

ODC 812.31:
176.1 *Betula pendula*

FOLIA FORESTALIA 416

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

PIRKKO VELLING

PUUAINEN TIHEYS KAHESSA RAUDUS-
KOIVUN JÄLKELÄISKOKEESSA

WOOD DENSITY IN TWO *BETULA PENDULA*
ROTH PROGENY TRIALS

- No 345 Metsätalastollinen vuosikirja 1976.
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittausmahdollisuudet.
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löytyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae)
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus.
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Kesken poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi.
Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua.
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa.
Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa.
Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikka-tyypin kuusikossa.
Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus.
Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla.
Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Ryynänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä.
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviulun saannosta.
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä.
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus.
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen.
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.

FOLIA FORESTALIA 416

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Pirkko Velling

PUUAINEN TIHEYS KAHESSA RAUDUSKOIVUN
JÄLKELÄISKOKEESSA

Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials

ODC 812.31:176.1 *Betula pendula*
ISBN 951-40-0425-6
ISSN 0015-5543

VELLING, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia For. 416:1—24.

Tutkimuksessa tarkastellaan pluspuujälkeläistojen puuaineen tiheyden vaihtelua kahdessa 1960-luvun lopulla perustetussa rauduskoivun jälkeläiskokeessa. Lisäksi tuloksia verrataan samoista kokeista aikaisemmin julkaistuihin rungon kasvua ja ulkoista laatua koskeviin tuloksiin sekä tutkitaan tiheyden vaikutusta rungon kuivan massan muodostumiseen. Koepuita on tutkimuksen aineistossa kaikkiaan 1 706 ja näytekiekkoja 10 757.

Rungon sisällä tiheys hieman laski tyvestä latvaan päin molemmissa tutkituissa kokeissa. Rinnankorkeudelta määritetty tiheys selitti verraten hyvin koko rungon keskimääräistä tiheyttä. Molempien kokeiden koepuiden ja jälkeläistojen välinen tiheyden vaihtelu oli jossain määrin vähäisempää kuin normaalijakauma edellyttäisi, variaatiokerroin vain 4—6 %. Siten se jäi pienemmäksi kuin samojen jälkeläistojen kasvuominaisuuksissa ja rungon ulkoisissa laatuominaisuuksissa aikaisemmin todettu vaihtelu. Jälkeläistösiirroilla, joiden pituus oli alle 250 km, ei todettu olevan vaikutusta tiheyteen eivätkä vapaapölytys- ja risteytysjälkeläiset ryhminä tarkasteltuina eronneet toisistaan. Myöskään kaukoristeytyksillä, joissa emo- ja isäpuiden välimatka oli yli 100 km, ei ollut selvää vaikutusta tiheyteen.

Verrattaessa nyt puuaineen tiheydestä saatuja tuloksia samoista kokeista aikaisemmin julkaistuihin jälkeläistojen kasvua ja rungon ulkoista laatua koskeviin tuloksiin todettiin, että rungon hyvä kasvu, hyvä ulkoinen laatu ja korkea puuaineen tiheys vain harvoin esiintyivät jälkeläistöissä samanaikaisesti. Rungon kuivan massan muodostumisessa todettiin tiheyden vaikutus yleensä verraten vähäiseksi ja tilavuuskasvu selvästi dominoivaksi.

The variation in the wood density of plus tree progenies in two *Betula pendula* progeny trials established at the end of the 1960's are examined in the study. In addition, the results are compared with the results for stem growth and external quality in the same trials published earlier. The effect of density on the production of dry matter in the stem is also studied. The material consists of total of 1 706 sample trees and 10 757 sample discs.

The density in the stem decreased slightly on moving towards the crown in both trials. The density at breast height explained rather well the average density of the whole stem. Variation in density between the progenies and the sample trees in both trials was slightly smaller than a normal distribution would presuppose, the coefficient of variation was only 4—6 %. It was thus smaller than the variation earlier found in the growth characteristics and external quality of the same progenies. Progeny transfer, the distance of which was less than 250 km, had no effect on the density. There were no differences between open-pollinated and controlled crossing progenies, when grouped together, as regards density. Long-distance crossing, in which the distance between the mother and father trees was over 100 km, had no clear effect on density.

