinnlegg ikke vil påvirke sentrumsutbyttet i noen særlig grad. På sideuttak kan det imidlertid tenkes at dette kan ha en innvirkning, men det ble ikke gjort noen registreringer for dette i denne undersøkelsen. Sentreringen av stokken i toppen vil være det viktigste for å unngå vankant, og skjevinnlegget her er ofte det mest interessante. Det var på 4,8 millimeter totalt for alle brukene.
- I delingssaga er skjevinnlegget på 6,2 millimeter totalt for alle brukene. Også her er det i rota skjevinnlegget er størst, noe som også er statistisk signifikant ut fra variansanalysen. Dette henger sannsynligvis sammen med stokkroken. En regresjonsanalyse av innleggingsfeilen i rot sett mot pilhøyde på stokken gir en forklaringskoeffisient (R^2) på 0,6. Dette betyr at 60 % av variasjonen i innleggingsfeilen i rot kan forklares ut fra pilhøyden på stokken. Det viktigste er å sentrere stokken i toppen og midten, da faren for vankant er størst her. Det var heller ingen vankant i rotenden på noen av stokkene i undersøkelsen. På samme måte som i kantsaga, er det skjevinnlegget i toppen som er det mest interessante, og det var på 6,0 millimeter totalt i undersøkelsen.
- Evnen til å krokskjære var god ved de fleste brukene. En variansanalyse på hele prøvematerialet viser at det er større innleggingsfeil i delingssag enn i kantsag med et signifikansnivå på 99 %. Dette skyldes sannsynligvis at noe av skjevinnleggingen i delingssaga er tilsiktet på grunn av stokkrok.
- Diameterøkningen på grunn av innleggingsfeil i kant og delingssag er på 16 millimeter. Figur 21 viser hvordan diameterøkningen p.g.a. skjevinnlegging fordeler seg, og viser verdier helt opp mot 60 millimeter. Dette er teoretiske beregninger for å se på den isolerte effekten av skjevinnlegging i sagmaskinene. I praksis vil selvfølgelig andre parametere spille inn, slik at en er nødt til å beregne overmål på toppdiameter for hver postning. Effekten av skjevinnleggingen bør imidlertid være klar. Noe av skjevinnleggingen er tilsiktet i delingssaga, men en halvering av skjevinnleggingen bør være mulig å få til. Dette vil resultere i at krav til toppmål i postningsklassene kan reduseres med opp mot 1 centimeter.

