

# FOLIA FORESTALIA 522

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

---

---

TARJA BJÖRKLUND

KONTORTAMÄNNYN PUUTEKNISET  
OMINAISUUDET

TECHNICAL PROPERTIES  
OF LODGEPOLE PINE WOOD

ARKISTO  
Metsäntutkimuslaitos  
Suontutkimus osasto



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

*The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.*

FOLIA FORESTALIA 522

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Tarja Björklund

KONTORTAMÄNNYN PUUTEKNISET OMINAISUUDET

Technical properties of lodgepole pine wood

Eräs harvoista Suomessa menestyvistä ulkomaisista puulajeista on kontortamänty eli kontorta, *Pinus contorta* var. *latifolia* S. Wats. Syy kontortan kiinnostavuuteen on sen hyvässä nuoruuskasvussa. Oksaisuutensa vuoksi kontortaa on ajateltu ensisijaisesti sellun raaka-aineeksi, mutta sillä voi olla käyttöä myös mekaanisessa metsäteollisuudessa.

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään kontortan puuaineen tärkeimpiä ominaisuuksia ja eri tekijöiden vaikutusta niihin. Aineistona oli 199 puuta 9 eteläsuomalaisesta metsiköstä. Puiden keski-ikä oli 45 vuotta, -rinnankorkeusläpimitta 19 cm ja -pituus 18 m. Laboratoriomittauksia varten jokaisesta koepuusta sahattiin kiekkoja 2 m välein. Kiekkoja kertyi 2 262 kappaletta. Säteen suuntaisen vaihtelun selvittämiseksi kiekkoista otettiin yhteensä 15 434 näytepalaa.

Puuaineen tiheyttä ja kuoren osuutta tarkasteltaessa erotettiin rungon sisäinen vaihtelu (muutokset tyvestä latvaan) ja runkojen välinen vaihtelu. Jälkimmäisessä tapauksessa erotettiin edelleen metsikön sisäinen ja metsiköiden välinen vaihtelu. Tiheyden osalta tarkasteltiin lisäksi sen muutoksia ytimestä pintaan päin. Muita tunnuksia tarkasteltiin vain rungoittain.

Runkojen keskimääräiseksi kuiva-tuoretiheydeksi saatiin  $432 \text{ kg/m}^3$  ( $s = 36 \text{ kg/m}^3$ ). Tulos vastaa aiempaa kotimaista käsitystä. Rungon pituuden suunnassa kontortan tiheys aleni puun koosta riippuen 60...80 % korkeudelle ja kohosi siitä hieman latvaan päin. Tiheyden muutos ytimestä pintaan päin oli samankaltainen rungon eri korkeuksilla: tiheys laski aluksi ytimestä, jonka jälkeen se kohosi pintaan asti. Sen sijaan tiheyden taso oli sitä korkeampi määrätietoisyydellä ytimestä, mitä alemmalla kiekko oli otettu.

Olenainen uusi tulos oli se, että metsikön sisäinen tiheyden vaihtelu oli huomattavan suuri ja riippui selvästi kasvunopeudesta. Harvennuksissa poistettavien pienten puiden tiheys oli yli  $20 \text{ kg/m}^3$  korkeampi kuin kasvamaan jätettävien kookkaimpien puiden tiheys. Harvennuksissa poistettava kontortakuitupuu on puuaineeltaan selvästi kotimaista mäntyä tiheämpää.

Kuoren keskimääräiseksi osuudeksi saatiin 7,2 %. Kotimaisiin puulajeihin verrattuna luku on alhainen. Metsiköitten välillä ei esiintynyt huomattavaa vaihtelua. Kuoren osuus oli alimmillaan 30...50 % korkeudella ja kohosi siitä tyveen ja latvaan päin.

Rungoittain tarkasteltiin lisäksi lastojen keskikpakkuutta, epäpyöreyyttä sekä kasvun keskittymistä rungossa.

One of the few foreign tree species thriving in Finland is the lodgepole pine, *Pinus contorta* var. *latifolia* S. Wats. The interest taken in the lodgepole pine is due to its good growth when young. Because of its branchiness, the lodgepole pine has been favoured as a raw material for chemical pulp, but it may also have uses in the mechanical forest industry.

The object of the study was the most important properties of lodgepole pine wood and the effect of various factors on them. The material consisted of 199 trees from nine South-Finnish forest stands. The average age of the trees was 45 years, breast height diameter 19 cm and height 18 m. For laboratory measurements, disks were sawn at intervals of 2 m from each sample tree, in all 2,262 disks. 15,434 sample pieces were taken from the disks for study of intra-stem variation.

For basic density and bark percentage intra-stem variation (changes from butt to crown) and variation between stems were investigated separately. For the latter, a distinction was also made between intra- and inter-stand variation. Density changes from the pith towards surface were also examined. Other properties were studied only by stem.

The average basic density of the stems was  $432 \text{ kg/m}^3$  ( $s = 36 \text{ kg/m}^3$ ). This result concurred with earlier reports from Finland. The density of lodgepole pine diminished towards the height of the stem, depending on the size of the tree, up to 60...80 % of the length and then rose slightly towards the crown. The change in density from pith to surface was similar at different heights of the stem: the density from the pith diminished initially and then rose. In contrast, the density was higher at a certain distance from the pith the lower the site from which the disk had been taken.

A new finding was that intra-stand variation was considerable and depended distinctly on the rate of growth. It was observed that the density of small trees removed in thinnings was over  $20 \text{ kg/m}^3$  greater than that of saw timber trees left to grow. This means in practice that the wood of lodgepole pines removed in thinnings is definitely denser than that of the indigenous pine.

The average bark percentage of the stems was 7.2. This is low compared with indigenous tree species. No noteworthy variation was observed between the stands. The bark percentage was lowest at the 30...50 % height and then rose towards the butt and crown.

Average thickness of growth rings, out-of-roundness and concentration of growth within the stem were examined by stem.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
2. AINEISTO JA SEN LASKENTA .....	6
3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU .....	8
31. Kuiva-tuoretiheys .....	8
311. Runkojen välinen vaihtelu .....	8
312. Runkojen sisäinen vaihtelu .....	11
3121. Pituuden suuntainen vaihtelu .....	11
3122. Säteen suuntainen vaihtelu .....	12
32. Kuoren osuus .....	15
321. Runkojen välinen vaihtelu .....	15
322. Runkojen sisäinen vaihtelu .....	17
33. Lustojen keskipaksuus rungossa .....	18
34. Epäpyöreys .....	18
35. Kasvun jakautuminen rungossa .....	20
4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA .....	22
KIRJALLISUUTTA .....	22

## SYMBOLIT — SYMBOLS

b = Regressiokerroin <i>Regression coefficient</i>	n = Palan keskimääräinen vuosilustomäärä ytimestä, kpl <i>Average number of annual rings in the piece from the pith</i>
d = Rinnankorkeusläpimitta, mm <i>Breast height diameter, mm</i>	r = Korrelaatiokerroin <i>Correlation coefficient</i>
e = Suhteellinen korkeus (kiekon etäisyys tyvestä/ puun pituus) <i>Relative height (distance of the disk from the bottom/tree height)</i>	R <sup>2</sup> = Selitysaste <i>Degree of determination</i>
	s = Keskihajonta, jäännöshajonta <i>Standard deviation</i>
	t = Kaatoleikkausikä, vuotta <i>Age at stump level, years</i>
	v = Vuosiluston keskimääräinen leveys palassa, mm <i>Average width of annual rings in the piece, mm</i>
	w = Rungon kasvunopeus, mm/a ( $d \cdot 0,5$ /kaato- leikkausikä) <i>Growth rate of the stem, mm/a (<math>d \cdot 0,5</math>/age at stump level)</i>
	$\bar{x}$ = Keskiarvo <i>Mean</i>
	y = Selitettävä muuttuja regressioyhtälössä <i>Dependent variable in a regression equation</i>
	z = Palan keskimääräinen etäisyys ytimestä, mm <i>Average distance of the piece from the pith, mm</i>

Valemuuttujat — *Dummy variables:*

$E_0 = 1$ , jos kiekko 0 m korkeudelta tyvestä, muuten 0  
 $E_0 = 1$ , if the disk is 0 m from the bottom,  
*otherwise 0*

$E_{0,5} = 1$ , 0,5 m  
 $E_{1,3} = 1$ , 1,3 m  
 $E_2 = 1$ , 2 m  
 $E_4 = 1$ , 4 m  
 $E_6 = 1$ , 6 m  
 $E_8 = 1$ , 8 m  
h = Puun pituus, m  
*Tree height, m*

## 1. JOHDANTO

Kontortamänty eli kontorta, *Pinus contorta* var. *latifolia* S. Wats. (syn. *P. murrayana* Bay, *P. contorta* Loud.) on kaksineulasmäntyihin kuuluva havupuu, joka on kotoisin laajalta alueelta Pohjois-Amerikan mantereen länsirannikolta. Suomessa siitä on käytetty myös nimityksiä Murrayn mänty ja kiertoneulasmänty (Tigerstedt 1922). Laajan kasvialueensa ja sen vaihtelevien olosuhteiden vuoksi siitä erotetaan usein ainakin sisämaan ja rannikon muodot, joista jälkimmäinen ei menesty Suomen oloissa (Sarvas 1966). Tarkempiakin jaotteluja on tehty (esim. Critchfield 1957). Suureen lajiin vaihteluun lienee vaikuttanut kasvialueen laajuuden lisäksi myös kehitysopillinen ikä: kontorta on Pohjois-Amerikan mantereen vanhimpia puulajeja (Zischke 1956).

Eurooppaan kontortan viljelyksen toi 1800-luvun loppupuolella saksalainen Mayr, jonka viljelykset onnistuivat vaihtelevalla menestyksellä ilmeisesti provenienssista riippuen. Laajempaa kiinnostusta puulajiin ei syntynyt tässä vaiheessa (Lagerberg 1930). Esimerkiksi Ilvessalo (1920, s. 84) kuittasi ulkomaisten puulajien mahdollisuuksia tutkiessaan kontortan lyhyellä esittelyllä, joskin mainitsi muutamista lupaavista tuloksista. Vasta kun suomalaisen Tigerstedtin omistamansa Mustilan kartanon mailla tekemät erinomaisesti onnistuneet viljelykset tulivat yleiseen tietoisuuteen (Tigerstedt 1922, 1926, 1927, Metsänheimo 1926, Lindfors 1937), kiinnostus lisääntyi monissa Euroopan maissa ja laajoja kokeita perustettiin eri proveniensseilla, joiden ominaisuudet osoittautuivat usein kovin erilaisiksi (Schulenburg 1948). Myös myöhemmin on kiinnitetty huomiota suuriin kontortan provenienssieroihin, jotka ilmeisesti pohjautuvat kasvialueen laajuuteen (esim. Jeffers ja Black 1963, Dietrichson 1970, Hagner 1970, Brazier 1980, Lindgren ym. 1980, Kantor 1980). Parhaat tulokset on yleensä saavutettu kylmässä ilmastossa (Skrøppa 1982).

Laajemmat kontortan viljelykset aloitettiin Euroopassa vasta toisen maailmansodan jälkeen. Esim. Englannissa oli vuonna

1947 kontortaa yhteensä vain 1 300 ha, kun pelkästään Forestry Commissionin mailla vastaava luku oli 1972 peräti 73 200 ha (Lines 1980). Brittein saarilla kontortaa on viljelty eniten Skotlannissa. Myös Irlannissa on viljely ollut laajaa ja tulokset erinomaisia erityisesti ongelmallisilla muille puulajeille heikosti soveltuvilla mailla (Lines 1957).

Eri Pohjoismaista kontortaan on tunnettu suurinta kiinnostusta Ruotsissa, jossa tulokset ovat olleet voittopuoleisesti myönteisiä (esim. Ingerstedt 1966, Remröd 1969, 1977, Hagner 1971, Hägglund 1980, Nellbeck 1981). Myyrätuhot ovat tosin olleet huomattavan suuria (Karlman 1980, Fryk 1981, Blomqvist 1981). Puuraaka-ainepulan uhatessa erityisesti pohjoisruotsalaiset metsäteollisuusyhtiöt ovat aloittaneet laajamittaisen kontortan viljelyn. Kontortaviljelyksiä on nykyisin 180 000 ha ja vuosittain istutetaan lisää 25 00 ha (Nellbeck 1982).

Tanskassa kiinnostus on ollut vähäisempi, joskin myös siellä puulajia on menestyksellisesti käytetty niukkaravinteisissa oloissa, joissa muut puulajit viihtyvät huonosti (Laumann Jørgensen ja Andersen 1959, Larsen 1980).

Norjassa vanhimmat kokeilut ovat 1900-luvun alusta, mutta tulokset eivät olleet erityisen hyviä (Køhn ym. 1973). Myös myöhemmistä raporteista kuultaa lievää pettymys kasvuun ja ennen muuta laatuun (esim. Bauger ja Smitt 1959, Brekken 1968), eikä käytännön viljely ole laajaa.

Suomessa kontortaa on kokeiltu runsaasti (ks. esim. Miettinen 1952, Heikinheimo 1956, 1957, von Weissenberg 1972, 1980, Tigerstedt 1975, Hahl 1978, Laine 1979), mutta mitään Ruotsiin verrattavaa laajamittaista viljelyä ei ole syntynyt: kontortaa on Suomessa noin 5 000 ha (Lähde ym. 1982). Syynä saattavat olla huonot paikalliset kokemukset, joista raportoitiiin jo 1940-luvulta alkaen (Kujala 1948, 1950, Misslyckat... 1949, von Weissenberg 1975).

Pääsyynä kontortan kiinnostavuuteen on sen hyvä kasvu, joka on erityisen korkea

nuorella iällä. Kontortan tekninen käyttökelpoisuus ei ole kuitenkaan täysin ongelmatonta tavalliseen mäntyyn verrattuna. Kontortan oksaisuus on mäntyä suurempi mm. siksi, että useimpina vuosina kasvainten puoliväliin syntyy oksia päätesilmun viereisistä sivusilmuista syntyvien oksien lisäksi (Tigerstedt 1927). Toisaalta kiekkuraan syntyvien oksien määrä on pienempi kuin männyllä, yleensä keskimäärin 3,1...3,6 (Gary 1978, Kantor 1980), eräillä proveniensseilla kuitenkin peräti 6...7 (Kantor 1980). Tekniseen oksaisuuteen vaikuttaa kuitenkin oksien heikko karsiutuminen, vaikka saman rinnankorkeusläpimitan omaavalla nuorella männyllä oksat saattavat olla paksumpia kuin kontortalla (Fryk 1980). Vanhemmista puista on selvästi päinvastaisia tietoja (Lähde ym. 1982).

Kontortaa on sen oksaisuuden vuoksi yleensä ajateltu ensisijaisesti sellun valmistuksen raaka-aineeksi, mihin se soveltuikin hyvin. Koekeittoja tehtiin Suomessa jo 1920-luvulla (Tigerstedt 1927, Lindfors 1928). Lukuisat myöhemmät tutkimukset ovat vahvistaneet käsitystä kontortan hyvästä soveltuvuudesta sellun valmistukseen (esim. Troxell 1954, Uprichard 1967, Keys 1968, Salin ja Palenius 1970, Uprichard ja Gray 1973, Brazier 1980). Hierteen valmistus hakkeesta paperia varten on kyseenalaista ilman valkaisua (Hatton 1968), joskin sinänsä hakekasavarastointi soveltuu kontortalle paremmin kuin monelle muulle puulajille (Hatton 1970). Kuitulevyn valmistus onnistuu hyvin (Nixon 1953, Schwartz 1958).

Vaikka kontortaa onkin pidettävä pääasiassa massapuuna, sillä on käyttöä myös mekaanisessa metsäteollisuudessa. Käyttömahdollisuus lastulevyn raaka-aineena on itsestään selvää (Heebink 1974). Kotimaassaan kontorta on suosittua myös sahatavaran raaka-aineena (esim. Paul 1962, Characteristics of ... 1963, Dobie ja McBride 1964, Guernsey ja Dobie 1966, Cummins 1969, Hallock 1969). Englannissa kontortaa käytetään kuten paikallista mäntyä (Properties

of ... 1955, 1960, Thomas 1966, Homegrown ... 1967), eivätkä ruotsalaisetkaan koesahaukset sulje pois mahdollisuutta käyttää kontortasahatavaraa erityisesti rakenne-sahatavarana (Andersson 1976, Persson 1982). Oksattomuutta edellyttäviin tarkoituksiin kontortasta ei yleensä ole. Pystykarsintamahdollisuuksiin suhtaudutaan epäillen mm. sienitautivaaran vuoksi (Karlman 1976).

