



NORSK TRETEKNISK INSTITUTT

THE NORWEGIAN INSTITUTE OF WOOD WORKING AND WOOD TECHNOLOGY

**Styrkeegenskapene hos furu
(Pinus sylvestris) fra Pasvik og fra Østlandet**

**The Strength Properties of Redwood (Pinus Sylvestris)
from North-Most Norway and from South-East Norway**

Av

Michael Foslie

Meddelelse nr. 24

Meddelelse nr. 216 (NTI) fra Skogbrukets og Skogindustrienes Forskningsforening

Blindern, desember 1963



NORSK TRETEKNISK INSTITUTT

THE NORWEGIAN INSTITUTE OF WOOD WORKING AND WOOD TECHNOLOGY

**Styrkeegenskapene hos furu
(Pinus sylvestris) fra Pasvik og fra Østlandet**

The Strength Properties of Redwood (Pinus Sylvestris)
from North-Most Norway and from South-East Norway

Av

Michael Foslie

Meddelelse nr. 24

Meddelelse nr. 216 (NTI) fra Skogbrukets og Skogindustrienes Forskningsforening

Blindern, desember 1963

Innholdsfortegnelse

	Side
Forord	3
1. Innledning	3
2. Hvilke faktorer er bestemmende for trevirkets styrkeegenskaper	3
2.1 Volumvekten	3
2.2 Fuktigheten	4
2.3 Temperatur	4
2.4 Fiberlengde og fiberretning	4
3. Undersøkelsens planlegging og opplegg	4
4. Prøvemateriale og prøvemethoder	4
5. Resultater	5
5.1. Styrkeegenskaper Pasvik — Østlandet	5
6. Forholdene hos helt virke	8
7. Angitte verdier i litteraturen	10
8. Konklusjon	10
Summary	11
Litteraturhenvisninger	11

Forord

Denne artikkel gir i sammentrengt form de viktigere resultater ved en sammenlignende undersøkelse over styrken hos furu fra våre nordligste distrikter og vanlig Østlands-furu. For de nærmere detaljer så som litteraturstudier, prøvemetoder etc. henvises til den fullstendige rapport, der det også finnes fyldigere tabell- og diagrammateriale.

Undersøkelsen er finansiert av Virkesutvalget under Skogbrukets og Skogindustrienes Forskningsforening.

1. Innledning

Bakgrunnen for undersøkelsen er de meget divergerende oppfatninger om kvaliteten av furu fra nordlige breddegrader i forhold til sydnorsk furu. Mange erfarne byggefolk hevder således at lasten fra enkelte nordlige distrikter er så sprø at den vanskelig lar seg benytte hvor den blir utsatt for påkjenninger. — Andre hevder at denne lasten, som har svært tette årringer, ifølge de mange undersøkelser som viser at styrken øker med minkende årringbredde, må være ypperlig egnet som byggemateriale.

Hensikten med undersøkelsen har i første rekke vært å fastlegge styrkeforholdene og dermed å konstatere hvorvidt det i realiteten kan påvises noen sikker forskjell på furu virke for bygningsformål fra slike distrikter, og furu virke vokst lenger sør i landet. Særlig har man hatt i tankene skurlast fra Pasvik, og denne undersøkelse er begrenset til dette distrikt. Årsaksforholdene har i denne forbindelse vært ansett uvedkommende. Sporadisk har det dog vært av interesse for sammenhengen likevel å komme noe inn på disse.

2. Hvilke faktorer er bestemmende for trevirkets styrkeegenskaper?

Trevirkets styrke er en avgjørende faktor for hva det kan brukes til. Undersøkelser over de viktigste fasthetsegenskaper inngår derfor som et viktig ledd ved vurdering av trevirket.

Det kan dog synes fornuftig før man tar fatt på selve undersøkelsen kort å gjennomgå hva man vet om de faktorer som påvirker trevirkets forskjellige styrkeegenskaper. Det er særlig fire faktorer som bør trekkes frem:

1. Volumvekt
2. Fuktighet
3. Temperatur
4. Fiberlengde og fiberretning.

2. 1. V o l u m v e k t e n

Veden er som kjent sammensatt av en mengde hule celler, og det er veggene i disse cellene som gir trevirket dets styrke. Det vil derfor være klart at jo tykkere vegger, dess sterkere virke. Også vedens oppbygging forøvrig spiller selvsagt en viss rolle, således hvordan cellene er føyd sammen, og mengdefordelingen av de forskjellige celletyper. Viktigst er imidlertid celleveggenes tykkelse i forhold til hele cellens tverrsnitt. Den beste indikasjon av dette forhold får vi av tørrvolumvekten.

En tykkere cellevegg gir, under forutsetning av et ellers uforandret tverrsnitt, en større volumvekt. Tilsvarende vil en reduksjon av celletverrsnittet også gi en øket volumvekt, om celleveggtykkelsen forblir konstant. Begge disse forhold gjør seg gjeldende hos sommerved, sammenlignet med vårved.

Sommerveden er imidlertid ikke så lett å måle, og en rekke undersøkelser har søkt å finne sammenhengen mellom volumvekt og årringbredde. De fleste av disse undersøkelser har, iallfall når det gjelder nåletrær i den tempererte sone, funnet at en økende årringbredde gir en synkende volumvekt. Denne sammenheng mellom volumvekt og årringbredde er dog ikke så sterk som mellom sommervedprosent og årringbredde. Videre er det for furu i flere undersøkelser konstatert at dersom årringbredden blir svært liten, vil volumvekten igjen bli redusert (*Ylinen* 1951 og flere).

Det er samtidig kjent at årringbredden er avhengig av vekstvilkårene på det sted treet vokser, slik at dårlige vekstvilkår vil gi smalere årringer. Vi kan derfor regne med at jo høyere tilfjells og jo lenger mot nord vi kommer, dess smalere år-

ringer vil vi få om jordboniteten ellers er den samme.

Inntil en viss grense kan vi derfor ifølge nevnte undersøkelser regne med at dårligere vekstvilkår og derav følgende langsommere vekst vil forbedre styrkeegenskapene, mens en ytterligere forverring av vekstvilkårene vil føre til reduserte styrkeegenskaper.

