

ODC  
232.12  
812.31

# FOLIA FORESTALIA<sup>257</sup>

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1976

---

---

PIRKKO VELLING

---

MÄNTY- JA KUUSIPROVENIENSSIEN  
PUUAINEN TIHEYDEN  
VAIHTELUSTA

---

THE WOOD BASIC DENSITY  
VARIATION OF PINE AND  
SPRUCE PROVENANCES

---

- No 191 Kullervo Kuusela & Alli Salovaara: Ahvenanmaan maakunnan, Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pirkka-Hämeen, Itä-Hämeen, Etelä-Savon ja Etelä-Karjalan piirimetsälautakunnan metsävarat vuosina 1971—72.  
Forest resources in the District of Ahvenanmaa, and the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pirkka-Häme, Itä-Häme, Etelä-Savo and Etelä-Karjala in 1971—72. 7,—
- No 192 Paavo Tiihonen: Puutavaramääräarvioinnissa käytettäviä menetelmiä.  
Methoden für die annähernde Schätzung des Holzsortenstruktur. 2,—
- No 193 Terho Huttunen: Suomen sahateollisuus vuonna 1972.  
The sawmill industry in Finland in 1972. 4,—
- No 194 Ukko Rummukainen: Herbisidirakeiden männyn- ja kuusentaimille aiheuttamista kuorivioituksista.  
On bark damages caused to Scots pine and Norway spruce plantations by granular herbicides. 2,—
- No 195 Metsätalastollinen vuosikirja 1972.  
Yearbook of forest statistics 1972. 12,—
- No 196 Erkki Lähde: The effect of seed-spot shelters and cold stratification on germination of Pine (*Pinus silvestris* L.) seed.  
Kylvösuojan ja kylmästratifikoinnin vaikutus männyn siemenen itämiseen. 2,—
- No 197 Erkki Lähde & Kaarlo Kinnunen: Paperikennon ja turveruukun seinän lujuus ja taimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
The relationship between the wall strength of paper and peat pots and the initial development of seedlings in Northern Finland. 2,—
- No 198 Esko Jaatinen: Metsäteollisuusyhtiöiden omien metsien hakkuupolitiikan motiivit.  
Timber cutting motives of forest industry enterprises. 4,—
- No 199 Esko Leinonen: Purunäytteeseen perustuvasta kuivapainomittauksesta.  
Dry-weight scaling based on chip samples. 3,—
- No 200 Pentti Hakkila & Markku Mäkelä: Jatkotutkimuksia Pallarin kantoharvesterista.  
Further studies of the Pallari Stumpharvester. 2,—
- No 201 Matti Leikola & Risto Rikala: Lannoituksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen kangasmailla.  
The effect of fertilization on the initial development of pine and spruce on mineral soils. 2,—
- No 202 Paavo Tiihonen: Leimikon pystymittauksen tarkistaminen.  
Zur Kontrolle einer am stehenden zum Einschlag ausgezeichneten Holz durchgeführten Messung. 2,—
- No 203 Seppo Kaunisto: Männyn kylvöajankohta ojitetulla suolla.  
Date of direct seeding on drained peatlands. 3,—
- No 204 Pentti Hakkila & Hannu Kalaja: Oksaraaka-aineen kasaus Melroe Bobcat M-600 kuormaajalla.  
Bunching of branch raw material by Melroe Bobcat M-600 loader. 2,—
- No 205 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1971—73.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1971—73. 5,—
- No 206 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista 2 päivänä toukokuuta 1969 annetun päätöksen muuttamisesta. Skogsforskningsinstitutets beslut angående ändring av institutets beslut av den 2 maj 1969 om omvandlingskoefficienter och kuberingstabeller för virkesmätning. 8,—
- No 207 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Karjalan, Pohjois-Savon, Keski-Suomen ja Itä-Savon metsävarat vuonna 1973.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Karjala, Pohjois-Savo, Keski-Suomi and Itä-Savo in 1973. 4,—
- No 208 Tapani Hänninen: Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa.  
The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. 4,—
- No 209 Heikki Nikkilä: Ratapölkkytukkien kuutiointi.  
Measurement of railwaytie-logs. 1,50
- No 210 Hakkuutähteiden talteenoton seurannaisvaikutukset.  
By-effects of the harvesting of logging residues. 2,50.
- No 211 Paavo Tiihonen: Mäntypylväiden kuutioimismenetelmä.  
Eine Kubierungsmethode für Kiefernastholz. 2,—
- No 212 Kaarlo Kinnunen, Juha Lind ja Erkki Lähde: Eri ajankohtina istutettujen männyn kennotaimien alkukehitys Pohjois-Suomessa.  
Initial development of Scots pine paper pot seedlings planted on different dates in northern Finland. 3,—
- No 213 Kullervo Etholén: Kaatoajankohdan vaikutus koivun ja haavan vesomiseen taimistonhoitoaloilla Pohjois-Suomessa.  
The effect of felling time on the sprouting of *Betula pubescens* and *Populus tremula* in the seedling stands in northern Finland. 2,—
- No 214 Veijo Heiskanen ja Jorma Ruikonen: Tukkien lajittelu sahauksen kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.  
Sorting of logs according to the top diameter on bark. 4,—



Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1975

Pirkko Velling

MÄNTY- JA KUUSIPROVENIENSSIEN PUUAINEN  
TIHEYDEN VAIHTELUSTA

The wood basic density variation of pine and spruce provenances

ALKUSANAT

Provenienssikokeissa verrataan tietyn puulajin eri alkuperiä toisiinsa ja paikalliseen alkuperään. Vertailun kriteereinä on yleisesti pidetty ilmaston- ja taudinkestävyyttä sekä kuutiokasvua. Muodostuvan puuaineen laatu on tällöin saanut vähemmän huomiota osakseen. Kasvua ja laatua on kuitenkin syytä tarkastella rinnakkain, koska niistä molemmista riippuu, kuinka paljon ja millaista tuotetta puuraaka-aineesta saadaan.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on tarkasteltu männyn ja kuusen provenienssikoesarjojen erään osakokeen pohjalta puuaineen tiheyden alkuperävaihtelua erikoisesti suhteessa kuutiokasvuun tavoitteena provenienssiirtojen kannattavuuden arvioiminen.

Tutkimukseen liittyvät laboratoriotyöt on tehty metsäteknologian tutkimusosaston laitteistoa ja henkilökunnan asiantuntemusta apuna käyttäen. Aineiston ovat mitanneet RAUNI RITOLA ja PIRKKO ANTTILAINEN, joka myös on tehnyt laskentatyön. BIRGITTA SJÖSTRAND ja TUULA VIITANEN ovat huolehtineet käsikirjoituksen puhtaaksikirjoituksesta. Kuvat on piirtänyt SISKO SALMINEN.

Käsikirjoituksen ovat tarkastaneet professorit PENTTI HAKKILA ja MAX. HAGMAN. Arvokkaita neuvoja olen lisäksi saanut tohtori VEIKKO KOSKELTA. Kaikille tutkimuksen teossa avustaneille esitän parhaat kiitokseni.

Helsingissä joulukuussa 1975  
Pirkko Velling

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT .....	1
SUMMARY .....	3
TIIVISTELMÄ .....	4
1. JOHDANTO .....	6
2. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	8
21. Aineisto .....	8
22. Näytteiden keruu .....	11
23. Tiheyden määrittäminen .....	11
24. Aineiston tilastollinen käsittely .....	12
3. TULOKSET .....	12
31. Tiheyden vaihtelu rungon sisällä .....	12
32. Tiheyden vaihtelu provenienssien sisällä runkojen välillä .....	12
33. Tiheyden vaihtelu provenienssien välillä .....	17
4. TULOSTEN TARKASTELUA .....	25
KIRJALLISUUTTA .....	31

## SUMMARY

The variation of wood basic density of pine (*Pinus silvestris* L.) and spruce (*Picea abies* Karst.) provenances has been studied in experiments situated in Punkaharju experimental forest. The two experiments now studied are one part of the provenance experiment series established in 1931 in different parts of the country with the same seed origins. The basic density variation has initially been examined in relation to volume growth and in order to evaluate its significance to the dry substance production of different provenances.

There are 13 provenances in the pine experiment, of which 3 are foreign and 21 in the spruce experiment, with 11 being foreign. Some provenances died in the nursery state, some died later. The rest of the provenances now examined have also suffered from wintering damages and fungus diseases.

Two increment cores from cambium to pith with a 5 mm increment borer were collected from opposite sides of the stem of 10 random trees of each pine and spruce parcel representing different provenances. The average breast height density per tree was then calculated as the mean of the two cores mentioned, and the average density of a certain provenance as the mean of the 10 sample trees. The number of cores for the pine experiment was 260 in all, and 420 for the spruce experiment. The basic density of the cores was determined by the mercury immersion method developed by ERICSON (1959).

The results of the study were:

- The compass direction of the boring was found to affect the density variation within the stem: on average, the density of the south side of the stem was higher than the north side. In the radial direction of the stem the density of juvenile wood proved to be lower than the density of wood around it in pine, higher in spruce.
- The standard deviation of the basic density between stems within a provenance varied in pine experiment between 3.7–7.4 % and in spruce experiment between 4.2–9.8 %. While an important factor affecting variation in density, the age of stems, was  $\pm$  homogenous, it was assumed that the standard deviations mentioned above arose from individual differences in the first place.
- The density means of pine provenances varied between  $367 \pm 19$  kg/cu. m. and  $402 \pm 24$  kg/cu. m. while the mean of the whole experiment was  $378 \pm 21$  kg/cu. m. . The extreme mean values of spruce provenances were  $327 \pm 23$  kg/cu. m. and  $367 \pm 27$  kg/cu. m. and the experiment mean  $344 \pm 23$  kg/cu. m. . Thus the density of the best provenance in the pine experiment was 9.5 % higher than the density of the poorest one, 12.2 % in the spruce experiment. The analysis of variance gave statistically significant differences between the density means of some provenances; these differences, however, did not form any groups according to latitude or altitude.
- The correlations between basic density and some stand and stem properties illustrating growth were quite variable and weak, likewise the correlations between the density and some factors affecting the climate of native locations of origins. The density of fast growing trees, however, appeared to be a little lower than that of other ones. It was also found that the density tended to decrease when the latitude of origin increased.
- The estimate of dry substance production was obtained by weighing the total volume yield/ha with the density. The densities of most of the southern provenances were lower than that of the indigenous one and diminished the potential dry substance production by 5–7 %. On the other hand the high density of some provenances growing less well than the local one compensated their volume



yield deficiency by 5–6 % in dry substance production. The volume growth proved to be so clearly a determining factor for dry substance production that the effect of density and its variation remained small, even if not insignificant.

The result concerning spruce indicated that provenance transfers are profitable at least in Southern and Central Finland. The possible provenances come from southern parts of Finland and from the Baltic and northern parts of Central Europe. These provenances grow faster and the wood basic density does not seem to be systematically so much lower that it would significantly reduce dry substance production and reduce the quality of raw material.

The results of the pine experiment on the other hand suggest that it is not profitable to transfer provenances, even though the number of origins examined was much smaller than for spruce, and mainly from Finland. The pine populations, at least in Southern Finland, are probably so well adapted to their growing sites with regard to growth, wood quality and resistance that the individual selection from local populations and crossings are the most effective ways to increase dry substance production and improve wood quality. The bases for this work are the high inheritance degree of density and definitely smaller but in every case significant inheritance of volume growth and the great variation of these properties.

## TIIVISTELMÄ

Käsillä olevassa tutkimuksessa on tarkasteltu männyn (*Pinus silvestris* L.) ja kuusen (*Picea abies* Karst.) puuaineen tiheyden provenienssivaihtelua Punkaharjulla sijaitsevilla kokeissa. Tutkitut kokeet ovat vuonna 1931 eri puolille maata samoin alkuperin perustetun koesarjan osakokeita. Tiheyden vaihtelua on tarkasteltu lähinnä suhteessa kuutiokasvuun ja siten pyritty arvioimaan sen merkitystä eri provenienssien kokonaiskuiva-ainetuotoksessa.

Mäntykokeessa on 13 alkuperää, joista ulkomaisia 3. Kuusialkuperiä on 21, joista ulkomaisia 11. Useita kokeisiin tarkoitettuja alkuperiä tuhoutui jo taimitarhassa, eräitä myöhemmin. Jäljellä olevia ovat myös rasittaneet talvehtimisvauriot ja sienituhot.

Kustakin alkuperästä otettiin sattumanvaraisesti 10 puuta, joista kairattiin 5.0 mm:n kasvukairalla 2 pinnasta ytimeen ulottuvaa lastua rinnankorkeudelta, vastakkaisilta puolilta runkoa. Tällöin keskimääräinen rinnankorkeustiheys saatiin mainitun kahden lastun keskiarvona ja kunkin alkuperän tiheys kymmenen koepuun tiheyksien keskiarvona. Mäntykokeesta saatiin kaikkiaan 260, kuusikokeesta 420 lastua. Tiheys määritettiin lastuista ERICSONIN (1959) kehittämää elohopeaanupottamisen menetelmää käyttäen.

