

ERÄISTÄ OJITETUILLA SOILLA KASVAVAN PUUN
FYSIKAALISISTA OMINAISUUKSISTA

PAAVO J. OLLINMAA

SUMMARY:

*ON CERTAIN PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD
GROWING ON DRAINED SWAMPS*

HELSINKI 1960

Alkusanat

Ehdotuksen käsillä olevan tutkimuksen aiheen selvittämiseksi teki Helsingin Yliopiston suometsätieteen professori LEO HEIKURAINEN ilmaisten olevansa erikoisen kiinnostunut siitä, onko ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuneen puun rajavyöhykkeellä sinänsä sanottavaa vaikutusta puun lujuuteen. Hän onkin suonut minun vapaasti käyttää hyväkseni johtamansa laitoksen laboratoriota, mistä lausun parhaat kiitokseni.

Lujuustutkimukset olen saanut tehdä Metsäteknologian laitoksen laboratoriossa, mistä kiitän sanotun laitoksen esimiestä, professori THEODOR WEGELIUSTA.

Tutkimuksen ovat käsikirjoituksena lukeneet professorit THEODOR WEGELIUS ja LEO HEIKURAINEN sekä dosentti, vt. professori, tohtori VEIJO HEISKANEN. Tästä samoin kuin ohjeista ja kritiikistä lausun heille kaikille kiitokseni.

Julkaisun englanninkielisen lyhennelmän on kääntänyt fil.maisteri ULJAS ATTILA, josta olen hänelle kiitollinen.

Kaikille muillekin, jotka ovat jollakin tavoin avustaneet tutkimusaineiston hankkimisessa tai edistäneet tutkimuksen valmistumista julkaisukuntoon, esitän täten kiitokseni. Niinpä kiitän Metsähallitusta ja erikoisesti sen Jämsän hoitoalueen aluemetsänhoitajaa OLAVI SAARIKIVEÄ siitä, että olen saanut kaataa koepuut sanotun hoitoalueen valtionmailta samoin kuin asiantuntevasta ohjauksesta sopivien tutkimuskohteiden löytämiseksi, niin myös tytärtäni ANNELI OLLINMAATA ahkerasta avustamisesta koepuiden hankinnassa.

Suomen Metsätieteellistä Seuraa kiitän siitä, että se on ottanut tutkimuksen julkaisusarjaansa.

Helsingissä, huhtikuun 30 p:nä 1960.

Paavo J. Ollinmaa

Sisällysluettelo

	Sivu
Aikaisemmat tutkimukset ja tutkimuksen tarkoitus	5
Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmä	7
Tutkimustulokset	10
Tilavuuspaino	10
Puusyiden suuntainen puristuslujuus	14
Kutistumisominaisuudet	18
Yhdistelmä	20
Kirjallisuusluettelo	22
Summary	23

Aikaisemmat tutkimukset ja tutkimuksen tarkoitus

Ojitettujen soiden puun laatua käsittelevät tutkimukset, joita on tehty maassamme tai mahdollisesti ulkomailla, ovat perin vähälukuiset ja nekin keskittyvät ensi sijassa vain puun vikaisuuksiin tai yleiseen teknilliseen kelpoisuuteen, joka kuvastuu ojitettujen soiden metsiköistä saatavasta puutavarajakaantumasta (HEISKANEN 1957 ja HEIKURAINEN 1959).

HEISKANEN tulee tutkimuksessaan, joka koskee raudus- ja hieskoivua, sellaiseen tulokseen, että suokoivujen laatu on yleensä kangasmaiden koivuihin verrattuna heikko, varsinkin hieskoivun ollessa kyseessä. Tällöin on otettava huomioon, että tutkitut suolla kasvaneet koivut olivat syntyneet ennen ojitusta, kuten HEISKANEN korostaakin.

HEIKURAISEN tutkimus on luonteeltaan ennustava siten, että hän pyrkii määrittämään, minkä verran eri suotyyppeiden ja puulajien muodostamista metsiköistä saadaan päätehakkuissa eri puutavaralajeja. Sanottu tutkimus kuvastaa yhtäpitäväksi HEISKANEN tutkimuksen kanssa suometsiköiden heikkoa teknillistä laatua. Toiselta puolen myös HEIKURAINEN vetoaa aivan oikeutetusti siihen, että ojitusalueiden puusto saattaisi olla huomattavastikin nyt tulokseksi saatua parempi, jos ko. metsiä olisi hoidettu ja niiden puusto olisi syntynyt vasta ojituksen jälkeen. Onhan HEISKANEN (1957) mukaan parhaiden suokoivokoiden keskimääräinen laatu miltei yhtä hyvä kuin parhaiden kovien maiden metsiköiden.

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on lähinnä selvittää, onko ja millaisia eroja ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuneen virheettömän puun lujudessa, tilavuuspainossa ja kutistumisominaisuuksissa. Samalla tutkimus kohdistuu erikoisesti ennen ojitusta muodostuneen ohut- ja sen jälkeisen vahvaluotoisen puun rajavyöhykkeen vaikutuksen määrittelemiseen puun lujuuteen. Mainittu rajavyöhyke ei kuitenkaan vastaa tarkoin ojitusvuotta, koska kuluu yleensä muutamia vuosia, ennen kuin puu reagoi ojituksen jälkeisten parantuneiden kasvuolosuhteiden johdosta (mm. LUKKALA 1940).

Mainitunlaisia seikkoja selvitteleviä tutkimuksia ei maassamme enempää kuin tiettävästi muuallakaan liene ennestään tehty. Kuitenkin tällaisilla tutkimuksilla voidaan katsoa olevan oman merkityksensä mm. arvosteltaessa, onko

ojitettavalle suolle ennen ojitusta noussutta puustoa edullista pyrkiä kasvattamaan yleensä sahapuuksi saakka, jollaiselta vaaditaan tavallisesti myös määrättyjä lujuusominaisuuksia, vai olisiko tällainen puusto realisoitava jo kuitu- tai polttopuun mittaan ehtineenä.

Koska tässä tutkimuksessa rajoitetaan lujuusominaisuuksista vain puusyiden suuntaiseen puristuslujuuteen, toivon, että saan vastaisuudessa tilaisuuden tutkimuksen laajentamiseen osittain muitakin lujuusominaisuuksia koskevaksi.

Tutkimusaineisto ja tutkimusmenetelmä

Tutkimusaineiston muodostaa 15 Koskenpään kunnan alueella sijaitsevan Niinimäen valtionpuiston vv. 1935—40 ojitetuilta soilta kesällä v. 1959 otettua koepuuta, joista mäntyjä ja kuusia on molempia kuusi ja koivua kolme. Viimeksi mainituista on yksi raudus- ja kaksi hieskoivua. Kaikkien mäntyjen kasvupaikkana oli isovarpuinen räme ja kuusien sekä koivujen varsinainen korpi.