Mindre undersøkelser over furu fra dens nordligste utbredelsesområder (*J. Liese* 1928, *Hempel* u. å.) synes således å bekrefte dette, likesom også finske undersøkelser viser en viss forskjell på nordfinsk og sydfinsk furu (*Siimes* og *Liiri* 1952) og tyske undersøkelser viser et noenlunde tilsvarende forhold for Sveriges vedkommende (*Kollmann* og medarb. 1959).

Sammenhengen mellom volumvekt og styrke er ved forsøk påvist av en rekke forskere. (F.eks. *Wijkander* 1897, *Thunell* 1941, *Kollmann* 1951.)

2. 2. Fuktigheten

Også trevirkets fuktighetsinnhold ved belastningstidspunktet vil i høy grad påvirke trevirkets styrkeegenskaper, idet en høy fuktighet i de aller fleste tilfelle fører til en redusert styrke, tildels av betydelig størrelsesorden. (Bl.a. *Thunell* 1945, *Kollmann* 1951.) Ved prøving av trevirke blir fuktigheten derfor alltid holdt konstant.

2. 3. Temperatur

Undersøkelser foretatt bl.a. av *Kollmann* og *Thunell* (1941) har vist at temperaturen direkte influerer på styrkeegenskapene, idet en økende temperatur vil redusere styrken. I likhet med fuktigheten er også temperaturen en faktor som blir holdt konstant ved all vanlig prøving av trevirke.

2. 4. Fiberlengde og fiberretning

Den anatomiske byggingen i sin alminnelighet, mengdefordelingen mellom de forskjellige cellyper, celleantall, cellevegtykkelse etc. er alle faktorer som innvirker på volumvekten, og som derfor er kommet til uttrykk der.

Cellelengden derimot, og likeledes dens orientering antas også å ha en viss innvirkning på styrkeforholdene uten at volumvekten er influert. Det foreligger dog svært få undersøkelser som kan si i hvilken grad styrkeegenskapene endrer seg med fiberlengden, og såvidt vites ingen for furu. De vanlige variasjoner i fiberlengde hos trevirke dannet i «voksen» alder er da heller ikke store, og har neppe særlig stor betydning. Derimot er det kjent at den såkalte ungdomsveden, de 15—20 årringene nærmest marginen, viser betydelig av-

vikende egenskaper, og derfor alltid utelates ved prøving av trevirke.

Når det gjelder fiberretningen, viser flere undersøkelser at styrken reduseres radikalt om fiberretningen avviker nevneverdig fra prøvens lengderetning. (*Baumann* og *Lang* 1927, *Gøbre* 1952, begge referert i *Gøbre* 1954.) Ved 15° vinkel vil således strekkfastheten være sunket til under det halve, bøyefastheten til rundt 70 %.

3. Undersøkelsens planlegging og opplegg

Med det mål en hadde satt seg ved disse undersøkelser syntes det unødvendig å gå til registrering av vekstforhold på det enkelte voksested. Det ville ha ført til en langt mer omstendig og omfattende undersøkelse. Både bonitet og trehøyde er således ukjent. For å gi sammenlignbare verdier syntes det fullt tilstrekkelig å hente prøvematerialet fra sagbruk istedenfor fra skogen. På denne bakgrunn ble det også funnet unødvendig at vi selv plukket lasten ut på stedet, idet det var svært lite som kunne oppnås i forhold til de omkostninger det ville medføre. Det ble istedet satt opp en instruks for hvordan innsamlingen hos brukene skulle foregå.

I Pasvikområdet stod det kun et sagbruk til disposisjon, nemlig Statens sagbruk på Elvenes, og all Pasvik-lasten er således mottatt fra dette bruk. Skogområdet ligger på ca. 69°—69° 30' n.br. og i en høyde på ca. 50 m.o.h. Som sammenligningsvirke ble innsamlet last etter nøyaktig samme retninglinjer fra to bruk på Østlandet, nemlig i Solør og i Rena. Solør-lasten kommer fra ca. 60° 30' n. br. og ca. 200 m.o.h., mens Rena-lasten skriver seg fra ca. 61° 20' n. br. og ca. 250 m.o.h. Da det bare gjaldt å få en generell sammenligning mellom den bygningslast som ble tilbudt fra nevnte områder, fant man ingen grunn til å gi nærmere spesifikasjoner om årringbredde, til tross for at årringbreddens innflytelse på volumvekten og dermed på styrken, er velkjent. Oppfatningen var den at dersom tettringet virke fra Pasvik ville tåle like meget som bredringet — men dog vanlig brukt — virke fra Østlandet, da måtte også Pasvik-lasten kunne godtas som vanlig bygningslast.

4. Prøvemateriale og prøvemethoder

Det ble valgt et assortert utvalg av de planke-dimensjoner som forekom i brukets produksjon, fra 1½" og oppover, i den hensikt å få en viss fordeling over de forskjellige tømmerdimensjoner. Plankene skulle innen hver dimensjon tas ut til-

feldig, dog fortrinnsvis fordelt over hele årets produksjon, slik at man fikk best mulig representasjon fra alle hogstdistrikter.

Fordelingen mellom dimensjoner var noenlunde ensartet fra Østlandet og Pasvik, og materialet burde således kunne ansees sammenlignbart.

Av hvert prøvestykke ble, der det lot seg gjøre, uttatt to staver med splintved og to staver kjerneved, begge for prøvedimensjon 2 x 2 cm, og i de større plankedimensjoner dessuten en prøvestav for 5 x 5 cm. Sistnevnte stav inneholdt vanligvis både splint og kjerne. Alle staver ble uttatt med årringene parallelle til en sidekant slik de vanlige prøvenormer foreskriver. I de minste plankedimensjoner var det ikke alltid mulig å få ut det fulle antall staver, likesom de dessuten ofte manglet kjerneved. Av stavene ble de enkelte prøvestykker kappet ut etter fastlagte retningslinjer.

Da det ved de relativt få undersøkelser her i landet hvor det har vært foretatt styrkeprøving av tre, tildels har vært benyttet forskjellige prøvemetoder, dels etter utenlandske normer, dels mer tilfeldig, fant man det formålstjenlig også for senere bruk å utarbeide temmelig detaljerte retningslinjer for de enkelte prøvemetoder. Disse retningslinjer ble utarbeidet på grunnlag av eksisterende utenlandske normer, først og fremst ASTM, BS, DIN*) og tildels franske og sveitsiske retnings-

linjer, idet det til enhver tid ble valgt alternativer i overensstemmelse med de anbefalinger FAO's**) tretekniske konferanser er kommet frem til (Norsk Treteknisk Institutt u. å.)