Tutkimuksessa saatiin seuraavanlaiset tulokset:

- Kairausuunnalla todettiin olevan vaikutusta tiheyden rungonsisäiseen vaihteluun; eteläpuolelta kairatun lastun tiheys oli keskimäärin korkeampi kuin pohjoisen puolelta kairatun. Rungon säteensuunnassa männyn nuorpuun tiheys osoittautui ympäröivän osan tiheyttä alemmaksi, kuusella taas korkeammaksi.
- Provenienssien sisäinen, runkojen välinen tiheyden keskihajonta vaihteli mäntykokeessa 3.7–7.4 % ja kuusikokeessa 4.2–9.8 % välillä. Koska tärkeä vaihtelua aiheuttava tekijä, runkojen ikä, oli  $\pm$  homogeeninen, päädyttiin pitämään mainittuja hajonta-arvoja lähinnä yksilöllisistä eroista johtuvina.
- Mäntykokeen alkuperien tiheyskeskiarvot vaihtelivat  $367 \pm 19 \text{ kg/m}^3$ :n ja  $402 \pm 24 \text{ kg/m}^3$ :n välillä koko kokeen keskiarvon ollessa  $378 \pm 21 \text{ kg/m}^3$ . Kuusialkuperien äärikeskiarvot olivat  $327 \pm 23 \text{ kg/m}^3$  ja  $367 \pm 27 \text{ kg/m}^3$  ja koko kokeen keskiarvo  $344 \pm 23 \text{ kg/m}^3$ . Mäntykokeessa siis parhaan alkuperän tiheys oli 9.5 % huonointa suurempi, kuusikokeessa 12.2 %. Varianssianalyysissä todettiin eri alkuperien tiheyskeskiarvo-

- jen välillä tilastollisesti merkitseviä eroja, jotka eivät kuitenkaan selvästi ryhmittyneet leveysasteen tai korkeuden mukaan.
- Kasvua kuvaavien metsikkö- ja runkotonnusten ja tiheyden korreloituminen osoittautui heikoksi, samoin alkuperäalueiden ilmasto- ja luonnehtivien suureiden ja tiheyden korrelaatiot. Tulokset antoivat kuitenkin viitteitä siitä, että nopeakasvuisten puiden tiheys on muita hiukan alhaisempi ja että alkuperän leveysasteen kohotessa tiheys näyttää yleensä alenevan.
  - Kuiva-ainetuotos estimoitui tiheydellä painotettuna kuutiotuotona. Paikalliseen alkuperään verrattuna alensi useimpien kuutiokasvultaan sitä parempien eteläisten alkuperien pienempi tiheys potentiaalista kuiva-ainesaantoa 5–7 %. Eräiden kasvussa paikallista yleensä heikompien alkuperien korkea tiheys puolestaan korjasi niiden tuottovajausta 5–6 %. Kuutiokasvu osoittautui kuitenkin niin selvästi määrääväksi tekijäksi kuiva-aineen muodostumisessa, että tiheyden vaihtelun vaikutus jäi keskimäärin vähäiseksi, joskaan ei merkityksettömäksi.
  - Kuusen osalta saadut tulokset viittaavat siihen, että provenienssisierrot ovat

- kannattavia ainakin Etelä- ja Keski-Suomessa, jossa voitaneen viljellä maamme eteläosista sekä kaakkois- ja eteläpuolelta, siis Baltiasta ja Keski-Euroopan pohjoisosista olevia kuusi-alkuperiä. Ne ovat nopeampikasvuisia eikä niiden puuaineen tiheys näytä ainakaan systemaattisesti olevan siinä määrin alhaisempaa, että se merkittävästi vähentäisi kuiva-ainesaantoa ja heikentäisi raaka-aineen ja lopputuotteiden laatuominaisuuksia.
- Mäntykokeen tulokset eivät sen sijaan osoittaneet provenienssisierroja erityisen kannattaviksi, joskin tutkittuja alkuperiä oli huomattavasti vähemmän kuin kuusi-kokeessa ja pääasiassa Suomesta. Ainakin Etelä-Suomen mäntypopulaatiot lienevät kasvupaikoilleen siinä määrin sopeutuneita niin kasvun, laadun kuin kestävyyskin suhteen, että yksilövalinnalla paikallisista populaatioista ja edelleen risteytyksin voidaan kuiva-ainesaantoa ja puuaineen laatua parhaiten kohottaa. Perustan tälle työlle tarjoavat tiheyden voimakkaaksi ja kuutiokasvunkin merkittäväksi todettu periytyvyys sekä näiden ominaisuuksien suuri metsikön sisäinen vaihtelu.

## 1. JOHDANTO

Provenienssikokeet tarjoavat hyvän mahdollisuuden puuaineen tiheyden <sup>1)</sup> maantieteellisen vaihtelun tutkimiseen. Ne antavat samalla viitteitä ominaisuuden periytyvyydestä. Onhan näet eri tahoilla ja useissa eri yhteyksissä osoitettu, että jokin alkuperä uudelle kasvualueelle siirrettynä suuressa määrin säilyttää alkuperäisalueelle tyypilliset kasvutapansa ja ominaisuutensa. Puuaineen tiheyden periytyvyydestä on myös saatu lisävahvistusta jälkeläiskokeista. Ne ovat yleensä osoittaneet *tiheyden olevan voimakkaasti periytyvä ominaisuus* (mm. ELLIOTT 1970, PERSSON 1972, VELLING 1974). Metsikön sisäinen saman lajin runkojen välinen tiheyden keskimääräinen hajonta puolestaan vaihtelee meillä noin 5–10 %:n välillä (esim. HAKKILA 1966, VELLING 1974).

Metsänjalostuksen kannalta on ominaisuuden *korkea periytyvyys* yhdistyneenä sen *laajaan vaihteluun* hyvä lähtökohta. Tällöin voidaan poimia jalostettavan ominaisuuden suhteen sopivimmat populaatiot ja niistä edelleen sopivimmat yksilöt, joiden jälkeläisistä on sitten odotettavissa alkuperäistä parempi materiaali. Yleensä ominaisuus, jonka parantamiseen provenienssiirroilla pyritään, on *kasvu*, mutta myös *kestävyys* ja *laatuun* kiinnitetään huomiota.

Puuaineen tiheyden provenienssivaihtelusta ovat eri tutkijat saaneet hyvinkin erilaisia tuloksia. Tämä johtunee osittain puhtaasti tutkimusteknisistä syistä, kuten määritysmateriaalin ja menetelmien sekä tilastollisten analyysien vaihtelevuudesta, mutta varmasti myös ominaisuuden *yksilövaihtelusta*, joka saattaa peittää niin kasvupaikkojen kuin -alueidenkin välisen vaihtelun (ELLIOTT 1970). Myös se, ettei tiheys ole mikään yksittäinen ominaisuus, vaan useasta tekijästä johtuva ominaisuuskompleksi,

vaikuttaa päätelmien tekoa. Mahdollisesti nämä tiheyden muodostumiseen vaikuttavat eri osaominaisuudet vielä periytyvät toisistaan riippumatta tai niiden geneettinen korreloituinen saattaa olla myös negatiivista.

ELLIOTT (1970) toteaa havupuiden tiheyttä käsittelevässä kirjallisuuskatsauksessaan, että pohjoisella pallonpuoliskolla tietyn puulajin keskimääräiset tiheysarvot nousevat pohjoisesta etelään. Tähän tulokseen on päädytty useimmissa amerikkalaisissa tiheystutkimuksissa ja sitä vahvistavat myös Euroopan eri maista saadut raportit.

IUFRO:n toimesta perustettiin vuonna 1938 kansainvälinen kuusen ja männyn provenienssikoe alunperin 12:een Euroopan maahan ja USA:han. Tämän kokeen mäntyalkuperien puuaineen tiheyden vaihtelua New Hampshirissa, Koillis-USA:ssa on tutkinut ECHOLLS (1958). Hän totesi tiheyden ja leveysasteen välillä heikosti positiivisen riippuvuuden. WORRALL (1975) sen sijaan havaitsi saman koesarjan pohjoisdakotalaisessa kuusen osakokeessa tiheyden laskevan alkuperän leveysasteen noustessa.

Kuusella ei yleensä ole siinä määrin havaittu leveysasteen mukaista tiheyden vaihtelua kuin männnyllä. PARROT (1960) esimerkiksi ei todennut tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta tiheyden ja leveysasteen välillä IUFRO-kokeen ranskalaisessa osakokeessa.

DIETRICHSONIN (1964) mukaan on vuoden -38 kokeen eteläisillä mänty- ja kuusi-proveniensseilla Ruotsissa ja Norjassa viljeltyinä alhaisempi kesäpuuprosentti ja alhaisempi puuaineen tiheys kuin paikallisella alkuperällä. ERICSON (1968) sen sijaan ei havainnut systemaattista korkeiden ja matalien tiheysarvojen sijoittumista tietyille alueille vuoden -38 kuusi-kokeen alkuperissä Tukholman eteläpuolella sijaitsevassa Bornsjön kokeessa.

Muista kuin kansainvälisen IUFRO-kokeen tuloksista on esimerkiksi KALELA (1937) tehnyt laajan kirjallisuuskatsauksen. Siinä hän yhteenvetona toteaa puuaineen tiheyden olevan sitä alhaisempi, mitä lämpimämpi ja merellisempi on alkuperien kotiseudun ilmasto.

1) *Puuaineen tiheys* on suure, joka ilmaisee tuoreessa tilassa mitatun tilavuusyksikön sisältämän puun kuivapainon. Tiheys vaikuttaa merkittävästi niin rungosta saatavan puuaineksen määrään kuin puun laatuunkin, lähinnä lujuusominaisuuksiin ja kovuuteen.



Ruotsalaisia kuusialkuperiä tutkiessaan ovat NYLINDER ja HÄGGLUND (1954) havainneet tiheyden yleensä sitä alemmaksi, mitä suurempi on leveysaste ja korkeus merenpinnasta. Siten tiheys laskee Etelä-Ruotsista Pohjois-Ruotsiin maksimin ollessa noin leveysasteilla 57–59° N. Syynä havaitsemaansa vaihteluun tutkijat pitivät vuosiluston leveyden ja kesäpuuprosentin vaihtelevuutta eli eri puolilla maata kasvavien puiden yksilöllisiä solurakenteen eroja. NYLINDER (1967) on täsmentänyt tätä käsitystä niin, että kun luston leveys ja kesäpuun osuus ovat samat, tiheys laskee leveys- ja korkeusasteen noustessa. Syynä on se, että trakeidien seinämät tulevat epäsuotuisissa ilmasto-oloissa suhteessa ohuemmiksi. Etelä- ja Pohjois-Ruotsin mäntypromeniensseja tutkinut NILSSON (1968) taas tuli siihen tulokseen, että alkuperien välinen vaihtelu oli jonkin verran pienempi kuin niiden sisäinen vaihtelu.

Norjassa kasvavat saksalaiset kuusialkuperät G.G. KLEMIN (1957) mukaan paremmin ja tiheimpää puuainetta kuin paikalliset alkuperät.

G.S. KLEMIN (1965) mukaan puuaineen tiheys ja alkuperän merenpinnasta laskettu korkeus korreloivat negatiivisesti, tiheys ja sademäärä positiivisesti, kun taas leveysasteen ja tiheyden välillä ei ole riippuvuutta. Vuosina 1917–18 Tanskaan perustetussa kuusen provenienssikokeessa totesi KNUDSEN (1958) korkeimman tiheyden suomalaisella Hämeenlinnan alkuperällä, alhaisimman saksalaisella Schwarzwaldin alkuperällä. Hämeenlinnan alkuperä oli kokeen pohjoisin, Schwarzwaldin eteläisin.

Puolassa KOBYLINSKI (1968) havaitsi alangolla kasvavan kuusen puuaineen tiheyden olevan keskimäärin vuoristokuusen tiheyttä merkitsevästi suuremman. Toisaalta kuitenkin sekä alanko- että vuoristopromenienssien sisäinen tiheyden vaihtelu oli huomattava.

Myös Suomesta on joitakin tuloksia männyn ja kuusen puuaineen tiheyden aluettaisesta vaihtelusta, joskaan niihin ei sisälly ulkomaisia alkuperiä. SIIMES (1938) totesi Kemijoen uittoalueen mäntypuun olevan kevyempää kuin Etelä-Suomen. JALAVAN (1952) tutkimuksen mukaan männyn tiheys on korkeimmillaan Keski-Suomessa, kuusen Etelä-Suomessa. SIREN (1958) on verrannut keskisuomalaista Ähtärin alkuperää olevan Rovaniemellä viljellyn

männyn tiheyttä paikallisen pohjoissuomalaisen männyn tiheyteen ja todennut sen yhtä korkeaksi. Sirenin tutkimukseen liittyen tekivät SIHTOLA ja KAILA (1958) samasta aineistosta keittokokeita. Sulfaattikeitossa ei saatu merkitseviä eroja keski- ja pohjoissuomalaisen mäntyalkuperän välille. Sulfiittikeitossa sen sijaan saanto oli hieman parempi keskisuomalaisesta alkuperästä, jonka eräät paperitekniset ominaisuudet myös osoittautuivat pohjoissuomalaista paremmiksi.

KALLA (1966) on tutkiessaan etelä- ja pohjoissuomalaisen mäntypinotavaran kulutusta sulfaattiselluloosan valmistuksessa todennut tiheyden olevan 62° leveysasteella noin 5 % suurempi kuin 67° leveysasteella. Tämä aiheuttaa myös selvän saantoeron Etelä- ja Pohjois-Suomen mäntypuun sulfaattikeitossa.

Edellä esitettyihin tuloksiin sopivat hyvin HAKKILAN (1968) saamat tulokset mänty- ja kuusipaperipuun tiheyden maantieteellisistä vaihtelusta Suomessa. Ne osoittivat mäntypuun tiheyden selvästi vaihtelevan etelä-pohjoissuunnassa, kuusella erot sen sijaan olivat hyvin pieniä. Tällöin myös pohjoissuomalaisen mäntypuun kulutus kiintokuutiometreinä sulfaattisellutonna kohti oli pienestä tiheydestä johtuen eteläsuomalaista suurempi, kuusella erot jäivät myös tässä suhteessa pienemmiksi.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on tarkasteltu Punkaharjulla viljeltyjen mänty- ja kuusipromenienssien puuaineen tiheyttä. Eri alkuperien erilaisen kasvun ja mahdollisten tiheyserojen perusteella on pyritty löytämään viitteitä proveniensseista, jotka tuottavat enemmän puuainetta kuin viljelypaikkakunnan alkuperä. Suorittamalla edelleen yksilövalintaa tällaisten provenienssien sisällä sekä provenienssien välisiä risteytyksiä, voidaan vielä lisätä kuiva-ainesaantoa ja parantaa puuaineen laatua. Tämän mahdollistaa puuaineen tiheyden voimakkaaksi ja kuutiokasvun kylläkin heikommaksi, mutta kuitenkin merkittäväksi todettu periytyvyys eli ominaisuuksien siirtyminen vanhemmilta jälkeläisille.

Nyt aloitetun koesarjan muista, eri osissa Suomea sijaitsevista rinnakkaiskokeista saataneen lisää tietoa puuaineen tiheyden provenienssvaihtelusta ja siten viitteitä maan eri osiin sopivista tuottoisimmista ja hyvän laadun antavista alkuperistä.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1. Aineisto

Molemmat tutkitut proveniensiikkokeet sijaitsevat Metsäntutkimuslaitoksen Punkaharjun kokeilualueessa. Paikan leveys- ja pituusastekoordinaatit ovat  $61^{\circ} 41' N$  ja  $29^{\circ} 18' E$  ja korkeus merenpinnasta 90 metriä. Vallitseva metsätyyppi koalueella on OMT. Kokeet on perustettu vuonna 1931 pääasiassa 2+2+1-

vuotiaita taimia käyttäen istutusvälin ollessa  $1.3 \times 1.5$  metriä. Koeruutuja on perattu ja harvennettu kolme, neljä kertaa.

Mäntykokeessa on 13 alkuperää, joista ulkomaisia 3 (kuva 1). Kokeen pinta-ala on 1.24 ha. Kuusi-alkuperiä on 21, joista ulkomaisia 11, ja pinta-ala 3.05 ha. Mainittakoon, että koetta



Kuva 1. Alkuperä- ja viljelypaikkakunnat

\* = mänty, \* = kuusi, • = koeviljelypaikkakunta

Fig. 1. Native locations and experimental plantations of pine and spruce provenances

\* = pine, \* = spruce, • = experimental plantation

Taulukko 1. Punkaharjun kokeen mänty- ja kuusiprovenienssien alkuperät.

Table 1. Origin of pine and spruce provenances in the Punkaharju experiment.