Kotimaassaan kontortaa käytetään lujuu- tensa ja hyvän kyllästyvyytensä (josta myös ruotsalainen Andersson (1976) antaa hyviä tuloksia) vuoksi puhelin- ja sähköpylväiksi (Anderson 1947, Paul 1962, Guernsey ja Dobie 1966), mihin tarkoitukseen kontorta sopinee hyvin myös Suomessa. Suoruus ei kuitenkaan liene aivan yhtä hyvä kuin tavallisella männyllä (Fryk 1980). Syynä lienevät tuuli- ja lumikuormat, joille kontorta on tunnetusti arka muiden nopeakasvuisten ja matalajuuristoisten puulajien tavoin (Lines 1980).

Suomalaisia tutkimuksia kontortan puuteknisistä ominaisuuksista on vähän. Laajimpaan aineistoon perustuvat tiedot puu- aineen tiheydestä, kuoren määrästä ym. tärkeistä käyttökelpoisuuteen vaikuttavista seikoista on julkaistu Hakkilan ja Panhelaisen (1970) tutkimuksessa.

Käsillä olevassa työssä pyritään selvittämään kontortan puuaineen tärkeimpiä ominaisuuksia, erityisesti tiheyttä, ja eri tekijöiden vaikutusta niihin. Työ on tarkoitettu aiemman Metsäntutkimuslaitoksessa tehdyn Hakkilan ja Panhelaisen (1970) työn täydennykseksi.

Julkaistu perustuu tekijän opinnäytetyöhön. Aineiston valitsi ja keräsi Metsäntutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunta Antti Isomäen johdolla. Laboratoriotöistä vastasivat tekijän lisäksi Tarja Hollo, Kaarina Koskinen, Leena Kunnari ja Mikael Stewen. Piirrookset teki Leena Muronranta ja konekirjoituksen Aune Rytönen. Matti Kärkkäinen täydensi opinnäytetyössä esitettyä kirjallisuutta. Käsikirjoituksen lukivat Metsäntutkimuslaitosta varten Matti Kärkkäinen ja Yrjö Vuokila. Kiitän kaikkia tutkimukseen osallistuneita.

## 2. AINEISTO JA SEN LASKENTA

Tutkimusaineisto kerättiin kevättalvella 1978. Koemetsiköitä oli 9 ja ne sijaitsivat kaikki Etelä-Suomessa (kuva 1). Näistä yhdeksästä koemetsiköstä kaadettiin kaikkiaan 199 koepuuta (taulukko 1).

Metsiköt oli perustettu istuttamalla vuosina 1928... 1931 taimien ollessa 1+1, 2+0, 2+1, 2+2 ja 2+3 vuotiasta. Kaikilla koelaloilla kasvualusta oli kivennäismaata. Siemenen alkuperätiedot jäivät tuntemattomiksi kolmella koelalla (taulukko 2).

Tavoitteena oli valita puhtaita, vähintään tyydyttävästi menestyneitä kontortaviljelmiä eri puolilta Suomea. Pääpaino oli eteläsuomalaisilla viljelmillä. Koemetsiköiden valinnassa suositettiin sellaisia, joiden taimimateriaalin alkuperä ja puuston käsittely olivat tunnettuja.

Koepuita valittaessa edellytettiin niiltä seuraavia ominaisuuksia.

- Koepuun tuli sijaita metsikön sisällä, jotta vältettiin haitallinen vaikeasti kontrolloitavissa oleva reunavaikutus.
- Koepuun tuli olla elävälavainen ja yksirunkoinen.

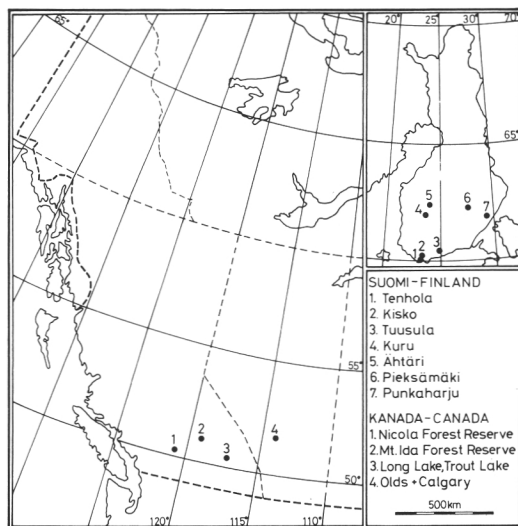
Näin rajatusta puustosta määritettiin likimääräisesti rinnankorkeuslähimittan vaihteluväli ( $D_{max} - D_{min}$ ), joka jaettiin neljään tasavaliseen lähimittaluokkaan. Lähimittaluokille annettiin järjestysnumerot 1...4 (1 = järeimpiä puita edustava neljännes, 4 = ohuimpia puita edustava neljännes). Koepuita päätettiin ottaa 10, 20, 30 tai 40 kappaletta koemetsikköä kohti, jolloin koepuut valittiin satunnaisotannalla siten, että ne edustivat em. lähimittaluokkia seuraavasti.

Lähimittaluokka	Koepuita yhteensä koemetsiköstä			
	10	20	30	40
	Koepuita kpl			
1	4	8	12	16
2	3	6	9	12
3	2	4	6	8
4	1	2	3	4

Koepuista 88 % (175 kpl) oli vallitsevista latvuskerroksista, 12 % vallituista.

Tärkeimmät koepuiden tunnuksat on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Runkojen rinnankorkeuslähimittan keskiarvo oli 191 mm ( $s = 46$  mm) ja pituuden keskiarvo 179 dm ( $s = 32$  dm). Metsikköjen keskilähimittan keskiarvo oli 194 mm ( $s = 23$  mm) ja keskipituuden keskiarvo 181 dm ( $s = 23$  dm). Runkojen keskimääräinen tilavuus oli koko aineiston perusteella 310 dm<sup>3</sup> ja metsikkötietojen perusteella 319 dm<sup>3</sup> ( $s = 103$  dm<sup>3</sup>).

Runkojen kaatoleikkauksikä määritettiin ko. kiekon



Kuva 1. Koemetsiköiden sijaintipaikkakunnat Suomessa ja käytettyjen siemenalkuperien sijaintipaikkakunnat Kanadassa.

Fig. 1. Location of the sample stands in Finland and the origin of the seed in Canada.

Taulukko 1. Koemat.  
Table 1. Sample plots.

Metsikkö Stand	Sijainti Location	Metsä- tyyppi Site	Koepuita kpl Sample trees	Lämpösomma merenpinnan tasoon redukoituna Heat sum at sea level	Runkoluku kpl/ha Number of trees/ha
1	Kuru, Rajala	VT	20	1250	635
2	Ähtäri, Kierinniemi	MT	20	1200	1690
3	Ähtäri, Pettukaski	MT	20	1200	408
4	Pieksämäki mlk, Nikkarila	MT	20	1300	2200
5	Kisko, Koski	OMT	20	1350	525
6	Tenhola, Solböle	OMT	19	1350	755
7	Punkaharju, Punkaharju	OMT	20	1300	375
8	Tuusula, Ruotsinkylä	MT	20	1300	585
9	Tuusula, Ruotsinkylä	VT	40	1300	833

Taulukko 2. Siemenen alkuperätiedot  
Table 2. Seed source information

Met- sikkö	Siemenen alkuperä — Seed source		Lämpösomma d.d.
	Osavaltio	Paikkakunta	
Stand	State	Locality	Heat sum Heat sum
1	?	?	?
2	Alberta	Olds + Calgary	1030
3	Br. Columbia	Mount Ida Forest Reserve	1460
	Br. Columbia <sup>1)</sup>	Long Lake, Trout Lake	1070
4	?	?	?
5	?	?	?
6	Alberta	Olds + Calgary	1030
7	Br. Columbia	Long Lake, Trout Lake	1070
8	Br. Columbia	Mount Ida Forest Reserve	1460
9	Br. Columbia	Nicola Forest Reserve	890

<sup>1)</sup> Täydennysistutus seitsemän vuotta myöhemmin. Ikävaihtelusta päätellen täydennysistutuksia oli tehty myös muissa metsiköissä.

<sup>1)</sup> Additional planting seven years later. Judging by the age variation, other stands also were partly replanted.

Taulukko 3. Ikä ja latvussuhde eri koemetsiköissä.  
Table 3. Age and crown ratio in the sample stands.

Metsikkö Stand	Kaatoleikkausikä, vuotta		Biologinen ikä, vuotta Biological age, years (1978)	Latvussuhde, %	
	Age at stump level, years	s		Crown ratio %	s
	$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s
1	44,2	2,6	50	54	13,7
2	45,6	1,4	52	54	6,4
3	46,6	1,9	53	60	7,5
4	46,0	1,4	54	46	8,7
5	44,7	2,1	45	43	8,4
6	45,1	0,9	53	50	5,9
7	45,6	1,6	51	52	6,8
8	46,1	1,7	53	40	5,2
9	45,1	2,3	50	52	8,9

vuosilustoista. Puuston biologinen ikä saatiin istutusvuoden ja taimien iän perusteella. Erot näissä luvuissa johtunevat mahdollisista täydennysistutuksista sekä siitä, että kaatoleikkauskohta saattaa sijaita alkuperäisen taimen pituutta korkeammalla.

Latvussuhde määritettiin laskemalla, montako prosenttia vihreän latvuksen pituus oli puun koko pituudesta.

Koko aineiston perusteella saatiin kaatoleikkausiän keskiarvoksi 45,4 vuotta ( $s = 2,0$  vuotta) ja latvussuhteen keskiarvoksi 50,3 % ( $s = 9,9$  %). Metsikkötietojen perusteella saatiin kaatoleikkausiän keskiarvoksi 45,4 vuotta ( $s = 0,75$  vuotta) ja latvussuhteen keskiarvoksi 50,1 % ( $s = 6,2$  %).

Jokaisesta koepuusta sahtiin laboratoriossa tehtäviä selvityksiä varten noin 3 cm:n vahuisia kiekkoja. Ensimmäinen kiekko otettiin kaatoleikkauksesta, seuraavat 0,5 m, 1,3 m, 2,0 m, 4,0 m, 6,0 jne. korkeudelta maanpinnan tasosta. Koko koepuumäärästä (199 kpl) sahtiin 2262 kiekkoa.

Kiekot suljettiin muovipusseihin, jotka säilytettiin laboratorion kylmävarastossa. Laboratoriossa tarkistettiin ennen mittauksia, että kuori oli ehyt. Mikäli näin ei ollut, tehtiin kuorikorjaus mittaamalla, kuinka monta prosenttia kuoretonta pintaa oli koko kiekon kehän pituudesta.

Taulukko 4. Rinnankorkeusläpimitta, pituus ja rungon keskimääräinen tilavuus eri koemetsiköissä.

Table 4. Breast height diameter, height and average volume of the stem in the sample stands.

Metsikkö Stand	D <sub>1,3</sub> , mm		Pituus, Height dm		Rungon keskim. tilavuus, Average volume of the stem, dm <sup>3</sup>
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
1	184	57	159	31	268
2	158	39	161	23	198
3	197	32	196	21	324
4	192	34	192	17	288
5	203	40	167	19	327
6	192	32	166	26	293
7	241	52	215	25	543
8	205	39	212	19	401
9	171	41	161	29	229

Ennen kuorimista jokaisesta kiekosta mitattiin kuorellinen minimi- ja maksimiläpimitta millimetrin tarkkuudella. Läpimitat piirrettiin kiekon pintaan myöhempiä tarpeita varten. Kiekon paksuus mitattiin syiden suunnassa neljästä kohdasta (piirrettyjen minimi- ja maksimiläpimittojen kohdalta), jotta kiekkoittaiset

tulokset voitiin muuntaa puun pituusyksikköä koskeviksi luvuiksi.

Kuorimisen jälkeen kiekkoista mitattiin em. merkityistä kohdista suurin ja pienin kuoreton läpimitta. Kiekon kuoreton tilavuus määritettiin upottamalla.

Kiekot ja niistä poistettu kuori kuivattiin noin 103 °C lämpötilassa. Kuivausaika oli kaksi vuorokautta. Kiekon ja kuoren kuiva massa punnittiin 0,1 g tarkkuudella.

Kun kaikki kiekkoja koskevat mittaukset oli tehty, sahattiin jokaisesta kiekosta vinosti epäpyöreteen nähdn liuska, joka paloitetiin ytimeä pintaan päin viiden vuosiluston vahvuisiin paloihin. Näin voitiin selvittää, miten tiheys vaihtelee ytimeä pintaan päin. Jokaisesta palasta mitattiin sen etäisyys ytimeä sekä millimetreinä että vuosilustomääränä, palan pituus säteen suunnassa ja kuiva-tuoretiheys. Tiheys määritettiin samalla tavalla kuin kokonaisia kiekkoja käsitellessä. Koska paloittelu tehtiin ytimen molemmin puolin, lopullinen tulos saatiin aina kahden palan keskiarvona. Kaikkiaan paloja saatiin 15 434 kappaletta ja vastaavasti laskennassa käytettyjä keskiarvohavaintoja 7 717 kappaletta.

Runkojen ja metsiköiden välisen vaihtelun tarkastelua varten kiekkoista mitatuista tiedoista pyrittiin laskemaan runkokohtaisesti oikeat tiedot. Erityisen tärkeänä pidettiin, että kuiva-tuoretiheys ja kuoren osuus saataisiin lasketuksi harhattomalla tavalla, ts. siten, että sama tulos em. muuttujista olisi saatu, jos koko runko olisi otettu näytteeksi. Esim. kun tiedetään, että kuiva-tuoretiheys alenee tyvestä latvaan päin, keskimääräistä kuiva-tuoretiheyttä ei voida laskea kiekkojen kuiva-tuoretiheyksien keskiarvona, koska tällöin keskiarvoon vaikuttavat pientä tilavuutta edustavat latvakiekot samalla tavalla kuin suurta tilavuutta edustavat tyvikiekot.

Tässä tutkimuksessa ongelma ratkaistiin seuraavalla tavalla. Rungoittain oikean kuiva-tuoretiheyden laske- miseksi todettiin jokaisesta kiekosta massa ja tiavuus syiden suuntaista pituusyksikköä (yhtä millimetriä) kohti jakamalla kiekon kuiva massa ja tilavuus kiekon keskimääräisellä paksuudella. Jokaisesta rungosta laskettiin näin lasketun massan ja tilavuuden keskiarvot. Niiden suhde on runkokohtaisesti oikea kuiva-tuoretiheys. Menettelytapa vastaa sitä, että runko olisi jaettu määräväläin tasavahvuisiin (1 mm) kiekkoihin, joiden massa olisi mitattu kerralla, samoin tilavuus.

Kuoren osuus määritettiin vastaavalla tavalla. Jokaisesta kiekosta todettiin kuoren ja puun massa yhtä

millimetriä kohti, jonka jälkeen keskiarvot laskettiin rungoittain. Kuoren massa suhteessa puun ja kuoren yhteenlaskettuun massaan on kuoren osuus. Kuoren massaa yhtä millimetriä kohti laskettaessa otettiin huomioon puuttuvan kuoren määrä jakamalla kuoren kuiva massa kiekon keskimääräisen paksuuden lisäksi tekijällä (100 — kuorikorjaus %). Rungon rinnankorkeusläpimitta saatiin kiekkotiedoista 1,3 m:n kohdalta olleen kiekon minimi- ja maksimiläpimittojen keskiarvona, sekä kuorellisena että kuorettomana. Muut tarkastellut muuttujat laskettiin rungoittaisiksi keskiarvoiksi ilman korjausmenettelyä.

Aineiston laskenta suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen VAX-tietokoneella BMDP- kirjasto-ohjelmia käyttäen. Pääasiallisena laskentamenetelmänä tuloksia analysoitaessa käytettiin valikoivaa regressioanalyysiä.

Potentiaalisiksi selittäjiksi valittiin aiemman tiedon perusteella järkevimmitä vaikuttavat muuttujat. Rungoittaisia tuloksia laskettaessa selittäjät kuvasivat puun kokoa (rinnankorkeusläpimitta, pituus), kasvunopeutta (rinnankorkeusläpimitan puolikas jaettuna iällä) ja ikää (kaatoleikkauksikä). Muunnoksina olivat em. selittäjien toiset potenssit ja ristitulot. Eräissä tapauksissa kokeiltiin myös muita muunnoksia, kuten neliöjuuria yms.

Rungon sisäistä vaihtelua kuvattaessa kokeiltiin em. selittäjien lisäksi tärkeimpänä selittäjänä pituuden suuntaisessa vaihtelussa kiekon etäisyyttä kannosta joko sellaisenaan tai suhteessa puun pituuteen ja säteen suuntaisessa vaihtelussa palan etäisyyttä ytimeä millimetreinä ja vuosilustomääränä. Myös näiden osalta laadittiin em. muunnoksia.