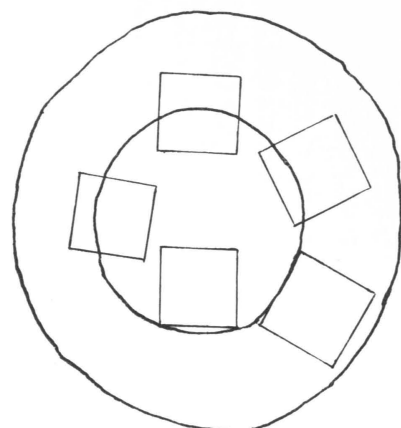
Koepuut pyrittiin ottamaan ojien läheisyydestä, jotta kuivatuksen vaikutus olisi näkynyt mahdollisimman selvästi niiden sädekasvussa. Asian varmentamiseksi suoritettiin pystypuista ennakkokairauksia. Koepuut olivat yleensä olleet ojitushetkellä kovin pieniä ($d_{1,3}$ 2—10 cm) ja hidaskasvuisia ja ne olivat reagoineet ojitukseen verrattain selvästi, varsinkin kuusi. Koivun osalta reagointi oli kuitenkin varsin heikko. Eräiden mäntykoepuiden sädekasvun todettiin muutamien virkeiden kasvuvuosien jälkeen uudelleen huomattavasti taantuneen, minkä on todettu olevan tavallista ojitetuilla soilla (LUKKALA 1940).

Mäntykoepuiden rinnankorkeusläpimitta vaihteli 11—16 cm ja pituus 9—11 m, kuusikoepuiden vastaavasti 8—14 cm ja 6—11 m sekä koivukoepuiden 6—9 cm ja 7—10 m. Valtaosa koepuista kuului toiseen latvuserrokseen, kolmanteen vain kaksi kuusta ja toinen hieskoivuista. Yksi mänty oli ylintä latvuserrosta.

Kaadon sekä rinnankorkeusläpimitan ja pituuden mittauksen jälkeen koepuista otettiin tyvestä alkaen säännöllisin välimatkoin 20 cm:n pituisia kappaleita niin pitkälle kuin ennen ojitusta muodostunutta puuta riitti ja puun läpimitta oli niin suuri, että siitä katsottiin voitavan valmistaa ao. koekappaleet. Jos puun pituus oli korkeintaan 10 m, otettiin näytteet puolen metrin, muussa tapauksessa metrin välimatkoin ja numeroitiin asianmukaisesti.

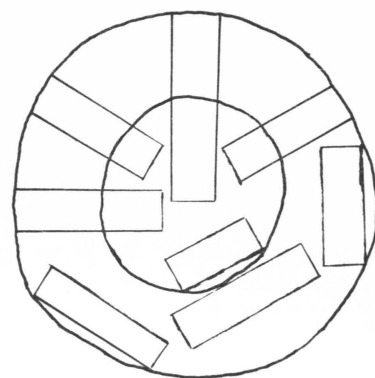
Lujuusominaisuuksien osalta rajoituttiin tässä tutkimuksessa pelkästään puusyiden suuntaiseen puristuslujuuteen, jota silmällä pitäen sahattiin sirkkelissä huonekuivasta puusta $2 \times 2 \times 5$ cm suuruisia koekappaleita kuvan 1 osoittamalla tavalla. Tilavuuspainon määrittyskappaleet, joiden koko oli $2 \times 2 \times 2$ cm, otettiin samalla tavoin.

Tangentin ja säteen suuntaisen kutistumisen koekappaleiden, joiden poikkileikkauksen koko oli 1×1 cm, ottamismenetelmä käy ilmi kuvasta 2.



Kuva 1. Koekappaleiden ottaminen lujuus- ja tilavuuspainotutkimuksia varten. Ohut- ja vahvalustoisen puun raja merkitty näkyviin.

Fig. 1. The taking of specimens for the investigation of the strength and volume weight of wood. Boundary between close- and wide-ringed wood marked visible.



Kuva 2. Koekappaleiden ottaminen puun tangentin ja säteen suuntaista kutistumista koskeviin tutkimuksiin. Ohut- ja vahvalustoisen puun raja merkitty näkyviin.

Fig. 2. The taking of specimens for the investigation of the tangential and radial shrinkage of wood. Boundary between close- and wide-ringed wood marked visible.

Lujuus-, tilavuuspaino- ja mainituista kutistumiskoekappaleista oli siis osa sellaisia, jotka sisälsivät vain etupäässä ennen ojitusta muodostunutta ohutlustoista puuta, osa sellaisia, joissa oli vain pelkästään ojituksen jälkeen muodostunutta vahvalustoista puuta ja lopuksi myös sellaisia, jotka mainittujen vyöhykkeiden rajalta otettuina sisälsivät vaihtelevassa määrässä näitä kahta erilaista puulaatua. Tangentin suuntaisen kutistumisen koekappaleissa ei kuitenkaan ollut viimeksi mainittua tyyppiä, kuten selviää mainitusta kuvastakin.

Pituuden suuntaisen kutistumisen koekappaleet, joiden poikkileikkaus oli 1×1 cm ja pituus keskim. 15 cm, otettiin hajallisesti lujuuskoekappaleiden välistä, milloin ohut- milloin vahvalustoisesta puusta, mutta ei näiden rajalta.

Koivusta ei suoritettu kutistumiskokeita.

Suoritettujen kokeiden määrä käy ilmi taulukosta 1. Kutistumiskokeita, varsinkin tangentin ja säteen suuntaisia, suoritettiin siis kovin vähän, joten niiden antamia tuloksia on pidettävä vain suuntaa osoittavina.

Puristuslujuus määritettiin absoluuttisen kuivasta puusta, samoin tilavuuspaino veteen upottamalla. Koekappale punnittiin parafinoimattomana, mutta tilavuus laskettiin vähentämällä edellisestä painosta paino parafinoituna vedessä. Painon määrittämisessä käytettiin 10 mg:n tarkkuutta.

Mainitussa tilavuuspainon määrittämenetelmässä, joka vaatii vain kaksi punnitusta, ei parafiini pääse sanottavasti vaikuttamaan tulokseen, koska sen

Taulukko 1. Suoritettujen kokeiden määrä.

Table 1. Number of tests.

Puulaji Species of tree	Puristus- lujuus Compressive strength	Tilavuus- paino Volume weight	Kutistuminen — Shrinkage		
			Pituuden suuntainen Longitudinal	Tangentin suuntainen Tangential	Säteen suuntainen Radial
			Kokeiden lukumäärä, kpl. — Number of tests		
Mänty — Pine	340	161	105	60	34
Kuusi — Spruce	266	127	58	24	8
Koivu — Birch	85	29	—	—	—
Yhteensä — Total	691	317	163	84	42

ominaispaino on verrattain lähellä veden ominaispainoa, joten menetelmää on pidettävä sängen tarkkana (OLLINMAA 1957, menetelmä n:o 4).

Kutistumiskokeet suoritettiin tuoreesta absoluuttisen kuivaan tilaan siirryttäessä ja kutistumisprosentit laskettiin tuoreista mitoista. Mittaukset suoritettiin noniuksella varustetulla työntömitalla 0.05 mm:n tarkkuudella.