Koe n:o Experi- ment No.	Koealan koko, ha Sample plot size	Alkuperä – Origin			Korkeus me- ren pinnasta, m Elevation	
		Paikkakunta – Location		Leveysaste °N Latitude		Pituusaste °E Longitude
140	0.115	USSR,	Pechanga (Petsamo)	69° 30'	31°	200
141	.090	Finland	Sodankylä	67° 30'	26°	180
142	.082	»	Rovaniemi, Muurola	66° 25'	25° 30'	50–100
143	.088	»	Simo, kk	65° 40'	25° 00'	»
144	.041	»	Haapavesi, Hirvineva	64° 10'	25° 30'	100–150
145	.098	»	» Rinnekangas	»	»	»
146	.090	»	Ähtäri, Tuomarniemi	62° 35'	24° 00'	150–200
147	.096	»	Kankaanpää	61° 50'	22° 30'	50–100
148	.087	»	Pieksämäki	62° 20'	27°	100–150
149	.082	»	Punkaharju	61° 40'	29° 30'	80
150	.095	»	Lammi	61° 10'	25° 00'	100–150
151	.096	USSR,	Roshchino (Raivola)	60° 25'	30°	0–100
152	.102	Norway,	Opland, Gjøvik	60° 30'	10° 30'	400
Kuusi – Spruce						
155	0.196	Finland	Muonio	67° 55'	24°	200–300
156	.148	»	Sodankylä, kk	67° 30'	26°	180
157	»	»	Rovaniemi, Kivalo	66° 25'	25° 30'	250
158	»	»	» Kemijokivarsi	»	»	180
159	»	»	Simo, kk	65° 40'	25° 00'	50–100
160	»	»	Kajaani (?)	64° 15'	28°	130
161	»	»	Liperi	62° 32'	29° 30'	50–100
162	»	»	Pieksämäki, Nikkarila	62° 20'	27°	100–150
256	.144	USSR,	Sortavala	61° 44'	30°	0–100
163	.148	Finland	Elimäki, Mustila	60° 40'	36° 30'	0–50
255	.155	USSR,	Roshchino (Raivola)	60° 23'	30°	0–100
164	.181	Finland	Tuusula, Ruotsinkylä	60° 25'	25° 00'	50
167	.148	Norway	Opland, Gjøvik	60° 30'	10° 30'	400
165	»	USSR,	Estonia, Perawald	58°		0–100
166	»	»	Latvia, Goldingen	57°		0–100
170	»	Germany,	Carlsfeld	50° 30'	12° 30'	
171	»	»	, »	»	»	900
172	»	»	, Spriegelau	48° 50'	13° 30'	
168	»	»	, Schmiedewald	51°		600
169	»	»	, Schielbach	50° 30'		»
173	.160	Switzerland,	Wintschgau	46° 40'		yli 800

Alkuperäpaikan pituusastetta ja korkeutta koskevat tiedot yleensä ”noin”-arvoja, lisäksi joistakin alkuperistä ne puuttuvat kokonaan.

Some values concerning longitude and elevation are only approximative and some others were not at all available.



Taulukko 2. Eräitä metsikkö- ja runkotunnuksia. Mittaukset vuodelta 1969 (kuusi) ja 1971 (mänty).  
 Table 2. Some stand and stem properties. Measurements are made in 1969 (spruce) and 1971 (pine).

Mänty – Pine

Koe n:o Experiment, No.	Ikä, v Age, years	Alkuperä Provenance	Kokonais- tuotto m <sup>3</sup> /ha Total produc- tion cu. m./ha	Runkoluku kpl/ha Number of stems/ha	Kuutiomäärä m <sup>3</sup> /ha Cubic volume	Keskiläpi- mitta, cm Mean dia- meter	Valtapi- tuus, m Dominating height
140	44	Pechanga	149	777	129	16.3	14.1
141	45	Sodankylä	294	1011	238	17.6	16.1
142	46	Rovaniemi	232	780	195	18.5	15.3
143	46	Simo	299	875	241	19.0	16.8
144	45	Haapavesi, räme	303	683	237	22.4	16.7
145	45	Haapavesi, kangas	289	786	238	20.2	17.1
146	46	Ähtäri	268	645	226	21.0	17.8
147	46	Kankaanpää	289	740	252	21.3	17.6
148	46	Pieksämäki	332	724	271	22.3	17.7
149	46	Punkaharju	316	610	252	23.1	18.3
150	46	Lammi	296	653	239	21.8	18.6
151	46	Roshchino	376	698	260	22.6	19.0
152	46	Gjøvik	277	627	203	21.0	17.9
$\bar{X}$	45.6		286	739	229	20.5	17.2
S			53=19 %	111=15 %	37=16 %	2.1=10 %	1.4=8 %

Kuusi – Spruce

155	44	Muonio	251	1081	250	18.7	17.5
156	44	Sodankylä	230	1186	230	17.9	16.2
157	44	Rovaniemi	244	1057	244	19.3	16.5
158	44	Rovaniemi	231	1145	231	17.8	16.5
159	44	Simo	242	1169	242	18.1	17.2
160	44	Kajaani	411	968	411	22.7	20.5
161	42	Liperi	274	1011	274	19.8	18.6
162	44	Pieksämäki	265	1101	265	18.6	18.4
256	40	Sortavala	220	1156	220	17.1	17.0
163	44	Elimäki	244	952	244	18.7	19.0
255	42	Roshchino	304	1007	304	20.1	19.7
164	43	Tuusula	314	807	314	22.5	20.5
167	44	Gjøvik	235	1003	235	18.4	18.0
165	42	Perawald	276	921	276	19.4	20.8
166	42	Goldingen	224	932	224	18.3	19.0
170	44	Carlsfeld	284	909	284	21.8	17.4
171	44	Carlsfeld, 900 m	275	809	275	22.3	18.5
172	44	Spriegelau	275	810	275	21.7	18.9
168	44	Schmiedewald	269	881	269	20.8	18.8
169	44	Schielbach	242	741	242	21.2	18.2
173	44	Wintschgau	199	747	199	21.0	16.5
$\bar{X}$	43.4		262	971	262	19.8	18.3
S			44=17 %	139=14 %	44=17 %	1.7=9 %	1.4=8 %

varten oli männyn siementä myös Saksasta, Hollannista, Tšekkoslovakiasta ja Sveitsistä. Näiden taimet kuitenkin kuolivat jo kaksivuotiaina taimitarhassa (KALELA 1937, HEIKINHEIMO 1949). Myös alunperin mukana ollut unkarilainen alkuperä on tuhoutunut. Talven 1939–40 pakkainen ja sitä seurannut sienituho puolestaan vaurioittivat Sveitsin (vuoristo, yli 1300 metriä), Tšekkoslovakian ja Unkarin kuusialkuperiä niin perusteellisesti, että kyseiset viljelmät oli hävitettävä.

Koejärjestelyt ovat tutkituissa kokeissa nykyiseen koekäytäntöön verrattuna puutteelliset: toistoja ei ole ja koeruudut on sijoitettu alkuperän mukaan systemaattisesti peräkkäin, eikä arvottu, joten maaperässä mahdollisesti olevat pienerot ja gradientit voivat aiheuttaa häiritsevää ympäristövaihtelua tuloksiin.

Lisäksi OMT on ainakin tässä yhteydessä osoittautunut männylle liian viljavaksi kasvualustaksi. Kokeen rungot ovat mutkaisia ja hyvin oksaisia kauttaaltaan. Kokeen alkuvuosina on myös runsas heinäkasvillisuus haitannut taimien kasvua.

Sekä mänty- että kuusiprovenienssit muodostavat alkuperän leveysasteen suhteen jokseenkin yhtenäisen sarjan, mänty tosin huomattavasti suppeamman (kuva 1 ja taulukko 1). Pituusastetta ja korkeutta koskevat tiedot ovat osin puutteelliset ja epätarkat, joten niiden merkityksestä tiheyden vaihteluun on vaikea tehdä päätelmiä.

Tietyn provenienssin edustavuus kyseistä alkuperäaluetta silmällä pitäen saattaa nyt tutkituissa kokeissa olla kyseenalainen ja siten yksilövaihtelu hallitsevaa. Ei näet tiedetä, monestako metsiköstä ja monestako yksilöstä metsikön sisällä koesiemen on kullakin alkuperäalueella kerätty. HEIKINHEIMO (1949) arvelee ainakin eräiden ulkomaisten ja poikkeuksellisen hyvin kasvaneen Kajaanin <sup>1)</sup> alkuperän kohdalla olevan kysymys verraten pienistä siemeneristä, tosin sanoen muutamista harvoista emopuista. Tietojen puuttuminen koesiementen tarkasta alkuperäiskoostumuksesta aiheuttaa koetulosten

tulkinnessa huomattavaa epävarmuutta. Myös koetaimien lajittelu taimitarhassa on saattanut kaventaa materiaalin koostumusta edustamaansa alkuperäalueeseen nähden.

Nyt tutkituista kokeista on taulukkoon 2 koottu eräitä viimeisten mittausten perusteella saatuja metsikkö- ja runkotunnuksia.

Samoilla mänty- ja kuusialkuperillä ja samaan aikaan, siis vuonna 1931, on perustettu Punkaharjun kokeen rinnakkaiskokeita eri puolille Suomea. Mäntykoe on toistettu Tuusulassa Ruotsinkylän kokeilualan mailla ja Bromarvissa Solbölen kokeilalueessa, kuusikoe Tuusulassa, Bromarvissa, Vilppulassa ja Rovaniemellä Kivalon kokeilalueessa. Kokeet perustettiin myös Muhokselle Pyhäkosken kokeilualueeseen ja Petsamoon. Ensimmäinen koe täytyi kuitenkin keskeyttää alueen jouduttua pois Metsäntutkimuslaitoksen hallinnasta ja Petsamon koe tuhoutui sodan aikana (HEIKINHEIMO 1949).

## 2.2. Näytteiden keruu

Kustakin alkuperästä otettiin sattumanvaraisesti 10 puuta, joista jokaisesta kairattiin 5.0 mm:n kasvukairalla kaksi pinnasta ytimeen ulottuvaa lastua rinnankorkeudelta. Tällöin yksittäisen puun rinnankorkeustiheys voitiin laskea mainitun kahden lastun keskiarvona ja kunkin alkuperän tiheys kymmenen koepuun tiheyksien keskiarvona. Rinnankorkeustiheyden, joka niin männyllä kuin kuusellakin on rungon keskitiheyttä hieman korkeampi, katsottiin riittävän tarkasti ilmaisevan eri alkuperien välillä mahdollisesti olevat *suhteelliset erot* (vrt. NYLINDER 1961, OLESEN 1973). Kaikkiaan saatiin mäntykokeesta 260 ja kuusikokeesta 420 kairanlastua.

## 2.3. Tiheyden määrittäminen

Tiheys määritettiin kairanlastuista käyttäen elohopeamenetelmää, jonka on kehittänyt ERICSON (1959). Tutkittavat lastut käsiteltiin kolmena kappaleena, joista ydinosa edusti 10 %:

<sup>1)</sup> Tämä verraten pohjoinen Kajaanin alkuperä on osoittautunut muita aivan selvästi kasvuisammaksi, mikä asettaa sen alkuperän paikkansapitävyyden kyseenalaiseksi. Siemeniä tai taimia käsiteltäessä mahdollisesti sattuneen sekaannuksen ohella voi selittäjänä olla myös koeruudun sijoittuminen muita viljavammalle maapohjalle. Koska Kajaanin alkuperä ei ole muissa rinnakkaiskokeissa (Bromarv, Tuusula,

Vilppula, Rovaniemi) osoittanut samanlaista poikkeavuutta kasvun suhteen, näyttää aivan ilmeiseltä, että alkuperän merkinnässä on todella tapahtunut sekaannus tai sitten kyseisen koeruudun maaperä on muita huomattavasti viljavampi. Joka tapauksessa tästä Kajaanin koeruudusta saatuihin tuloksiin tulee suhtautua erittäin varauksellisesti, ja siksi ne onkin kuvissa ja taulukoissa asetettu sulkuihin.

koko poikkileikkauksista, väliosa 40 %:a ja pintaosa 50 %:a. Tiheyden laskemiseksi tarvittava paino punnittiin absoluuttisen kuivista lastunosista, kun taas tilavuus määritettiin tuoreessa tilassa. Koko lastun tiheys laskettiin lastunosioiden tiheyksien painotettuna keskiarvona.

#### 2.4. Aineiston tilastollinen käsittely

Aluksi laskettiin puuaineen tiheyden tavallisimmat keski- ja hajontaluvut sekä runko- että

provenienssikohtaisesti. Provenienssien sisäistä ja välistä tiheyden vaihtelua tutkittiin varianssi-analyysillä ja testattiin provenienssien tiheyskeskiarvojen eroja. Tiheyden ja eräiden metsikkö- ja runkotunnusten sekä ilmastotekijöiden välistä yhteyttä kartoitettiin korrelaatioanalyysillä. Lopuksi laskettiin vielä eri alkuperien kokonaiskuiva-ainetuotos puuaineen tiheydellä painotetun kuutiotuotoksen avulla ja pyrittiin täten saamaan viitteitä viljelypaikkakunnan alkuperää tuottoisammista ja hyvälaatuisista proveniensseistä.

### 3. TULOKSET

#### 3.1. Tiheyden vaihtelu rungon sisällä

Rungon rinnankorkeustiheys saatiin kahden, rungon vastakkaisilta puolilta kairatun lastun tiheyksien keskiarvona. Etelän puolelta saadun lastun tiheys oli sekä männyllä että kuusella keskimäärin hiukan korkeampi kuin rungon pohjoispuolelta saadun lastun tiheys (kuva 2). Myös OLESEN (1973) totesi kuusta tutkiessaan tiheyden olevan korkeimmillaan rungon eteläpuolella ja alhaisin rungon pohjoispuolella, joskin yksilölliset poikkeamat olivat tavallisia.

Paitsi *ilmansuuntavaihtelua*, joka siis on tarpeen ottaa kairattaessa huomioon, voidaan tiheyden rungon sisäistä vaihtelua tarkastella sekä pituus- että säteensuunnassa. Tässä tutkimuksessa, joka pyrki eri provenienssien välisten suhteellisten tiheyserojen selvittämiseen, otettiin kaikki lastut rinnankorkeudelta, joten rungon pituussuuntaisesta tiheyden vaihtelusta ei saatu havaintoja. Aikaisempien tutkimusten perusteella (mm. HAKKILA 1966) näyttää mäntyrunгон tiheys pienenevän tasaisesti tyvestä latvaa kohti, kuusirungon taas laskee aluksi tyvestä ylöspäin, mutta alkaa rungon keskivaiheilta lähtien uudestaan kohota. Noin 25 %:n suhteelliselta korkeudelta rungosta määritetty tiheys edustaa sekä männyllä että kuusella likimäärin rungon keskitiheyttä (NYLINDER 1961).