Mallin kelvollisuus eri muuttujien havaintovälillä tarkistettiin useissa tapauksissa residuaalitarkastelulla.

Metsiköiden välisen ja sisäisen vaihtelun erottamiseksi riippuvuuksia tarkasteltiin myös metsiköittäin. Tällöin pyrittiin kontrolloimaan, pätevätkö kokonaisaineistoa koskevat riippuvuudet myös metsiköiden sisäisessä vaihtelussa. Koska kaikki metsiköt olivat viljeltyjä ja puut näin ollen samassa metsikössä likimain samanikäisiä, kiinnitettiin erityistä huomiota kasvunopeuden vaikutukseen.

Mikäli metsiköittäisessä tarkastelussa havaittiin huomattavaa poikkeamaa koko aineiston keskiarvoon nähden, syy siihen pyrittiin selvittämään toteamalla, johtuivatko poikkeamat siemenen alkuperästä tms. Metsiköiden vähäisyyden vuoksi tyydyttiin visuaaliseen tarkasteluun eri tekijöiden suhteen.

### 3. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

#### 31. Kuiva-tuoretiheys

##### 311. Runkojen välinen vaihtelu

Kaikkien runkojen keskimääräinen kuiva-tuoretiheys oli 432 kg/m<sup>3</sup>, runkojen välinen keskihajonta oli 36 kg/m<sup>3</sup>. Vastaava keskimääräinen kaatoleikkauksikä oli 45 vuotta, rinnankorkeusläpimitta 191 mm ja pituus 179 dm. Koepuita oli 199 kpl.

Keskimääräinen kuiva-tuoretiheys oli samaa suuruusluokkaa kuin aiemmissa tutkimuksissa. Esimerkiksi Hakkilan ja Panhelaisen (1970) aineistossa vastaava kuiva-tuoretiheys oli 433 kg/m<sup>3</sup> (keski-ikä 40 vuotta, rinnankorkeusläpimitta 128 mm, pituus 134 dm, koepuita 122 kpl).

Ulkomaisiin tutkimuksiin verrattuna Suomessa kasvaneen kontortamännyn tiheys on hieman korkeampi.

Maeglinin ja Wahlgrenin (1972) Yhdysvalloissa tekemässä tutkimuksessa saatiin runkojen keskitiheudeksi  $379 \text{ kg/m}^3$  (koeputia oli 3516 kpl ja niiden rinnankorkeusläpimitta oli 241 mm). Paikkakuntien välinen vaihtelu oli suurehko, mikä viittaa provenienssieroihin.

Hegerin (1974) Kanadassa koskeneessa tutkimuksessa saatiin runkojen keskitiheudeksi  $411 \text{ kg/m}^3$  ( $s = 50 \text{ kg/m}^3$ ). Hänen aineistonsa käsitti 36 runkoa, joiden keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta oli 11 cm ja keskipituus 19 m. Muissakin tutkimuksissa yli  $400 \text{ kg/m}^3$  tiheyksiä on esitetty harvoin (Schütt 1962).

Johnsson (1957) sai Ruotsissa kasvaneelle kontortamännylle keskimääräiseksi kuiva-tuoretiheydeksi  $390 \text{ kg/m}^3$ . Englannissa oli 28-vuotiaiden puiden tiheys vain  $370 \text{ kg/m}^3$  (Properties of ... 1960, 50 puuta).

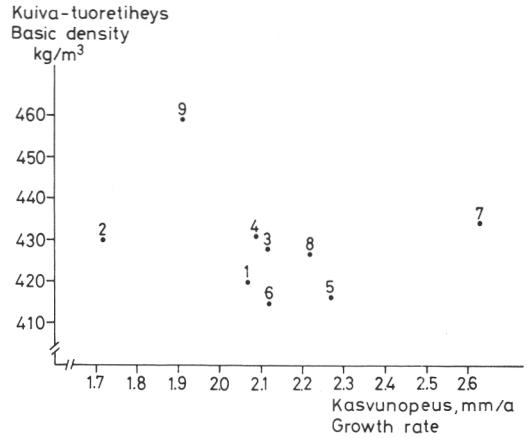
Panshin ja de Zeeuw (1980, s. 442) ilmoittavat kontortan kuiva-tuoretiheydeksi  $380 \text{ kg/m}^3$ , samoin monet muut amerikkalaiset lähteet (Zischke 1956, Paul 1962).

Metsiköittäin tulokset vaihtelivat jonkin verran (taulukko 5). Metsiköittäisistä keskiarvoista laskettu keskimääräinen kuiva-tuoretiheys oli  $429 \text{ kg/m}^3$ . Metsikköjen välinen keskihajonta oli  $13 \text{ kg/m}^3$ . Suurimman poikkeuksen muusta aineistosta muodosti metsikkö 9 (ks. taulukot 1...4). Sen keskimääräinen kasvunopeus oli lähellä koko aineiston keskimääräistä kasvunopeutta, mutta sen kuiva-tuoretiheys oli huomattavasti muita korkeampi (kuva 2).

Eräs mahdollinen selitys on se, että ks. metsikkö oli perustettu taimilla, joiden siemenen alkuperä (Nicola Forest Reserve) oli peräisin huomattavasti viileämmältä seudul-

Taulukko 5. Runkojen keskimääräinen kuiva-tuoretiheys ja kasvunopeus eri koemetsiköissä.  
Table 5. Average basic density and growth rate in the sample stands.

Metsikkö Stand	Kuiva-tuoretiheys Basic density $\text{kg/m}^3$		Kasvunopeus Growth rate $\text{mm/a}$	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	419,6	34,1	2,1	0,58
2	429,5	31,8	1,7	0,40
3	428,4	37,7	2,1	0,34
4	430,8	26,6	2,1	0,37
5	415,9	47,3	2,3	0,42
6	415,1	27,1	2,1	0,34
7	434,1	28,5	2,6	0,52
8	427,4	29,6	2,2	0,41
9	458,8	31,7	1,9	0,50



Kuva 2. Kuiva-tuoretiheys eri metsiköissä niiden keskimääräisen kasvunopeuden mukaan. Pisteisiin liitetyt numerot tarkoittavat metsikköiden numeroita (Taulukko 1).

Fig. 2. Basic density of the stands according to their growth rate. The numbers denote the stands (Table 1).

ta (lämpösumma 890 d.d.) kuin mitä taimien kasvupaikka on Suomessa (1300 d.d.). Muissa metsiköissä alkuperäisen siemenen keräysalueen lämpösumma oli 1030...1460 d.d. Myös Schütt (1965), Henderson ja Petty (1972) sekä Harris (1973) ovat todenneet provenienssin vaikuttavan voimakkaasti kontortan puuaineen tiheyteen. Toisaalta tiedetään, että saman provenienssin tiheys vaihtelee metsiköittäin, esim. Brazierin (1980) tutkimuksen mukaan 15 %. Näin ollen ei ole ilman toistoja varmaa, onko kyseessä provenienssin vai kasvupaikan vaikutus.

Myöskään ei ole tiedossa, johtuiko metsikkö 9 tavanomaista suurempi tiheys paksumista solunseinämistä vai mahdollisesti korkeammasta pihkapitoisuudesta, jonka tiedetään kohoavan voimakkaasti erilaisten kasvua heikentävien tekijöiden vuoksi. Tällaisia tuloksia on mistelikasvin saastuttamista metsiköistä (Piirto ym. 1974). Toisaalta Suomen oloja ajatellen ei ole olennaista, mikä on tiheyden kohoamisen perimmäinen syy, koska myös pihka on arvokas sivutuoteraaka-aine (esim. Kärkkäinen 1981). Kontortan alhaisesta pihkapitoisuudesta (esim. Tigerstedt 1927) päätellen oletttamus solunseinämien vaikutuksesta on todennäköisempi. Myös englantilaisten kokemuksen mukaan pihkan vaikutus tiheyteen on yleensä vähäinen (Properties of ... 1960).

Kun ikä vaihteli aineistossa suhteellisen

vähän (alin kaatoleikkausikä oli 35 v, korkein 52 v), rungon kuiva-tuoretiheyden riippuvuutta iästä ei saatu selvitettyksi. Aikaisempien tutkimusten perusteella kuitenkin tiedetään, että kontortamännnyllä tiheys kohoaa iän kasvaessa. Tämä johtuu siitä, että tiheys kasvaa rungossa ytimestä pintaan päin.

Tämän tutkimuksen aineistossa havaittiin useissa tapauksissa, että samassa metsikössä kuiva-tuoretiheys aleni iän kasvaessa. Kun kyseessä olivat istutetut metsiköt, ikävaihtelu oli vähäistä ja johtui ilmeisesti tehdyistä täydennysistutuksista. Täydennysistutukset olivat mahdollisesti jääneet jonkin verran jälkeen vanhemmasta puustosta ja kehittyivät hitaammin. Mahdollista on myös, että osa metsikön sisäisestä kaatoleikkausikä vaihtelusta selittyy taimivaiheessa tapahtuneista ranganvaihdoksista ja muista tuhoista. Myös tällöin tuhoja kohdanneet puuyksilöt ovat jääneet muusta puustosta jälkeen ja kehittyneet hitaammin. Korkea tiheys johtunee näin ollen alhaisesta kasvunopeudesta, joka vallitsi metsikön keskiarvoa nuoremmassa puissa.

Runkojen kasvunopeuden tarkastelua varten jaettiin rinnankorkeuslähimittan puolikas kaatoleikkausikä. Tämä tunnus on lukuarvoltaan hiukan pienempi kuin keskimääräinen luston leveys rinnantasalla. Koko aineistoa tarkasteltaessa osoittautui, että kasvunopeuden kohotessa kuiva-tuoretiheys pääosin laski (kuva 3). Parhaaksi selittäjäksi regressioyhtälössä saatiin kasvunopeus ja sen kolmas potenssi. Yhtälö sai seuraavan muodon.

$$(1) \quad y = 535,8 - 64,4 w + 2,9 w^3$$

jossa  $y$  = kuiva-tuoretiheys,  $\text{kg/m}^3$   
 $w$  = rungon kasvunopeus,  $\text{mm/a}$

Selitysaste ( $R^2$ ) = 12,4 %  
 Jäännöshajonta ( $s$ ) = 33,6  $\text{kg/m}^3$   
 F-arvo = 13,6 (2,192)

Myös metsiköittäin havaittiin, että kasvunopeuden parantuessa tiheys aleni. Riippuvuus oli useissa tapauksissa jyrkempi kuin koko aineistossa. Yhdeksästä tutkitusta metsiköstä seitsemässä tiheys aleni ja kahdessa kohosi. Kaikki regressiot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Kun metsikön kasvunopeutta kuvattiin puiden keskimääräisellä vuosiluston paksuudella (rinnankorkeuslähimittan puolikas jaetuna kaatoleikkausikä), saatiin seuraavat

kuiva-tuoretiheyden korrelaatio- ja regressiokertoimet metsiköittäin.

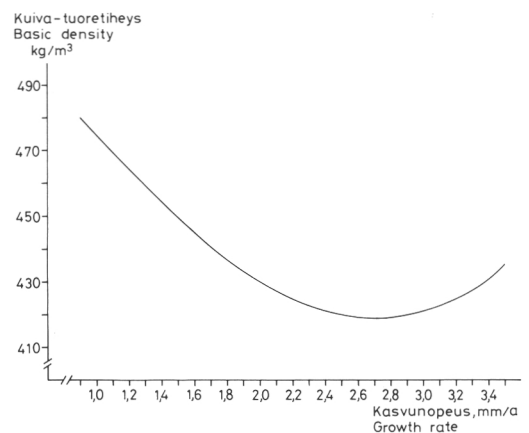
Metsikkö	r	b
1	-0,760 ++	-44,70
2	-0,456 +	-36,47
3	-0,629 +	-68,79
4	0,155	11,10
5	0,038	4,24
6	-0,069	-5,54
7	-0,171	-9,41
8	-0,410	-29,84
9	-0,235	-14,90
Koko aineisto	-0,297 ++	-21,47

+ Regressio tilastollisesti merkitsevä 5 %:n riskitasolla.  
 ++ Regressio tilastollisesti merkitsevä 1 %:n riskitasolla.

Kuten jaotelmasta havaitaan, em. tavalla määritellyn vuosiluston vahvuuden kasvaessa 1 mm:llä keskimääräinen rungon kuiva-tuoretiheys aleni 6...69  $\text{kg/m}^3$ . Poikkeuksena olivat metsiköt 4 ja 5, joissa kuiva-tuoretiheys kasvoi 4...11  $\text{kg/m}^3$ .

Em. ilmiö on tulkittava siten, ettei korkea kasvunopeus sinänsä aiheuta alhaista puuaineen tiheyttä, vaan esim. metsiköittäisessä vertailussa hyvin kasvava metsikkö voi olla tiheydeltään samanveroinen heikosti kasvavan kanssa. Sitä vastoin metsikön sisällä alle jääneet puut kehittyvät tavallista tiheämmiksi, mahdollisesti fotosynteesituotteiden niukkuudesta johtuen.

Myös Harris (1973) totesi laajassa aineistossa tiheyden alenevan hiukan kasvunopeuden parantuessa. Tällainen tulos todettiin varttuneissa puissa 13:ssa metsikössä kaikkiaan 16:sta tutkimusmetsiköstä. Myös Harris päätteli, ettei kasvunopeudella ole



Kuva 3. Kuiva-tuoretiheyden riippuvuus kasvunopeudesta.

Fig. 3. Basic density according to the growth rate.

niin suurta merkitystä, että kannattaisi mieluummin valita hidaskasvuinen mutta tiheä puu hyväkasvuisen, mutta kevyemmän asemesta.

Heikokkon tai joskus hyvinkin selvän tiheyden alenemisen vuosiluston leveyden kasvaessa ovat kontortalla havainneet myös useat muut tutkijat, mm. Ericson (1969), Johnstone (1970) sekä Henderson ja Petty (1972).

Kuitupuurunkojen (rinnankorkeusläpimitta alle 170 mm) kuiva-tuoretiheydeksi saatiin  $447 \text{ kg/m}^3$  ( $s = 34 \text{ kg/m}^3$ ) ja tukkirunkojen (rinnankorkeusläpimitta yli 170 mm) kuiva-tuoretiheydeksi  $424 \text{ kg/m}^3$  ( $s = 34 \text{ kg/m}^3$ ). Tämä tulos saattaa vaikuttaa epäloogiselta sen vuoksi, että tiheys yleensä kasvaa puun suuretessa (ja iän kohotessa). Tässä tapauksessa kyseessä on kuitenkin kasvunopeuden aiheuttama ilmiö keskimääräisesti likimain samanikäisessä puustossa.

### 312. Runkojen sisäinen vaihtelu

#### 3121. Pituuden suuntainen vaihtelu

Kontortan keskimääräiseksi kuiva-tuoretiheydeksi saatiin kiekkoaineiston (2 262 kpl) perusteella  $419 \text{ kg/m}^3$  ( $s = 51,5 \text{ kg/m}^3$ ). Kuten aiemmin on mainittu, näin laskettu keskimääräinen tiheys antaa kuitenkin harhaisan kuvan, sillä siihen vaikuttavat samalla painolla sekä pientä tilavuutta edustavat latvakiekot että suurta tilavuutta edustavat tyvikiekot. Tämän vuoksi kiekkoaineistoa käytettiin runkojen sisäisen vaihtelun tutkimiseen.