Puusyiden suuntainen puristuslujuus määritettiin murtolujuutena Amsler & Co:n aineenkoetuskoneella kuormitusnopeuden ollessa noin 250 kg/cm² minuutissa, jolloin kuormitusnopeuden vaikutus on jo häviävän pieni (KOLLMANN 1951).

Tutkimustulokset

Tilavuuspaino

Tilavuuspainokoe-kappaleiden poikkileikkauspinnasta määritettiin silmävaraisesti pääasiallisesti ennen ojitusta muodostuneen ohutlustoisen puun osuus 5 %:n tarkkuudella. Aineiston pienuuden ja tulosten selvemmin esille tuomisen vuoksi jaettiin koekappaleet mainitun tunnuksen perusteella lopullisesti vain neljään ryhmään. Tilavuuspainotutkimusten tulokset esitetään puulajeittain taulukossa 2.

Taulukko 2. Tilavuuspaino abs. kuivana.

Table 2. Volume weight, absolutely dry.

Korkeus maasta m Height above ground m	Ohutlustoisen puun osuus, % Proportion of close-ringed wood, %								Kaikki Total	
	0		5—50		55—95		100			
	g/cm ³	kpl. No.	g/cm ³	kpl. No.	g/cm ³	kpl. No.	g/cm ³	kpl. No.	g/cm ³	kpl. No.
Mänty — Pine										
0.0—1.0	0.57	35	0.60	35	0.57	11	0.64	10	0.59	91
1.1—2.0	0.54	11	0.56	20	0.61	6	0.57	5	0.56	42
2.1—3.0	0.53	11	0.51	7	0.51	3	—	—	0.52	21
3.1—4.0	0.48	2	0.47	3	0.53	1	0.49	1	0.48	7
Kaikki — Total ..	0.55	59	0.57	65	0.57	21	0.61	16	0.57	161
Kuusi — Spruce										
0.0—1.0	0.40	36	0.45	28	0.49	8	0.47	4	0.43	76
1.1—2.0	0.42	20	0.45	8	0.47	6	0.43	3	0.44	37
2.1—3.0	0.42	10	0.44	2	—	—	0.43	2	0.42	14
Kaikki — Total ..	0.41	66	0.45	38	0.48	14	0.45	9	0.43	127
Hieskoivu — White birch										
0.0—1.0	0.59	3	0.58	6	—	—	0.57	1	0.58	10
Rauduskoivu — Silver birch										
0.0—1.0	0.63	10	0.63	1	—	—	—	—	0.63	11
1.1—2.0	0.65	5	0.64	3	—	—	—	—	0.65	8
Kaikki — Total ..	0.64	15	0.64	4	—	—	—	—	0.64	19

Taulukosta voidaan todeta ensiksikin, että tutkittujen puulajien tilavuuspainot seuraavat toisiaan nousevassa järjestyksessä: kuusi, mänty, hieskoivu ja rauduskoivu, jollaiseen tulokseen on tultu monissa tutkimuksissa aikaisemmin (mm. JALAVA 1945, KUJALA 1946, OLLINMAA 1955). Männyn keskiarvona ilmaistu verrattain korkea tilavuuspaino johtuu siitä, että valtaosa sen koekappaleista on otettu runsaspihkaisesta ja suhteellisen raskaasta tyviosasta.

Niin ikään voidaan todeta, että ainakin männyn tilavuuspaino pienenee yleensä tyvestä ylöspäin mentäessä (myös KOLLMANN 1951). Sen sijaan kuusen osalta ei voida todeta tässä suhteessa varmaa suuntaa. Mainitunlaisiin tuloksiin on tullut myös JALAVA (1945). Rauduskoivua koskevat luvut viittaavat siihen, että sen tilavuuspaino kohoaa jonkin verran tyvestä ylöspäin mentäessä ainakin aluksi. WALLDÉN (1934) sekä SAVINA ja PERELYGIN (1936) sanovat koivun tilavuuspainon maksimin olevan 3 m:n korkeudella. Koivua koskeva aineisto on käsillä olevassa tutkimuksessa kuitenkin niin pieni, ettei se salli varmoja päätelmiä tässä suhteessa. Läheskään aina ei ole todettu täysin selvää suuntaa koivun tilavuuspainossa sen eri korkeuksilla (mm. JALAVA 1945, OLLINMAA 1955).

Koska kaikki koepuut yhtä lukuun ottamatta kuuluivat toiseen tai kolmanteen latvuserrokseen, joihin kuuluvien puiden tyviosan tilavuuspainossa ei ole yleensä todettu olevan suurta eroa (mm. JALAVA 1945, OLLINMAA 1955), ei eri latvuserroksien puita ole pidetty erossa toisistaan tuloksia ilmoitettaessa. Sama pitää paikkansa muidenkin nyt suoritettujen tutkimusten suhteen.

Ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuneen puun erilaisuutta arvosteltaessa voidaan taulukosta tehdä sellainen toteamus, että havupuiden ollessa kyseessä ojituksen jälkeen muodostunut vahvalustoinen puu on jonkin verran keveämpää kuin sitä ennen muodostunut ohutlustoinen. Kuitenkaan ei korrelaatio ohutlustoisen puun osuuden ja vastaavan tilavuuspainon välillä näytä olevan eri tapauksissa suinkaan selvä, vaan heilahteluja puoleen ja toiseen ilmenee. Tämä onkin luonnollista, koska erittäin ohutlustoisen puun on ainakin männyn osalta todettu olevan odotettua keveämpää (TRENDELENBURG 1939) alhaisen kesäpuuprosentin seurauksena (SIIMES 1938). Erikoisesti voidaan todeta, että tilavuudesta 100 %:sesti ohutlustoista puuta sisältävien koekappaleiden tilavuuspaino on usein pienempi kuin sitä vähemmän sisältävien, varsinkin kuusen ollessa kyseessä. Ensiksi mainittujen koekappaleiden lukumäärä on kuitenkin niin pieni, ettei se salli varmojen päätelmien tekoa tässä suhteessa. Ratkaiseva merkitys on kuitenkin sillä, miten ohuista vuosilustoista on kulloinkin kysymys. On otettava huomioon myös se, että nimenomaan pienissä kuusissa 100 %:sesti ohutlustoista puuta sisältäneet koekappaleet on otettu verrattain läheltä ydintä, jopa aivan sen vierestäkin, ja että tilavuuspainon on todettu kuusella kohoavan ytimeistä pintaan päin tultaessa (TRENDELENBURG 1939). Samoin on TRENDELENBURG (1939) todennut olevan asian laidan männyn suhteen varsinkin rungon tyviosassa aina 6—7 m:n korkeudelle saakka. Tähän viittaavat tämänkin tut-

kimuksen yhteydessä männystä 1.1—4.0 m:n korkeudelta 100 %:sesti ohutlustoista puuta sisältäneistä koekappaleista saadut tulokset. Ilman mainittua vaikutusta olisi siis ennen ojitusta muodostuneen ohutlustoisen puun tilavuuspaino selvemmin ojituksen jälkeen muodostuneen vahvalustoisen puun tilavuuspainoa suurempi kuin mitä nyt saadut tulokset osoittavat. Pääsääntönä on se, että vuosiluston ohentuessa ainakin määrättyyn rajaan saakka havupuiden tilavuuspaino kasvaa lähinnä kesäpuun suhteellisen osuuden kohoamisen seurauksena (SIIMES 1938, WEGELIUS 1939, TRENDELENBURG 1939).