Rungon pituussuuntainen tiheyden vaihtelu selittyy osittain säteensuuntaisen vaihtelun avulla, johon puolestaan vaikuttavat voimakkaimmin kevät- ja kesäpuun sekä nuorpuun ja pintapuun suhteet. Kesäpuun tiheys on näet kevätpuun tiheyttä huomattavasti korkeampi, nuorpuun tiheys männyllä selvästi ympäröivän osan tiheyttä alhaisempi (kuva 3). Kuusella, jolla nuorpuuilmiötä ei vastaavasti voida erottaa, ytimen ympäristön puuaine ei ole yhtä selvästi tiheydeltään poikkeavaa kuin männyllä, vaan saattaa olla jopa tiheintä, kuten tässä tapauksessa.

#### 3.2. Tiheyden vaihtelu provenienssien sisällä runkojen välillä

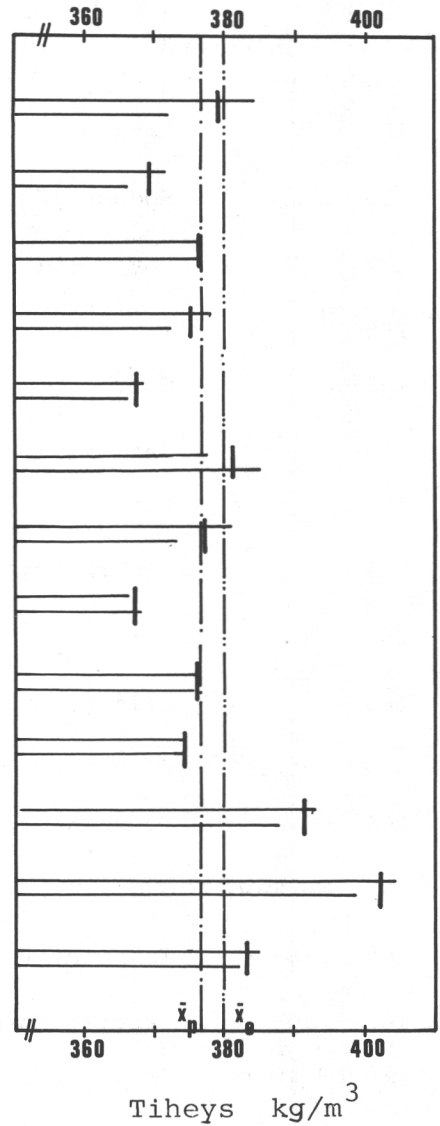
Tutkittujen runkojen välinen tiheyden vaihtelu eri alkuperiä edustavissa koeruuduissa ilmenee kuvasta 4. Suurin keskihajonta 28.0 kg/m<sup>3</sup> eli 7.4 % on mäntykokeessa Ähtärin alkuperällä ja pienin 14.5 kg/m<sup>3</sup> eli 3.7 % Lammin Evon alkuperällä. Myös vaihteluväli on Ähtärin alkuperällä suurin, Lammin alkuperällä pienin.

Kuusikokeen suurin keskihajonta on eteläisimmällä Wintschgaun vuoristoalkuperällä 34.5 kg/m<sup>3</sup> eli 9.8 % ja pienin Sortavalan alku-



mänty  
pine

	Alkuperä
140	USSR, Pechanga (Petsamo)
141	Sodankylä
142	Rovaniemi
143	Simo
144	Haapavesi, räme
145	" kangas
146	Ähtäri
147	Kankaanpää
148	Pieksämäki
149	Punkaharju
150	Lammi
151	USSR, Roshchino (Raivola)
152	Norway, Gjøvik



Kuva 2. Rungon etelä- ja pohjoispuoilta kairattujen lastujen tiheydet ja niiden avulla estimoidut keskimääräiset rinnankorkeustiheydet.

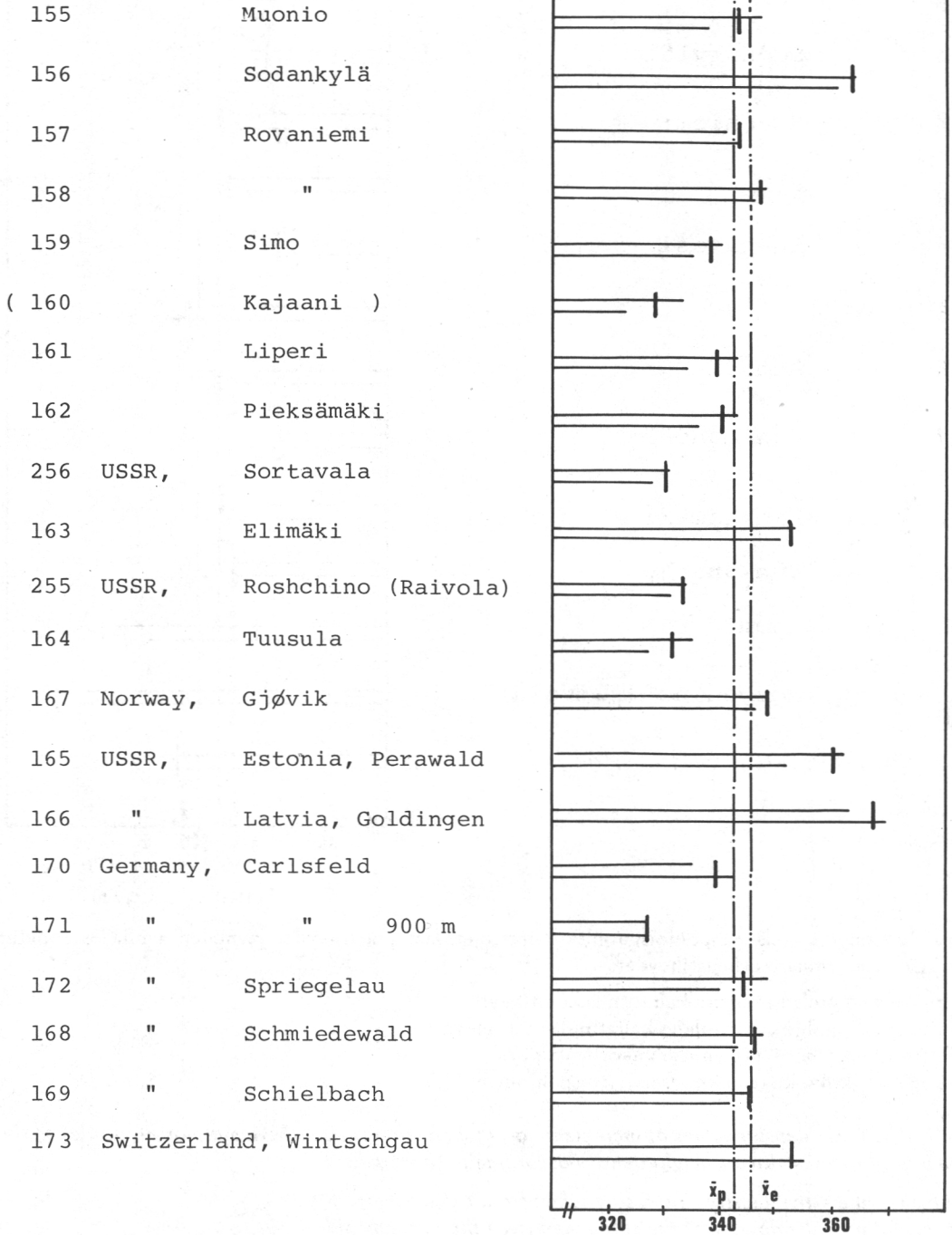
Ylempi viiva = etelän puolelta kairatun lastun tiheys  
 Alempi viiva = pohjoisen puolelta kairatun lastun tiheys  
 Poikkiviiva = keskimääräinen rinnankorkeustiheys  
 Katkoviiva = koko kokeen  $\bar{x}_e$  (etelä),  $\bar{x}_p$  (pohjoinen)

Fig. 2. The basic density values of increment cores taken from the southern and northern sides of the stem and the average breast height density according to provenances.

The higher line = the density of the core taken from the southern side  
 The lower line = the density of the core taken from the northern side  
 The cross line = the average breast height density  
 The broken lines = experiment means  $\bar{x}_e$  (south),  $\bar{x}_p$  (north)

kuusi  
spruce

Alkuperä

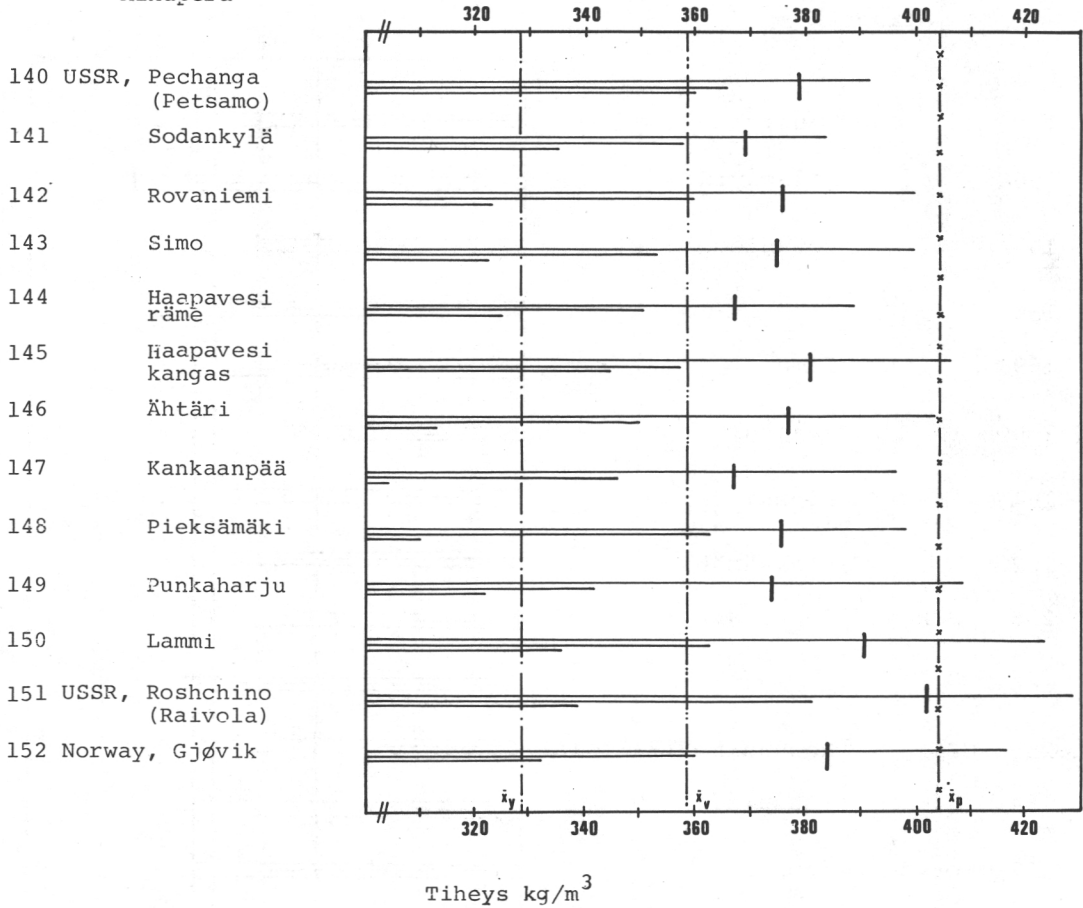


Kuva 2.

Tiheys kg/m<sup>3</sup>

mänty  
pine

Alkuperä



Kuva 3. Kairanlastujen pinta-, väli- ja ydinosaisten keskitiheydet alkuperittäin

Ylin viiva = pintaosa, keskimäinen = väliosaa ja alin = ydinosa  
Poikkiviiva = keskimääräinen rinnankorkeustiheys  
Katkoviivat =  $\bar{x}_p$  (inta),  $\bar{x}_v$  (äli),  $\bar{x}_y$  (din)

Fig. 3. The mean density values of the outer, middle and inner parts of the cores according to provenances

The line most above = the outer part, the middle line = the middle part and the line most below = the inner part. The cross line = the average breast height density, the broken lines = experiment means  $\bar{x}_p$  (outer),  $\bar{x}_v$  (middle),  $\bar{x}_y$  (inner).

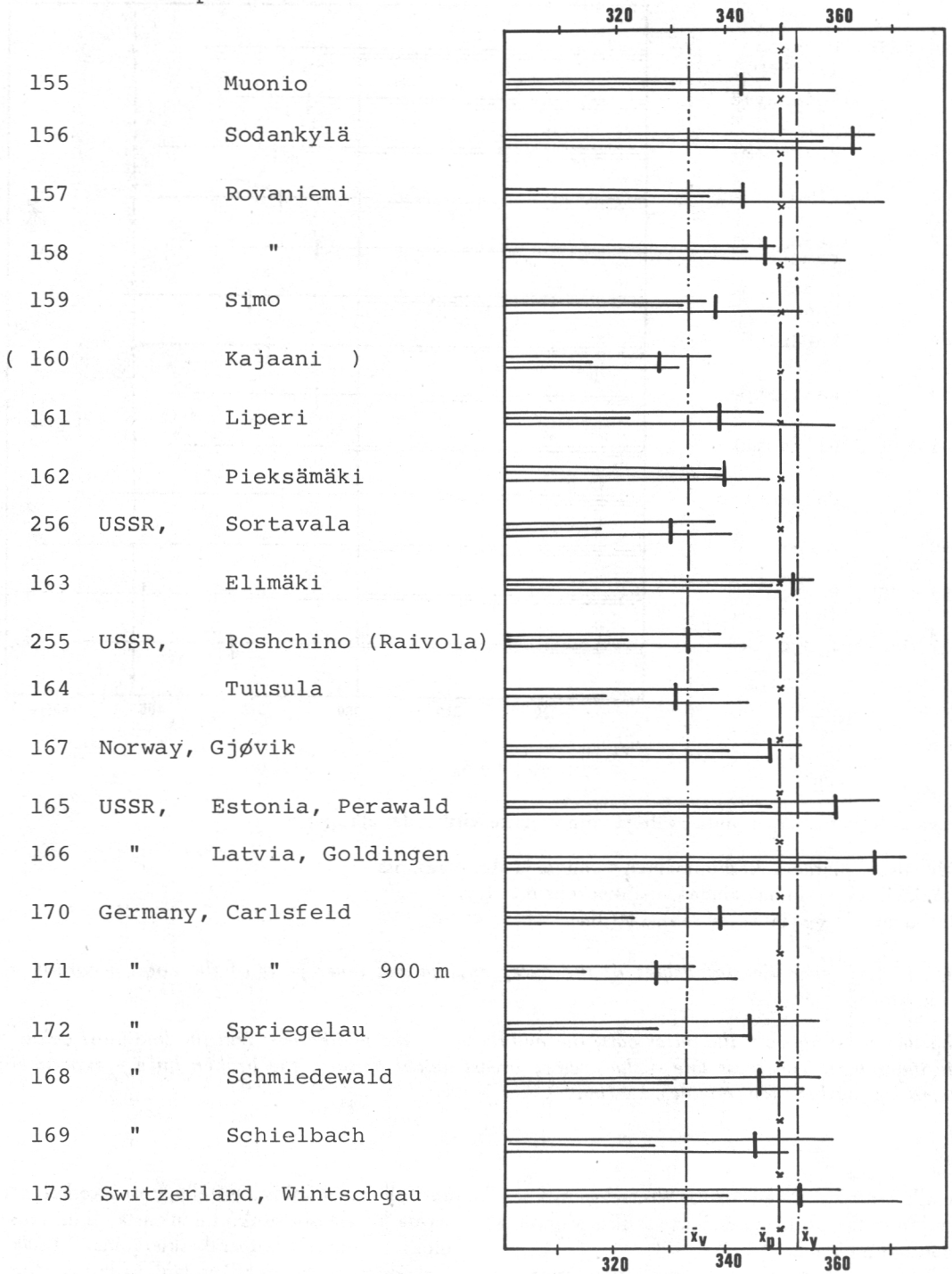
perällä  $14.0 \text{ kg/m}^3$  eli 4.2 %. Wintschgaun koe-ruudun vaihteluväli on niin ikään suurin, Muonion koe-ruudun pienin.