Runkojen pituuden suuntaisen kuiva-tuoretiheyden vaihtelun analysoimiseksi laskettiin valikoivalla regressioanalyysillä yhtälö, joka sai seuraavan muodon.

$$(2) \quad y = 535,4 - 0,6861d - 149,7e + 0,01290dh + 0,4471de - 2,906he + 81,38e^3$$

Yhtälössä  $y$  = kuiva-tuoretiheys,  $\text{kg/m}^3$   
 $d$  = rinnankorkeusläpimitta, mm  
 $h$  = pituus, m  
 $e$  = suhteellinen korkeus (kiekon etäisyys tyvestä/pituus) (0...1)

Selitysaste ( $R^2$ ) = 20,0 %

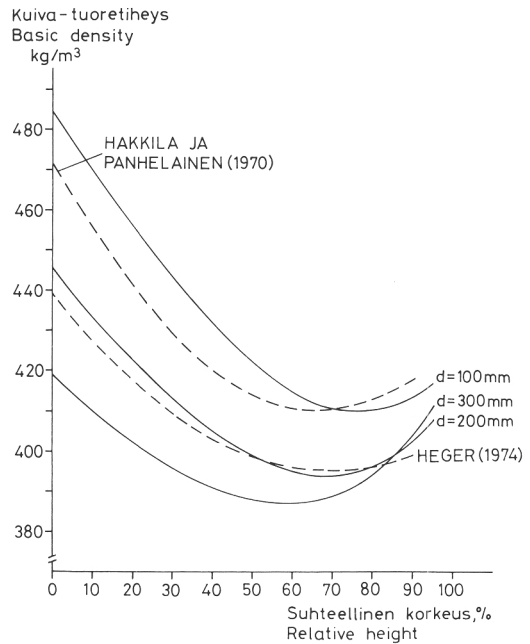
Jäännöshajonta ( $s$ ) =  $46,1 \text{ kg/m}^3$

F-arvo = 86,6 (6,2077)

Kuvassa 4 on esitetty kuiva-tuoretiheyden vaihtelu rungon pituuden suunnassa. Käyrät on laskettu erikokoisille puille em.

regressioyhtälöllä. Puun koosta riippuen kuiva-tuoretiheys aleni 60...80 % korkeudelle. Aleneminen oli sekä suhteellisesti että absoluuttisesti suurinta pienissä puissa. Esimerkiksi 100 mm läpimittaisissa puissa alenema oli yli  $70 \text{ kg/m}^3$ , kun taas 300 mm läpimittaisissa puissa se oli vain noin  $30 \text{ kg/m}^3$ . Kaikenkokoisissa puissa oli havaittavissa tiheyden nousu minimikohdasta latvaan. Nousu oli sitä suurempi, mitä kookkaampi runko oli. Esimerkiksi suurilla puilla (300 mm) tiheyden kohoaminen oli noin  $25 \text{ kg/m}^3$ , kun taas pienillä puilla (100 mm) se jäi alle  $10 \text{ kg/m}^3$ . Tiheyden vaihtelun riippuvuus puun koosta viittasi siihen, että kyseessä oli paljolti oksien vaikutus.

Isojen ja pienten puiden kuiva-tuoretiheyden suuri ero rungon tyvellä sekä vastaavasti pieni ero latvassa selittyy aineiston vähäisestä ikävaihtelusta. Koska puut olivat likimain samanikäisiä, olivat pienet puut



Kuva 4. Kuiva-tuoretiheyden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 100, 200 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitan puissa. Vastaavat puiden pituudet olivat 14, 18 ja 23 m. Vertailun vuoksi kuvaan on piirretty myös Hakkilan ja Panhelaisen (1970) ja Hegerin (1974) vastaavat kuvaajat.

Fig. 4. Basic density according to the relative height of the stems with a breast height diameter of 100, 200, and 300 mm. The corresponding tree heights were 14, 18, and 23 m. The equations of Hakkila and Panhelainen (1970) and Heger (1974) are presented for comparison.

metvikön alle jääneitä hidaskasvuisia puita, joiden puuaine oli tiheää.

Hakkilan ja Panhelaisen (1970) tutkimuksessa saatiin samanlainen kuiva-tuoretiheyden aleneminen tyvestä 60 %:n korkeudelle sekä lievä nousu sen jälkeen latvaa kohti.

Verrattuna kotimaiseen mäntyyn on kontortan tiheyden aleneminen tyvestä latvaan vähäisempi. Kotimaisella männyllä kuiva-tuoretiheys laskee tyvestä 50 %:n korkeudelle jyrkästi (n. 80 kg/m<sup>3</sup>) ja tämän jälkeen loivemmin latvaan asti. Kuiva-tuoretiheys on kotimaisella männyllä tyvässä 460 kg/m<sup>3</sup> ja latvassa 360 kg/m<sup>3</sup> (Hakkila 1966, s. 42). Vastaavat luvut kontortalla olivat Hakkilan ja Panhelaisen (1970, s. 28) mukaan tyvässä 470 kg/m<sup>3</sup> ja latvassa 420 kg/m<sup>3</sup>.

Myös lukuisissa muissa tutkimuksissa on havaittu kontortan tiheyden alenevan tyvestä latvaan (esim. Properties of ... 1960, Tackle 1962, Johnstone 1970, Okkonen ym. 1972).

Hakkila ja Panhelainen (1970) esittivät tutkimuksessaan seuraavan yhtälön kuiva-tuoretiheydelle.

$$(3) \quad y = 472,2 - 184,5e + 137,9e^2$$

jossa  $y$  = kuiva-tuoretiheys, kg/m<sup>3</sup>  
 $e$  = suhteellinen korkeus (0 ... 1)

Heger (1974) sai tutkimuksessaan kontortamännyn kuiva-tuoretiheyden minimikohdan 70 %:n korkeudelle. Hän esitti seuraavan yhtälön.

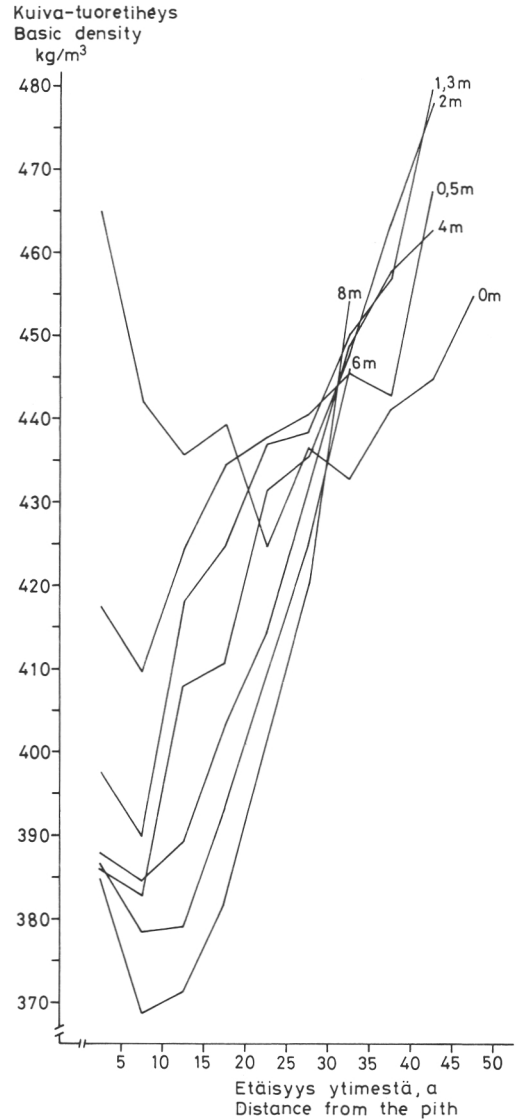
$$(4) \quad y = 438,6 - 123,0e + 87,8e^2$$

jossa  $y$  = kuiva-tuoretiheys, kg/m<sup>3</sup>  
 $e$  = suhteellinen korkeus (0 ... 1)

Em. tulokset tukevat hyvin nyt saatuja tuloksia (kuva 4).

### 3122. Säteen suuntainen vaihtelu

Sopivien regressiomallien löytämiseksi laskettiin, mikä oli eri korkeuksilta ja eri ytimestä mitatuilta etäisyyksiltä otettujen palojen keskimääräinen kuiva-tuoretiheys. Saadut tulokset on esitetty kuvassa 5. Siitä havaitaan, että tiheys yleensä laski ensimmäisestä palasta (vuodet 0...5 ytimestä laskien) toiseen palaan (vuodet 6...10), jonka jälkeen tiheys alkoi selvästi kohota. Lähinnä vain



Kuva 5. Kuiva-tuoretiheyden riippuvuus etäisyydestä ytimestä eri korkeuksilla tyvestä.

Fig. 5. Basic density according to the distance from the pith at various heights.

kannon korkeudella aleneminen jatkui pidempään, keskimäärin 21...25 vuotta ytimestä laskien.

Myös kirjallisuudesta löytyy maininta, että kontortan tiheys aluksi laskee ytimestä ja sitten kohoaa selvästi pintaa kohti (esim. Properties of ... 1960).

Eri etäisyyksillä ytimestä mitatut keskiarvot ja standardipoikkeamat on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Kuiva-tuoretiheys eri etäisyyksillä ytimestä eri korkeuksilla tyvestä.  
Table 6. Basic density according to the distance from the pith at various tree heights.

Kiekon etäisyys tyvestä, m Distance of the disk from the bottom, m	Kuiva-tuoretiheys, kg/m <sup>3</sup> — Basic density, kg/m <sup>3</sup> Etäisyys ytimestä, a — Distance from the pith, a										
	0...5	6...10	11...15	16...20	21...25	26...30	31...35	36...40	41...45	46...50	
0	$\bar{x}$	465,0	441,9	435,7	439,3	424,7	436,5	432,6	441,1	444,7	454,6
	s	47,9	43,7	40,8	38,9	45,8	45,0	41,6	44,1	57,1	58,9
0,5	$\bar{x}$	417,4	409,6	424,3	434,4	437,7	440,4	445,5	442,6	467,4	
	s	46,2	41,8	38,8	41,0	53,1	42,7	42,9	50,4	49,2	
1,3	$\bar{x}$	397,6	389,9	418,0	424,8	436,9	438,4	450,1	456,9	479,5	
	s	45,5	37,6	39,1	46,4	47,0	43,1	46,6	47,0	67,5	
2	$\bar{x}$	386,0	382,8	408,1	410,7	431,5	435,5	447,7	463,4	477,9	
	s	42,4	36,7	40,8	42,5	41,2	43,7	47,6	56,3	95,2	
4	$\bar{x}$	387,9	384,5	389,1	403,4	414,3	431,8	448,4	457,5	462,6	
	s	50,7	38,0	33,7	38,9	42,6	51,2	49,6	74,9	45,6	
6	$\bar{x}$	386,3	378,5	379,1	393,3	408,9	424,9	445,7			
	s	38,3	31,1	34,2	41,1	46,4	45,7	53,1			
8	$\bar{x}$	384,8	368,6	371,3	381,9	401,0	420,0	454,0			
	s	32,9	33,9	30,4	35,1	43,3	44,0	39,0			
10	$\bar{x}$	388,5	371,3	371,9	391,1	404,7	431,4				
	s	36,6	31,5	33,8	41,9	39,1	44,6				
12	$\bar{x}$	386,1	368,9	381,7	389,5	421,3					
	s	38,4	31,1	41,9	43,7	47,6					
14	$\bar{x}$	377,1	371,4	390,1	417,8						
	s	37,2	38,1	51,4	52,3						
16	$\bar{x}$	373,1	383,4	400,1							
	s	33,6	32,9	36,0							

Huomattavaa on, etteivät eri korkeuksilta otettujen kiekkojen erot johtuneet erilaisesta kasvunopeudesta. Kannon korkeutta lukuunottamatta keskimääräinen vuosiluston leveys aleni ytimestä pintaan päin likimain samalla tavalla eri korkeuksilla (kuva 6). Tämä osoittaa, etteivät kiekkojen väliset erot johdu paljoakaan eroista vuosiluston leveydessä. Toisaalta kuvasta voidaan päätellä, että vakioimatta tarkastelukohdan etäisyyttä ytimestä saadaan helposti negatiivinen korrelaatio vuosiluston leveyden ja kuiva-tuoretiheyden välille: kun vuosiluston leveys alenee ytimestä pintaan päin, samassa suunnassa tiheys kohoaa. Tämän vuoksi päätelmät kasvunopeuden vaikutuksesta kuiva-tuoretiheyteen on luonnollisesti tehtävä vakioinnin jälkeen.

Vaikka tiheys aluksi laski ytimestä pintaan päin, regressiomalleissa ei pyritty ottamaan tätä muutosta huomioon, koska lasku oli vähäinen sitä seuranneeseen tiheyden kohoamiseen verrattuna. Näin ollen etäisyyttä ytimestä kuvattiin vain toisen asteen yhtälöllä. Tarkasti ottaen olisi siis tarvittu vähintään kolmannen asteen yhtälö

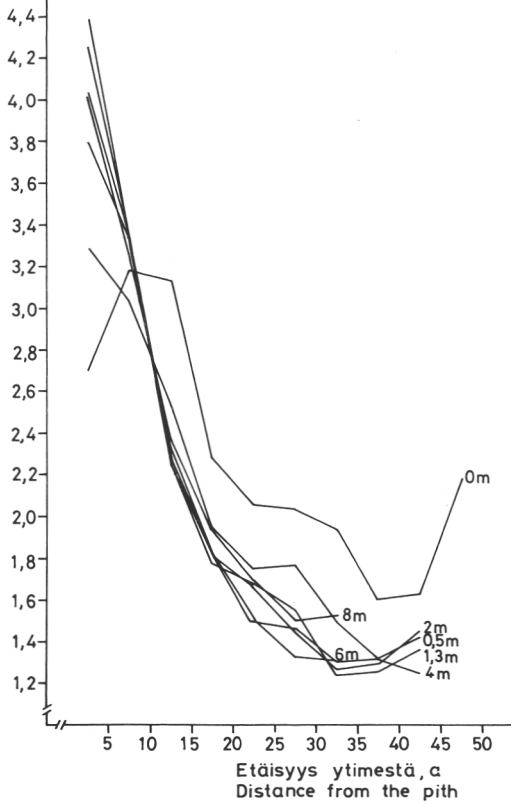
muuttuneen tiheyden kasvusuunnan kuvaamiseksi, koska tiheyden kasvu oli kupera ylöspäin (tiheys kasvoi hidastuvasti ytimestä pintaan päin).

Tutkittaessa regressioanalyysillä tiheyden muutosta ytimestä pintaan päin käytettiin aluksi selittäjinä etäisyyttä ytimestä joko millimetreinä tai vuosilustomääränä. Pelkästään näiden avulla laadittujen kiinteiden regressiomallien selitysasteet olivat alhaiset ( $R^2 = 5,8\%$  ja  $R^2 = 19,4\%$ ).

Kun malleihin lisättiin selittäjäksi keskimääräinen vuosiluston leveys, joka saatiin jakamalla palan pituus lustojen lukumäärällä, selitysasteet nousivat selvästi ( $R^2 = 22,6\%$  ja  $R^2 = 26,5\%$ ).

Seuraavaksi kokeiltiin, vaikuttaako näytekohdan etäisyys tyvestä tiheyden tasoon eli riippuuko määrätäisyydellä ytimestä oleva tiheys tarkastelukohdan korkeudesta. Tämä tehtiin ottamalla valikoivaan regressiomalliin mukaan selittäjäksi kiekon etäisyys tyvestä. Jotta ei jouduttaisi tekemään mitään olettamusta korkeuden vaikutuksen matemaattisesta muodosta, kutakin näytteenottokorkeutta kuvattiin valemuuttujalla.

Vuosilustojen leveys  
Ring width  
mm



Kuva 6. Vuosiluston leveyden riippuvuus etäisyydestä ytimestä eri korkeuksilla.

Fig. 6. Width of growth rings according to the distance from the pith at various heights.