It was found, when the results for wood density were compared with the earlier published results concerning growth and external quality of the stems of the same progenies, that good stem growth, good external quality and high wood density only rarely occurred simultaneously in the same progenies. The effect of wood density on the production of dry matter by the stem was found to be generally rather small and that of volume growth to be clearly dominant.

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	4
2. AINEISTO JA MENETELMÄ	5
21. Kenttäkokeet ja näytteiden otto	5
22. Tiheyden määrittäminen	6
23. Aineiston tilastollinen käsittely	6
3. TULOKSET	7
31. Tiheyden vaihtelu rungon sisällä	7
32. Tiheyden vaihtelu runkojen välillä	9
Jätkeläistösiirrot	9
Vapaapölytys- ja risteytysjätkeläistöt	9
Kaukoristeytykset	9
33. Tiheyden vaihtelu jätkeläistöjen sisällä ja välillä	11
34. Tiheyden suhde kasvuun ja rungon ulkoiseen laatuun	13
4. TULOSTEN TARKASTELU	15
5. KIRJALLISUUS	21
6. SUMMARY	23

1. JOHDANTO

Metsänjalostuksen perusmateriaalia, pluspuita ja siemenkeräysmetsiä, valittaessa kiinnitettiin huomio puiden kasvuun ja rungon ulkoiseen laatuun tavoitteena tuottaa nopeakasvuista ja hyvälaatuista materiaalia käytännön metsänviljelyyn. Rungon sisäinen puuaineen laatu ja sen paras tunnusominaisuus, puuaineen *tiheys*, jäi tuolloin käytännöllisistä syistä vaille huomiota. Tiheyshän ilmaisee massan (painon) tilavuusyksikköä kohti ja riippuu lähinnä puun solujen seinämien tilavuuden suhteesta solujen välisten ja sisäisten onteloitten tilavuuteen. Tiheys ei siis varsinaisesti ole mikään yksittäinen ominaisuus, vaan ominaisuuskompleksi, mikä vaikeuttaa sen vaihteluun vaikuttavien syiden tutkimista.

Puuaineen tiheydellä on merkitystä sekä kemiallisen että mekaanisen puunjalostuksen kannalta, samoin käytettäessä puuta energian lähteenä. Kemiallisesti puuta jalostettaessa tiheys vaikuttaa sekä tilavuusyksiköstä saatavan massan määrään että sen laatuun. Mekaanisessa puunjalostuksessa se puolestaan vaikuttaa prosessiin ja lopputuotteiden lujuuteen. Puuta poltettaessa tiheydellä on keskeinen merkitys, koska puun lämpöarvo tilavuusyksikköä kohti suuresti riippuu sen sisältämästä kuiva-ainemäärästä.

Tiheyden yleensä voimakkaaksi todettu periytyvyys tekee siitä suotuisan metsänjalostuksen kohteen. Koivun nopea alkukehitys puolestaan mahdollistaa 1960-luvulla perustettujen rauduskoivun jälkeläiskokeiden käyttämisen puuaineen laadun tutkimiseen. Kun näistä kokeista on jo saatu tuloksia pluspuujälkeläisten rungon tilavuuskasvusta (Raulo ja Koski 1975 ja 1977) ja ulkoisesta laadusta (Raulo 1979), on puuaineen tiheyttä mahdollisuus tarkastella rinnan niiden kanssa. Samanikäisissä havupuujälkeläistöissä ei tähän vielä ole mahdollisuutta.

Aikaisemmin ovat koivun puuaineen tiheyttä Suomessa tutkineet mm. Wallidé (1934), Jalava (1945), Kujala (1946) ja Hakila (1966 ja 1979). Rungon keskimääräinen tiheys on osoittautunut hieman alle 500 kg:ksi/m³ ja rauduskoivulla hieman

korkeammaksi kuin hieskoivulla. Meikäläisistä puulajeista koivujen tiheys on selvästi korkein.