- Tap i sentrumsutbytte (SU) på grunn av innleggingsfeil i kant og delingssag er på 5,6 % i denne undersøkelsen. SU er beregnet ut ifra målt toppdiameter og lengde med en stokkavsmalning på 10 mm/m. SU er definert som firkanten som blir igjen etter at stokken har gått gjennom kantsag og delingssag. Eventuelle bord som er tatt ut på veien, sees bort fra, da det ikke ble tatt noen målinger for disse. Det er i SU de største trelastverdiene ligger, og det er vist at det en taper i sentrum vanskelig lar seg gjenvinne i økt sideutbytte. Volumet av sentrum er regnet i nominelle mål.
- Resultatene varierer fra bruk til bruk, og ofte vil bruk med fast postning ha et lavere skurutbytte enn bruk som poster om for hver eneste stokk. Skurutbyttet vil som regel øke med økende diameter opp til et nivå der det enkelte bruks tekniske utstyr vil være flaskehalsen. SU derimot, vil være maksimalt 63,7 % uavhengig av diameter (AAMODT et al.1997). Dette fordrer en sirkelrund stokk hvor en tar ut et kvadrat som tangerer mantelyten i alle fire hjørner, og hvor sentrum ikke deles opp i det hele tatt. Sideuttaket vil øke med økende diameter, men vil ikke ha noe å si for beregningene i denne rapporten, da det ikke er målt på sideuttaket. Det beste hadde selvfølgelig vært å fått med alle bord i beregningene også, men det ikke anledning til dette ved målingene. Beregningene har tatt utgangspunkt i at alle plank skal ha skarpkant, og all vankant blir kappet for i volumberegningene.
- Skjevinnlegg i sagmaskinene kan føre til at et maksimalt sentrumsuttak ut fra toppdiameter ikke alltid lønner seg i forhold til å få ut et maksimalt teknisk skurutbytte. Med litt romsligere toppdiameterkrav kan en del vankant unngås, og det blir muligheter for å ta ut større bord fra sidene der det er mer å gå på grunnnet skjevinnleggingen. Veldig smale postningsklasser kan gi lite borduttak, og må sentrumsutbyttet kappes, kan dette gi lavere skurutbytte enn en postningsklasse med større overmål der det må kappes mindre. Verdien av trelasten i sentrumsuttaket er som regel mer verdt enn sideuttaket, slik at en avveining mellom økonomisk og teknisk skurutbytte må gjøres. På bakgrunn av at kravet til SU kan variere fra bruk til bruk, er ikke en sammenligning av sentrumsutbytte så veldig interessant. Forskjellige krav til SU ved de enkelte bruk kan bero på kapasitet i kantverk, skurordre, tørkemuligheter, salgsavtaler med mer.
- En kontroll av skjevinnleggingen i sagmaskinene bør være en naturlig del av kvalitetssikringen ved et hvert sagbruk, og undersøkelsen viser at det er et forbedringspotensial i tillegging av stokken i sagmaskinene. Prosedyren skissert i denne rapporten, eller en form for kameraovervåking vil føre til en bedre kontroll med det tekniske utstyret ved sagbruket. Trolig vil dette kaste av seg i høyere nøyaktighet og sannsynligvis et større skurutbytte.

6. Litteratur

- Anon. 1996. Stokkautomat KSI-7. Kap. 8: Stell og vedlikehold
- Asplund, T. 1984. Innleggningsnoggrannhetens inverkan på volumsutbyttet -en teoretisk analys. STFI-meddeleande serie A nr 871. 33 s.
- Asplund, T. & Sederholm, J. 1982. Volymsutbytets påverkan av krok, sortering och innläggning. STFI-meddelande serie A nr 744. 49 s.
- Breznjak, M., Lier, B., Müller, M. & Storm, A. 1977. Krokskur. Meddelelse nr. 57 fra Norsk Treteknisk Institutt. 43 s.
- Garnæs, A., Holøyen, S. & Toverød, H. 1996. Økt økonomisk skurutbytte. Rapport nr. 31 fra Norsk Treteknisk Institutt. 35 s.
- Grønlund, A. 1992. Sågverksteknik del II. Processen. Sveriges Skogindustrieförbund. 293 s.
- Hägerdal, H., Johansson, B. & Sederholm, J. 1982. Instruksjon för kontroll av sågning. STFI-meddelande serie A nr 752. 35 s.
- SAS Institute Inc. 1995. JMP Statistics and Graphics Guide. Version 3.1 of JMP. SAS Campus Drive, Cary, NC, USA. 593 s.
- Tronstad, S. 1996. Øket sideborduttak. Kvalitet, utbyttepotensial, produksjonsmetoder og videreforedling. Rapport nr. 32 fra Norsk Treteknisk Institutt. 45 s.
- Aamodt, K., Aarnes, Ø. & Aftret, O. 1997. Skurutbytte ved ulike dimensjoner. Prosjektoppgave. 13 s.