Regressioyhtälöt saivat seuraavan muodon.

$$(5) \quad y = 453,6 + 0,3068z - 0,001194z^2 - 37,94v + 4,621v^2 - 0,1359zv + 50,47E_0 + 37,58E_{0,5} + 29,34E_{1,3} + 21,93E_2 + 12,73E_4 + 4,680E_6$$

Selitysaste ( $R^2$ ) = 33,8 %  
Jäännöshajonta ( $s$ ) = 40,65 kg/m<sup>3</sup>  
F-arvo = 340,9 (11,7355)

$$(6) \quad y = 447,2 + 0,02526n^2 - 30,85v + 3,583v^2 - 0,3679nv + 41,67E_0 + 30,83E_{0,5} + 23,79E_{1,3} + 17,21E_2 + 9,145E_4 - 4,875E_8$$

Selitysaste ( $R^2$ ) = 34,6 %  
Jäännöshajonta ( $s$ ) = 40,39 kg/m<sup>3</sup>  
F-arvo = 389,4 (10, 7356)

joissa  $y$  = kuiva-tuoretiheys, kg/m<sup>3</sup>  
 $z$  = palan keskimääräinen etäisyys ytimestä, mm  
 $v$  = vuosiluston keskimääräinen leveys palassa, mm  
 $n$  = palan keskimääräinen vuosilustomäärä ytimestä, kpl  
 $E_0$  = 1, jos kiekko 0 m korkeudelta tyvestä, muuten 0  
 $E_{0,5}$  = 1, 0,5 m  
 $E_{1,3}$  = 1, 1,3 m  
 $E_2$  = 1, 2 m  
 $E_4$  = 1, 4 m  
 $E_6$  = 1, 6 m  
 $E_8$  = 1, 8 m

Kuvan piirtämistä varten laskettiin regressioanalyysillä vuosiluston leveyden ( $v$ ) riippuvuus palan etäisyydestä ytimestä ( $n$ ). Koska kannon korkeus poikkesi tässä suhteessa muista korkeuksista (kuva 6), laskettiin ainoastaan muille korkeuksille yhteinen ennusteyhtälö, joka sai seuraavan muodon.

$$(7) \quad v = 4,269 - 0,1756n + 0,002604n^2$$

joissa  $v$  = vuosiluston keskimääräinen leveys palassa (mm) korkeuksilla 0,5...16 m  
 $n$  = palan keskimääräinen vuosilustomäärä ytimestä, kpl

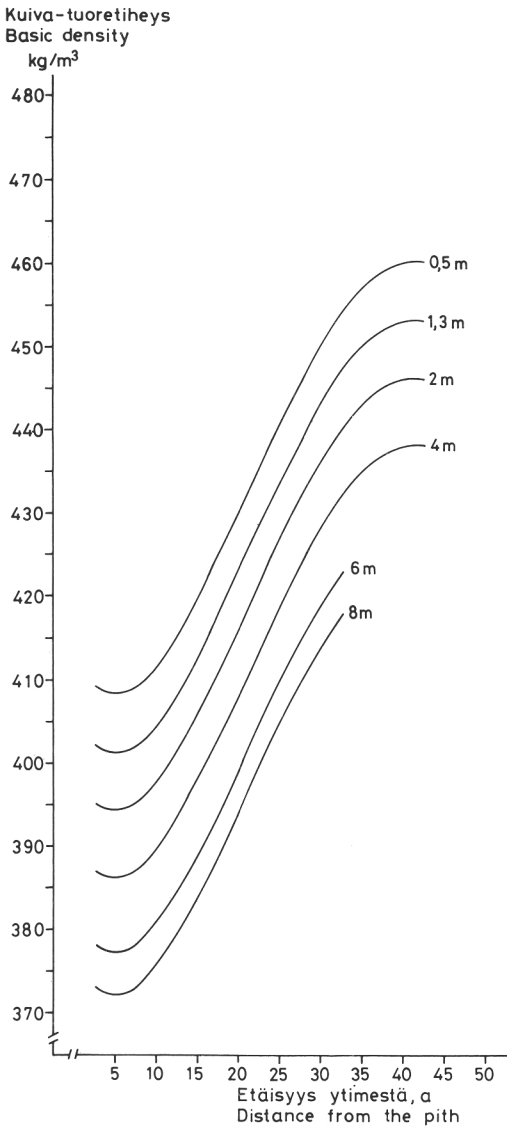
Selitysaste ( $R^2$ ) = 59,7 %  
Jäännöshajonta ( $s$ ) = 0,7335 mm  
F-arvo = 4624 (2,6256)

Sijoittamalla saatu vuosiluston leveys palan etäisyyden funktiona yhtälöön 6, piirrettiin kuva 7. Siitä havaitaan, että kaikilla korkeuksilla tiheys laski aluksi hieman ytimestä, jonka jälkeen se kohosi jyrkästi pintaan päin. Tiheyden taso kuitenkin riippui selvästi kiekon etäisyydestä tyvestä. Tiheys oli sitä korkeampi määrätäisyydellä ytimestä, mitä alemmaa kiekko oli otettu. Esimerkiksi 0,5 m korkeudelta otetussa kiekkossa tiheys oli 20 vuoden kohdalla 430 kg/m<sup>3</sup>, kun taas vastaava tiheys 8 m korkeudella oli 394 kg/m<sup>3</sup>.

Rungon ominaisuuksien vaikutuksen arvioimiseksi kokeiltiin valikoivassa regressioanalyysissä lukuisia potentiaalisia selittäjiä. Parhaaksi osoittautuivat seuraavat mallit.

$$(8) \quad y = 398,0 + 0,2747z - 35,46v + 4,578v^2 - 0,1168zv + 45,66E_0 + 34,91E_{0,5} + 26,63E_{1,3} + 19,21E_2 + 10,21E_4 - 4,804E_8 + 0,2565h^2 - 0,7295w^2 - 0,02960t^2 + 6,612d/h + 740,7h/d - 224,4h/t$$

Selitysaste ( $R^2$ ) = 36,9 %  
Jäännöshajonta ( $s$ ) = 39,69 kg/m<sup>3</sup>  
F-arvo = 268,8 (16,7350)



Kuva 7. Kuiva-tuoretiheyden riippuvuus etäisyydestä ytimestä eri korkeuksilla tyvestä.

Fig. 7. Basic density according to the distance from the pith at various heights.

$$(9) \quad y = 383,5 + 1202n + 0,009960n^2 - 18,81v + 2,615v^2 - 0,4461nv + 39,96E_0 + 30,60E_{0,5} + 23,66E_{1,3} + 17,02E_2 + 9,086E_4 - 4,934E_8 + 0,2648h^2 - 0,7795w^2 - 0,03449t^2 + 6,486d/h + 775,5h/d - 252,7h/t$$

Selitysaste ( $R^2$ ) = 38,5 %

Jäännöshajonta ( $s$ ) = 39,19 kg/m<sup>3</sup>

F-arvo = 270,5 (17,7349)

joissa y, z, v, n ja  $E_0 \dots E_8$  kuten edellä  
 h = puun pituus, m  
 w = rungon kasvunopeus, mm/a  
 t = kaatoleikkausikä, a  
 d = rinnankorkeusläpimitta, mm

Kuten malleista ilmenee, runkojen ominaisuuksilla oli hieman vaikutusta tiheyden muuttumiseen säteen suunnassa. Kokonaisuuteen nähden rungon ominaisuuksien vaikutus oli kuitenkin vähäinen ja heikosti perusteltavissa teoreettisesti.

## 32. Kuoren osuus

### 321. Runkojen välinen vaihtelu

Kuoren osuudella tarkoitetaan tässä tutkimuksessa kuoren kuivan massan osuutta kuorellisesta kuivamassasta.

Runkojen keskimääräiseksi kuoren osuudeksi saatiin 7,2 %. Runkojen välinen keskihajonta oli 1,9 %-yksikköä. Verrattuna kotimaisiin puulajeihin on luku alhainen. Esim. Hakkila (1967) sai vastaavalla tavalla määrittelyksi kuoren osuudeksi massasta männyllä 8,0 % ja kuusella 10,0 %. Tilavuudesta määritelty osuus on erityisesti männyllä suurempi. Mäntytuokeilla tilavuudesta laskettu kuoren osuus oli Etelä-Suomessa 12,2 % ja kuusituokeilla 10,1 % (Heiskanen ja Rikkinen 1976).

Myös Miettisen (1952) tietojen mukaan kontorta on havupuulajeista poikkeuksellisen vähäkuorinen. Lukuisat muut tutkimukset korostavat samoin kontortan vähäkuorisuutta (Lindfors 1937, Myers 1964, Remröd 1969, 1977, Lange 1971).

Hakkila ja Panhelainen (1970) saivat tutkimuksessaan kontortamännyn keskimääräiseksi kuoren osuudeksi 9,5 % ( $s = 1,9$  %). Nyt havaittua suurempi kuoren osuus saattaa johtua siitä, että heidän tutkimuksensa aineisto oli kooltaan pienempää (keskipituus 13,4 m) kuin tämän tutkimuksen aineisto (keskipituus 17,9 m).

Metsiköittäisistä keskiarvoista laskettu keskimääräinen kuoren osuus oli 7,0 % ( $s = 1,1$  %). Metsiköitten välillä ei esiintynyt huomattavaa vaihtelua (taulukko 7).

Mainittakoon, että Roche (1966) päätteli kirjallisuuden perusteella, ettei olennaisia provenienssieroja ole kuoren paksuudessa, vaikka kuoren paksuus vaihtelikin paljon esim. kasvuolosuhteiden mukaan.

Kuoren osuuden riippuvuutta ulkoisista tekijöistä tutkittiin valikoivalla regressioanalyysillä. Parhaaksi selittäjäksi saatiin puun pituus sellaisenaan tai jonakin muunnoksena. Vastaava tulos on saatu myös tavallisel-

Taulukko 7. Keskimääräinen kuoren osuus metsiköittäin.

Table 7. Average bark proportion in the stands.

Metsikkö Stand	Kuoren osuus Bark proportion %	
	$\bar{x}$	s
1	6,8	1,20
2	7,7	1,45
3	6,8	0,81
4	6,3	1,15
5	8,4	1,87
6	7,2	1,60
7	5,6	1,63
8	5,7	0,88
9	8,8	2,39

la männyllä (Rymer-Dudzinska 1976). Toinen tilastollisesti merkitsevä tekijä oli rinnankorkeusläpimitta. Yhtälö sai seuraavan muodon.

$$(10) \quad y = 30,13 - 0,7250h - 3,374(h^3/10000) - 0,6130d/h - 56,97h/d$$

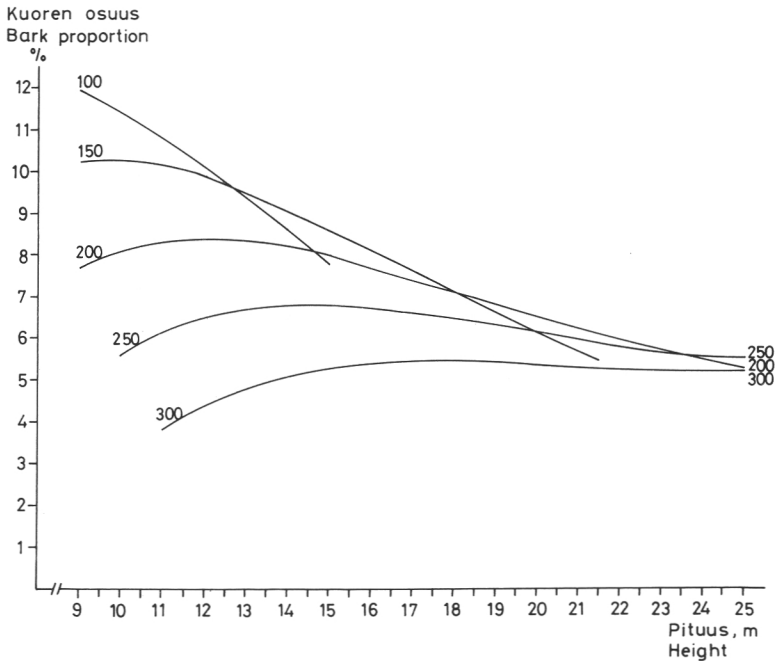
jossa y = kuoren osuus, %  
h = pituus, m  
d = rinnankorkeusläpimitta, mm

Selitysaste ( $R^2$ ) = 42 %  
Jäännöshajonta (s) = 1,5 %  
F-arvo = 35,1 (4,190)

Kuvassa 8 on esitetty kuoren osuuden ja rungon pituuden välinen riippuvuus eri rinnankorkeusläpimittaluokissa. Puun pituuden ja rinnankorkeusläpimitan yhteisvaihtelu otettiin Ilvessalon (1948) taulukoista. Tämän tutkimuksen aineistossa vaihtelu oli osin suppeampi, ja näin ollen kuvaajien ääripäät ovat epävarmoja.

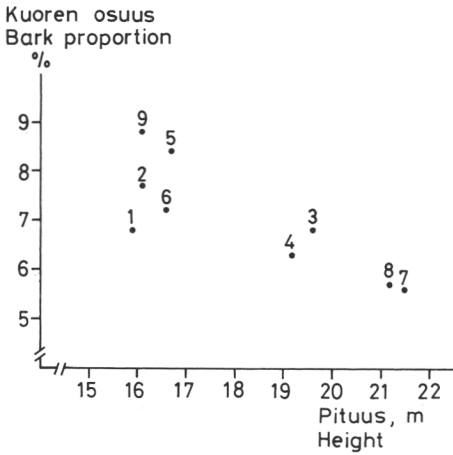
Puun pituuden ollessa sama kuoren osuus laski puun järeytyessä. Samassa läpimittaluokassa puun pituuden kasvaessa kuoren osuus laski, erityisesti pienimpien läpimittaluokkien ollessa kyseessä. Tavallisella männyllä on havaittu päinvastainen ilmiö: mitä pitempi mänty on, sitä suurempi on kuoren osuus (Rymer-Dudzinska 1976). Tämä ero johtunee siitä, että kontortamänty ei muodosta kaarnaa niin runsaasti kuin kotimainen mänty.

Kuoren osuuden alenemista rungon pituuden kasvaessa osoittivat myös metsiköittäisistä keskiarvoista saadut tulokset (kuva 9). Kuva tukee myös käsitystä, ettei eri alkuperien välillä ole kuoren osuudessa olennaisia eroja, vaan mahdolliset erot keskiarvoissa johtuvat enemmän kokovaihtelusta (samoin Hakkila ja Panhelainen 1970, s. 19).



Kuva 8. Kuoren osuuden riippuvuus puun pituudesta 100, 150, 200, 250 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitan puissa.

Fig. 8. Bark percentage according to the tree height in trees with a breast height diameter of 100, 150, 200, 250, and 300 mm.



Kuva 9. Kuoren osuus eri metsiköissä niiden keskipituuden mukaan. Pisteisiin liittyvät numerot tarkoittavat metsiköiden numeroita (Taulukko 1).

Fig. 9. Bark percentage in various stands according to their average height. The numbers denote the stands (Table 1).

Vaikka tässä työssä ei saatukaan kasvunopeutta tilastollisesti merkitseväksi tekijäksi, pienestä ikävaihtelusta aiheutuu, että kuva 8 voidaan tulkita myös kasvunopeuden mukaan: puun kasvun heiketessä kuoren osuus kohoaa. Sama tulos on esitetty myös kirjallisuudessa (mm. Parker 1950, Cummins 1969). Sitä vastoin on luultavaa, että sisäkuoren (nilan) absoluuttinen paksuus ja myös sen osuus kuoresta kohoaa kasvunopeuden parantuessa (Cole 1973).

### 322. Runkojen sisäinen vaihtelu

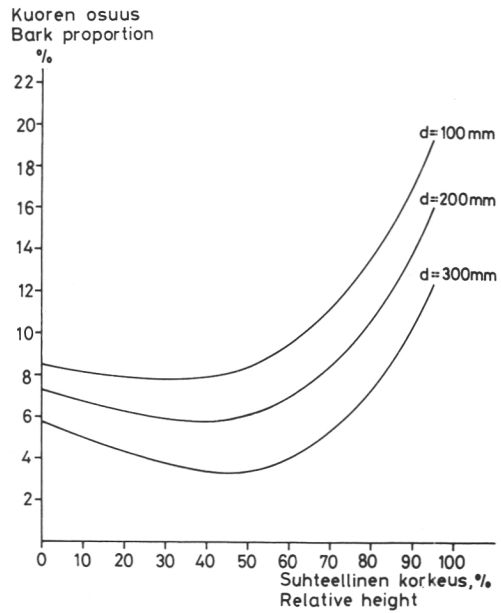
Regressioyhtälö rungon pituuden suuntaisen kuoren osuuden vaihtelulle sai seuraavan muodon.

$$(11) \quad y = 12,62 - 0,2964h - 6,449e^2 - 0,02335de + 21,90e^3$$

jossa  $y$  = kuoren osuus, %  
 $h$  = pituus, m  
 $d$  = rinnankorkeusläpimitta, mm  
 $e$  = suhteellinen korkeus (0...1)

Selitysaste ( $R^2$ ) = 48,5 %  
 Jäännöshajonta ( $s$ ) = 2,9 %  
 F-arvo = 489,4 (4,2079)

Kontortamännnyllä kuoren osuuden vaihtelu rungon pituussuunnassa noudatti samaa sääntöä kuin useimmat kotimaiset puulajit: kuoren osuus laski tyvestä tietylle korkeudelle, jonka jälkeen se nousi latvaa



Kuva 10. Kuoren osuuden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 100, 200 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitan puissa. Vastaavat puiden pituudet olivat 14, 18 ja 23 m.

Fig. 10. Bark percentage according to the relative height of the trees with breast height diameters of 100, 200, and 300 mm. The corresponding tree heights were 14, 18, and 23 m.

kohti (kuva 10). Kuoren osuus oli alimmillaan 30...50 % korkeudella puun koosta riippuen. Pienillä puilla (100 mm) kuoren osuuden lasku tyvestä minimikohtaan oli vähäistä, alle 1 %-yksikköä. Vaikka suurilla puilla (300 mm) lasku oli voimakkaampaa (noin 2,5 %-yksikköä), oli ero kotimaiseen mäntyyn huomattava. Esimerkiksi Hakkilan (1967) tutkimuksessa kotimaisen männyn kuoriprosentti laski tyvestä 40 %:n korkeudelle 10 m pituisilla puilla 14 % ja 20 m pituisilla puilla 10 %. Synnä lienee kontortamännny vähäinen tyvikaaran muodostus.

Hakkilan ja Panhelaisen (1970) tutkimuksessa saatiin kontortamännny kuoren osuuden vaihtelulle samankaltainen tulos, joskin heidän aineistossaan kuoren osuus laski tyvestä minimikohtaan jyrkemmin. Aleneminen oli 14 m:n puissa noin 4 %-yksikköä ja 18 m:n puissa noin 3 %-yksikköä tyvestä 40 %:n korkeudelle.