Tutkimuksessa, joka keskittyi Suomen eteläpuoliskoon leveysasteille 61°—62° ja kohdistui seuraavassa hakuussa poistettavaan puustoon, Hakila (1966) totesi rauduskoivurunkojen keskitiheydeksi 497 kg/m³ ja hieskoivurunkojen 482 kg/m³. Keskimääräinen runkojen välinen tiheyden hajonta oli rauduskoivulla 6,3 % ja hieskoivulla 6,1 %. Rungon ulkoisten tunnusten (ikä, rinnankorkeusläpimitta, puun pituus ja latvussuhde) avulla voitiin selittää 24 % rauduskoivun ja 15 % hieskoivun rungon keskimääräisestä tiheyden varianssista. Ottamalla mukaan myös metsätyyppi saatiin vastaaviksi arvoiksi 28 % ja 16 %. Uudemmassa tutkimuksessa, joka tähtäsi runkojen kuivapainotaulukoiden laatimiseen ja jonka aineisto edusti koko puustoa ja kattoi koko maan, Hakila (1979) sai koivurungon tiheydeksi 483 kg/m³ ja runkojen väliseksi hajonnaksi 4,9 %. Puun koon, iän ja kasvunopeuden avulla selittyi noin 40 % runkojen välisestä tiheyden vaihtelusta. Parhaiten vaihtelua selitti koivulla puun ikä.

Lannoitusta ja jalostusta voidaan pitää toisiaan täydentävinä toimenpiteinä kasvun lisäämiseksi. Jalostuksella saavutettu hyöty on kuitenkin pysyvää eikä vaadi toistamista kuten lannoitus. Lannoituksen vaikutusta koivun ja yleensäkin lehtipuiden puuaineen tiheyteen on tutkittu hyvin vähän. Saikku (1975) totesi lannoituksen aiheuttavan koivulla, kuten männällä ja kuusellakin, vähäistä tiheyden alenemista. Kuitenkin saavutettu tilavuuskasvun paraneminen moninkertaisesti kompensoi tiheyden alenemisen kuivaainesantoa silmällä pitäen. Voidaan myös olettaa, ettei jalostusteitse tapahtuva tilavuuskasvun parantaminen sanottavasti alenna puuaineen tiheyttä ja siten vähennä kuivaainesantoa.

Kun lähdetään puuaineen tiheyttä jalostamaan, on ensimmäiseksi tarpeen selvittää, miten suuri on sen periytyvä muuntelu jalostusaineistossa ja miten se korreloi muiden

jalostettavien ominaisuuksien kanssa. Tiheyden periytyvyyden selvityksiä on tehty paljon havupuilla, vähemmän lehtipuilla, koivuilla ei tiettävästi lainkaan. Muilla puulajeilla saatuja tuloksia voitaneen kuitenkin soveltaa koivuun. Yleensä tiheyden on eri puulajeilla todettu periytyvän voimakkaasti tai ainakin kohtalaisesti (mm. seuraavat yhteenvedot: Zobel 1961 ja 1964, Hattemer 1963, Harris 1965 ja 1970, Elliott 1970, sekä Polge ja Illy 1968, Polge 1971, Persson 1972, Keller 1973, Velling 1974, Nepveu 1976, Nepveu ja Teissier du Cros 1976).

Kasvun ja rungon ulkoisen laadun vaihtelusta meikäläisissä rauduskoivun jälkeläiskokeissa on todettu, että suurin osuus vaihtelusta on jälkeläistöjen välillä (Raulo ja Koski 1975 ja 1977, Raulo 1979). Raulo totesi, että tutkitut kasvu- ja laatu-tunnukset vain harvoin korreloivat keskenään. Käsillä olevassa tutkimuksessa tarkastellaan puuaineen tiheyden vaihtelua kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa, jotka sisältyvät edellä mainittujen tutkimusten aineistoon. Tarkoituksena on selvittää, miten suuri tiheyden vaihtelu on, miten vaihtelu jakau-

tuu eri tasoille ja miten tiheys korreloi tilavuuskasvun ja rungon ulkoisen laadun kanssa.

Kasvua, rungon ulkoista laatua ja puuaineen tiheyttä koskevien tulosten vertailun helpottamiseksi pyritään käsillä olevassa tutkimuksessa tuloksia esitettäessä mahdollisuuksien mukaan noudattamaan samaa tarkastelujärjestystä, jota Raulo ja Koski (1975 ja 1977) ja Raulo (1979) käyttivät.