5. Resultater

5. 1. Styrkeegenskapene

Pasvik — Østlandet

Som før nevnt var hensikten med undersøkelsen i første rekke å konstatere hvorvidt det besto noen påviselig forskjell i egenskapene hos bygningslast fra Pasvik og Østlandet, og vi har for styrkeegenskapenes vedkommende i den forbindelse antatt at den prøvede last fra Solør og Rena sammen vil gi uttrykk for midlere Østlands-last. Således har vi langt større variasjon i årringbredder fra Østlandet enn fra Pasvik. Trekker vi imidlertid på dette grunnlag en sammenligning mellom Pasvik og Østlandet for de viktigste egenskaper, finner vi de verdier som er gjengitt i tab. 1.

Av stolpediagrammet fig. 1 fremgår egenskapene på tilsvarende måte, men oppdelt for de enkelte

*) ASTM: American Society for Testing Materials

BS: British Standard

DIN: Deutsche Industri Norm.

**) FAO: Food and Agriculture Organization under Forente Nasjoner.

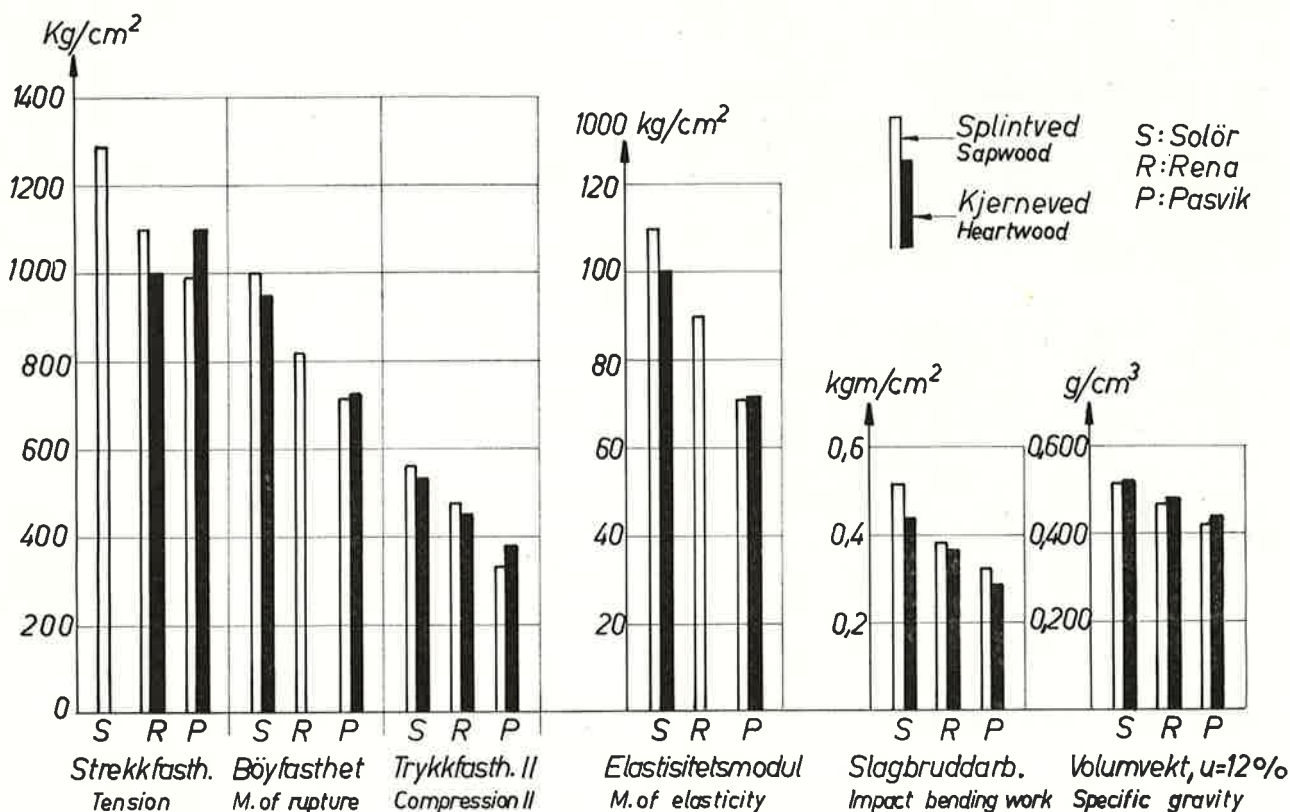


Fig. 1.

Midlere styrkeegenskaper for splintved og kjerneved av furu fra de enkelte distrikter.

Average strength for sapwood and heartwood from redwood (*Pinus sylvestris*) from different districts.

Tabell 1.

Styrkeegenskapene hos furu fra Pasvik og fra Østlandet.

Strength of Redwood from northmost and from south-eastern Norway.

		Østlandet—Pasvik <i>South-eastern Norway</i>				Pasvik <i>Northmost Norway</i>				Forskjell <i>Difference</i> Østlandet—Pasvik		
		<i>Average</i>	Stand. avvik	Var. koeff.	Antall	Middel	Stand. avvik	Var. koeff.	Antall	Reduksj.	Signi- fikans	
		Middel	<i>Stand. deviation</i>	<i>Coeff. of var.</i>	<i>Number</i>	<i>Average</i>	<i>Stand. deviation</i>	<i>Coeff. of var.</i>	<i>Number</i>	<i>Reduction</i>	<i>Signi- ficant</i>	
				%					%			
Årringbredde <i>Width of growth</i>	Solør Rena Pasvik	mm	1,2	0,32	27	12	1,0	0,40	41	22	30	
			1,7	1,05	63	11						
Sommerved <i>Summerwood</i>	Solør Rena Pasvik	%	26,6	3,74	14	12	20,0	3,1	16	22	18	
			22,2	4,16	19	11						
Volumvekt, (splintprøver slag) <i>Specific gravity</i>		g/cm ³	0,491	0,054	11	84	0,428	0,044	10	41	12,8	***
Bøyfasthet <i>Bending strength</i>		kg/cm ²	946	137	14	88	731	110	15	76	22,7	***
Elastisitetsmodul <i>Modulus of elasticity</i>	1000	kg/cm ²	102	19	19	88	72	13	18	76	29,4	***
Slagbruddarbeid <i>Impact bending (pendulum)</i>		kgm/cm ²	0,43	0,12	28	108	0,30	0,09	31	130	31,3	***
Trykkfasthet parallelt m. fibre <i>Compression parallel to grain</i>		kg/cm ²	510	87	17	104	368	56	15	123	27,9	***
Strekfasthet, parallelt m. fibre (splintprøver) <i>Tension parallel to grain (sapwood only)</i>		kg/cm ²	1187	294	25	31	990	330	33	14	16,6	i.s.
Trykkfasthet loddrett på fibre <i>Compression perpendicular to grain</i>		kg/cm ²	70	11	16	27	67	13	19	19		
Hårdhet (Janka), <i>Hardness (Janka test)</i> ,	endefl. end rad. side tang. side	kg/cm ²	286	40	14	30	249	34	14	19		
			250	34	14	30	205	32	16	19		
			226	39	17	30	191	32	17	19		
Skjærfasthet parallell m. fibre <i>Shear parallel to grain</i>	rad tang	kg/cm ²	89	12	13	29	86	13	15	19		
			81	10	13	27	84	14	17	19		