Koivun osalta ei ohut- ja vahvalustoisen puun tilavuuspainossa tullut ilmi selvää eroa, kuten ei yleensääkään hajaputkiloisten puulajien ollessa kyseessä (TRENDELENBURG 1939, JALAVA 1945, KOLLMANN 1951). Koivua koskeva aineisto on tosin minimaalisen pieni. Eräiden aikaisempien tutkimusten (OLLINMAA 1955) perusteella voitaisiin odottaa, että ojituksen jälkeinen vahvalustoinen puu suhteellisen niukkaputkiloisena olisi painavampaa kuin ennen ojitusta muodostunut puu.

Vuosiluston vahvuuden vaikutuksen selvittämiseksi havupuiden tilavuuspainoon määritettiin pelkästään ohut- tai vahvalustoista puuta sisältävistä koekappaleista vuosilustojen lukumäärä senttimetriä kohden (puhdas aineisto). Koekappaleista, jotka sisälsivät sekä ohut- että vahvalustoista puuta, määritettiin näiden tilavuusosuuksilla punnittu keskimääräinen lustojen lukumäärä (seka-aineisto). Näin laskettu seka-aineistoa koskeva lustojen lukumäärä on tietysti siinä suhteessa epäonnistunut, ettei se edusta koekappaleissa todellisuudessa esiintyvää luston vahvuutta. Siitä huolimatta tuovat myös seka-aineistoa koskevat luvut lisävalaistusta asiaan. Tulokset esitetään taulukossa 3.

Koekappaleiden keskimääräiset lustojen lukumäärät senttimetriä kohden esitetään seuraavassa asetelmassa erikseen ennen ojitusta (a) ja sen jälkeen (b) muodostuneen puun osalta. Koekappaleiden lukumäärä on sulkeissa.

Puulaji <i>Species of tree</i>	Puhdas aineisto <i>Pure material</i>		Seka-aineisto <i>Compound material</i>		Koko aineisto <i>All material</i>	
	a	b	a	b	a	b
	Lustoja kpl./cm — <i>No. of growth rings per cm</i>					
Mänty — <i>Pine</i>	19.1 (15)	6.4 (59)	16.1 (84)	7.0 (84)	16.7 (99)	6.8 (143)
Kuusi — <i>Spruce</i>	7.8 (9)	3.5 (66)	13.2 (51)	5.0 (51)	12.4 (60)	4.1 (117)

Taulukosta 3 ilmenee yleisenä piirteenä, että sekä männyn että kuusen tilavuuspaino kohoaa vuosilustojen ohentuessa ainakin määrättyyn rajaan saakka. Saatu tulos tukee siis aikaisempia tutkimustuloksia (SIIMES 1938, TRENDELENBURG 1939).

Taulukko 3. Tilavuuspainon riippuvuus vuosiluston vahvuudesta.
Table 3. Dependence of volume weight upon the width of the growth ring.

Lustoja kpl./cm — <i>No. of growth rings per cm</i>										Kokeita kpl. <i>No. of tests</i>
2—3	4—5	6—7	8—9	10—11	12—13	14—15	16—17	20	25	
Tilavuuspaino × 100 (g/cm ³) — <i>Volume weight × 100 (g/cm³)</i>										
Mänty (puhdas aineisto) — <i>Pine (pure material)</i>										74
53	54	54	60	60	65	64	—	58	58	
Mänty (seka-aineisto) — <i>Pine (compound material)</i>										84
—	—	54	55	57	60	57	59	—	—	
Mänty (koko aineisto) — <i>Pine (all material)</i>										158
53	54	54	56	58	60	60	59	58	58	
Kuusi (puhdas aineisto) — <i>Spruce (pure material)</i>										75
41	42	44	45	50	—	48	—	—	—	
Kuusi (seka-aineisto) — <i>Spruce (compound material)</i>										51
39	42	46	47	47	49	54	—	—	—	
Kuusi (koko aineisto) — <i>Spruce (all material)</i>										126
41	42	46	47	47	49	52	—	—	—	

Puhtaasta aineistosta ja seka-aineistosta saaduilla tuloksilla ei näy olevan sanottavaa eikä suunnaltaan selvää eroa, joten ne voidaan hyvin yhdistää toisiinsa, kuten ko. taulukon koko aineiston sarakkeissa on tehty. Tämä voitaneen tulkita osoitukseksi siitä, että jo ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuneen puun tilavuuspainojen eroavaisuus toisistaan pohjautuu ensi sijassa niiden erilaiseen vuosilustojen vahvuuteen ja sen kanssa yhteydessä oleviin seikkoihin, kuten mm. kesäpuupitoisuuteen.

Männyn osalta voidaan todeta, että sen tilavuuspainossa alkaa ilmetä heilailua eri suuntiin tai se kääntyy alenevaksi lustojen lukumäärän noustessa yli 13 kpl./cm. Ilmeisesti kuusellakin on vastaavasti vaihdospisteensä, mutta jonkin verran myöhemmin, siis ohuempien vuosilustojen kohdalla kuin männyllä (myös SIIMES 1938). SIIMES (1938) on tullut sellaiseen tulokseen, että meikäläinen mänty saavuttaa keskimääräisesti suurimman kesäpuuprosentin ja tilavuuspainon arvonsa vuosiluston vahvuuden ollessa 1.0—1.5 mm.

Sivulla 12 olevasta asetelmasta ilmenee, että vuosiluston vahvuus on tutkituissa koekappaleissa tullut keskimäärin 2—3-kertaiseksi ojituksen johdosta.

Puusyiden suuntainen puristuslujuus

Lujuuskoe-kappaleiden, joiden oli oltava oksattomia ja muutenkin virheettömiä, poikkileikkauspinnasta määritettiin silmävaraisesti ainakin pääasiassa ennen ojitusta muodostuneen ohutlustoisen puun osuus 5 %:n tarkkuudella. Aineiston rajoittuneisuuden ja tulosten selvemmin esille saamisen vuoksi jaettiin koekappaleet mainitun tunnuksen perusteella lopullisesti vain viiteen ryhmään. Lujuuskokeiden tulokset esitetään puulajeittain taulukossa 4. Sellaisille koekappaleille, joissa ohut- ja vahvalustoista puuta on ollut jokseenkin toisiaan vastaavat määrät (40–60 %), on taulukossa varattu oma sarakeensa.

Taulukko 4. Puusyiden suuntainen puristuslujuus murtorajalla abs. kuivana.

Table 4. Compressive strength of wood parallel to the grain at limit of rupture in absolutely dry condition.