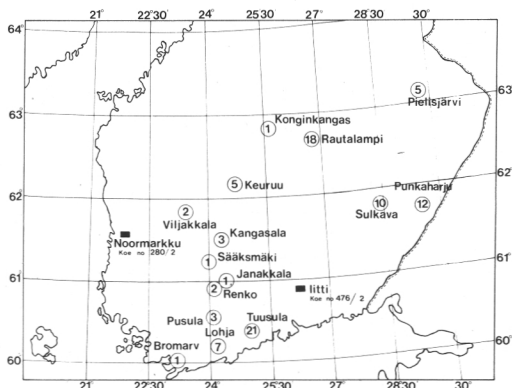
Tämän tutkimuksen aineiston muodostavat kokeet on perustettu Jyrki Raulon johdolla Suomen Vaneriyhdistyksen Metsätutkimuslaitokselle 1960-luvulla myöntämällä määrärahoilla yhteistyössä A. Ahlström Osakeyhtiön, Keskusmetsälautakunta Tapion, metsähallituksen ja Metsänjalostuslaitoksen kanssa. Tutkimusnäytteet kerättiin metsänhoidon tutkimusosaston toimesta Raulon rauduskoivujälkeläistöjen ulkoista laatua koskevan tutkimuksen yhteydessä. Näytteiden mittauksesta vastasi Rauni Ritola Ruotsinkylän jalostusaseman henkilökunnan avustuksella. Risto Häkkinen opasti aineiston tilastollisessa käsittelyssä ja Kaarlo Karvinen suoritti aineiston tietokonekäsittelyn. Sisko Salminen piirsi kuvat ja Taina Tiihala ja Raili Tallqvist tekivät konekirjoitustyöt. Englanninkielisen tekstin käänsi John Derome. Max Hagman, Matti Kärkkäinen, Veikko Koski ja Jyrki Raulo tarkastivat käsikirjoituksen. Esitän parhaat kiitokseni kaikille työhön osallistuneille.

2. AINEISTO JA MENETELMÄ

2.1. Kenttäkokeet ja näytteiden otto

Tutkimusaineisto koottiin kahdesta rauduskoivun jälkeläiskokeesta. Koe, josta tuloksia selostettaessa yksinkertaisuuden vuoksi käytetään numeroa 1, on merkitty metsägeneettiseen rekisteriin koenumeraalla 280/2 ja sijaitsee Noormarkussa. Toinen koe, josta vastaavasti käytetään numeroa 2 ja jonka tunnus rekisterissä on 476/2, sijaitsee Iitin kunnassa (kuva 1). Noormarkun koe on perustettu ojitetulle vesijättömaalle vuonna 1969 1M + 1A — taimilajia käyttäen, Iitin koe entiselle pellolle samankäisillä taimilla vuonna 1967. Molemmissa kokeissa on käytetty yhdeksän taimen ruutuja. Noormarkun kokeessa on toistoja kuusi, Iitin kokeessa kahdeksasta yhdeksään.

Noormarkun kokeessa on 111 koe-erää, joista 93 on mukana käsillä olevassa tutkimuksessa. Iitin kokeen 133 koe-erästä tuli lopulliseen laskentaan mukaan 110 erää. Eriä jouduttiin jättämään tutkimuksen ulkopuolelle mm. työnnumeroissa esiintyneiden epäselvyyksien sekä puuttuvien havaintojen (epätäydelliset toistot, kuolleet taimet)



Kuva 1. Kokeissa n:o 280/2 ja 476/2 edustettuina olevien pluspuiden sijainti ja määrät.