*** Signifikant v/ konfidensintervall 99,9 %.
Significant at 99.9 % level.

i.s. Ingen signifikans.
Not significant.

forsøkssteder og vedtyper. Diagrammet viser klart at styrkeegenskapene viser den samme tendens som volumvekten. Videre kan man også utlede at styrken er større for splintved enn for kjerneved om volumvekten er den samme.

Årringbredde og sommervedprosent er som kjent knyttet nær til vekstbetingelsene på voksestedet. Det sees av tabellen at årringbreddene er betydelig mindre for Pasviklastens vedkommende enn hva gjennomsnittet for Østlandet viser.

De smalere årringer hos Solørvirket sammenlignet med Renavirket fører, som normalt er, til en øket sommervedprosent. En ytterligere reduksjon i årringbredden slik Pasvikvirket utviser, medfører imidlertid en reduksjon også av sommervedprosenten og dermed av volumvekten. Til tross for $\frac{1}{3}$ mindre årringbredde er volumvekten således redusert med $\frac{1}{8}$. For å søke å få et klarere bilde av dette forhold har vi satt opp i diagramform volumvekten i avhengighet av årringbredden, basert på gruppemidler av splintprøver (fig. 2). Vi ser at både for Østlandsvirke og for Pasvikvirke er den høyeste volumvekt funnet for årringbredder noe under 1 mm. Til sammenligning er også tegnet inn de resultater Ylinen (1951) har funnet. Hans maksimale volumvekt betinger som det sees noe større årringbredder, nemlig 1—1,5 mm.

Mikrofotografiene i fig. 3 viser hvor stor forskjellen i celleveggtykkelse kan være. Det er i dette tilfelle overhodet ikke sommerved, etter vanlig definisjon av begrepet, tilstede i Pasvik-prøven. Selv celleveggene i vårveden synes noe tynnere hos Pasvik-prøven enn hos Solør-prøven. Dette fenomen er i litteraturen benevnt «hungerved» (J. Liese 1928, Klem 1934 m.fl.).

Som det videre fremgår av tabell 1 er det for alle viktigere prøver en temmelig stor forskjell i

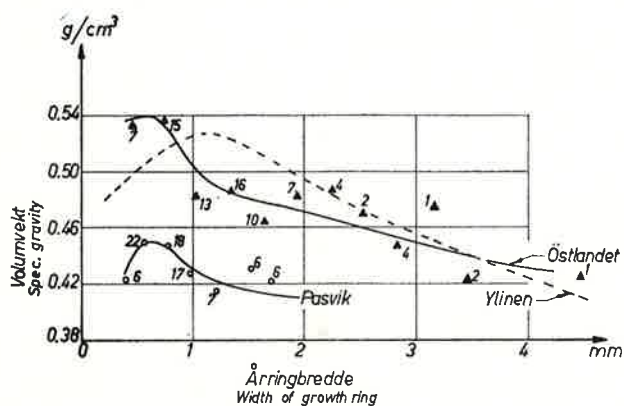


Fig. 2.

Volumvektens sammenheng med årringbredden hos furu (*Pinus sylvestris*) fra forskjellige distrikter.
Specific gravity in relation to width of growth rings for redwood (*Pinus sylvestris*) from different districts.

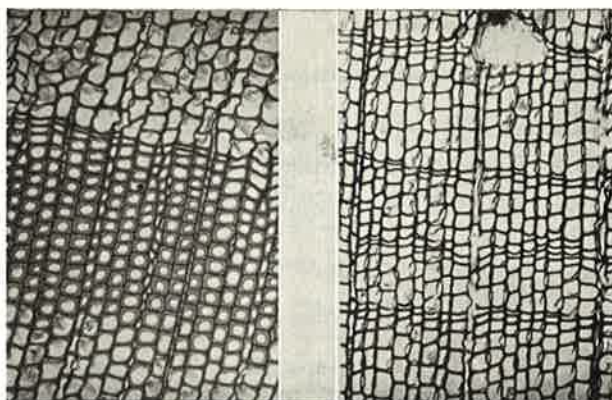


Fig. 3.

Tverrsnitt av furuprøver (*Pinus sylvestris*) fra Solør (v) og Pasvik (b) ca. 90 x forstørret.

Cross section of specimens of redwood (*Pinus sylvestris*) from Solør (left) and Pasvik (right). Magnif. about 90 x.

trevirkets egenskaper fra de to vekstområder. Forskjellen er også statistisk sikker med unntagelse av strekkstyrke parallelt med fibrene der prøveantallet var lite og spredningen stor. Fig. 4 illustrerer forskjellen i bruddtype.