Provenienssien sisäisen runkojen välisen tiheyden vaihtelun syytä ei tässä yhteydessä

juuri ollut mahdollista eritellä, koska keskeisistä kasvua kuvaavista runkotunnuksista oli mittaus-tulokset vain alkuperäkeskiarvoina. Lisä-ksi tärkeän vaihtelutekijän, iän, vaikutus elimi-noitui siksi, että eri alkuperät olivat sen suhteen

kuusi  
spruce

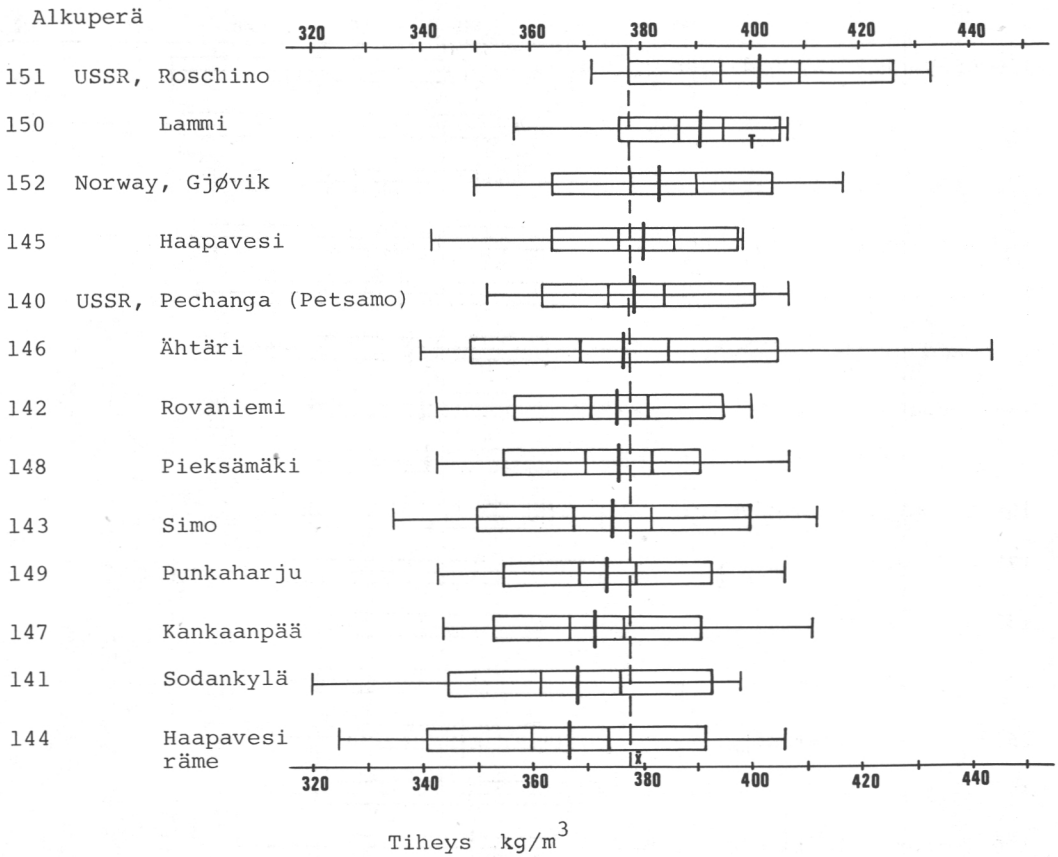
Alkuperä



Kuva 3.

Tiheys kg/m<sup>3</sup>

mänty  
pine



Kuva 4. Tiheyden provenienssien sisäinen ja välinen vaihtelu

Paksu pystyviiva janan keskellä = keskiarvo, ohuemmat viivat sen molemmin puolin = keskiarvon keskivirhe, suorakaide = 2 x keskihajonta, koko jana = vaihteluväli, katkoviiva = koko kokeen keskiarvo.

Fig. 4. The variation of basic density within and between provenances

The thick vertical line in the middle of the segment = the mean, the thinner lines on both sides of it = the standard error of the mean, the rectangle = 2 x the standard deviation, the whole segment = the range, the broken line = the experiment mean.

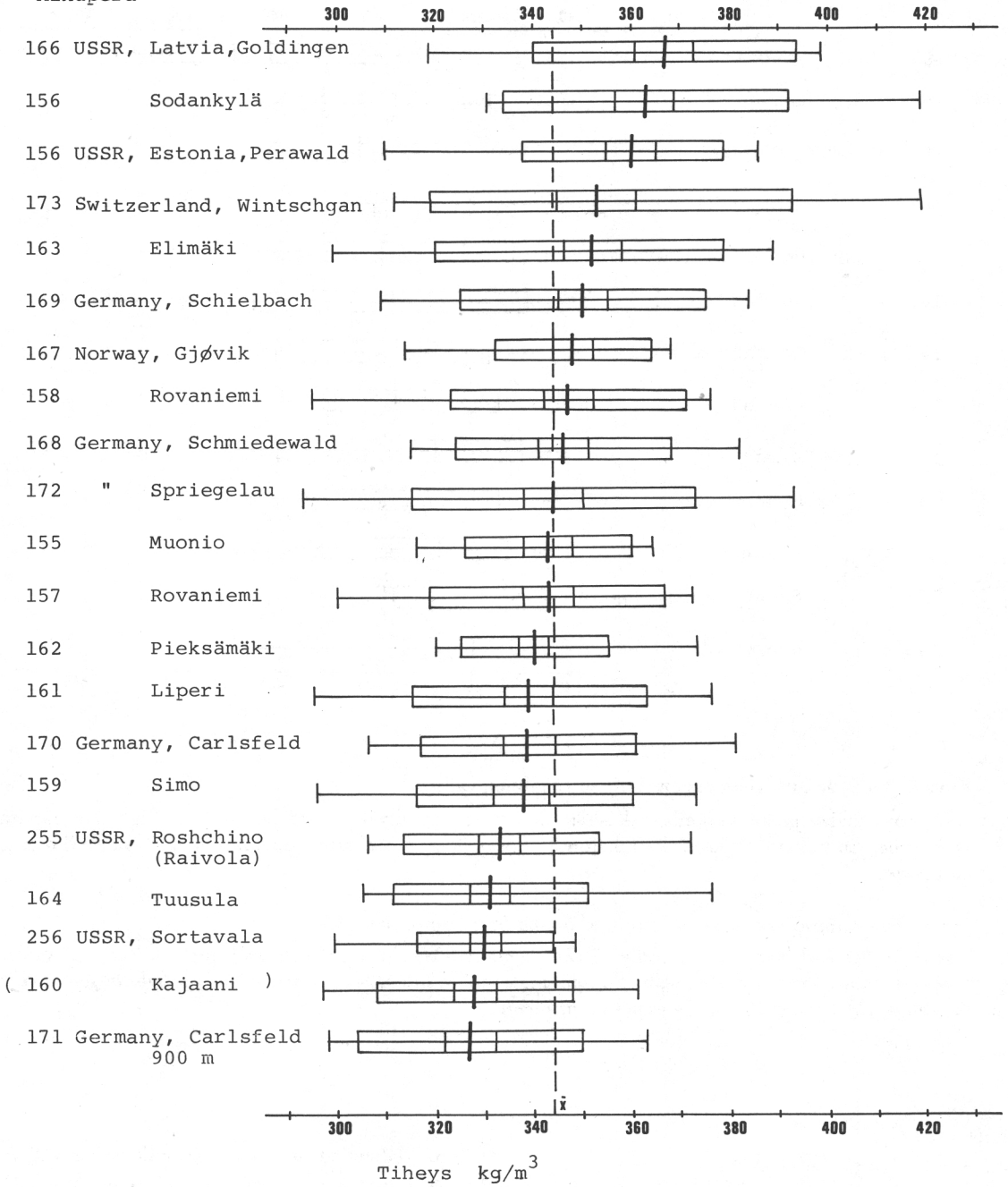
jokseenkin homogeenisia. Ilmeisesti kuitenkin yksilölliset geneettiset erot aiheuttavat suuren osan tästä provenienssien sisäisestä vaihtelusta, varsinkin kun on aihetta olettaa, että ainakin eräiden alkuperien koesiemenerät ovat koostuneet vain muutamista emopuista.

### 3.3. Tiheyden vaihtelu provenienssien välillä

Mäntyalkuperien tiheyden keskiarvot vaihtelivat  $402 \pm 24 \text{ kg/m}^3$ :n ja  $367 \pm 19 \text{ kg/m}^3$ :n välillä koko kokeen keskiarvon ollessa  $378 \pm 21 \text{ kg/m}^3$  (kuva 4). Näitä OMT:llä saatuja tiheyksiä voidaan verrata VT:llä saatuihin tiheysarvoihin (VELLING 1974), jolloin todetaan

kuusi  
spruce

Alkuperä





Taulukko 3. Provenienssien välinen tiheyden vaihtelu.  
Table 3. The basic density variation between provenances.

Mänty – Pine

Vaihtelu Variation	Vapausasteet Degrees of freedom	Neliösumma Sum of squares	Keskineliö Mean square	F - arvo F - value
Kok. vaihtelu Total	127	66 212	—	
Välivaihtelu Between	12	10 930	911	
Sisävaihtelu Within	115	55 282	481	1.89 <sup>*</sup>

v.a.<sub>1</sub> = 12

$F_{95\%} = 1.83 < 1.89$

v.a.<sub>2</sub> = 115

Kuusi – Spruce

Vaihtelu Variation	Vapausasteet Degrees of freedom	Neliösumma Sum of squares	Keskineliö Mean square	F - arvo F - value
Kok. vaihtelu Total	209	127 901	—	
Välivaihtelu Between	20	24 392	1220	
Sisävaihtelu Within	189	103 509	548	2.23 <sup>*</sup>

v.a.<sub>1</sub> = 20

$F_{95\%} = 1.57 < 2.23$

v.a.<sub>2</sub> = 189

VT:llä kasvaneitten puiden tiheys noin 15–20 % korkeammaksi. Tässä prosenttiluvussa on kuitenkin ”ikälisä” mukana, koska mäntyprovenienssien ikä tutkimushetkellä oli noin 20–30 vuotta nuorempi kuin VT-metsiköistä tutkittujen runkojen, ja tiheyden on todettu iän mukana lisääntyvän tiettyyn kulminaatiovaiheeseen saakka. Tämä ikäero ei kuitenkaan kokonaan selvittäne havaittua tiheyseroa, vaan vertailu vahvistaa mm. JALAVAN (1952) esittämää käsitystä männyn optimitiheydestä VT:llä Keski-Suomessa.

Kuusikokeen alkuperien äärikeskiarvot ovat  $367 \pm 27 \text{ kg/m}^3$  ja  $327 \pm 23 \text{ kg/m}^3$  ja koko kokeen keskiarvo  $344 \pm 23 \text{ kg/m}^3$ . Erona mäntyyn mainittakoon, että kuusi on OMT:llä ainakin lähellä tiheysoptimiaan.

Eri alkuperien välistä tiheyden vaihtelua tutkittiin varianssianalyysillä ja todettiin, että keskiarvojen välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja sekä mänty- että kuusikokeessa (taulukko 3). Näitä eroja testattiin Studentin testillä. Testin mukaan poikkesi parhaaksi osoittautuneen Roshchinon (Raivolan) mäntyalkuperän tiheys merkitsevästi Sodankylän, Haapaveden (räme) ja Kankaanpään alkuperistä. Kuusikokeen parhaan alkuperän, Latvian Goldingenin, tiheys puolestaan erosi merkitsevästi Sortavalan, Kajaanin ja Carlsfeldin (900 m m.p.y.) alkuperistä. Mäntyprovenienssien korkein tiheys (Roshchino) oli 9.5 % alhaisinta (Kankaanpää ja Haapavesi) suurempi, kuusiprovenienssien 12.2 % (Goldingen-Carlsfeld, 900 m m.p.y.).

Eräiden metsikkö- ja runkotunnusten ja eri

proveniensseja edustavien koeruutujen tiheyksien väliset korrelaatiokertoimet laskettiin näiden suureiden välisten yhteyksien tutkimiseksi. Kerroimet jäivät yleensä tilastollisesti merkityksettömiksi (taulukko 4), joten metsikkö- ja runkotunnus ei lähde tiheyden vaihtelua selittämään. Ainoastaan kuusikokeessa havaittu ja 5 %:n riskillä merkitseväksi todettu kuutiomäärän ja tiheyden negatiivinen korreloituminen näyttää vahvistavan sitä yleisesti vallitsevaa käsitystä, että nopea kasvu kostautuu alhaisempana puuaineen tiheytenä.

Provenienssien välisiä tiheyseroja tutkittiin myös KALELAN (1937), HEIKINHEIMON (1949) ja SARVAKSEN (1970) esittämien alkuperäpaikkakuntia koskevien ilmastotietojen valossa (taulukko 5). Vuotuisten tehoisien lämpötilojen summat <sup>1)</sup> ovat karkeita estimaatteja, jotka on saatu Sarvaksen laatimien lämpösummakäyrien avulla. Myös alkuperäpaikkakunnille tai niitä lähinnä sijaitseville säähavaintopisteille laskettuja lämpösumma-arvoja on käytetty hyväksi. Tutkittujen lämpötila- ja

<sup>1)</sup> lämpösumman yksikkö on d.d.—(degree day eli astepäivä) -yksikkö, jolla ilmaistaan +5°C ylittävien vuorokautisten keskilämpötilojen summa vuodessa.

Taulukko 4. Tiheyden korreloituminen eräiden metsikkö- ja runkotunnusten kanssa.

Table 4. The correlation between density and some stand and stem properties.