Korkeus maasta m Height above ground m	Ohutlustoisen puun osuus, % Proportion of close-ringed wood, %										Kaikki Total	
	0		5–50		55–95		100		40–60			
	kg/cm ²	kpl. No.	kg/cm ²	kpl. No.	kg/cm ²	kpl. No.	kg/cm ²	kpl. No.	kg/cm ²	kpl. No.	kg/cm ²	kpl. No.
Mänty — Pine												
0.0—1.0	719	52	755	46	710	21	731	20	723	24	731	139
1.1—2.0	776	42	790	34	734	26	729	15	756	14	765	117
2.1—3.0	698	37	704	14	637	16	627	2	662	15	683	69
3.1—4.0	573	5	569	6	580	2	644	2	561	5	582	15
Kaikki — Total	726	136	749	100	698	65	720	39	701	58	726	340
Kuusi — Spruce												
0.0—1.0	527	69	628	68	685	23	634	12	649	36	596	172
1.1—2.0	571	28	619	20	692	15	526	3	615	10	611	66
2.1—3.0	559	20	576	4	—	—	567	4	609	1	563	28
Kaikki — Total	543	117	624	92	688	38	603	19	641	47	596	266
Hieskoivu — White birch												
0.0—1.0	735	7	723	13	736	10	—	—	778	9	730	30
1.1—2.0	—	—	—	—	831	3	867	2	—	—	845	5
Kaikki — Total	735	7	723	13	758	13	867	2	778	9	746	35
Rauduskoivu — Silver birch												
0.0—1.0	846	18	786	6	715	2	—	—	740	5	822	26
1.1—2.0	917	15	835	8	903	1	—	—	849	6	889	24
Kaikki — Total	878	33	814	14	778	3	—	—	799	11	854	50

Verrattaessa toisiinsa taulukkojen 2 ja 4 lukuja huomataan niiden pääpiirteissään noudattavan toisiaan. Tämähän onkin luonnollista, koska eri puulajien puristuslujuuden on todettu yleensä kohoavan tilavuuspainon kasvaessa (mm. LASSILA 1926, YLINEN 1942, JALAVA 1945, KOLLMANN 1951, OLLINMAA 1955).

Täten voidaan ensiksikin todeta, että tutkittujen puulajien puusyiden suuntaiset puristuslujuudet seuraavat toisiaan nousevassa järjestyksessä: kuusi, mänty, hieskoivu ja rauduskoivu. Tällaiseen tulokseen on tultu monissa tutkimuksissa aikaisemminkin (mm. JALAVA 1945, KUJALA 1946, OLLINMAA 1955).

Voidaan myös todeta, että eri puulajien puristuslujuus näyttää yleensä kohoavan tyvestä ylöspäin mentäessä aluksi, mutta että 2 m:n yläpuolelle mentäessä se alkaa jälleen aleta jopa huomattavasti. Mäntyä koskevista tuloksista mainittu suunta on selvimminkin havaittavissa. Kuusen tulokset ovat horjuvat tilavuuspainon vaihtelua vastaavasti. Koivulajien osalta ei tutkimus ulottunut 2 m:n korkeutta ylemmäksi, mutta niiden puristuslujuudenhan on todettu kasvavan vielä mainitun metriluvun yläpuolellakin (mm. OLLINMAA 1955) tilavuuspainon kohoamista vastaavasti (SAVINA ja PERELYGIN 1936).

Taulukkoja 2 ja 4 toisiinsa vertailtaessa kiintyy huomio siihen, että vaikka männyn tilavuuspaino ilmeisesti laskee tyvestä 2 m:n korkeuteen mentäessä, sen puusyiden suuntainen puristuslujuus on kuitenkin yleensä kohonnut tällä välillä. Selityksenä tähän voidaan viitata havaintoihin, joiden mukaan nimenomaan männyn tyvässä lähellä kantoleikkausta puun pihkapitoisuus on suurimmillaan. Tämä vaikuttaa puun tilavuuspainoa kohottavasti, mutta tällaisen puun puristuslujuus saattaa olla odotettua alhaisempi (KOLLMANN 1951).

Verrattaessa toisiinsa ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuneen puun puristuslujuutta voidaan todeta ensiksikin, että kuusen ollessa kyseessä puusyiden suuntainen puristuslujuus on tilavuuspainoa vastaavasti pienin sellaisen puun osalta, joka sisältää pelkästään ojituksen jälkeen muodostunutta vahvalustoista puuta, mutta että lujuus kohoaa ohutlustoisen puun osuuden lisääntyessä. Tilavuuspainon vaihtelua vastaavasti (s. 10) näyttää lujuus kuitenkin jälleen alenevan ohutlustoisen puun vallatessa koko koekappaleen. Kuten tilavuuspainon yhteydessä jo mainittiin, on ratkaiseva merkitys sillä, miten ohuista vuosilustoista kulloinkin on kysymys ja miten läheltä ydintä koekappaleet joudutaan ottamaan.

Männyn osalta näyttää tuloksissa olevan suurta horjuvuutta, kun vertailemme rungon eri korkeuksilta saatuja tuloksia toisiinsa. Yleensä on pelkästään vahvalustoista puuta sisältävän puun lujuus tilavuuspainoa vastaavasti ilmeisesti pienempi kuin sellaisen puun lujuus, jossa on ohutlustoista, ennen ojitusta muodostunutta puuta mukana (5–50 %). Ero on kuitenkin niin pieni, ettei sen tarvitse olla edes merkitsevä. Ohutlustoisen puun osuuden noustessa noin 50 %:n paikkeille ja sitä suuremmaksi näyttää puristuslujuus kuitenkin alenevan, jopa huomattavasti. Vastaavat tilavuuspainot osoittavat tällä kohtaa horjuvuutta (taulukko 2, s. 10). Tultaessa lopuksi koekappaleisiin, jotka sisältävät pelkäs-

tään ohutlustoista puuta, puristuslujuus kokonaiskeskiarvona jälleen jonkin verran kohoaa, joskaan ei tilavuuspainoa vastaavasti eikä edes kaikilla rungon korkeuksilla. Tämänkään eron ei tarvitse olla edes merkitsevä. Erotus olisi ollut ehkä selvempi, ellei tällaisia 100 %:sesti ohutlustoista puuta sisältäviä koekappaleita olisi jouduttu ottamaan niin läheltä ydintä kuin nyt tapahtui. Ytimen ympäristössähän on puun puristuslujuuden todettu olevan tilavuuspainoa vastaavasti pienimmän useilla puulajeilla (mm. TRENDELENBURG 1939, KUJALA 1946, OLLINMAA 1955).

Rauduskoivua koskevat tulokset antavat viitteitä siitä, että sen puusyiden suuntainen puristuslujuus kasvaa ojituksen jälkeen muodostuneen vahvalustoisesta puun osuuden lisääntyessä. Tällainen tulos oli odotettavissakin mm. sen perusteella, että vahvoissa vuosilustoissa on putkiloiden todettu esiintyvän niukemmin kuin ohuissa (OLLINMAA 1955). Hieskoivua koskeva aineisto on niin pieni ja hajanainen, ettei se salli päätelmien tekoa tässä suhteessa.