Av undersøkelser med henblikk på å finne volumvektens og styrkeegenskapenes avhengighet

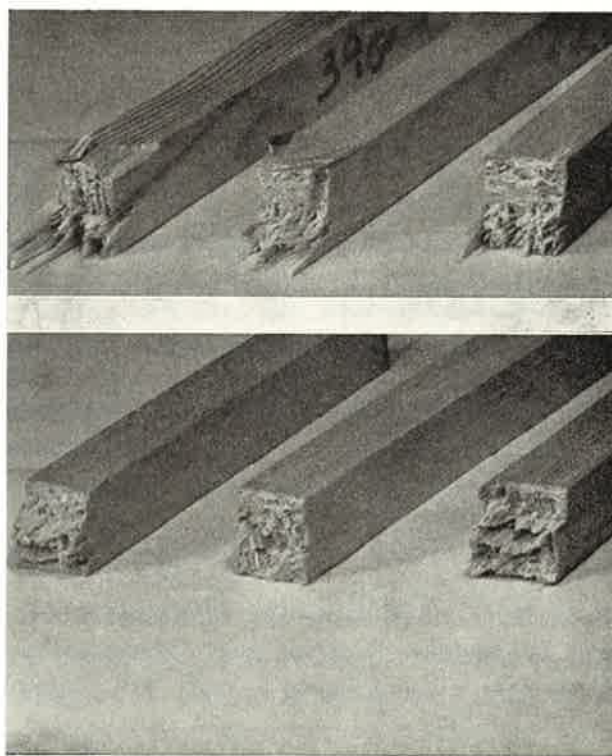


Fig. 4.

Bruddtype ved slagbruddprøve fra Solør (øverst) og fra Pasvik (nederst).
Types of failure at impact bending test with wood from Solør (top) and from Pasvik (bottom).

Tabell 2.

Egenskapenes verdireduksjon fra syd til nord.
Reduction of strength from South to North.

	Reduksjon i prosent Reduction in per cent			
	fra from	ca. 65° n.br.	fra from	ca. 69° ca. 61° n.br.
	til to	ca. 62°	til to	ca. 61° n.br.
	Siimes og Liiri		Foslie	
Volumvekt Specific gravity		2.9		12.8
Bøyefasthet Modulus of rupture		8.1		22.7
Elastisitetsmodul Modulus of elasticity		13.2		29.4
Trykkfasthet parallelt med: fibrene Compression parallel to grain		4.1		27.9
Strekkfasthet parallelt med: fibrene Tension parallel to grain	+ 1.9 (forbedring)			16.6
Trykkfasthet loddrett på fibrene Compression perpendicular to grain	+ 5* (forbedring)			4.3
Skjærfasthet parallelt med fibrene Shear parallel to grain	+ 4.4 (forbedring)			0
Hårdhet Hardness		9.7		15.4

*) diagonale årringer.
growth rings diagonal.

av breddegrad finnes det svært få. Den mest nærliggende å sammenligne med er de undersøkelser Siimes og Liiri (1952) har utført i Finland. Prøvematerialet ble der delt i to partier, Nord-Finnland og Syd-Finnland. Dog strekker de nordligste prøver seg, ifølge private meddelelser fra professor Siimes, ikke lenger enn til Kemi-distriktet, idet Lappmarken ikke var med i undersøkelsen. Dette vil si at nordgrensen ligger ved omtrent 66—67° n.br.

Sammenligner vi de reduksjoner i styrkeegenskapene som Siimes og Liiri (1952) har funnet for sitt nord-finske virke i forhold til det syd-finske, anslagsvis 65° n.br. til 62° n.br., og de reduksjoner våre undersøkelser har vist, tar det seg ut slik det fremgår av tabell 2.

Vurdert bare ut fra gruppenees middelverdier synes Pasviklasten i forhold til volumvekten å være normal. Eller sagt på en annen måte: Det synes å være den lavere volumvekt som helt ut betinger de reduserte styrkeegenskaper. For vanlige praktiske formål skulle denne konklusjon være fullt tilstrekkelig.

Ved en beregning av sammenhengen mellom styrke og volumvekt på basis av de sammenhørende enkeltverdier viser det seg imidlertid at Pasvikvirket for de fleste styrkeegenskaper selv ved samme volumvekt er noe dårligere enn Østlandsvirket. Forskjellen øker med økende volumvekt. Dette vil fremgå av forskjellen mellom regresjonsligningene for de viktigste egenskaper i tab. 3. Av samme tabell sees det videre at korrelasjonskoeffisienten i de fleste tilfelle er meget høy, dvs. at styrken viser en sterk avhengighet av volumvekten.

Som et illustrerende eksempel er endelig i figur 5 inntegnet regresjonskurvene for bøyefastheten i de to distrikter.

6. Forholdene hos helt virke

Disse undersøkelser har klart nok vist at for feilfrie småprøver har Pasvik-furuens gjennomsnittlig betydelig dårligere styrkeegenskaper enn Østlands-furuens.

Et kurveforløp som i fig. 5 tyder på at volumvekten er influert av andre årsaker enn celleveggtykkelsen, f.eks. større innhold av harpikser e.lign. Forskjellen synes dog i mange tilfelle å være større enn hva som kan skyldes slike årsaker. Det gjenstår da neppe annen forklaring enn at selve celleveggenes kvalitet må være forringet. En nærmere

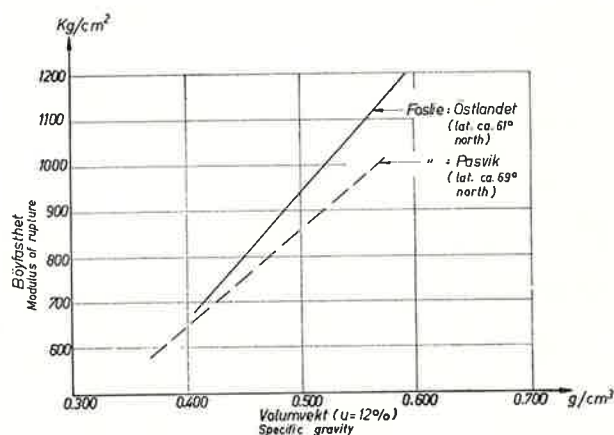


Fig. 5.

Forholdet bøyefasthet/volumvekt ved forskjellige breddegrader.
Relation bending strength to specific gravity for different latitudes.

T a b e l l 3.

Regresjon mellom styrke og volumvekt.

Regression between strength and specific gravity.