Metsikkö/runkotunnus Stand/stem property	Tiheys kg/m <sup>3</sup> Density	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce
Kuutiomäärä m <sup>3</sup> /ha Cubic volume	r = 0.024	-.511 <sup>*</sup>
Kuutiomäärä m <sup>3</sup> /puu <sup>1)</sup> Cubic volume/tree	.217	.390
Runkoluku/ha Number of stems	-.340	.018
Keskiläpimitta, cm Mean diameter	.234	-.406
Valtappituus, m Dominating height	.462	-.162

<sup>1)</sup> Kuutiomäärän/ha ja runkoluvun avulla estimoitu keskimääräinen arvo/puu.  
The average value/tree estimated by means of cubic volume/ha and number of stems.

sademääräsuureiden ja tiheyden välillä ei voitu todeta tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita (taulukko 6), joskin varsinkin mäntyä koskevat tulokset viittasivat siihen, että mainituilla kasvuolosuhteisiin vaikuttavilla ilmastotekijöillä on merkitystä puuaineen tiheyden muodostumisessa. Sekä mänty- että kuusikokeessa oli korkein tiheys suurimman lämpösumman omaavalla alkuperällä. Lisäksi saatiin sekä mänty- että kuusikokeesta tulos, jonka mukaan leveysasteen kohotessa tiheys näyttää yleensä alenevan, mutta tämäkään korrelaatio ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Mistään selvistä "ilmastoroduista" ja systemaattisesti leveysastetta seuraavasta muuttumisesta ei siis puuaineen tiheyden muodostumisessa näytä olevan kysymys. Näiden tulosten perusteella ei voida sanoa, että tietyllä pohjoisella alkuperällä on alhainen, toisella eteläisellä alkuperällä korkea puuaineen tiheys tai päinvastoin. Todetut merkitsevät erot muutamien alkuperien välillä selittynevätkin lähinnä provenienssien sisäisen yksilövaihtelun avulla. Vaihtelivathan näet tässä tutkimuksessa saadut koeruutujen sisäiset runkojen väliset tiheyden keskihajonnat männyllä 3.7–7.4 %:n välillä ja kuusella 4.2–9.8 %:n välillä, mitä suuruusluokkaa yleensäkin on havaittu metsikön sisäisen tiheyden vaihtelun olevan.

Tässä yhteydessä kokeiltiin myös alkuperien aluettaista ryhmittelyä tarkoituksena vähentää koeksiemien supeasta koostumuksesta mahdollisesti aiheutuvaa tiheyden suurta alkuperän sisäistä vaihtelua. Mäntyalkuperistä muodostettiin Etelä- ja Pohjois-Suomen ryhmät, kuusi-alkuperistä Etelä- ja Pohjois-Suomen, Baltian ja Keski-Euroopan ryhmät. Norjan ja Sveitsin alkuperät jätettiin selvästi erillisinä ryhmittelyn ulkopuolelle (kuva 5).

Ryhmien välisiä tiheyseroja tutkittiin varianssianalyysillä. Etelä-Suomen alkuperistä koostuvan ryhmän tiheys ei männyllä eronnut merkitsevästi Pohjois-Suomen ryhmän tiheydestä (taulukko 7). Kuusella sen sijaan varianssianalyysi osoitti olevan merkitseviä eroja ryhmien välillä. Testissä todettiin Baltian ryhmän tiheyden eroavan merkitsevästi kolmen muun ryhmän tiheyksistä, joiden välillä ei puolestaan todettu eroja. Toisin sanoen eri osissa Suomea ja Keski-Euroopassa kasvava kuusi näyttävät muodostavan keskimäärin yhtä tiheää puuainetta. Syistä Baltian alkuperien korkeisiin tiheysiin voidaan esittää vain olettamuksia: joko Baltian



Kuva 5. Alkuperien alueittainen ryhmittely  
 Fig. 5. The regional grouping of provenances

Taulukko 5. Ilmastotietoja alkuperäpaikkakunnilta KALELAN (1937), HEIKINHEIMON (1949) ja SARVAKSEN (1970) mukaan.

Table 5. Data concerning climatic conditions of the origins according to KALELA (1937), HEIKINHEIMO (1949) and SARVAS (1970).

Mänty — Pine

Koe n:o Experi- ment No	Alkuperä Origin	Leveys- aste, $^{\circ}$ N Latitude	1	2	3	4	5	6	7	8
140	USSR, Pechanga (Petsamo)	$69^{\circ}30'$	2	10.9	11.5	7	-7.5	23.2	?	550
141	Finland Sodankylä	$67^{\circ}30'$	3	11.2	13.3	»	-9.0	27.7	494	750
142	» Rovaniemi	$66^{\circ}25'$	»	12.0	14.3	6	-9.1	28.4	473	850
143	» Simo	$65^{\circ}40'$	»	13.3	15.4	»	-7.4	27.1	464	950
144	» Haapavesi	$64^{\circ}10'$	»	12.9	14.9	»	-6.7	25.2	513	»
145	» »	»	»	»	»	»	»	»	»	»
146	» Ähtäri	$62^{\circ}35'$	»	13.2	15.1	5	-6.8	24.8	576	1050
147	» Kankaanpää	$61^{\circ}50'$	»	13.4	15.5	»	-6.1	24.5	635	1150
148	» Pieksämäki	$62^{\circ}20'$	»	13.6	15.3	»	-6.9	25.1	554	1200
149	» Punkaharju	$61^{\circ}40'$	»	14.4	16.1	»	-7.1	26.3	548	1150
150	» Lammi	$61^{\circ}10'$	»	14.4	16.3	»	-5.6	24.3	611	»
151	USSR, Roshchino (Raivola)	$60^{\circ}25'$	»	14.9	16.5	»	-5.6	25.0	624	1400
152	Norway, Gjøvik	$60^{\circ}30'$	»	14.3	15.6	»	-5.2	23.2	521	1000

1 = keskilämpötilaan  $10^{\circ}$  ylitävien kuukausien lukumäärä  
yearly number of months with a mean temperature of at least  $+10^{\circ}\text{C}$

2 = edellä mainittujen kuukausien keskilämpötila  $^{\circ}\text{C}$   
mean temperature of months referred to under 1

3 = kesän lämpimimmän kuukauden keskilämpötila  $^{\circ}\text{C}$   
mean temperature of the warmest summer month

4 = keskilämpötilaan  $0^{\circ}$  alittavien kuukausien lukumäärä  
yearly number of months with a mean temperature of  $0^{\circ}\text{C}$  or below

5 = edellä mainittujen kuukausien keskilämpötila  $^{\circ}\text{C}$   
mean temperature of months referred to under 4

6 = lämpimimmän ja kylmimmän kuukauden keskilämpötilojen ero  $^{\circ}\text{C}$   
difference in mean temperature between the warmest and the coldest month of the year

7 = vuotuinen sademäärä mm  
annual precipitation

8 = tehoisan lämpötilan summa, d.d. -yksikköä/vuosi  
the sum of effective temperature, d.d. -unit/year

Kuusi – Spruce

Koe n:o Experi- ment No.	Alkuperä – Origin	Leveys- aste, N Latitude	1	2	3	4	5	6	7	8
155	Finland	67° 55'	3	11.1	13.0	7	-10.2	28.0	405	700
156	»	67° 30'	»	11.2	13.3	»	-9.0	27.7	494	750
157	»	66° 25'	»	11.4	13.7	»	-8.4	28.4	473	850
158	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
159	»	65° 40'	»	13.3	15.4	6	-7.4	27.1	465	950
160	»	64° 15'	»	12.8	14.8	»	-7.0	26.0	603	1000
161	»	62° 32'	»	14.3	16.0	5	-7.6	26.6	534	1150
162	»	62° 20'	»	13.6	15.3	»	-6.9	25.1	554	1200
256	USSR,	61° 44'	»	»	»	»	»	»	»	»
163	Finland	60° 40'	3	14.6	16.3	5	-5.5	24.6	595	»
255	USSR,	60° 23'	»	14.9	16.5	»	-5.6	25.0	624	1250
164	Finland	60° 25'	»	13.8	15.8	»	-5.0	23.2	645	1400
167	Norway,	60° 30'	»	14.3	15.6	»	-5.2	23.2	521	1250
165	USSR,	58°	5	13.6	17.3	»	-4.2	24.1	454	1000
166	»	57°	»	13.7	16.8	4	-2.1	20.4	678	1450
170	Germany,	50° 30'	»	»	»	»	»	»	»	»
171	»	»	4	12.0	13.2	4	-3.0	17.4	1240	1500
172	»	48° 50'	»	12.9	14.5	3	-3.2	18.5	1360	1150
168	»	51°	5	12.8	15.0	»	-2.0	17.6	930	960
169	»	50° 30'	»	12.9	15.1	»	-2.4	18.3	850	1150
173	Switzerland,	46° 40'	»	16.3	18.9	2	-0.5	19.5	570	1350

Koenumeroista 256 Sortavala ja 170 Carlsfeld puuttuvat kysiset ilmastotiedot.  
Climate data concerning the experiment numbers 256 Sortavala and 170 Carlsfeld were not available.

Taulukko 6. Tiheyden korreloituminen eräiden ilmastotekijöiden kanssa.  
 Table 6. The correlation between density and some climate factors.

Ilmastotekijä – Climate factor	Tiheys kg/m <sup>3</sup> Density	
	Mänty Pine	Kuusi Spruce
Keskilämpötilaltaan 10 °C ylittävien kk:n k-lämpötila Mean temperature of months with a mean temperature of at least +10 °C	r = 0.53 (10 % riskillä merkitsevä)	0.05
Kesän lämpimimmän kuukauden keskilämpötila Mean temperature of the warmest summer month	0.38	0.26
Keskilämpötilaltaan 0° alittavien kk:n k-lämpötila Mean temperature of months with a mean temperature of 0 °C or below	0.52 (10 %)	0.20
Lämpimimmän ja kylmimmän kk:n k-lämpötilojen ero Difference in mean temperature between the warmest and the coldest month of the year	-0.32	-0.07
Vuotuinen sademäärä – Annual precipitation	0.41	-0.19
Leveysaste – Latitude	-0.30	-0.14
Tehoisan lämpötilan summa – Sum of effective temperature	0.45	0.16

Taulukko 7. Alkuperäryhmien välinen tiheyden vaihtelu.  
 Table 7. The basic density variation between groups of provenances.

Mänty – Pine

Vaihtelu Variation	Vapausasteet Degrees of freedom	Neliösumma Sum of squares	Keskineliö Mean square	F - arvo F - value
Kok.vaihtelu Total	11	1112	–	
Välivaihtelu Between	1	57	57	0.54
Sisävaihtelu Within	10	1055	105.5	ei merkitsevä not significant

$$F_{95\%} = 4.96 > 0.54$$

v.a.<sub>1</sub> = 1  
v.a.<sub>2</sub> = 10



Vaihtelu <i>Variation</i>	Vapausasteet <i>Degrees of freedom</i>	Neliösumma <i>Sum of squares</i>	Keskineliö <i>Mean square</i>	F - arvo <i>F - value</i>
Kok.vaihtelu <i>Total</i>	17	2102	—	
Välivaihtelu <i>Between</i>	3	1123	374	5.34*
Sisävaihtelu <i>Within</i>	14	979	70	

$$F_{95\%} = 3.34 < 5.34$$

v.a.1 = 3  
v.a.2 = 14

alueella kasvava kuusi todella muodostaa tiheämpää puuainetta tai kysymys on tässä yhteydessä ehkä yksilövaihtelua heijastavasta

sattumasta, koska tutkittuja alkuperiä oli vain kaksi.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELUA

Käsillä olevassa tutkimuksessa todettiin joitakin tilastollisesti merkitseviä eroja sekä mänty- että kuusiprovenienssien puuaineen tiheydessä. Nämä erot eivät kuitenkaan ryhmityneet selvästi alkuperäalueiden leveysasteen sen enempää kuin merenpinnasta lasketun korkeudenkaan mukaan. Samansuuntaisiin tuloksiin on päädytty useissa aikaisemmissakin tutkimuksissa (mm. ECHOLLS 1958, KNUDSEN 1958, PARROT 1960, KLEM 1965, ERICSON 1968, NILSSON 1968, WORRALL 1975). Joko niissä ei ole saatu lainkaan merkitseviä eroja eri alkuperien tiheyksien välille tai saadut erot ovat vain heikosti selittyneet leveysaste- ja korkeuserojen avulla.

Selvästi korkeimman tiheysarvon antoi mäntykokeen eteläisin alkuperä Roshchino (Raivola), seuraavaksi parhaat Lammin Evo ja Gjøvik Norjasta. Alhaisimmat arvot oli Sodankylän ja Kankaanpään alkuperillä sekä Haapaveden rämealkuperällä. Viimeksi mainittua alhaista tiheysarvoa ei kuitenkaan voida ilman muuta pitää suopuille tyyppillisenä, sillä

HEIKINHEIMO (1949) arveli, ettei Haapaveden kohdalla niinkään ole kysymys kahdesta eri edafisesta rodusta, vaan pikemminkin kahdesta lähekkäisestä, mutta sattumanvaraisesta mänty-populaatiosta.

Kokonaistuotosta silmällä pitäen, kun otetaan huomioon sekä kuutiokasvu että muodostuvan puuaineen tiheys, näyttävät tutkituista mäntyalkuperistä Punkaharjun seudulle sopivimmilta Roshchinon (Raivolan), Lammin ja Pieksämäen alkuperät paikallisen ohella (taulukko 8). Taulukossa on Punkaharjun alkuperän tiheyden ja kokonaiskuutiotuoton keskiarvoja merkitty indeksiluvuilla 100, joihin on sitten verrattu muiden alkuperien vastaavia keskiarvoja. Edelleen on estimoitu tiheyden ja kokonaiskuutiotuoton avulla eri alkuperien kokonaiskuiva-ainetuottoa/ha ja verrattu tätä paikallisen alkuperän indeksiarvoon. Kysymyksessä on luonnollisesti hyvin karkea estimaatti, jolla kuitenkin lienee ainakin suuntaa-antava merkitys. Joka tapauksessa tiheyden vaihtelu ei näytä paljonkaan lisäävän tai vähentävän kuiva-

Taulukko 8. Eri alkuperien suhteellinen kuiva-ainetuotto (= tiheydellä painotettu kuutiotuotto) verrattuna paikallisen alkuperän tuottoon.  
 Table 8. Relative dry substance production (= cubic yield weighted with wood basic density) of different provenances compared with the production of local indigenous provenance.

## Mänty — Pine

Koe n:o Experiment No.	Alkuperä — Provenance	Tiheys Basic Density		Kokonaiskuutiotuotto Total cubic yield		Kuiva-ainetuotto Dry substance production	
		kg/m <sup>3</sup>	% i:sta	m <sup>3</sup> /ha	% i:stä	kg/m <sup>3</sup> x m <sup>3</sup> /ha	% i:stä
140	USSR,	379	101	149	47	56 471	48
141	Finland	369	99	294	93	108 486	92
142	»	376	101	232	73	87 232	74
143	»	375	100	299	95	112 125	95
144	»	367	98	303	96	111 201	94
145	»	381	102	289	91	110 109	93
146	»	377	101	268	85	101 036	86
147	»	367	98	289	91	106 063	90
148	»	376	101	332	105	124 832	106
149	»	$i_1=374$	100	$i_2=316$	100	$i_3=118 184$	100
150	»	391	104	296	94	115 736	98
151	USSR,	402	107	376	119	151 152	128
152	Norway, Gjøvik	384	103	277	88	106 368	90

Paikallisen Punkaharjun alkuperän keskitiheyttä, -kuutiotuottoa ja -kuiva-ainetuottoa merkitään indeksiluvulla 100.