Kuoren osuus kohosi minimiarvostaan voimakkaasti latvaa kohti. Pienillä puilla kuoren osuus oli 95 %:n korkeudella 19,2 % ja suurilla puilla 12,4 %.

Kuoren kaksinkertaiselle paksuudelle saatiin seuraava regressioyhtälö.

$$(12) \quad y = 1,341 + 0,06480d - 0,00009893d^2 - 0,04465hw + 2,540e^2 - 0,3824he$$

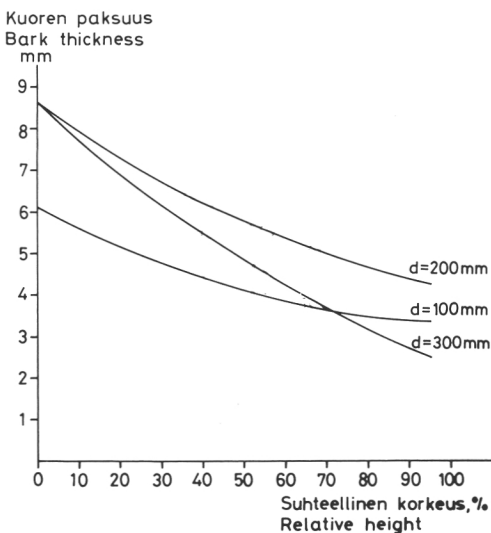
jossa y = kuoren kaksinkertainen paksuus, mm  
d = rinnankorkeusläpimitta, mm  
h = pituus, m  
e = suhteellinen korkeus (0...1)  
w = rungon kasvunopeus (0,5 · rinnankorkeusläpimitta/ikä) (mm/a)

Selitysaste (R<sup>2</sup>) = 32,7 %  
Jäännöshajonta (s) = 2,4 mm  
F-arvo = 201,7 (5,2078)

Kuvassa 11 esitetään kuoren paksuuden aleneminen tyvestä latvaan. Kontortamännällä aleneminen oli likimain lineaarista. Puun koon vaikutus jäi tässä tapauksessa epäselväksi.

Kotimaisella männyllä on kuoren paksuuden todettu alenevan jyrkästi tyvestä 25 %:n korkeudelle (aleneminen oli 10-metrisillä puilla 5 mm, 15-metrisillä puilla 7 mm ja 20-metrisillä puilla 9 mm), jonka jälkeen se pysyi miltei muuttumattomana latvaan asti (Hakkila 1967, s. 15).

Ero kotimaisen männyn ja kontortamännyn kuoren paksuuden vaihtelussa johtuu



Kuva 11. Kuoren paksuuden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 100, 200 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitan puissa. Vastaavat puiden pituudet olivat 14, 18 ja 23 m ja kasvunopeudet 1,1, 2,2 ja 3,2 mm/a.

Fig. 11. Bark thickness according to the relative height of the trees with a breast height diameter 100, 200, and 300 mm. The corresponding tree heights were 14, 18, and 23 m and growth rates 1,1, 2,2, and 3,2 mm/a.

paksun tyvikaarnan puuttumisesta kontortalla.

### 33. Lustojen keskipaksuus rungossa

Kiekon lustojen keskipaksuus saatiin jakamalla kiekon tilavuutta vastaava läpimita kaksinkertaisella vuosilustojen lukumäärällä. Sen vaihtelua rungon pituuden suunnassa kuvasi regressioyhtälö (13).

$$(13) \quad y = -1,003 + 0,007160d + 0,1168h + 0,7879e - 0,003533h^2 + 0,4368w - 0,004745de + 0,05350he$$

jossa y = kiekon lustojen keskipaksuus, mm  
d = rinnankorkeusläpimitta, mm  
h = pituus, m  
e = suhteellinen korkeus (0...1)  
w = rungon kasvunopeus, mm/a

Selitysaste (R<sup>2</sup>) = 69,0 %  
Jäännöshajonta (s) = 0,37 mm  
F-arvo = 660,2 (7,2076)

Kaikenkokoisissa puissa kiekon lustojen keskipaksuus nousi tyvestä latvaa kohti likimain lineaarisesti (kuva 12). Kohoaminen oli suurin (1,0 mm) pienillä puilla ja pienin isoilla puilla (0,5 mm).

Suurimmat lustojen keskipaksuudet saatiin isoille puille. Ero isojen ja pienten puiden välillä lustojen keskipaksuudessa (tyvellä 2,2 mm ja latvassa 1,8 mm) johtuu kasvunopeudesta. Koska aineiston puut olivat likimain samanikäisiä, olivat kookkaat puut nopeakasvuja ja näin ollen leveämpilustoisia.

### 34. Epäpyöreys

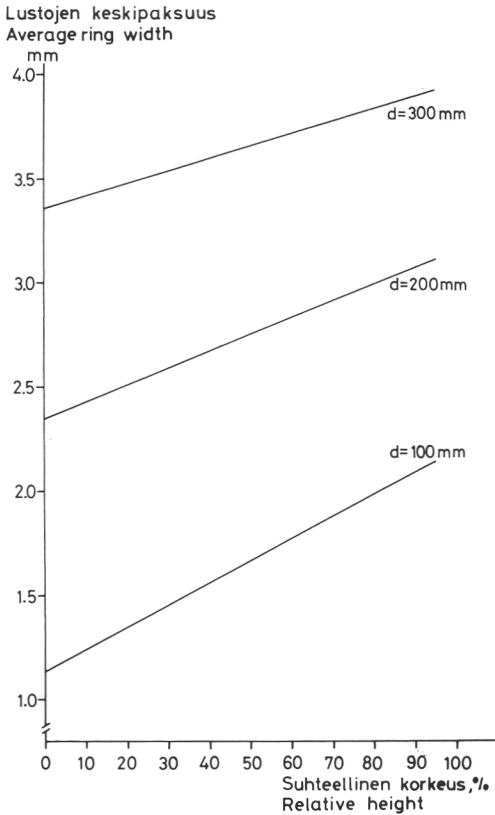
Epäpyöreyttä kuvattiin suurimman ja pienimmän läpimitan erolla sekä kuorellisista että kuorettomista kiekkoista. Ero laskettiin sekä absoluuttisesti (mm) että suhteessa läpimittojen keskiarvoon (%).

Epäpyöreuden vaihtelu rungon pituuden suunnassa on esitetty kuvissa 13...16. Valikoivalla regressioanalyysillä lasketut regressioyhtälöt olivat seuraavat.

$$(14) \quad y_1 = 1,600 + 0,3944h + 0,0001264d^2 + 9,143e^2 - 0,03920de - 0,7028he$$

$$(15) \quad y_2 = 1,194 + 0,3690h + 0,01233dw + 9,204e^2 - 0,04631de - 0,6189he$$

$$(16) \quad y_3 = 6,460 - 7,152e + 5,591e^2$$



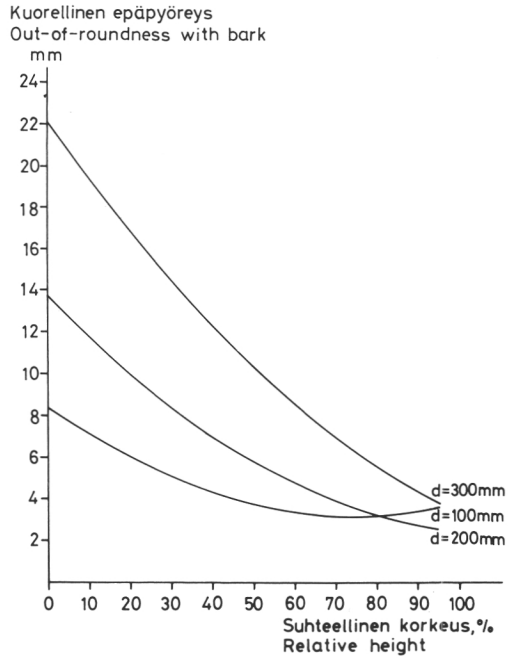
Kuva 12. Lustojen keskipaksuuden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 100, 200 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitan puissa. Vastaavat puiden pituudet olivat 14, 18 ja 23 m ja kasvunopeudet 1,1, 2,2 ja 3,2 mm/a.

Fig. 12. Ring width according to the relative height of the trees with a breast height diameter of 100, 200, and 300 mm. The corresponding tree heights were 14, 18, and 23 m and growth rates 1,1, 2,2, and 3,2 mm/a.

$$(17) \quad y_4 = 6,382 - 6,663e + 4,508e^2$$

joissa  $y_1$  = kuorellinen absoluuttinen epäpyöreys, mm  
 $y_2$  = kuoreton absoluuttinen epäpyöreys, mm  
 $y_3$  = kuorellinen absoluuttinen epäpyöreys suhteessa läpimittojen keskiarvoon, %  
 $y_4$  = kuoreton absoluuttinen epäpyöreys suhteessa läpimittojen keskiarvoon, %  
d = rinnankorkeusläpimitta, mm  
h = pituus, m  
e = suhteellinen korkeus (0...1)  
w = rungon kasvunopeus (mm/a)

	Yhtälö n:o			
	(14)	(15)	(16)	(17)
Selityskaste ( $R^2$ )	30,6	29,7	5,1	5,6
Jäännöshajonta (s)	6,6	6,6	3,2	0,06
F-arvo	183,0	175,7	56,3	62,2
	(5, 2078)	(5, 2078)	(2, 2081)	(2, 2081)



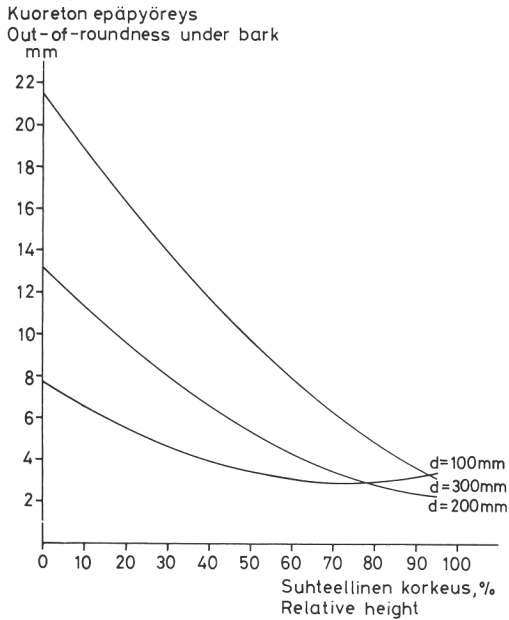
Kuva 13. Kuorellisen absoluuttisen epäpyöreuden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 100, 200 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitan puissa. Vastaavat puiden pituudet olivat 14, 18 ja 23 m.

Fig. 13. Out-of-roundness with bark according to the relative height of the trees with a breast height diameter of 100, 200, and 300 mm. The corresponding tree heights were 14, 18, and 23 m.

Absoluuttinen epäpyöreys aleni jyrkästi tyvestä latvaan sekä kuorellisena että kuorettomana. Aleneminen oli voimakkainta isoissa puissa. Esimerkiksi 300 mm läpimitteisillä puilla kuorellinen absoluuttinen epäpyöreys laski tyvestä latvaan yli 18 mm, kun taas 100 mm läpimitteisillä puilla aleneminen oli vain noin 5 mm. Vastaavat kuorettomat luvut olivat samaa suuruusluokkaa.

Puun koon vaikutus epäpyöreiden absoluuttiseen määrään oli suurinta tyvellä. Erot isojen ja pienten puiden välillä sekä kuorellisessa että kuorettomassa epäpyöreyydessä olivat tyvellä 14 mm ja latvassa alle 1 mm. Tämä johtunee isojen puiden tyviläajentumista.

Suhteellinen epäpyöreys vaihteli rungon piteuden suunnassa vähemmän kuin absoluuttinen epäpyöreys. Se aleni kuitenkin selvästi tyvestä keskirunkoon kääntyen sitten lievästi nousuun latvaa kohti. Vastaavan tuloksen kotimaiselle männylle sai Tiuhonen (1961, s. 52). Puun koolla ei havaittu ole-



Kuva 14. Kuorettoman absoluuttisen epäpyöreiden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 100, 200 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitan puissa. Vastaavat puiden pituudet olivat 14, 18 ja 23 m ja kasvunopeudet 1,1, 2,2 ja 3,2 mm/a.

Fig. 14. Out-of-roundness under bark according to the relative height of the trees with a breast height diameter of 100, 200, and 300 mm. The corresponding tree heights were 14, 18, and 23 m and growth rates 1,1, 2,2, and 3,2 mm/a.

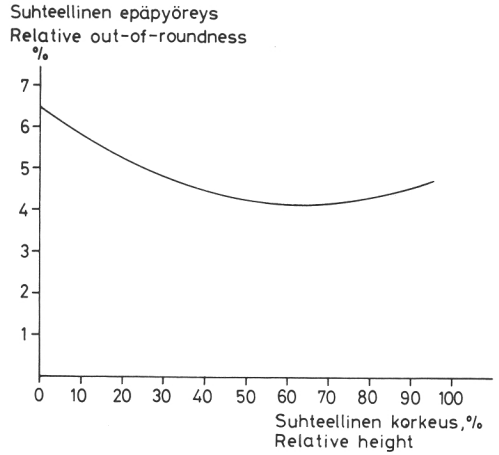
van vaikutusta suhteelliseen epäpyöreyyteen. Epäpyöreiden keskitaso oli samaa suuruusluokkaa tai suurempi kuin tavallisella männyllä (Böhmer 1935, Heiskanen ja Tiihonen 1958, s. 29, Kärkkäinen 1975a, Kärkkäinen ja Salmi 1981). Lehtipuilla epäpyöreys on tunnetusti suurempi (esim. Kärkkäinen 1975b, 1976, 1979, 1980).

### 35. Kasvun jakautuminen rungossa

Laskemalla sekä puuaineen että kuoren massa pituusyksikköä ja vuotta kohti pyrittiin selvittämään, minne kasvu rungossa keskittyy. Runkojen pituuden suuntaisen puuaineen ja kuoren keskimääräisen vuotuisen kasvun vaihtelulle saatiin seuraavat regressioyhtälöt.

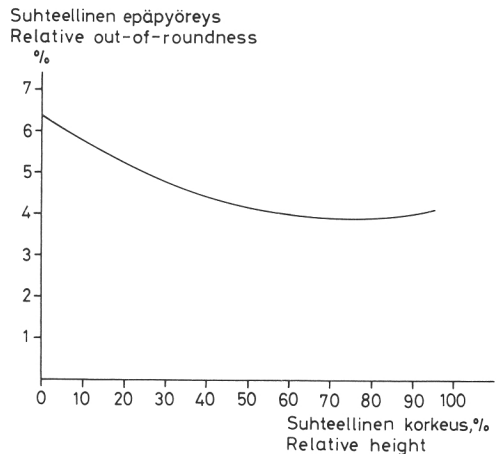
$$(18) \quad y_1 = -0,1444 + 0,001860d + 0,3316e + 0,0002667dw - 0,002251de - 0,002981he - 0,1258e^3$$

$$(19) \quad y_2 = 0,001580 + 0,01010w + 0,01670e^2 - 0,0009793he - 0,003630we$$



Kuva 15. Suhteellisen kuorellisen epäpyöreiden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta.

Fig. 15. Relative out-of-roundness with bark according to the relative tree height.

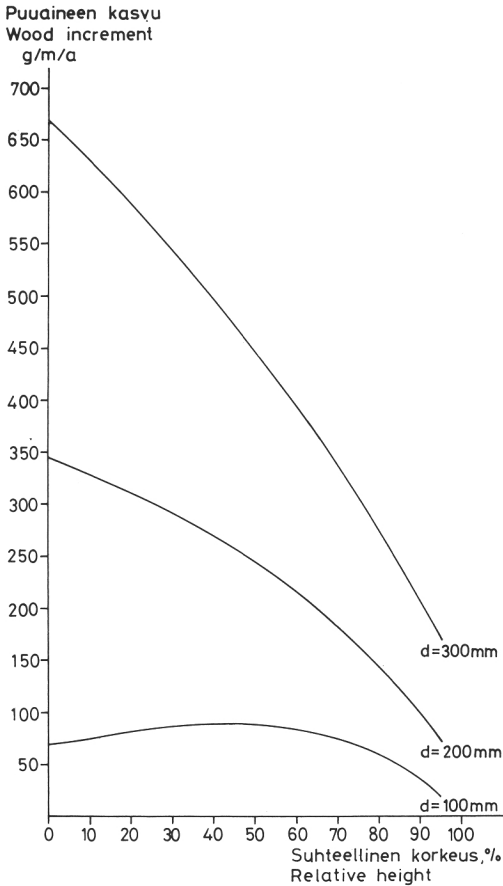


Kuva 16. Suhteellisen kuorettoman epäpyöreiden riippuvuus suhteellisesta korkeudesta.