Kun verrataan sellaisen tutkimusaineiston, jossa ohutlustoisen puun osuus on 40–60 % koekappaleiden tilavuudesta, puusyiden suuntaista puristuslujuutta muihin prosenttisesti ilmaistuihin ryhmiin, voidaan todeta, että ensiksi mainitun ryhmän koekappaleiden lujuus asettuu suuruudeltaan yleensä 5–50 %:n ja 55–95 %:n aineistojen väliin, jopa usein jokseenkin niiden puolivälin seuduille, kuten mäntyä koskevasta luvusta voidaan havaita. Tämä voitaneen katsoa osoitukseksi siitä, ettei ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuvan, toisistaan hyvinkin selvästi erottuvan puun rajavyöhykkeellä ole sinänsä ainakaan huomattavaa vaikutusta puun ko. lujuuteen. Tämä voidaan päätellä siitäkin, että mainitut koekappaleiden eri osat pysyivät puristuskokeessa yleensä toistensa yhteydessä. Vain harvoin tapahtui sellaista, että koekappale halkesi ohuiden ja vahvojen vuosilustojen välistä rajaa pitkin, ja jos näinkin oli asian laita, se tapahtui vasta kuormituksen osoittaessa murtorajalle tavanomaisia arvoja. Tällaisia tuloksia voitiin odottaakin mm. reaktiipuusta tehtyjen lujuuskokeiden tulosten perusteella, koska normaali- ja reaktiupuun rajankaan ei sinänsä todettu heikentävän koekappaleen puusyiden suuntaisessa puristuksessa, vaikka tällöin oli kysymys normaali- ja reaktiupuun vuosilustojen jyrkästi erilaisen vahvuuden ohella myös niiden huomattavasti erilaisesta anatomisesta rakenteesta ja kemiallisesta koostumuksesta (OLLINMAA 1955 ja 1959).

Vuosiluston vahvuuden vaikutuksen selvittämiseksi kuusen puusyiden suuntaiseen puristuslujuuteen määritettiin pelkästään ohut- tai vahvalustoista puuta sisältävistä koekappaleista vuosilustojen lukumäärä senttimetriä kohden (puhdas aineisto). Koekappaleista, jotka sisälsivät sekä ohut- että vahvalustoista puuta, määritettiin näiden tilavuusosuuksilla punnittu keskimääräinen lustojen lukumäärä (seka-aineisto). Tulokset esitetään taulukossa 5. Menetelmän arvostelu on esitetty tilavuuspainotutkimusten yhteydessä s. 12.

Taulukko 5. Kuusen puusyiden suuntaisen puristuslujuuden riippuvuus vuosiluston vahvuudesta.

Table 5. Dependence of compressive strength of spruce parallel to the grain upon the width of the growth ring.

Lustoja kpl./cm — No. of growth rings per cm								Kokeita kpl. — No. of tests
2—3	4—5	6—7	8—9	10—11	12—13	14—15	23	
Puristuslujuus kg/cm ² — Compressive strength kg/cm ²								
Puhdas aineisto — Pure material								
529	576	610	629	699	—	—	719	155
Seka-aineisto — Compound material								
538	607	627	661	688	748	756	719	103
Koko aineisto — All material								
529	581	624	657	690	748	756	719	258

Koekappaleiden keskimääräiset lustojen lukumäärät senttimetriä kohden esitetään seuraavassa asetelmassa erikseen ennen ojitusta (a) ja sen jälkeen (b) muodostuneen puun osalta.

Puhdas aineisto <i>Pure material</i>		Seka-aineisto <i>Compound material</i>		Koko aineisto <i>All material</i>	
a	b	a	b	a	b
Lustoja kpl./cm — No. of growth rings per cm					
8.6	3.7	10.8	5.4	10.4	4.5
Kokeiden lukumäärä, kpl. — No. of tests					
26	129	103	103	129	232

Taulukosta 5 ilmenee yleispiirteenä, että kuusen puusyiden suuntainen puristuslujuus kasvaa vuosilustojen ohentuessa. Puhtaasta ja seka-aineistosta saaduilla tuloksilla ei näy olevan sanottavaa eikä suunnaltaan selvää eroa, joten ne voidaan hyvin yhdistää toisiinsa, kuten ko. taulukon koko aineiston sarakkeessa on tehty. Kuten tilavuuspainonkin ollessa kyseessä, voidaan tämä tulokita osoitukseksi siitä, että ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuneen puun puristuslujuuksien eroavaisuus toisistaan pohjautuu niiden erilaiseen vuosilustojen vahvuuteen ja sen kanssa yhteydessä oleviin seikkoihin, kuten mm. kesäpuupitoisuuteen.

Vuosilustojen tullessa kovin ohuiksi (yli 12 lustoa/cm) tulokset kuitenkin käyvät horjuviksi ja puristuslujuus alenee lopulta selvästi. Männystä ei puris-

tuslajuuden riippuvuutta vuosilustojen vahvuudesta koskevaa vertailua tehty. Todennäköisesti vertailun tulokset olisivat olleet samantapaiset kuin nyt kuusestakin saadut, mihin männyn osalta tehdyt tilavuuspainoa koskevat vertailut ja niiden tulokset viittaavat (taulukko 3, s. 13).

Sivulla 17 olevasta asetelmasta näkyy, että vuosiluston vahvuus on tutkituissa koekappaleissa tullut keskimäärin runsaasti kaksinkertaiseksi ojituksen johdosta.

Edellisen mukaan näyttää havupuillamme olevan puun tilavuuspainoa ja puristuslujuutta ajatellen tietty vuosiluston vahvuus optimi, jonka suuntaiseen tulokseen on tultu aikaisemminkin (mm. JALAVA 1933, SIIMES 1938).

Asian tarkistamiseksi suoritettiin kuusesta mikroskooppisesti 108-kertaista suurennusta käyttäen kesäpuuprosentin määrityksiä eri vahvuusista vuosilustoista puun tyvestä otetuista poikkileikkauksista. Tutkittujen vuosilustojen lukumäärä oli 40 ja niiden vahvuus vaihteli 0.21—1,70 mm:n välillä. Tällöin todettiin, että kesäpuuprosentti oli suurin sellaisissa lustoissa, joiden vahvuus oli 0.81—1.20 mm, nimittäin 34.2 %. Tätä ohuempien vuosilustojen osalta (0.21—0.80 mm) tuli keskimääräiseksi kesäpuuprosentiksi 32.5 % ja vahvempien (1.21—1.70 mm) vain 24.0 %. Näin ollen on eri vahvuisten vuosilustojen muodostaman puun erilaisen tilavuuspainon ja puristuslujuuden positiivinen riippuvuus vastaavasta kesäpuuprosentista ilmeinen (myös WEGELIUS 1939).

Kutistumisominaisuudet

Kutistumiskokeita tehtiin kaikissa kolmessa pääsuunnassa, joskin kokeiden lukumäärä tangentin ja varsinkin säteen suuntaisen kutistumisen osalta jäi hyvin vähäiseksi. Tulokset esitetään taulukossa 6.

Taulukko 6. Kutistumisominaisuudet.

Table 6. Shrinkage properties.