		Regresjonsligning <i>Regression equation</i>	Korrelasjonskoeff. <i>Coefficient of correlation</i>
Bøyefasthet <i>M. of rupture</i>	Østlandet	$y = 2870 r \div 470$	0.889
	Pasvik	$y = 1870 r \div 90$	0.775
Elastisitetsmodul <i>M. of elasticity</i>	Østlandet	$y = 320\ 000 r \div 58\ 000$	0.798
	Pasvik	$y = 178\ 000 r \div 6000$	0.649
Trykkfasthet parallelt m/ fibre <i>Compression parallel to grain</i>	Østlandet	$y = 1450 r \div 210$	0.810
	Pasvik	$y = 950 r \div 50$	0.769
Slagbruddarbeid <i>Impact bend. strength</i>	Østlandet	$y = 1.76 r^2$	0.984
	Pasvik	$y = 1.52 r^2$	0.966

r = volumvekt ved 12 % fuktighet
specific gravity at 12 % moisture content

vurdering av disse forhold på grunnlag av kjemiske eller mikroskopiske undersøkelser ligger imidlertid utenfor nærværende arbeids målsetting.

Man kan imidlertid ikke uten videre sammenligne verdiene for helt virke med småprøver. Store prøver vil alltid vise betydelig dårligere styrkeegenskaper. Dels er de i større grad beheftet med kvist og dels er det aldri mulig å få et så rett fiberforløp i store prøver som man kan få det i små. Kvist er, teknisk sett, den alvorligste virkesfeil, og mengden og størrelsen av kvist vil være ganske avgjørende for styrkeegenskapene. Dersom kvistmengden hos Pasvikfuru derfor skulle være vesentlig mindre enn hos Østlandsfuru kan det godt tenkes at forskjellen i styrkeegenskaper for hele planker ikke er så stor som foregående resultater gir inntrykk av. Det materiale vi har fått inn til prøving er som nevnt korte lengder og noen vurdering av kvistmengden på grunnlag av dette materiale var derfor ikke mulig.

Nærværende undersøkelser tok imidlertid som nevnt sikte på å bekrefte eventuell forskjell i virket brukt som bygningsmateriale. Ut fra disse forutsetninger kan vi derfor regne med at lasten blir sortert i forskjellige kvaliteter, og — om de samme sorteringsregler benyttes i de to distrikter — skulle derfor virket innenfor en og samme sortsklasse bli noenlunde ensartet hva virkesfeilene angår og uansett hvordan virkeskvaliteten totalt er i distriktet. Med alle de variasjonsmuligheter som er tilstede,

er sikkerheten ved sammenligning av hel last på basis av små, feilfrie prøver ikke så svært stor. På basis av foranstående burde man imidlertid kunne vente at en slik sammenligning skulle falle ut til Pasviklastens fordel. Når småprøvene tross dette viser lavere styrkeegenskaper, må man ha lov til å regne med at forholdet iallfall ikke vil være bedre for Pasviklast i hele dimensjoner, sett som middel for slik last under ett. Skulle en antyde hvilken størrelsesorden reduksjonen for kvist skulle medføre i styrkeegenskapene, vil dette dog måtte bli temmelig usikkert, idet kvistmengden og kviststørrelsen selvsagt vil variere fra planke til planke. Det er ved enkelte undersøkelser gjort slike sammenligninger. Således angir *Schlyter* og *Winberg* (1929)

Bøyfasthet (6 x 20 x 300 cm) 65 % av rene bøyep prøver 5 x 5 x 75 cm.

Knekkfasthet (17 x 17 x 380 cm) ca. 40—50 % av rene trykkfasthetsprøver 5 x 5 x 20 cm,

alt for en midlere tørrvolumvekt 0.46 g/cm³ og fuktighet 15—19 %. De prøver som hadde lite feil lå nærmere normalprøvens styrke, men nådde dog aldri denne. *Kollmann* (1951) angir etter forsøk av *Graf* at strekkstyrken selv hos planker av beste sorteringsklasse bare er 50 % av styrken for kvistfritt virke, og at dette igjen ved prøving av store dimensjoner bare gir 75 % av styrken hos små, feilfri prøver.

7. Angitte verdier i litteraturen

Det kan ha sin interesse å se hvordan de undersøkte styrkeegenskaper er angitt i de forskjellige kilder, idet de ofte kan variere temmelig meget.

De verdier som i tab. 4 er angitt for nærværende undersøkelse gjelder bare Østlandsvirke idet Pasvik i denne forbindelse er ansett å være uten betydning. Verdierne forøvrig er hentet fra *Siimes og Liiri* (1952).

8. Konklusjon

Ut fra det foreliggende prøvemateriale og med de begrensninger dette gir, kan man trekke følgende konklusjoner:

1. Den midlere volumvekt ligger 13 % lavere for Pasvik-furu enn for Østlands-furu.
2. De viktigere styrkeegenskaper (bøyfasthet, E-modul, slagbruddarbeid og trykkfasthet ligger — sett som middelverdier — betydelig lavere for Pasvik-furu enn for Østlands-furu (22—31 %). Forskjellen er statistisk sikker. For strekkfasthet er reduksjonen ca. 17 % men uten tilstrekkelig statistisk sikkerhet. For de øvrige undersøkte styrkeegenskaper (skjærfasthet, hårdhet, trykkfasthet loddrett på fibrene) er det mindre og nokså varierende reduksjoner.
3. Det vesentlige av styrkereduksjonen hos Pasviklast skyldes den lavere volumvekt, men selv sett i forhold til denne ligger Pasviklasten noe lavere. Dette må sannsynligvis for størstedelen

Tabell 4.

Midlere styrkeegenskaper hos furu (*Pinus sylvestris*) ved forskjellige undersøkelser.

Average strength properties of Redwood (Pinus sylvestris) according to different investigations.