Fig. 16. Relative out-of-roundness under bark according to the relative tree height.

- joissa  $y_1$  = puuaineen massa pituusyksikköä ja vuotta kohti, g/m/a
- $y_2$  = kuoren massa pituusyksikköä ja vuotta kohti, g/m/a
- d = rinnankorkeusläpimita, mm
- h = pituus, m
- e = suhteellinen korkeus (0...1)
- w = rungon kasvunopeus (mm/a)

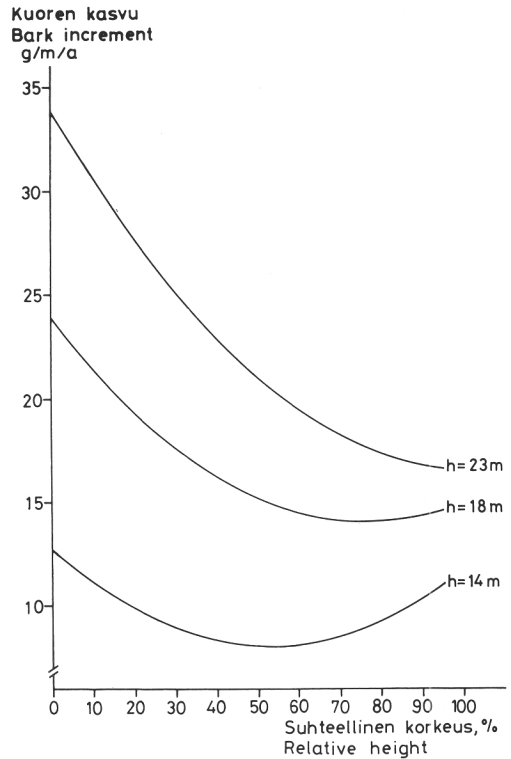
	Yhtälö n:o	
	(18)	(19)
Selitysaste ( $R^2$ )	86,2	30,8
Jäännöshajonta (s)	0,05	0,008
F-arvo	2157,6 (6,2077)	308,9 (3,2080)



Kuva 17. Puuaineen keskimääräisen vuotuisen kasvun rungon pituusyksikköä kohti riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 100, 200 ja 300 mm rinnankorkeusläpimitin puissa. Vastaavat puiden pituudet olivat 14, 18 ja 23 m ja kasvunopeudet 1,1, 2,2 ja 3,2 mm/a.

Fig. 17. Mean annual increment of wood per stem length according to the relative height of the trees with a breast height diameter of 100, 200, and 300 mm. The corresponding tree heights were 14, 18, and 23 m and growth rates 1,1, 2,2, and 3,2 mm/a.

Puuaineen keskimääräinen vuotuinen kasvu rungon pituusyksikköä kohti oli pieniä puita lukuunottamatta suurinta tyvellä, josta se aleni voimakkaasti latvaa kohti. Aleneminen oli sitä suurempi, mitä kookkaammista puista oli kyse. Pienillä puilla maksimikohta oli keskirungossa (kuva 17). Tämä on fysiologisesti sängen tarkoituksenmukaista: metsikön pieniläpimittaisten puiden kasvun painottuminen tyviosaan merkitsisi entisestään heikentynyttä valoasemaa ja ennen pitkää puiden kuolemaa. Siten kasvun si-



Kuva 18. Kuoren keskimääräisen vuotuisen kasvun rungon pituusyksikköä kohti riippuvuus suhteellisesta korkeudesta 14, 18 ja 23 m pituisissa puissa. Vastaavat kasvunopeudet olivat 1,1, 2,2 ja 3,2 mm/a.

Fig. 18. Mean annual increment of bark per stem length according to the relative height of the trees 14, 18, and 23 m high and with growth rates of 1,1, 2,2, and 3,2 mm/a.

jainnin vaihtelu on hyvä esimerkki adaptaatiosta.

Kuoren keskimääräinen vuotuinen kasvu rungon pituusyksikköä kohti oli kaikenkokoisilla puilla suurimmillaan tyvessä. Kuoren kasvua selitettäessä vaikutti rinnankorkeusläpimittaa enemmän puun pituus.

Lyhyissä (14 m) ja samalla pieniläpimittaisissa puissa kuoren keskimääräinen vuotuinen kasvu rungon pituusyksikköä kohti oli alimmillaan rungon puolivälissä ja kohosi sen jälkeen latvaa kohti. Sen sijaan pitkällä puilla minimikohta oli latvassa (kuva 18).

Sekä puuaineella että kuorella keskimääräinen vuotuinen kasvu pituusyksikköä kohti oli sitä suurempi, mitä kookkaammista rungoista oli kyse. Tämä selittyy puiden iän pienestä vaihtelusta.

#### 4. KÄYTÄNNÖN NÄKÖKOHTIA

Tämän työn aineisto, 199 runkoa, on suu-  
rempi kuin se aineisto, mihin aikaisemmat  
käsitykset Suomessa kasvaneen kontortan  
ominaisuuksista perustuvat (Hakkila ja Pan-  
helainen 1970, 122 runkoa). Jälkimmäinen  
aineisto jakautuu kuitenkin useampaan met-  
sikköön. Kun tulokset ovat mm. kuiva-  
tuoretiheydestä erittäin yhdenpitäviä, tämä  
viittaa siihen, että kotimaiset tiedot nyt tar-  
kastelluista kontortan ominaisuuksista ovat  
käytännön tarpeita varten riittävät.

Tämän työn tuoma uusi lisäys aiempaan  
tietämykseen koskee nimenomaan metsikön  
sisäistä vaihtelua. Voitiin todeta, että monet  
ominaisuudet riippuivat siitä, olivatko puut  
metsikön suurimpia puita vai niistä kehityk-  
sessä jälkeen jääneitä. Esimerkiksi kuiva-  
tuoretiheys riippui voimakkaasti kasvuno-  
peudesta metsikön sisällä: kuitupuukokois-  
ten runkojen keskitiheys oli 23 kg/m<sup>3</sup> kor-

keampi kuin samoissa oloissa kasvaneiden  
tukkipuukokoisten runkojen. Tämä tulos  
osoittaa, että eri ominaisuuksien muuttu-  
mista ei ole tarkoituksenmukaista tarkastel-  
la vain rinnankorkeusläpimitan mukaan, el-  
lei tiedetä, johtuuko tarkasteltujen puiden  
koon kasvaminen suuremmasta iästä vai pa-  
remmasta kasvusta. Pelkästään ajatellen sa-  
mojen puiden kehitystä kuitupuurungosta  
tukkipuukokoiseksi rungoksi, on selvää, että  
tiheys kasvaa koon myötä. Kuitenkin metsi-  
kön sisäisessä kehityksessä pienimmät puut  
tulevat keskimäärin tiheimmiksi kuin hyvin  
kasvaneet valta puut. Tällä ilmiöllä on huo-  
mattava merkitys mm. siihen, millaista puu-  
tavaraa saadaan kontortan harvennus- ja  
päätehakuissa. Tämän tutkimuksen tulost-  
en mukaan harvennushakuissa saatava  
putavara on poikkeuksellisen tiheää.

#### KIRJALLISUUTTA

- ANDERSON, I.V. 1947. The merits of lodgepole pine poles. USDA For. Serv. Northern Rocky Mountain For. Range Exp. Sta. Station paper 10:1—6.
- ANDERSSON, E. 1976. *Pinus contorta* — sågbarhet — impregnerbarhet. Summary: *Pinus contorta* — sawability — permeability. Rapp. Inst. Virkeslära Skogshögsk. 99:1—40.
- BAUGER, E. & SMITT, A. 1959. Et treslags- og proveniensforsøk på Stad. Summary: An experiment on tree species and provenances on Stad. Medd. Vestland. Forstl. Forsøksstasj. 11(2):61—123.
- BLOMQVIST, S. 1981. Försök med *Pinus contorta*. Summary: Experiments with *Pinus contorta*. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 79(4):42—72.
- BRAZIER, J.D. 1980. A report on the effects of provenance on the timber properties of lodgepole pine. Teoksessa: *Pinus contorta* as an exotic species. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsgen. Sveriges Lantbruksuniv. 30:181—207.
- BØHMER, J.G. 1935. Furuens flattrykning og tommerinnhold. Tidskr. Skogsbruk 43(12):342—352.
- BREKKEN, P. 1968. *Pinus contorta* på Westlandet. Summary: *Pinus contorta* in West-Norway. Tidskr. Skogbruk 76(4):275—295.
- Characteristics of Alaska woods. 1963. U.S. For. Serv. Res. Pap. U.S. For. Prod. Lab., Madison No FPL—1:1—64.
- COLE, D.M. 1973. Estimation of phloem thickness in lodgepole pine. USDA For. Serv. Res. Pap. INT—148:1—10.
- CRITCHFIELD, W.B. 1957. Geographic variation in *Pinus contorta*. Harvard University Publication No. 3:1—118.
- CUMMINS, L.K. 1969. Study explores yield potential of stagnated poletimber stands. Montana Forest Industry News (June):1—2.
- DIETRICHSON, J. 1970. Geografisk variasjon hos *Pinus contorta* Dougl. Summary: Geographic variation in *Pinus contorta* Dougl. Medd. norske Skogforsøgs Nr 102:111—140.
- DOBIE, J. & McBRIDE, C.F. 1964. Sawmilling studies of lodgepole pine. Can. For. Ind. 84(10):62—67.
- ERICSON, B. 1969. Diskussionsinlägg om *Pinus contorta*. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 67(8):721—722.
- FRYK, J. 1980. Inventory of older *Pinus contorta* plantations at Ab Iggesunds Bruk. Teoksessa: *Pinus contorta* as an exotic species. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsgen. Sveriges Lantbruksuniv. 30:56—65.
- 1981. Utveckling, kvalitet och skador hos yngre contortakulturer. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 79(4):35—41.
- GARY, H.L. 1978. The vertical distribution of needles and branchwood in thinned and unthinned 80-year-old lodgepole pine. Northwest Sci. 52(4):303—309.

- GUERNSEY, F.W. & DOBIE, J. 1966. Properties and utilization of lodgepole pine in western Canada. Publ. Dep. For. Can. 1143:1—24.
- HAGNER, M. 1970. A genecological investigation of the annual rhythm of *Pinus contorta* Dougl. and a comparison with *Pinus silvestris* L. Sammanfattning. En genekologisk undersökning av årsrytmen hos *Pinus contorta* Dougl. och en jämförelse med *Pinus silvestris* L. Stud. For. Suec. 81:1—26.
- HAGNER, S. 1971. *Pinus contorta* i norrländskt skogsbruk. Summary: Cultivation of *Pinus contorta* in northern Sweden. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 69(3):219—246.
- HAHL, J. 1978. Tuloksia kontortamännyn alkupe-räkökeesta Lopella. Summary: Results from an eight-year old provenance trial of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.). Metsänjalostussäätiö Tied. 4:1—6.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuainete tyheydestä. Commun. Inst. For. Fenn. 61(5):1—98.
- 1967. Vaihtelumalleja kuoren painosta ja paino-prosentista. Summary: Variation patterns of bark weight and bark percentage by weight. Commun. Inst. For. Fenn. 62(5):1—37.
- & PANHELAINEN, A. 1970. On the wood properties of *Pinus Contorta* in Finland. Lyhennelmä: Suomessa kasvatetun *Pinus contortan* puu-aineen ominaisuuksista. Commun. Inst. For. Fenn. 73(1):1—43.
- HALLOCK, H. 1969. Sawing to reduce warp of lodgepole pine studs. USDA For. Serv. Res. Pap. For. Prod. Lab., Madison No FPL—102:1—32.
- HARRIS, J.M. 1973. Physical properties, resin content, and tracheid length of lodgepole pine grown in New Zealand. N.Z.J. For. Sci. 3(1):91—109.
- HATTON, J.V. 1968. Effect of outside chip storage on refiner — groundwood pulp brightness. Bi-m. Res. Notes 24(6):48—49.
- 1970. Pricese studies on the effect of outside chip storage on fiber yield: white spruce and lodgepole pine. Tappi 53(4):627—638.
- HEEBINK, B.G. 1974. Particleboard from lodgepole pine forest residue. USDA For. Serv. Res. Pap. For. Prod. Lab., Madison No FPL—221:1—14.
- HEGER, L. 1974. Longitudinal variation of specific gravity in stems of black spruce, balsam fir and lodgepole pine. Can. J. For. Res. 4(3):321—326.
- HEIKINHEIMO, O. 1956. Tuloksia ulkomaisten puu-lajien viljelystä Suomessa. Referat: Ergebnisse von einigen Anbauversuchen mit fremdländischen Holzarten in Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 46(3):1—129.
- 1957. Ulkomaiset puulajit Suomen metsätaloudes-sa. Paperi ja Puu 39(4a):211—216.
- HEISKANEN, V. & RIKKONEN, P. 1976. Havusaha-tukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät. Summary: Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. Folia For. 250:1—67.
- & TIIHONEN, P. 1958. Rinnankorkeusläpimitaan perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for saw timber stems based on breast height diameter. Commun. Inst. For. Fenn. 49(5):1—76.
- HENDERSON, J. & PETTY, J.A. 1972. A comparison of wood properties of coastal and interior provenances of lodgepole pine, *Pinus contorta* Dougl. ex Loud. Forestry 45(1):49—57.
- Home-grown timber trees. 1967. Publ. by TRADA. Bucks. 16 s.
- HÄGGLUND, B. 1980. Growth and yield in planted lodgepole pine stands in Finland and Sweden. Teoksessa: *Pinus contorta* as an exotic species. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsgen. Sveriges Lantbruksuniv. 30:167—179.
- ILVESSALO, L. 1920. Ulkomaisten puulajien vil-jelismahdollisuudet Suomen oloja silmälläpitäen. Referat: Über die Anbaumöglichkeit ausländischer Holzarten mit spezieller Hinsicht auf die finnischen Verhältnisse. Acta For. Fenn. 17:1—112+1—42.
- ILVESSALO, Y. 1948. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Kirjayhtymä. Helsinki. 148 s.
- INGERSTEDT, S. 1966. ”Murrayana”-tallen (*Pinus contorta*) i försök i mellersta Norrland. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 64:67—100.
- JEFFERS, J.N.R. & BLACK, T.M. 1963. An analysis of variability in *Pinus contorta*. Forestry 36(2): 199—218.
- JOHNSSON, H. 1957. Några data från försökskulturer med nordamerikansk tall. Sveriges SkogsvFören. Tidskr. 55:345—358.
- JOHNSTONE, W.D. 1970. Some variations in specific gravity and moisture content of 100-year-old lodgepole pine trees. Inform. Rep. For. Res. Lab., Calgary No A—X—29:1—19.
- KANTOR, J. 1980. The provenance study plot with *Pinus contorta* Dougl. in Czechoslovakia. Acta Univ. Agr. (Brno) Ser. C 49(1):33—54.
- KARLMAN, M. 1976. Kontortan och svamparna. Skogen 63(15):628—630.
- 1980. Damage to *Pinus contorta* plantations in northern Sweden. Teoksessa: *Pinus contorta* as an exotic species. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsgen. Sveriges Lantbruksuniv. 30:247—255.
- KEYS, J.L. 1968. Present and future use of aspen in pulping. Inform. Rep. For. Prod. Lab. VP—X—36: 1—18.
- KØHN, F., AASEN, L.P. & DIETRICHSON, J. 1973. *Pinus contorta* i Norge. Norsk Institutt for Skogforskning. Stensiltrykk. 51 s.
- KUJALA, V. 1948. Murrayn mäntyä uhkaavista tuhosienistä. Metsät. Aikakausl. 65(3):42—44.
- 1950. Über die Kleinpilze der Koniferen in Finn-land. Selostus: Havupuiden pikkusienistä Suomes-sa. Commun. Inst. For. Fenn. 38(4):1—121.
- KÄRKKÄINEN, M. 1975a. Pohjoissuomalaisten män-tytukkien soikeus. Summary: Ovalness of pine logs of Northern Finland. Silva Fenn. 9(4):251—258.
- 1975b. Koivu- ja haapatukkien poikki-pinta-alan mittaaminen. Summary: Measurement of the cross sectional area of birch and aspen logs. Silva Fenn. 9(3):212—232.
- 1976. Lisähavaintoja haapatukkien poikki-pinta-alan mittaamisesta. Summary: Auxiliary observations on the measurement of the cross-sectional area of aspen logs. Silva Fenn. 10(4):257—265.
- 1979. Koivutukkien tarkistusmittauksia. Summary: Control measurements of birch logs. Folia For. 377:1—21.
- 1980. Havaintoja koivutukkien epäpyöreystä ja pituusmittaeroista. Summary: Observations of the out-of-roundness and deviations from nominal