Kutistumisuunta Kind of shrinkage	Puulaji Species of tree	Ohutlustoisen puun osuus, % Proportion of close-ringed wood, %				Kaikki Total	
		0	5—50	55—95	100	%	kpl. No.
		Kutistumis-% — Shrinkage, %					
Pituussuunt. Longitudinal	Mänty — Pine	0.12	—	—	0.23	0.14	105
	Kuusi — Spruce	0.26	—	—	0.68	0.30	58
Tang. suunt. Tangential	Mänty — Pine	7.38	—	—	7.03	7.23	60
	Kuusi — Spruce	6.35	—	—	7.02	6.63	24
Sät. suunt. Radial	Mänty — Pine	4.04	3.91	3.77	4.85	3.93	34
	Kuusi — Spruce	2.68	3.17	—	—	3.11	8

Taulukosta 6 voimme todeta, että pääasiallisesti ennen ojitusta muodostuneen ohutlustoisen puun kutistuminen on yleensä kaikissa suunnissa suurempi kuin ojituksen jälkeen muodostuneen vahvalustoisen puun. Männyn tangentin suuntainen kutistuminen osoittaa poikkeavaisuutta tästä säännöstä, samoin osittain säteen suuntainenkin. Ainakin osittain tähän lienee kuitenkin syynä aineiston pienuus. Niinpä männyn säteen suuntaisen kutistumisen koekappaleista oli vain kaksi sellaista, joissa ohutlustoista puuta ei ollut lainkaan ja vain kolmessa sitä oli 55—95 %.

Se, että ohutlustoisen puun poikittaissuuntainen kutistuminen on yleensä suurempi kuin vahvalustoisen, johtuu ilmeisesti siitä, kesäpuuprosentti ja tilavuuspaino on edellisessä huomattavasti korkeampi kuin jälkimmäisessä.

Ohutlustoisen puun vahvalustoiseen verrattuna suurempi pituuden suuntainen kutistuminen lienee seurauksena paitsi niiden erilaisesta tilavuuspainosta (mm. OLLINMAA 1955), myös siitä, että ohutlustoisen puun koekappaleet on otettu rungon sisemmistä osista kuin vahvalustoisen. Koska kuitupituuden on todettu yleensä kohoavan ytimeistä pintaan päin ja fibrillikirteen samalla tulevan yhä jyrkemmäksi, siis kuidun pituusakselin suuntaiseksi (Prestonin laki), on luonnollista, että ohutlustoisen puun pituuden suuntainen kutistuminen on suurempi kuin vahvalustoisen. Kuitujen erilaisella pituudella ja siihen liittyvällä seinämän misellaarisella orientoitumisella on oma vaikutuksensa myös poikittaiseen kutistumiseen, jolloin tämä selittää osaltaan myös edellä männyn vahvalustoisesta puusta saatujen kutistumisarvojen suuruutta.

Yhdistelmä

Tutkittujen puulajien tilavuuspainojen todettiin seuraavan toisiaan nousevassa järjestyksessä: kuusi, mänty, hieskoivu ja rauduskoivu.

Ainakin männyn tilavuuspainon todettiin alenevan tyvestä ylöspäin mentäessä, mutta kuusen osalta ei todettu varmaa suuntaa tässä suhteessa. Rauduskoivulla näyttää tilavuuspaino kohoavan jonkin verran tyvestä ylöspäin mentäessä ainakin aluksi, joskaan pieni tutkimusaineisto ei salli varmojen päätelmien tekoa tässä suhteessa.

Havupuiden osalta todettiin ojituksen jälkeen muodostuneen vahvalustoisien puun olevan yleensä jonkin verran keveämpää kuin sitä ennen muodostuneen ohutlustoisen puun, mikä ilmeisesti johtuu vastaavista kesäpuusuhteista. Kuitenkin tilavuudestaan sataprosenttisesti ohutlustoista puuta sisältävien koekappaleiden tilavuuspainon todettiin usein olevan pienemmän kuin sitä vähemmän sisältävien. Ratkaiseva merkitys on tällöin kuitenkin sillä, miten ohuista vuosilustoista on kysymys ja miten läheltä ydintä koekappale on otettu. Koivun osalta ei ohut- ja vahvalustoisien puun tilavuuspainossa tullut esiin selvää eroa. Sekä männyn että kuusen tilavuuspainon todettiin kohoavan vuosilustojen ohentuessa määrättyyn rajaun saakka, minkä jälkeen suhde käy epävarmaksi tai tilavuuspaino alenee.

Puusyiden suuntaisen puristuslujuuden todettiin eri puulajeilla noudattavan pääpiirteissään vastaavaa tilavuuspainon vaihtelua, mitä tulee eri puulajien paremmuusjärjestykseen tässä suhteessa samoin kuin puristuslujuuteen rungon eri korkeuksilla. Männyn tyviosan todettiin poikkeavan mainitusta säännöstä, minkä otaksutaan johtuvan sen suuresta pihkapitoisuudesta. Myöskin ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuneen puun puristuslujuuksien todettiin pääpiirteissään seurailevan tilavuuspainon vastaavaa vaihtelua, joten ojituksen jälkeen muodostunut vahvalustoinen puu osoittautui yleensä havupuiden osalta puristuksessa ojitusta ennen muodostunutta ohutlustoista puuta heikommaksi. Koivulajien osalta näyttää asia olevan päinvastoin. Ohutlustoisen puun vallatessa miltei koko koekappaleen puusyiden suuntaisella puristuslujuudella on kuitenkin taipumus jälleen alentua havupuittemme ollessa kyseessä, Kuten tilavuuspainonkin ollessa kyseessä on ratkaiseva merkitys tällöin kuitenkin sillä, miten

ohuista vuosilustoista on kysymys ja miten läheltä ydintä koekappale on otettu. Kuusesta tehty vertailu osoitti, että sen puusyiden suuntainen puristuslujuus kasvaa vuosilustojen ohentuessa määrättyyn rajaun saakka tilavuuspainon vaihtelua vastaavasti. Männyn tilavuuspainon vaihtelun perusteella voidaan asian laidan päätellä olevan sen osalta samoin.

Ennen ojitusta ja sen jälkeen muodostuvan, toisistaan hyvinkin selvästi erottuvan puun rajavyöhykkeellä ei sinänsä ole ainakaan huomattavaa vaikutusta puun puristuslujuuteen.

Ojituksen jälkeen muodostunut vahvalustoinen puu kutistuu kaikissa kolmessa pääsuunnassa vähemmän kuin sitä ennen muodostunut ohutlustoisen puu. Ratkaiseva merkitys on usein kuitenkin sillä, miten läheltä ydintä koekappaleet on otettu, koska tämä vaikuttaa puukuitujen seinämän misellaariseen orientoitumiseen (Prestonin laki) ja sen kautta puun kutistumisen määrään eri suunnissa.