Undersøkelse <i>Investigation</i>	Volumvekt $u = 12\%$ <i>Specific gravity</i>	Fuktighet <i>Moisture content</i>	Strekkfasthet parallelt med fibrene <i>Tension parallel to grain</i>	Statisk bøyning <i>Static bending</i>		Trykkfasthet parallelt med fibrene <i>Compression parallel to grain</i>	Trykkfasthet loddrett på fibrene <i>Compression perpendicular to grain</i>	Skjærfasthet		Hårdhet (Janka) <i>Hardness</i>		
				Bøyfasthet <i>Modulus of rupture</i>	Elastisitetsmodul <i>Modulus of elasticity</i>			Skjærfasthet		Endevend <i>End</i>	Sidevend <i>Side</i>	
								Rad.	Tang.			Rad. flate
	g/cm ³	%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
Schlyter-Winberg (Stockholm 1929)	0.52	15—19	—	680	123 000	390	35	80	—	250	240	—
Kalnins (Riga 1930)	0.53	15	1259	819	—	432	—	—	—	—	—	—
Jalava (Helsingfors 1933, 1934, 1945)	0.515	12	—	858	127 000	475	46	70	64	295	244	275
Pettifor (Princess Risborough 1939)	0.57	15	—	808	142 000	479	—	—	—	—	—	—
Vorreiter (Wien 1949)	0.51	15	1040	870	120 000	470	77	100	—	300	—	—
Kollmann (Berlin 1951)	0.51	12	1040	1000	120 000	550	77	100	—	300	250	—
Siimes og Liiri (Helsingfors 1952)	0.47	15	769	700	119 000	385	Tang. 41	91	—	320	244	278
Foslie (Oslo 1963) Virke fra Østlandet <i>Wood from south-east Norway</i>	0.49	12	1195	945	(102 000)	510	70	89	81	286	226	250

betraktes som en kvalitetsreduksjon hos celleveggen under de dårlige vekstforhold, eventuelt som følge av trærnes høye alder.

4. Det må ansees godt gjort at også Pasviklast i hele dimensjoner har langt dårligere styrkeegenskaper enn Østlands-last, innen en og samme sorteringsklasse.
5. Det må på bakgrunn av denne undersøkelse advares mot bruk av Pasvik-last i bærende konstruksjoner der man i særlig grad regner å utnytte trevirkets styrke. Som T-virke etter NS 447 bør den derfor utelukkes.

Summary

Wa !!!
A study was made to determine the strength properties of redwood (*Pinus sylvestris*) grown in the far North, compared with the same species from the south-eastern part of Norway. This paper gives a condensed survey of the investigation. The work was financed by a special committee set up by The Forestry and Forest Industries Research Association.

The influence of different factors, such as specific gravity, moisture content, temperature, length of fibres and direction of grain, — on the strength properties of wood, is discussed. Previously was stated that the specific gravity of pine is increasing with decreasing width of annual rings up to a maximum (Ylinen 1951) and that further decreasing of ring width would result in a drastically lowering of specific gravity. That finding is confirmed by this study (Fig. 2).

The test material has been taken from deals at the yards of some sawmills — the northernmost one situated at a latitude about 69° N (Pasvik) and those representing the south-eastern Norway at 60½° N (Solør) and 61½° N (Rena). Testing was carried out on small, clear specimens, and according to methods agreed upon by international conventions (FAO).

The conclusions of the report are as follows:

1. Average specific gravity is 13 per cent lower for redwood from Pasvik than that grown in south-east Norway. (Tab. 1, Fig. 1.)
2. The main strength properties (modulus of rupture, modulus of elasticity, impact bending work and compression parallel to grain) are — seen as average values — considerable lower for redwood from Pasvik than from south-east Norway (22 to 31 per cent). Differences are statistically significant.

For tension parallel to grain the reduction is 17 per cent, but is without statistical significance.

The remaining strength properties tested (shear, hardness, compression perpendicular to grain) are variable and with smaller reductions. (Tab. 1, Fig. 1.)

3. Reduction of strength could for the greater part be explained by the lower specific gravity due to the scant thickening of the cell walls in summerwood (Fig. 3). The strength, however, was still slightly lower. A quality reduction of the cell wall itself owing to poor growth conditions or possibly also due to the high age of cambium as tissue was formed, could be an explanation to this anomaly. (Fig. 5.)
4. There is reason to believe that the reduction found in small clear specimens from Pasvik, would indicate considerable reductions in full dimension deals as well, all comparisons made within each lumber grade.

LITTERATURHENVISNINGER

1. Foslie, M.: En teknisk sammenligning av furu fra nordlige strøk med furu fra Østlandsområdet. Norsk Treteknisk Institutt, Oslo, manuskript, 1963.
2. Hempel, H.: Vergleichende Untersuchungen von hochnordischer mit deutscher Kiefer. Fachausschuss Holzfragen, Berlin, Mitteilungen h. 4, 42, u. å.
3. Klem, G. G.: Undersøkelser av granvirkets kvalitet. Det norske Skogforsøksvesen, Vollebekk, Meddelelser 17, 1934.
4. Kollmann, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Berlin, b. I, 1951.
5. Kollmann, F. et. al.: Vergleichende Untersuchungen an deutschen und schwedischen Kieferholz für Masten. Holz als Roh- u. Werkst., Berlin, 17 (12) 1959:474—483.
6. Liese, J.: Über die mechanischen Eigenschaften des Archangelskholzes. Zeitschr. Forst- u. Jagdw., h. 60, 1928:43.
7. Norsk Treteknisk Institutt: Diverse interne prøvenormer, Oslo, u. å.
8. Schlyter, R. och G. Winberg: Svensk furuvirkets hållfasthetssegenskaper och deras beroende av fukthalt och volymvikt. Ingeniörvetenskapsakademien, Stockh., Handlingar 92, 1929.
9. Siimes, F. and O. Liiri: Investigations of the strength properties of wood I. Tests on small, clear specimens of Finnish pine. Statens tekniska forskningsanstalt, Helsingki, Publication 103, 1952.
10. Thunell, B.: Hållfasthetssegenskaper hos svenskt furuvirke utan kvistar och defekter. Statens Provningsanstalt, Stockholm, Meddelande 81, 1941.
11. Thunell, B.: Trä, des byggnad och felaktigheter. Stockholm, 1945.
12. Wijkander, A.: Untersuchung der Festigkeitseigenschaften schwedischer Holzarten, Göteborg, 1897.
13. Ylinen, A.: Über den Einfluss des Spätholzanteils und der Jahrringbreite auf die Rohwichte beim finnischen Kiefernholz. Holz als Roh- u. Werkst., Berlin, 9 (12) 1951:449—456.