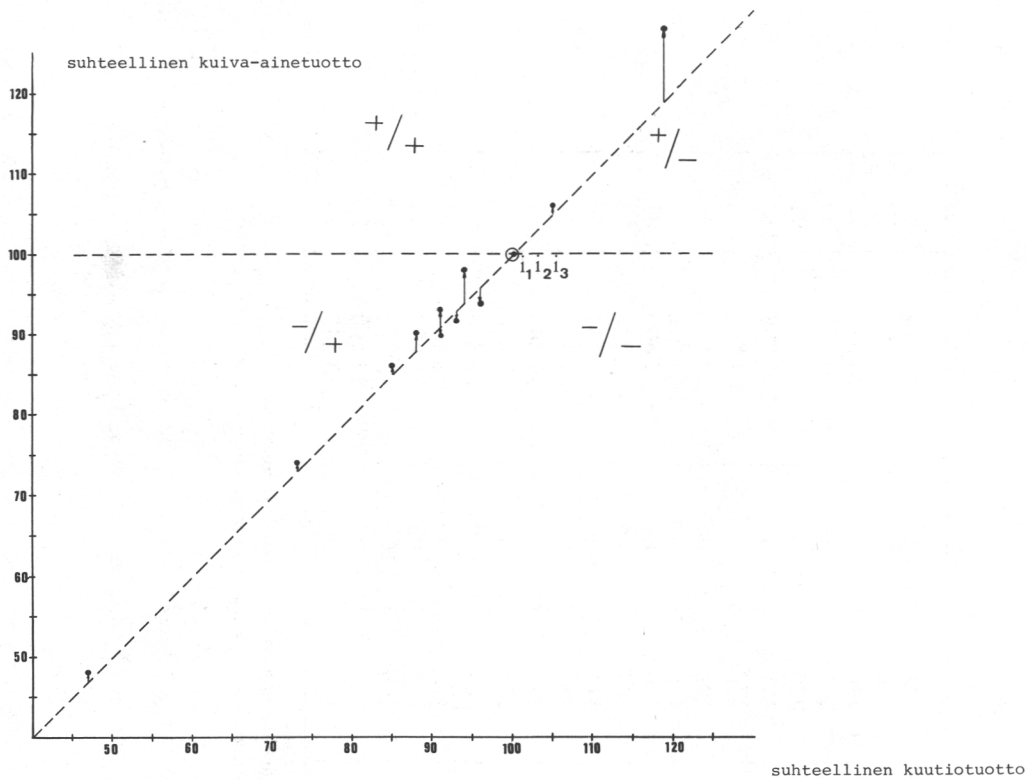
The mean basic density, mean cubic yield and mean dry substance production of the local Punkaharju provenance is signed with the index value 100.

Kuusi — Spruce

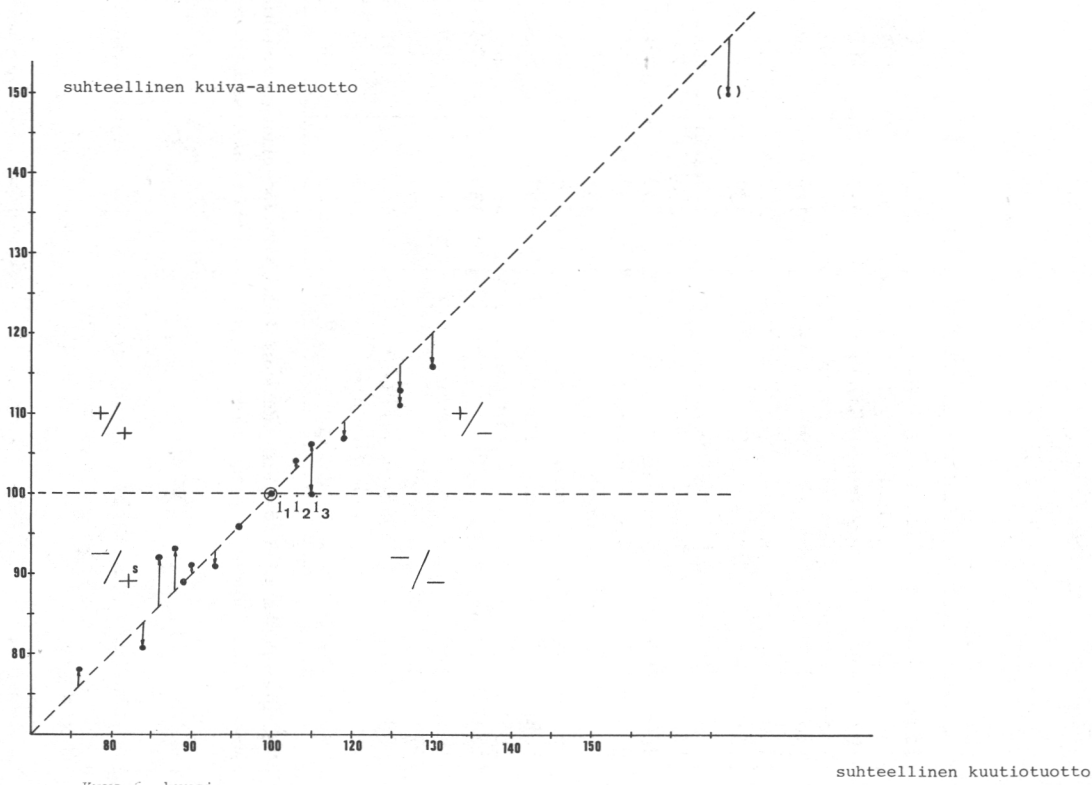
155	Finland	Muonio	343	100	251	96	86 093	96
156	»	Sodankylä	363	106	230	88	83 490	93
157	»	Rovaniemi, Kivalo	343	100	244	93	83 692	93
158	»	Rovaniemi, Kemijokivarsi	347	101	231	89	80 157	89
159	»	Simo	338	98	242	93	81 796	91
160	»	Kajaani (?)	328	95	411	157	134 808	150
161	»	Liperi	339		274		92 886	
162	»	Pieksämäki	$\overline{340} \bar{x}=i_1$	100	$\overline{265} \bar{x}=i_2$	100	$\overline{90\ 100} \bar{x}=i_3$	100
163	»	Elimäki	352)		244)		85 888)	
256	USSR,	Sortavala	330	96	220	84	72 600	81
255	»	Roshchino (Raivola)	333	97	304	116	101 232	113
164	Finland	Tuusula	331	96	314	120	103 934	116
167	Norway,	Gjøvik	348	101	235	90	81 780	91
165	USSR,	Estonia, Perawald	360	105	276	106	99 360	111
166	»	Latvia, Goldingen	367	107	224	86	82 208	92
170	Germany,	Carlsfeld	339	99	284	109	96 276	107
171	»	» 900 m	327	95	275	105	89 925	100
172	»	Sprigelau	344	100	275	105	94 600	106
168	»	Schmiedewald 600 m	346	101	269	103	93 074	104
169	»	Schielbach 600 m	345	100	242	93	83 490	93
173	Switzerland,	Wintschgau yli 800 m	353	103	199	76	70 247	78

Paikallisen Punkaharjun alkuperän puuttessa kokeesta on indeksiluvut estimoitu kolmen lähimmän alkuperän arvojen avulla.

Since the local Punkaharju provenance is not in the experiment, the index values are estimated by means of the values of the three nearest provenances.



Kuva 6 mänty pine



Kuva 6 kuusi soruce

## Kuva 6. Puuaineen tiheyden vaikutus kuiva-ainetuottoon

Lävistäjäsuora kuvaa tilannetta, jossa tietyn alkuperän tiheys on sama kuin paikallisen alkuperän indeksitiheys 100 ( $i_1$ ).

$+/+$  lohkon sijoittuvat pisteet edustavat alkuperiä, joissa sekä kuutiotuotto että puuaineen tiheys ovat suuremmat kuin paikallisella alkuperällä.

$+/_$  lohossa kuutiotuotto on paikallista suurempi, mutta tiheys pienempi.

$-/_$  lohossa kuutiotuotto on paikallista pienempi, mutta tiheys suurempi ja

$-/_$  lohossa sekä kuutiotuotto että tiheys ovat pienemmät kuin paikallisella alkuperällä.

$i_2$  = kuutiotuottoindeksi 100

$i_3$  = kuiva-ainetuottoindeksi 100

### Fig. 6. The effect of wood basic density on dry substance production

The diagonal line regards to the situation, where the density of certain provenance is the same as the index density 100 ( $i_1$ ) of the local indigenous provenance.

– the points placed in the  $+/+$  block represent provenances, which have both the cubic yield and the wood basic density bigger than the local provenance.

– in the  $+/_$  block the cubic yield is bigger but the density smaller than in the local provenance.

– in the  $-/_$  block the cubic yield is smaller but the density bigger than in the local provenance.

– in the  $-/_$  block both the cubic yield and the density are smaller than in the local provenance.

$i_2$  = the cubic yield index 100

$i_3$  = the dry substance yield index 100

ainesantoa, joten kuutiokasvu on selvästi määräävin komponentti kuiva-aineen muodostumisessa (kuva 6). Eniten eli noin 9 % lisää Roshchinon (Raivolan) alkuperän korkea tiheys paikallista Punkaharjun alkuperää kuutiokasvussakin parempaa tuottoa. Käytännössä tämä merkitsee vastaavasti parempaa kuivaainesantoa massateollisuudessa ja kovempaa ja lujempaa puuta sahateollisuudessa. Muiden alkuperien kohdalla tiheyden vaikutus puoleen tai toiseen jää selvästi pienemmäksi. Kuitenkin, muutamankin prosentin kuivaainesannon lisäyksellä tai vähennyksellä on merkitystä suurten puuraaka-ainemäärien ollessa kysymyksessä. KALLAN (1966) havaitsema 5 % tiheysero etelä- ja pohjoissuomalaisen mäntypinotavaran tiheydessä näkyi selvästi myös pohjoissuomalaisen puun suurempana kuluksena sulfaattiselvutusta kohti. Kallan mukaan tässä saantoerossa on kysymys taloudellisesti suurta luokkaa olevasta raaka-aineen laatueroista.

Kuusikoe käsittää mäntykoetta huomattavasti laajemman alkuperävaihtelun niin leveys-

asteen kuin merenpinnasta lasketun korkeudenkin suhteen. Suurimmat tiheysarvot näyttävät keskittyvän Baltian alkuperiin, Latvian Goldingeniin ja Eestin Perawaldiin sekä pohjoiseen Sodankylän alkuperään. Heikoimmiksi taas jäävät kuutiokasvussa parhaat Kajaanin ja Tuusulan alkuperät sekä Saksan Carlsfeldin vuoristoalkuperä ja kasvussakin muita vähemmän tuottanut Sortavalan alkuperä.

Jos tarkastellaan tiheydellä painotettua kuutiotuottoa kuten männyllä, joudutaan paikallista alkuperää edustava indeksiluku muodostamaan Liperin, Pieksämäen ja Elimäen keskiarvojen avulla Punkaharjun alkuperän puuttuessa. Sijainniltaan Punkaharjua luultavasti läheisin Sortavalan alkuperä on jätetty tästä keskiarvoindeksistä pois, koska se on muita 2–4 vuotta nuorempi eikä sitä esiinny sen enempää KALELAN (1937) kuin HEIKINHEIMONKAAN (1949) kyseistä kuusikoetta koskevissa katsauksissa.

Edellä mainittujen kolmen alkuperän avulla estimoitua kuiva-ainetuotoksen paikallisindeksiä tuottoisampia ovat useimmat sitä eteläisem-

mät alkuperät ja vahvasti kyseenalainen Kajaanin alkuperä. Muut pohjoiset alkuperät jäävät selvästi heikommiksi. Paikallisindeksiarvoa pienempi tiheys alentaa useimpien kuutiokasvultaan paikallista selvästi parempien alkuperien kokonaiskuiva-ainetuottoa, eniten Kajaanin, Carlsfeldin vuoristoalkuperän ja Tuusulan, noin 4–7 % (kuva 6). Eniten, eli 5–7 %, korkea tiheys puolestaan korjaa Baltian alkuperien ja Sodankylän alkuperän tiheydellä painotettua kuutiotuottoa. Carlsfeldin vuoristoalkuperää lukuunottamatta on muiden saksalaisten kuutiokasvultaan paikallista parempien alkuperien tiheys jokseenkin yhtenevä indeksiarvon kanssa. Näiden tulosten kanssa sopii hyvin yhteen ERICSONIN (1968) vuoden 1938 IUFRO-koekasta kuusella saama tulos: hän totesi nopeimmin kasvavien eteläeurooppalaisten provenienssien tuottavan noin 5 % vähemmän kuiva-ainetta kuin paikallinen alkuperä Bornsjössä Tukholman eteläpuolella.

Saadut tulokset kuusen osalta viittaavat siis siihen, että Punkaharjun seudulla tuottoisimmat provenienssit, kun puuaineen tiheys on kuutiokasvun ohella otettu huomioon, ovat Etelä-Suomesta ja Suomen kaakkois- ja eteläpuolelta (Baltia) sekä Saksan pohjoisosista. Myös voitaneen olettaa keski- ja pohjoispuolalaiset alkuperät sopiviksi, vaikkei niitä ollutkaan mukana tässä kokeessa. Huomattava kuitenkin on, että viljelypaikkakuntaa selvästi eteläisempien, tässä kokeessa lähinnä Saksan ja Sveitsin, alkuperien kohdalla niin biotottisten kuin ilmastollistenkin tuhojen riski kasvaa, mikä on ollut selvästi havaittavissa myös Punkaharjun kokeessa alusta asti. Sattuneet tuhot, etenkin talvien 1939–40 ja 1955–56 pakkaset ja niitä seuranneet sienituhot sekä myyrätalvi 1934–35 kohdistuivat pääasiallisesti juuri eteläisiin proveniensseihin ja varmasti tuntuvasti verottivat kasvua.