Kirjallisuusluettelo — References

- HEIKURAINEN, LEO 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puustosta. *Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und ihre Waldbestände in Finland.* — Acta Forest. Fenn. 69.1.
- HEISKANEN, VEIJO 1957. Raudus- ja hieskoivun laatu eri kasvupaikoilla. *Summary: Quality of the common birch and the white birch on different sites.* — Metsäntutk. lait. julk. 48.6.
- JALAVA, MATTI 1933. Suomalaisen männyn lujuusominaisuuksista. — Metsätiet. tutk. lait. julk. 18.7.
- 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. *Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen.* — Metsätiet. tutk. lait. julk. 33.3.
- KOLLMANN, FRANZ 1951. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe I, 2. Aufl. Nördlingen.
- KUJALA, VILJO 1946. Koivututkimuksia. *Summary: Some recent research data on birches.* — Metsätiet. tutk. lait. julk. 34.1.
- LASSILA, I. 1926. Puun mekaanillis-teknillisten ominaisuuksien tutkimuksesta, sen tuloksista ja tehtävistä. *Summary: The mechanico-technical properties of wood, their study and its objects.* — Acta Forest. Fenn. 31.4.
- LUKKALA, O. J. 1940. Metsämiehen suo-oppi. Helsinki.
- OLLINMAA, PAAVO J. 1955. Koivun vetopuun anatomisesta rakenteesta ja ominaisuuksista. *Summary: On the anatomic structure and properties of the tension wood in birch.* — Acta Forest. Fenn. 64.3.
- 1957. Puun tilavuuspainon määrittämisestä veteenupotusmenetelmää käyttäen. *Summary: Determining of the volume-weight of wood when using the method of submerging in water.* — Erip. Paperi ja Puu n:o 11.
- 1959. Reaktiopuututkimuksia. *Summary: Study on reaction wood.* — Acta Forest. Fenn. 72.1.
- PRESTON, R. D. 1934. The Organization of the Cell Wall of the Conifer Tracheid. — Philos. Trans. B. 224.
- SAVINA, A. V. und PERELYGIN, L. M. 1936. Der anatomische Bau des Birkenholzes und dessen Zusammenhang mit den physikalisch mechanischen Eigenschaften. — Journ. bot. de l'URSS 21.
- SIIMES, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. *Summary: On the structural and physical properties of Finnish pine wood.* — Puutekn. Tutk. Kann.yhd. Julk. n:o 29.
- TRENDELENBURG, REINHARD 1939. Has Holz als Rohstoff. München.
- WALLDÉN (VALTIALA), PAUL 1934. Tutkimuksia koivupuun anatoomisen rakenteen ja teknillisten ominaisuuksien keskinäisestä riippuvaisuudesta solumittauksien perusteella. *Referat: Untersuchungen über die Abhängigkeit der technischen Eigenschaften vom anatomischen Bau des Birkenholzes nach Zellmessungen.* — Acta Forest. Fenn. 40.
- WEGELIUS, TH. 1939. The Presence and Properties of Knots in Finnish Spruce. — Acta Forest. Fenn. 48.1.
- YLINEN, ARVO 1942. Über den Einfluss des Spätholzanteils und der Rohwichte auf die Festigkeits- und elastischen Eigenschaften des Nadelholzes. — Acta Forest. Fenn. 50.5.

S U M M A R Y :

ON CERTAIN PHYSICAL PROPERTIES OF WOOD GROWING ON DRAINED SWAMPS

The objective of the investigation was, in the first place, to determine the differences, if any, between faultless timber grown on swamp before and after draining, in respect of compressive strength parallel to the grain, volume weight, and shrinkage properties. At the same time, the investigation particularly aims at elucidation of the influence which the boundary zone between the close-ringed wood formed before draining and the wide-ringed wood produced after draining has on the strength of the timber.

The material of investigation consists of 15 test trees, comprising six each of the pine (*Pinus silvestris*) and spruce (*Picea excelsa*) species, two white birches (*Betula pubescens*) and one silver birch (*Betula verrucosa*). The best effort was made to obtain trees growing close to ditches.

Figs. 1 and 2 show the manner in which the test samples were taken from the trees. The strength test specimens had the size $2 \times 2 \times 5$ cm.

The number of tests carried out altogether can be seen from Table 1. The compressive strength was determined as strength at rupture from absolutely dry wood, as was also the volume weight by submersion in water (OLLINMAA 1957, Method No. 4). The rate of load increase was 250 kg/cm^2 per minute.

The results of the volume weight investigations are shown in Table 2. It is seen that the succession of the investigated tree species by ascending volume weight of their wood is: spruce, pine, white birch, silver birch.

The volume weight of pine usually seems to decrease from the butt end upwards, while no definite trend is revealed for spruce in this respect. In the birch species the volume weight appears to increase in the said direction initially at least.

In the instance of the coniferous trees, the wide-ringed wood formed subsequent to draining is slightly lighter as a rule than the close-ringed wood produced prior to draining; this is obviously attributable to the summer wood proportions. In the birch species no distinct trend was evident.

In order to determine the effect of the growth ring width upon volume weight in coniferous trees, the number of growth rings per centimetre was determined in the test specimens containing exclusively close-ringed or wide-ringed wood (pure series). For the specimens containing both close-ringed and wide-ringed wood, the average number of growth rings weighed with the relative contribution of the two wood qualities to the total volume was determined (compound series). The results have been entered in Table 3, while the average numbers of growth rings per centimetre, separately for the wood formed prior to draining (a) and after draining (b), can be found in the compilation on page 12. The number of test specimens involved is given in brackets.

As a general trend, it can be stated that the volume weight of pine as well as spruce increases with decreasing width of the growth rings up to a certain limit, after which conditions are inverted.

The results relating to compressive strength parallel to the grain are presented in Table 4. The figures in this table are found to follow the volume weights in Table 2 on the whole.

The compressive strength of the different kinds of wood seems, initially, to increase from the butt end upwards; but above the height of 2 metres it already begins to decrease considerably. In birch, this point of inversion is thought to lie at somewhat greater height. The growth of the strength increase of pine timber up to the said height in contrast with the change of its volume weight is thought to be caused by the high resin content of its butt portion (KOLLMANN 1951).

In spruce timber, the compressive strength parallel to the grain is lowest for such wood which contains exclusively wide-ringed wood formed subsequent to draining; but it increases with increasing proportion of close-ringed wood, at least up to a certain limit. However, it is essential in this connection how closely spaced the growth rings are and how close to the pith the specimen has been taken in each particular instance. With respect to pine, the results show great variability, while the results for birch are indicative of increasing compressive strength with increasing proportion of wide-ringed wood.

It can be noted that the boundary zone between the woods formed before and after draining, which are very clearly distinguishable from each other indeed, even if it runs rather exactly through the middle of the specimen cross section (40 to 60 per cent. column in Table 4), has in itself no remarkable influence upon the compressive strength parallel to the grain.

The dependence of compressive strength on the growth ring width, for spruce, is shown in Table 5, while the compilation on page 17 gives the average numbers of growth rings per centimetre in the test specimens. As a result, it can be said that the compressive strength parallel to the grain increases with decreasing width of the growth rings in spruce, up to a certain limit. Later, the relations is inverted. On the basis of the volume weight variations, the same can be inferred to apply in the case of pine.

The results of the shrinkage tests are presented in Table 6. This table reveals that the shrinkage of close-ringed wood formed mainly prior to draining is higher in all three principal directions than that of wide-ringed wood produced after draining. This can be explained by reference to the variations in volume weight and fibrillar orientation of the tracheid walls (Preston's law).