- lengths of birch logs. *Silva Fenn.* 14(3):286—293.
- 1981. Männyn ja kuusen runkokuun pihkapiitoisuuden lisääminen sivutuotesaannon kohottamiseksi. Summary: Increasing resin content in pine and spruce stemwood for higher by-product yield. *Commun. Inst. For. Fenn.* 96(8):1—81.
- & SALMI, J. 1981. Länsi-Uudenmaan rannikon mäntytykkien ominaisuudet eräällä sahalaitekselella. Summary: Properties of pine logs in a coastal sawmill in southern Finland. *Folia For.* 458:1—20.
- LAGERBERG, T. 1930. Främmande barrträd av värde för vårt skogsbruk. *Murraytallen. Skogen* 17(2):49—56.
- LAINEN, J. 1979. Kontortamännyn alkukehitys ojitetulla karulla avosuolla. Summary: Initial development of *Pinus contorta* on a nutrient poor open bog in Finland. *Suo* 30(2):27—32.
- LANGE, R.W. 1971. Bark thickness, k, factors for four Montana coniferous tree species. Research Note, Montana Forest and Conservation Experiment Station 9:1—2.
- LARSEN, J.B. 1980. Older provenance trials with *Pinus contorta* in Denmark. Teoksessa: *Pinus contorta* as an exotic species. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsgen. Sveriges Lantbruksuniversitet. 30:45—58.
- LAUMANN JØRGENSEN, E. & ANDERSEN, K.F. 1959. *Pinus contorta*, väekst og anvendelse i Danmark. Summary: The position and possibilities of *Pinus contorta* in Danish forestry. *Dansk Skovforen. Tidsskr.* 44:479—500.
- LINDFORS, J. 1928. *Pinus murrayana*. Eine schnellwachsende Kieferart, die sich zur Herstellung von Sulfitzellstoff eignet. *Forstarchiv* 4(13):221—225.
- 1937. *Pinus Murrayana* på Savianpalo. Referat: *Pinus Murrayana* auf Savianpalo. *Yksityismetsänhoitajayhd. Vuosik.* 10:43—48.
- LINDGREN, D., LINDGREN, K. & PERSSON, A. 1980. Survival and height increment of *Pinus contorta*. IUFRO 70/71 series in Sweden. Teoksessa: *Pinus contorta* as an exotic species. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsgen. Sveriges Lantbruksuniversitet. 30:103—133.
- LINES, R. 1957. *Pinus contorta* in Ireland, 1955. *Forestry* 30(2):139—150.
- 1980. Stability of *Pinus contorta* in relation to wind and snow. Teoksessa: *Pinus contorta* as an exotic species. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsgen. Sveriges Lantbruksuniversitet. 30:209—219.
- LÄHDE, E., NIEMINEN J., ETHOLÉN, K. & SUOLAHTI, P. 1982. Varttuneet kontortametsiköt Suomen eteläpuoliskossa. Summary: Older lodgepole pine stands in southern Finland. *Folia For.* 533.
- MAEGLIN, R.R. & WAHLGREN, H.E. 1972. Western wood density survey. Report No 2. USDA For. Serv. Res. Pap. For. Prod. Lab., Madison No FPL—183:1—24.
- METSÄNHEIMO, U. 1926. Murrayn mänty, Suomen tuleva massapuu! *Tapio* 19:363—366.
- MIETTINEN, L. 1952. Piirteitä Murrayn männyn kasvusta ja kehityksestä. Summary: On the growth and development of lodgepole pine stands (*Pinus contorta latifolia* S. Wats.). *Commun. Inst. For. Fenn.* 40(9):1—14.
- Misslyckat försök med *Pinus murrayana*. 1949. *Skogsbruket* 19(2—3):34.
- MYERS, C.A. 1964. Taper tables, bark thickness, and diameter relationships for lodgepole pines in Colorado and Wyoming. USDA For. Serv. Res. Note RM—31:1—6.
- NELLBECK, R. 1981. Odling av *Pinus contorta*. Program och erfarenheter 1968—1980, AB Iggesund Bruk. Summary: Growing of *Pinus contorta*. Programme and experiences 1968—1980, AB Iggesund Bruk. *Sveriges SkogsvFörb. Tidskr.* 79(4):3—34.
- 1982. Varför har skogsbruket introducerat contorta i Sverige? *Sveriges SkogsvFörb. Tidskr.* 80(1—2):17—20.
- NIXON, G.D. 1953. Suitability of lodgepole pine for dryformed hardboard. *J. For. Prod. Res. Soc.* 3(4):29—34.
- OKKONEN, E.A., WAHLGREN, H.E. & MAEGLIN, R.R. 1972. Relationships of specific gravity to tree height in commercially important species. *For. Prod. J.* 22(7):37—41.
- PANSHIN, A.J. & de ZEEUW, C. 1980. Textbook of Wood Technology. Structure, Identification, Properties, and Uses of the Commercial Woods of the United States and Canada. Fourth Edition. McGraw-Hill Book Company. New York. 722 s.
- PARKER, H.A. 1950. Bark thickness of lodgepole pine. *Silv. Leaflet For. Br. Can.* 49:1—2.
- PAUL, B.H. 1962. Properties and uses of Western Pines. *Hitchcock's Wood Working Digest* 64(1):43—45.
- PERSSON, A. 1982. Contortatallens kvalitet i jämförelse med tall och gran. Massa, papper och sågad vara. Summary: The quality of *Pinus contorta* in comparison to Scots pine and Norway spruce. Pulp, paper and sawn timber. *Sveriges SkogsvFörb. Tidskr.* 80(1—2):37—42.
- PIIRTO, D.D., CREWS, D.L. & TROXELL, H.E. 1974. The effects of dwarf mistletoe on the wood properties of lodgepole pine. *Wood and Fiber* 6(1):26—35.
- Properties of thinnings of home-grown lodgepole pine (*Pinus contorta*). 1955. *For. Prod. Res. Lab. Progress Report 1, Consignment No. 821:1—11.*
- 1960. *For. Prod. Res. Lab. Progress Report 2, Consignment No. 1027:1—38.*
- REMRÖD, J. 1969. Contortatallen i svenska försök. Föreningen skogsträdförädling. Institutet för skogsförbättring årsbok 1969:121—143.
- 1977. En produktionsmodell för contortatall i norra och mellersta Sverige. Resultat från uppföljning av äldre kulturer med *Pinus contorta*. Summary: A yield model for lodgepole pine in northern and central Sweden. *Sveriges SkogsvFörb. Tidskr.* 75(1):3—43.
- ROCHE, L. 1966. Variations in lodgepole pine with reference to provenances planted in Great Britain and Ireland. *Forestry* 39(1):30—39.
- RYMER—DUDZINSKA, T. 1976. Udział kory w miąższości drzewostanów sosnowych. Summary: Bark proportion in the volume of pine stands. *Folia For. Polon. (Lesn.)* 22:223—236.
- SALIN, M. & PALENIUS, I. 1970. Murraynamännyn sopivuus sulfaattimassan valmistukseen. Keskuslaboratorio, Seloste 995:1—51. Julkistamaton. Not published.
- SARVAS, R. 1966. Havupuut. WSOY. Porvoo—Helsinki. 518 s.
- SCHULENBURG, A. Fr. v.d. 1948. Erfarenheter vid acklimatisering av en nordamerikansk massavedstall

- i Europa. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 46:382—392.
- SCHÜTT, P. 1962. Individuelle und bestandesweise Schwankungen der Holzdichte und der Faserlänge bei *Pinus contorta*. Papier (Darmstadt) 16(11): 671—675.
- 1965. Ein Beitrag zur Frühdiagnose von Holzigenschaften. Forstwiss. Cbl. 84(5/6):140—148.
- SCHWARTZ, S.L. 1958. Hardboard from lodgepole pine, Engelmann spruce, and Douglas fir. Rep. U.S. For. Prod. Lab., Madison No. 2123:1—6.
- SKRÖPPA, T. 1982. Erfaringer med *Pinus contorta* i andre land. Summary: Experiences with *Pinus contorta* in other countries. Sveriges SkogsvFörb. Tidskr. 80(1—2):77—86.
- TACKLE, D. 1962. Specific gravity of lodgepole pine in the Intermountain Region. Res. Note Intermt. For. Range Exp. Sta. 100:1—4.
- THOMAS, A.V. 1966. The timber of lodgepole pine (*Pinus contorta*) grown in the British Isles. Scot. For. 20(2):82—86.
- TIGERSTEDT, A.F. 1922. Arboretum Mustiala. Ker-tomus kokeista ulkomaisilla puilla ja pensailla Mustialassa vuosina 1901—1921. I Havupuut. Summary: Report on experiments with trees and shrubs of foreign origin in Mustiala 1901—1921. Acta For. Fenn. 24:1—231.
- 1926. Mein Heimwald, Arboretum Mustiala. Mitt. Deutsch. Dendrol. Gesellsch. 36:157—183. (Finland—Buch).
- TIGERSTEDT, C.G. 1927. *Pinus Murrayana*. Forstlig Tidskr. (2):31—48.
- TIGERSTEDT, P.M.A. 1975. Kontortamänty (*Pinus contorta Dougl.*) — Sen elämäankaari ja viljely-mahdollisuudet Suomessa. Dendrol. Seur. Tied. 6(2):46—54, 99—109.
- TIIHONEN, P. 1961. Tutkimuksia männyn kapene-mistaulukoiden laatimiseksi. Referat: Untersuchungen über die Aufstellung der Ausbauchungstafeln für Kiefer. Commun. Inst. For. Fenn. 53(1):1—120.
- TROXELL, H.E. 1954. The use of Rocky Mountain species for pulping. J.For. 52(8):583—586.
- UPRICHARD, J.M. 1967. Pulping of coniferous species other than *Pinus radiata*. N. Z. For. Serv. Rep. For. Res. Inst. 1.1.—31.12.1967., s. 73.
- & GRAY, J.T. 1973. Papermaking properties of kraft pulps from New Zealand grown softwoods. Appita 27(3):185—191.
- WEISSENBURG, K von 1972. Experiences of lodgepole pine in Finland. Paper presented at the meeting of the Nordic Working Group on Provenance Research and Seed Procurement, Varparanta, Finland. 73 s.
- 1975. Pathogens observed on lodgepole pine grown in Finland. Eur. J. For. Path. 5(5):309—317.
- 1980. Seventy years' experience of lodgepole pine in Finland. Teoksessa: CHING, K. & SZIKLAI, O. (toim.) Proc. IUFRO meeting of working parties, Vancouver, Canada. 24 s.
- ZISCHKE, D.A. 1956. Lodgepole pine. Rep. For. Prod. Lab., Madison, 2015:1—19.







ODC 523 + 812.31:174.7 *Pinus contorta*: (480)  
ISBN 951-40-0576-7  
ISSN 0015-5543

BJÖRKLUND, T. 1982. Kontortamännyn puutekniset ominaisuudet. Abstract: Technical properties of lodgepole pine wood. *Folia For.* 522:1—25.

To study the properties of lodgepole pine wood, 199 trees from nine South-Finnish forest stands were felled. Disks were taken for measurement at 2 m intervals from each tree, making 2,262 disks in all. 15,434 samples were taken from the disks to study internal variation.

The properties studied were the basic density, bark percentage, average thickness of growth rings, out-of-roundness and concentration of growth within the stem. In the examination of basic density and bark percentage intra-stem variation (changes from butt to crown) and between-stem variation were treated separately and, for the latter, within-stand and between-stand variation. The changes in density from pith to surface were also studied. Other properties were examined only by stem.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 523 + 812.31:174.7 *Pinus contorta*: (480)  
ISBN 951-40-0576-7  
ISSN 0015-5543

BJÖRKLUND, T. 1982. Kontortamännyn puutekniset ominaisuudet. Abstract: Technical properties of lodgepole pine wood. *Folia For.* 522:1—25.

To study the properties of lodgepole pine wood, 199 trees from nine South-Finnish forest stands were felled. Disks were taken for measurement at 2 m intervals from each tree, making 2,262 disks in all. 15,434 samples were taken from the disks to study internal variation.

The properties studied were the basic density, bark percentage, average thickness of growth rings, out-of-roundness and concentration of growth within the stem. In the examination of basic density and bark percentage intra-stem variation (changes from butt to crown) and between-stem variation were treated separately and, for the latter, within-stand and between-stand variation. The changes in density from pith to surface were also studied. Other properties were examined only by stem.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

*Please, send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).*

Nimi  
Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Osoite  
Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Metsätutkimuslaitos  
Kirjasto/Library  
Unioninkatu 40 A  
SF-00170 Helsinki 17  
FINLAND



# METSÄNTUTKIMUSLAITOS

## THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

### Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto  
*Department of Soil Science*

Suontutkimusosasto  
*Department of Peatland Forestry*

Metsänhoidon tutkimusosasto  
*Department of Silviculture*

Metsänjalostuksen tutkimusosasto  
*Department of Forest Genetics*

Metsänsuojelun tutkimusosasto  
*Department of Forest Protection*

Metsäteknologian tutkimusosasto  
*Department of Forest Technology*

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
*Department of Forest Inventory and Yield*

Metsäekonomian tutkimusosasto  
*Department of Forest Economics*

Matemaattinen osasto  
*Department of Mathematics*

### Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema  
*Parkano Research Station*  
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland  
Puh. — *Phone:* (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema  
*Suonenjoki Research Station*  
Os. — *Address:* 77600 Suonenjoki, Finland  
Puh. — *Phone:* (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema  
*Punkaharju Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 142

Ojajoen koeasema  
*Ojajoki Experimental Station*  
Os. — *Address:* 12700 Loppi, Finland  
Puh. — *Phone:* (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema  
*Kolari Research Station*  
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland  
Puh. — *Phone:* (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema  
*Rovaniemi Research Station*  
Os. — *Address:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi 30, Finland  
Puh. — *Phone:* (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoeasema  
*Ruotsinkylä Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 01590 Maisala, Finland  
Puh. — *Phone:* (90) 824 420

Kannuksen energiametsäkoasema  
*Kannus Energy Forestry Experiment Station*  
Os. — *Address:* Valtakatu 18  
69100 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokousesitelmät.  
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölyittäinen kuitupuun mittausta.  
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.  
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin).
- No 503 Löyttyniemi, Kari: Männyntaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa.  
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskuusikon kasvatustiheyksien liiketaloudellinen vertailu.  
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla.  
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.  
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.  
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.
- No 508 Jokinen, Pekka & Kellomäki, Seppo: Havaintoja metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa.  
Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage.
- No 509 Oker-Blom, Pauline & Kellomäki, Seppo: Metsikön tiheyden vaikutus puun latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Teoreettinen tutkimus.  
Effect of stand density on the within-crown light regime and dying-off of branches. Theoretical study.
- No 510 Metsätaloustilastollinen vuosikirja 1981.  
Yearbook of Forest Statistics 1981.
- No 511 Pelkonen, Heikki, Tuomi, Pertti & Valtanen, Jukka: Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella.  
Survival of pine on reforested sites in northern Finland.
- No 512 Annala, Erkki: Lindaanin käyttö männyn paperikennotaimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta.  
Lindane treatment against *Hyllobius* damage on Paper pot seedlings of Scots pine.
- No 513 Kalaja, Hannu & Rantamaula, Jari: Junkkari laikkahakkurit.  
Junkkari disc chippers.
- No 514 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Kuitupuupinojen painuminen.  
Shrinkage of pulpwood piles.
- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.  
Factors affecting the quality of young pines.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.  
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.
- No 517 Sepponen, Pentti, Laine, Lalli, Linnilä, Kimmo, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsätyypit ja niiden kasvillisuus Pohjois-Suomessa. Valtakunnan metsien III inventoinnin (1951—1953) aineistoon perustuva tutkimus.  
The forest site types of North Finland and their floristic composition. A study based on the III National Forest Inventory (1951—1953).
- No 518 Kubin, Eero & Poikolainen, Jarmo: Hakkaamattoman metsän sekä eri tavoin muokatun avohakkuualan routa- ja lumisuhteista.  
Snow and frost conditions in an uncut forest and open clear-cut areas prepared in various ways.
- No 519 Schildt, Jyri: Unimog kuorma-autoon perustuva polttohakkeen hankintajärjestelmä.  
Producing fuel chips with Unimog truck.
- No 520 Kärkkäinen, Matti: Tuloksia pystykarsittujen mäntyjen sahauksesta.  
Results on sawing pruned pines.
- No 521 Kärkkäinen, Matti & Kallinen, Jorma: Kemin seudun mäntytukkien koesahaustuloksia.  
On the sawing of pine logs from northern Finland, Kemi region.
- No 522 Björklund, Tarja: Kontortamännyn puutekniset ominaisuudet.  
Technical properties of lodgepole pine wood.

---

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaleilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomonisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.

*Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.*

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17 341