Rapporter fra Norsk Treteknisk Institutt

1. Energisparing og energiøkonomisering ved trelasttørring. 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 avsug og demping av støy. Andreas Garnæs. 1992.
17. Tørring - trekvalitet. Resultater fra 4 tørkeforsøk. Sverre Tronstad. 1993.
18. Tørring av stolper. Resultater fra litt.studier, forsøk og økonomiske kalkyler vedr. kunstig tørring 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. Tørring 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 videreforedling. Sverre Tronstad. 1996.
33. Egenskaper hos de viktigste norske lauvtrær. Strength properties in major Norwegian hardwood species.
Bohumil Kucera, NISK og Håkon Helgerud Myhra, NTI. 1996.
34. Stress and strain in drying wood - a literature survey. Knut Magnar Sandland, NTI. 1996.
35. Tørkespenninger - kondisjonering. Bakgrunn, forsøk, metoder. Drying stresses - conditioning treatment.
Background, tests, methods. Av Sjur Fløtaker, Knut Magnar Sandland og Sverre Tronstad, NTI. 1996.
36. Egenskaper hos soppfarget lauvtrevirke. Properties in hardwood with white rot fungus.
Håkon Helgerud Myhra, NTI, Lone Ross Gobakken og Sverre Bjørn Holøs, Mycoteam, 1997.
37. Deklarasjon av treindustriens produkter. DTI, NTI, Trätek, VTT. 1997.
Hovedrapport og bilag til hovedrapport. Sammenfatning med miljødeklarasjoner.
Environmental declaration of products from the wood industry.
38. Endebeskyttelse av tømmer. End coating of logs. Håkon Helgerud Myhra og Knut Magnar Sandland, NTI, 1997.
39. Tørking av osp. Resultater fra 13 tørkeforsøk. Drying of aspen. Results from 13 drying tests.
Per F. Jørgensen, KanEnergi AS, Sverre Tronstad og Asle Tengs, NTI, 1998.
40. Klimastyrt tømmervanning. Climate controlled sprinkling of timber. Håkon Helgerud Myhra, NTI, 1998.
41. Avrenning fra tømmervanning. Waste water from timber sprinkling.
Håkon Helgerud Myhra, NTI og Elin Gjengedal, Norges Landbrukshøgskole, 1998.
42. Tørkekvalitet i trelastindustrien. Drying quality in the sawmill industry. Sverre Tronstad, NTI, 1998.
43. Småskala sagbruksvirksomhet i Norge. Small-scale sawmills in Norway.
Terje Apneseth, Lars Kleppe og Ole Helge Aalstad, NTI, 1999.
44. Utbytte ved maskinell styrkesortering av konstruksjonstrevirke i Norge. Yield from machine strength grading of structural timber in Norway. Håkon Helgerud Myhra, NTI, 1999.
45. Bygningselementer av massivtre. Prefab units of solid wood. Tor Kristensen, NTI, 1999.
46. Sidebord - kvalitet og utbytte. Side boards - quality and sawing yield. Sverre Tronstad, NTI, 1999.
47. Description and initial test of 8 principles for in-kiln measuring and end-point control of wood moisture content. IMCOPCO (task 2.1). Sjur Fløtaker and Sverre Tronstad, NTI, 2000.
48. Innleggingsnøyaktighet i sagmaskiner. Feeding accuracy into sawing machines. Audun Øvrum, NTI, 2001.

Tekniske småskrifter fra Norsk Treteknisk Institutt

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. Revidert 1998.
29. ABC for fingerskjøting. Karl Mørkved. 1980.
30. Råteskader i bygninger. Årsaker - Forebyggende tiltak - Utbedring. Jöran Jermer 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. Revidert 1999.

Utredninger fra Norsk Treteknisk Institutt

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 fra Norsk Treteknisk Institutt

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. 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 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 stabelt, kappet bakhon. Michael Foslie. 1957.
11. Undersøkelser over metoder for tørking av rå sagflis. Per Granlund. 1958.
12. Tørrekløyving 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 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 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 båndagsbruk. 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. 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, bøye- 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 "lufttørre" 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 trykkimpregneret 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. Krokkskur. 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.

For bestilling av publikasjoner fra NTI, se våre websider: www.treteknisk.no