PUBLIKASJONER FRA NORSK TRETEKNISK INSTITUTT

MEDDELELSER:

1. Skurutbyttets variasjon med skurordre, tømmerdimensjon og avsmalning ved en moderne sirkelsag. Gustav G. Klem og Ole Karlsen, 1951.
2. Sammenliknende skurforsøk mellom sirkelsagblad med viggete og stukete tenner. Gustav G. Klem og Ole Karlsen, 1951.
3. En undersøkelse av skurunøyaktigheten ved forskjellige sagbrukstyper. Gustav G. 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 N.T.I. 1954.
6. Fuktighetsopptak i gulvbord under lagring på byggeplassen. Ole Karlsen, 1954.
7. Noen resultater fra undersøkelser over saging med og mot fibrene. Torsten 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 stabet, kappet bakhon. Michael Foslie, 1957.
11. Undersøkelser over metoder for tørking av rå sagflis. Per Granlund, 1958.
12. Tørrekløyving med koniske sirkelblad. 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. Harald Millstein og Karl 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. Katsuyoshi Imaizumi, 1962.
19. The mechanism of failure of wood in bending. Johannes Moe, 1962.
20. Studier over stukete og viggete rammesagblad og skurnøyaktighet. Marijan Breznjak og Gullik Hvamb, 1962.
21. Liming av trykkimpregnert bøk. Eirik 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.

UTREDNINGER:

1. Kutterflis og sagflis som isolasjonsmateriale i bolighus. Hans Granum, 1951.
2. Sågverkens avfallsproblem. Carl-Gustaf von Essen, 1951.
3. Første årsmøte. Foredrag om aktuelle emner innen treindustrien, utarbeidet til møtet. 1951.
4. En metode for kvalitetskontroll av trelast med hensyn til fuktighetsinnholdet. Ole Karlsen, 1952.
5. De nye tørkeskjemmer som anvendes i U.S.A. Ole Karlsen, 1952.
6. En oversikt over impregneringsmidler og -metoder. Karl Mørkved, 1953.
7. Andre årsmøte. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1953.
8. Lim og liming. Halvor Fehn, 1954.
9. Tresponplater. En orientering og en oversikt over forskjellige europeiske fabrikkmetoder. H. Fehn, 1954.
10. «Skog og Tre». Høstmøte 1954. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1955.
11. «Mot Rust og Råte 1954». Foredrag om råte og impregnering av trevirke på studiekonferansen arrangert av Studieselskapet for Norsk Industri i samarbeide med Skipsteknisk Forskningsinstitutt og Norsk Treteknisk Institutt, 1955.
12. «Skog og Tre». Høstmøte 1955. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1956.
13. Sagbruksavfallets praktiske og salgsmessige verdi som industribrensel. Norsk Dampkjelforening, 1956.
14. «Skog og Tre». Høstmøte 1956. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1957.
15. Møbelvirkets stabilitet. Ole Grønvold, 1957.
16. Transport av bakhon eller flishakk — en økonomisk kalkyle av de forskjellige transportmetoder. Kjell Wibstad, SSSF's Transportutvalg, og Bjørn Lier, Norsk Treteknisk Institutt, 1957.
17. Sprekkdannelse i møbelvirkets dekkfinér. Et litteratursammendrag. Ole Grønvold, 1957.
18. Limgjennomslag. Ole Grønvold, 1957.
19. «Skog og Tre». Høstmøte 1957. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1958.
20. Barking, hugging, transport og omsetning av sagbruksavfall i Sydstatene i U.S.A. Gullik Hvamb, 1958.
21. «Skog og Tre». Høstmøte 1958. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1959.
22. Trelastens posisjon i vår byggevirksomhet, nå og i fremtiden. Hans Granum, 1960.
23. Limte, laminerte trekonstruksjoner og deres anvendelse. Johannes Moe, 1960.
24. Årsmøte i Foreningen til Treindustriens Fremme, 1959. — «Skog og Tre». Høstmøte 1959. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1960.
25. Årsmøte i Foreningen til Treindustriens Fremme, 1960. — «Skog og Tre». Høstmøte 1960. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1961.
26. Spikerlimte trekonstruksjoner. Hans Granum, Johannes Moe og Jan Sivertsen. 1961.
27. Årsmøte i Foreningen til Treindustriens Fremme, 1961. — «Skog og Tre». Høstmøte 1961. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1962.
28. Midler og metoder til beskyttelse av tre og treprodukter mot brann. Per Hanetho, 1962.
29. Anvendelse av tre som konstruksjonsmateriale i korroderende miljø. Per Hanetho, 1962.
30. Årsmøte i Treindustriens Tekniske Forening, 1962. — «Skog og Tre». Høstmøte 1962. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1963.
32. «Skog og Tre». Høstmøte 1963. Foredrag og diskusjon om aktuelle emner innen treindustrien. 1964.

TEKNISKE SMÅSKRIFTER:

1. Noen synspunkter om friluftstørking av trelast. Ole Karlsen, 1953.
2. Tannluker, matning og skjærehastighet ved sirkelsagblad. Gullik Hvamb, 1953.
3. Hurtigtørking av rå sagflis. Halvor Skjelmerud, 1953.
4. Hva er blåved og hvorledes kan blåvedskader unngås? Karl Mørkved, 1953.
5. Kjemisk beskyttelse mot blånad av skurlast. Karl Mørkved, 1953.
6. Høvling med planboks eller kutter? Karl Th. Gulowsen, 1953.
7. Måling av fuktighet i trevirke. M. Foslie, 1953.
8. Påvisning av spiker og metallgjenstander i sagtømmer. F. Bjerkhoel Nielsen, 1954.
9. Brikettering av tørr sagflis og kutterspon, og tørking av rå sagflis og kutterspon. Lars Kalseth, 1955.
10. Apparat for telling og total lengdemåling av tømmerstokker, planker eller bord i forbindelse med kjerrat eller transportbånd. Gullik Hvamb, 1955.
11. Elastiske spennanordninger for rammesagblad. G. Hvamb, 1955.
12. Er kunstig tørking lønnsomt sammenliknet med lufttørking? Ole Karlsen, 1956.
13. Noen tall for fastmasse- og fuktighetsinnhold i forskjellig sagbruksavfall. M. Foslie, 1956.
14. Sponplater — egenskaper. Michael Foslie, 1958.
15. Sponplater — bearbeiding og anvendelse. Karl Mørkved, 1958.
16. Liming av tregolv. Asbjørn Torp, 1959.
17. Utvendig trepanel. Noen råd og vink. 1959.
18. Fuktighet i trelast. Harald Millstein, 1961.
19. Gran og furu. En sammenligning av trevirkets egenskaper. M. Foslie, 1962.