Yhteenvetona tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan sanoa, että *kuusen provenienssiirrot näyttävät kannattavilta pyrittäessä lisäämään puiden kuiva-ainetuottoa*. Alkuperäpaikkakuntaa eteläisempien provenienssien yleensä parempi kasvu antaa suuremman kuiva-aineensaannon, koska muodostuvan puuaineen tiheys ei näytä nopean kasvun myötä merkitsevästi alenevan. Se saattaa päinvastoin olla jopa suurempi kuin paikallisen populaation, kuten tässä tapauksessa Baltian alkuperissä. Yleensäkin kuutiokasvua tehostavien toimenpiteiden ei ole siinä määrin havaittu alentavan puuaineen

tiheyttä, että näiden toimenpiteiden käyttökelpoisuus kuiva-aineen tuoton lisäämiseksi joutuisi kyseenalaiseksi. Kun esimerkiksi lannoituksen aiheuttama kuutiokasvulisäys on ollut 20–30 %, on tiheys vastaavasti laskenut vain noin 1.5–3.0 % (SAIKKU 1975). Perustellusti voidaan siis olettaa, että samantyyppinen suhde vallitsee myös käytettäessä nopeakasvuisia proveniensseja tuoton lisäykseen; voidaanhän niiden käyttöä pitää lannoitukselle jossain määrin analogisena kasvunlisäystoimenpiteenä, joka on luonteeltaan lisäksi pysyvää eikä siis kaipa käsittelyn toistamista vaikutuksen ylläpitämiseksi kuten lannoitus. Esimerkiksi KRUTZSCH (1975) on tutkinut kahta ruotsalaista vuoden -38 IUFRO-kuusikoetta ja arvioinut oikean alkuperän valinnalla voitavan saavuttaa juuri edellä mainitun 20–30 % suuruusluokkaa olevan kasvulisäyksen.

*Mäntykokeesta* saadut tulokset taas viittaavat siihen, ettei *provenienssiirroilla etelästä pohjoiseen saada sanottavaa lisäystä mäntypuun kuiva-ainetuotokseen*. On tosin huomattava, että viljelypaikkakuntaa eteläisempiä proveniensseja oli kokeessa hyvin vähän. Esimerkiksi balttilaiset alkuperät olisivat voineet antaa mielenkiintoisen lisän kokeeseen. Keski-eurooppalaisen männyn ulkoinen tekninen laatu sen sijaan lienee jo niin paljon meikäläistä huonompi ja tuhoalttius suurempi, ettei sen siirto tule kysymykseen. Etelä- ja keskisuomalaiset mäntypopulaatiot näyttävätkin olevan siinä määrin kasvupaikoilleen sopeutuneita niin kasvun, laadun kuin kestävyysnäkökulman suhteen, että alkuperäsiirtoja tehokkaammin päästään kuiva-ainetuotosta kohottamaan *yksilövalinnan ja risteytysten* avulla. Toisin sanoen etsitään paikallisista metsäkoista yksilöitä, joissa kasvu on nopeaa ja/tai syntyvä puuaine tiheää, ja risteytetään tällaisia yksilöitä keskenään. Tähän tarjoaa korkeaksi todettu tiheyden periytyvyys hyvät mahdollisuudet, varsinkin kun se on jälkeläiskokeissa osoittanut niin sanottua *yleistä kombinaatiokykyä* (NILSSON ja ANDERSSON 1969), millä tarkoitetaan yksilön kykyä tuottaa halutunlaisia jälkeläisiä yleisesti kaikenlaisissa risteytyksissä eikä vain tietyn toisen yksilön kanssa risteytyessään (LUUKKANEN 1969).

Myös kuusella yksilövalinta ja risteytykset sopivat provenienssiä valintaa täydentämään. *Päävalintakriteerinä* kokonaiskuiva-ainetuotosta silmällä pitäen tulee tällöin edelleen pitää kas-



*vua*. Se on selvästi määrävin tekijä kuiva-aineen muodostumisessa. Ottamalla *puuaineen tiheys sekundaarisena huomioon eriasteisessa valinnassa* voidaan kuitenkin vaikuttaa sekä kuiva-aineensaannon lisääntymiseen että useimpiin puuaineen laatuominaisuuksiin. Koska kevyempi puu antaa joissakin tuotteissa paremman laadun kuin hyvin tiheä puu, tulee myös vähemmän tiheää, muilta huomionarvoisilta ominaisuuksiltaan hyvää puuta sisällyttää jalostusmateriaaliin. Toisin

sanoen valitaan pääasiassa korkean puuaineen tiheyden omaavia yksilöitä ja yksilöryhmiä (populaatioita, provenienseja tms.), muttei kavenneta liikaa ominaisuuden geneettistä vaihtelua, vaan pyritään säilyttämään sitä. Vaihtelun säilyttäminen yleensäkin on ensiarvoisen tärkeää jalostustyössä, onhan silloin helpompi vastata teollisuuden jatkuvasti muuttuviin vaatimuksiin.

## 5. KIRJALLISUUTTA – REFERENCES

- DIETRICHSON, J. 1964. Proveniensproblemet belyst ved studier av vekstrytme og klima. The provenance problem illustrated by studies of growth-rhythm and climate. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen, nr. 71, Bind XIX, Hefte 5.
- ECHOLLS, R.M. 1958. Variation in Tracheid Length and Wood Density in Geographic Races of Scots pine. Yale University: School of Forestry. Bulletin No. 64.
- ELLIOTT, G.K. 1970. Wood Density in Conifers. Commonwealth Agricultural Bureaux. Technical Communication No. 8.
- ERICSON, B. 1959. A mercury immersion method for determining the wood density of increment core sections. Statens Skogsforskningsinstitut. Avdelningen för Skogsproduktion. Rapporter och Uppsatser nr. 9.
- ERICSON, B. 1968. Granproveniens och volymvikt. Utdrag ur mellan- och östeuropeiska granprovenienser i svenskt skogsbruk. Stencil. Skogsstyrelsen, Stockholm.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations of the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 61.5.
- HAKKILA, P. 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 66.8.
- HEIKINHEIMO, O. 1949. Tuloksia kuusen ja männyn maantieteellisillä roduilla suoritetuista kokeista. Results of experiments on the geographical races of spruce and pine. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 37.2.
- JALAVA, M. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki.
- KALELA, A. 1937. Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Puulajien ilmastorotuja koskevista tutkimuksista. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu 26.1.
- KALLA, J. 1966. Mäntypinotavaran kulutus valkaisuamattoman sulfaattiselluloosan valmistuksessa Pohjois- ja Etelä-Suomessa. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 3, 1966.
- KLEM, G.G. 1957. Kvalitetsundersøkelser av norsk och tysk gran. The quality of Norway Spruce (*Picea abies*) of Norwegian and German origin. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen. Bind 14:285–314.
- KLEM, G.S. 1965. Tørrvolumvektsvariasjoner hos fremmede bartreslag og vanlig gran fra Sør- og Vestlandet. Variations in the specific gravity of foreign softwood species and Norway spruce from South and West Norway. Meddelelser fra Det Norske Skogforsøksvesen, Nr. 74, Bind XX, Hefte 3.
- KNUDSEN, M.V. 1956. A comparative study of some technological properties of Norway spruce in a provenance test. Union Internationale des Instituts de Recherches Forestieres. 12ème Congrès, Oxford 1956. Volume-Band 4.
- KOBYLINSKI, F. 1968. Studies of the specific gravity of wood in a completely dry state ( $\gamma_d$ ). Population studies of Norway spruce in Poland. Forest Research Institute. Warsaw 1968.
- KRUTZSCH, P. 1975. Zwei Herkunftsversuche mit Fichte in Schweden (IUFRO 1938). Två proveniensförsök med gran i Sverige

- (IUFRO 1938). Skogshögskolan, Inst. för Skogsgenetik. Rapporter och Uppsatser Nr. 16/1975.
- LUUKKANEN, O. 1969. Metsägeneettinen sanasto (Glossary of Forest Genetics with English index). Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja n:o 1. Moniste.
- NILSSON, B. 1968. Studier av några kvalitetsgenskapers genetiska variation hos tall (Pinus silvestris L.). Studies of the genetical variation of some quality characters in Scots pine (Pinus silvestris L.). Skogshögskolan, Inst. för Skogsgenetik. Rapporter och Uppsatser nr. 3.
- NILSSON, B. & ANDERSSON, E. 1969. Spruce and pine racial hybrid variations in Northern Europe. Skogshögskolan, Inst. för Skogsgenetik. Rapporter och Uppsatser nr. 6.
- NYLINDER, P. 1961. Om träd- och vedegenskapers inverkan på råvolymvikt och flytbarhet. I. Tall. Influence of tree features and wood properties on basic density and buoyancy. I. Scots pine (Pinus silvestris). Kungl. Skogshögskolan, Inst. för virkeslära. Uppsatser nr. R 35.
- NYLINDER, P. 1967. Non-destructive field sampling systems for determining the wood density of standing timber over large areas, variation within and between species, and the influence of environmental and other measureable factors on wood density. Skogshögskolan, Inst. för virkeslära. Nr. R 56.
- NYLINDER, P. & HÄGGLUND, E. 1954. Ståndorts- och trädegenskapers inverkan på utbyte och kvalitet vid framställning av sulfittmassa av gran. The influence of stand and tree properties on yield and quality of sulphite pulp of Swedish spruce (Picea excelsa). Meddelanden från statens skogs-forskningsinstitut. Band 44. Nr. 11.
- OLESEN, P.O. 1973. The influence of the compass direction on the basic density of Norway spruce (Picea abies L.) and its importance for sampling for estimating the genetic value of plus trees. Forest Tree Improvement No. 6. Arboretet Hørsholm, København.
- PARROT, L. 1960. De la variabilité génétique de la densité du bois chez l'Epicéa ("Picea excelsa" Link.). Annales de l'école Nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Experiences XVII, 3.
- PERSSON, A. 1972. Studies on the basic density in mother trees and progenies of pine. Studier över torr-råvolymvikt hos moderträd och avkommor av tall. Studia Forestalia Suecica nr. 96.
- SAIKKU, O. 1975. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. The Effect of Nitrogen Fertilization on the Basic Density of Scots Pine (Pinus silvestris), Norway Spruce (Picea abies) and Common Birch (Betula verrucosa). Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 85.5.
- SARVAS, R. 1970. Lämpösumman korkeusgradientti. Moniste.
- SIHTOLA, H. & KAILA, E. 1958. Mäntyrotu Keski-Suomesta selluloosapuuksi Pohjois-Suomeen. Paperi ja Puu n:o 4a.
- SIIMES, F.E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Helsinki.
- SIREN, G. 1958. Eräitä havaintoja keski-suomalaisen ja paikallisen mänturodun biologisista ja teknillisistä ominaisuuksista Perä-Pohjolassa. Some observations on the biological and technical properties of the local and central-finnish pine provenances in North Finland. Silva Fennica 96.1.
- VELLING, P. 1974. Männyn (Pinus silvestris L.) puuaineen tiheyden fenotyypisistä ja geneettisistä vaihtelusta. Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (Pinus silvestris L.). Folia Forestalia 188.
- WORRALL, J. 1975. Provenance and clonal variation in phenology and wood properties of Norway spruce. Silvae Genetica 24, Heft 1.

- No 215 Pertti Harstela ja Sauli Takalo: Kokeita oksaraaka-aineen kuormauksesta ja kuljetuksesta.  
Experiments on loading and transportation of branch raw material. 1,50
- No 216 Gunnar Wilhelmson: Puutavaran käsittely. 7,—
- No 217 Pentti Rikkonen: Koivuvaneritukkien kuutiointi. 1,50.  
Calculation of the volume of birch veneer logs.
- No 218 Pentti Nisula: Makroilmaston vaikutus varastoidun pinotavaran painoon.  
Effect of macroclimate on the weight of stored cordwood. 2,50
- No 219 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1972—74.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1972—74. 6,—
- No 220 Pentti Nisula: Eräs herbisidien levityslaitte.  
An apparatus for the application of herbisides. 2,50
- No 221 Simo Penttilä ja Jouko Hämäläinen: Päiväansio ja työn tuotos urakkapalkkaisessa istutustyössä 1972.  
Daily earnings and work output in piece rate planting in Finland 1972. 4,—
- No 222 Veli-Pekka Jarveläinen: Yksityismetsänomistajien metsätaloudellinen käyttäytyminen.  
Forestry behaviour of private forest owners in Finland. 20,—
- No 223 Jan Heino: Finlands stadsägda skogar betraktade speciellt ur friluftssynvinkel. 5,—
- No 224 Pentti Hakkiila: Kanto- ja juuripuun kuoriprosentti, puuaineen tiheys ja asetoniuut-  
teitten määrä.  
Bark percentage, basic density, and amount of acetone extractives in stump and root  
wood. 1,50
- No 225 Metsätalostollinen vuosikirja 1973.  
Yearbook of forest statistics 1973.
- No 226 Bo Långström: Eräiden insektisidien testaus tukkimiehentäin, *Hylobius abietis* L.  
(Col., Curculionidae), tuhojen torjumiseksi.  
Testing of some insecticides for the control of damages caused by the large pine  
weevil, *Hylobius abietis* L. (Col., Curculionidae). 1,50
- No 227 Veijo Heiskanen: Kuitupuun latvaläpimitaan perustuva työmittausten menetelmä ("pölkky-  
menetelmä").  
A wage- payment measuring method based on pulpwood top diameter (Bolt method).  
4,—
- No 228 Pentti Nisula: Liikkuva sadetuslaitteisto.  
Revolving Sprinkler. 3,—
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkonen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrit-  
tämismenetelmät.  
Methods for the measurement of softwood sawlogs. 3,—
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsä-  
maan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.  
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland. 3,—
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löyttyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv.,  
Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.  
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col.,  
Scolytidae) on sawn timber quality and value. 1,50
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsä-  
teollisuuden raaka-ainenäköymät vuoteen 2000.  
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until  
2000. 1,50
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan  
katkaisuläpimitasta.  
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-  
logging diameter. 2,—
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadun-  
määrittäminen Suomessa.  
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in  
Finland 3,—
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä  
turvemaalla.  
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway  
spruce on peat greenhouse experiments 1,50
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittästä koskevia  
tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuu, järeä kuitupuu sekä likipituinen havukuitupuu.  
Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile Crooked  
broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate  
length. 3,—
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.  
Bunching and transportation of branch raw material 2,—
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvissa.  
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.

- The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature. 2,50
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa. On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat. 1,—
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna. Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees. 8,—
- No 241 Victor Ipatiev & Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kesto aika vanhassa tupasvillaraameen männikössä. Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. 1,50.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä. The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood. 2,—
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä. The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods. 4,—
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen. Learning of grapple loading. 4,—
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku. Stump Crusher. 3,—
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. 2,—
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. 2,50
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesien (*Lophobacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa. Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophobacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland. 1,—.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri. Pallari Bushharvester 2,—
- 1976 No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukien kuoren määrä ja siihen vaikutavat tekijät. Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it. 7,—
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975. Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975. 7,—.
- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla. Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil. 1,50
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta. Work Study of the Lamu Seeding Machine. 2,50
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukien kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä. A control method for the measurement of pine and spruce logs. 2,—
- No 256 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa. Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine. 2,—.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta. The wood basic density variation of pine and spruce provenances. 4,—
- No 258 Nisula Pentti: Muovihuoneen sadetuskone. A sprinkler for a plastic greenhouse. 1,50
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973. Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973. 5,—.
- No 260 Harstela Pertti: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten. Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading. 2,50
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla. Felling of small-size trees with felling devices based the chain saw and clearing saw. 3,—
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä. Yield from the first thinning. 1,50