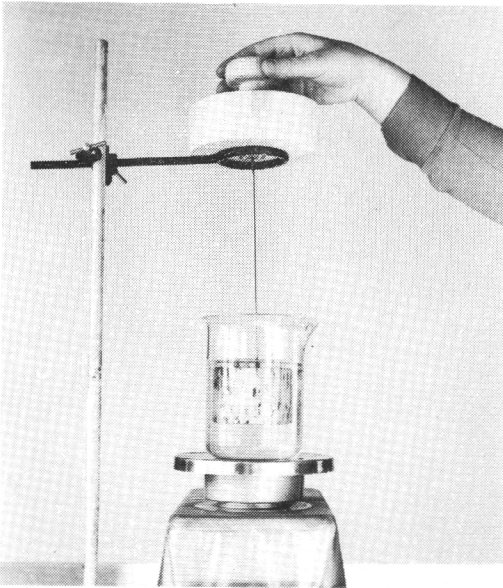
Fig. 1. The location and number of the plus trees represented in trials no 280/2 and 476/2.

vuoksi. Myös lajiristeytyksistä syntyneet jälkeläistöt jätettiin tutkimuksesta pois.

Noormarkun kokeen erät ovat Sulkavan, Keuruun ja Rautalammin pluskoivujen risteytys- ja vapaapölytyseriä, yhteensä 30 pluspuusta. Iitin kokeen emo- ja isäpuut, yhteensä 73 kpl, ovat 14 paikkakunnalta Etelä- ja Keski-Suomesta (kuva 1). Yksi Keuruun pluspuu ja kymmenen Rautalammin pluspuuta esiintyy molemmissa kokeissa, joten kaikkiaan on tutkituissa jälkeläistöissä edustettuna 92 eri pluspuuta.

Tutkimuksessa käytetyt rungot kaadettiin keväällä 1975. Koepuiksi otettiin jokaisesta ruudusta kaksi rinnankorkeusläpimitaltaan lähinnä ruudun keskiarvoa olevaa puuta. Noormarkussa koepuita otettiin kokeen kaudesta kuudesta toistosta, Iitissä jätettiin vaillinaiset ja maaperältään muita selvästi heikommat toistot aineiston keruun ulkopuolelle (vrt. R a u l o 1979). Kaikkiaan saatiin 1706 koepuuta, joista 950 Noormarkusta ja 756 Iitistä. Saatuja otoksia on pidettävä edustamiinsa koepopulaatioihin nähden pieninä, mikä saattaa rajoittaa niiden kykyä tuoda esiin vaihtelun laajuutta kokeissa.

Kaadetuista rungoista otettiin noin 5 cm:n paksuinen näyttekierros metrin välein alkaen tyvestä 1 cm:n läpimitaan saakka, sekä lisäksi rinnankorkeudelta. Näytteeseen pyrittiin saamaan vain virheetöntä runkopuuta välttämällä oksakohtia, koroja yms. vikoja. Kaikkiaan saatiin kiekkoja 10757.



Kuva 2. Koivukiekkon tuoretilavuuden määrittäminen V^D -menetelmällä (Olesen 1971). Valok. J. Lehtonen.

Fig. 2. Determination of the fresh volume of the birch discs by the V^D -method (Olesen 1971). Photo by J. Lehtonen.

22. Tiheyden määrittäminen

Puuaineen tiheys määritettiin kiekkoista kuiva-tuoretiheytenä, joka on nykyisin yleisimmin käytetty tiheyden tunnus. Se saadaan, kun uunikuivana punnituspuukappaleen massa (paino) jaetaan sen tuoreessa tilassa mitatulla tilavuudella. Tilavuutta mitattaessa tulee kosteuden ylittää puun syiden kyllästymispiste.

Kiekkojen kuiva-tuoretiheyden määrittämiseen käytettiin Olesenin (1971) kuvaamaa V^D -menetelmää, jossa kappaleen tuoretilavuus saadaan selville mittaamalla näennäinen massan nousu vesiastiassa kappaleen ollessa siihen upotettuna (kuva 2). V^D -menetelmän tarkkuutta osoittaa Olesenin mukaan se, että niinkin pienen kuin $0,0075 \text{ cm}^3$:n kokoisen kappaleen toistettujen tilavuuden mittausten standardipoikkeama oli vain $0,3 - 0,8 \%$, jota sitäkin on vielä mahdollista määrittästekniikkaa kehittämällä pienentää. Olesen vertasi myös V^D -menetelmää useisiin aikaisempiin tilavuudenmäärittämenetelmiin ja totesi sen tarkaksi ja nopeaksi sekä hyvin sopivaksi kappaleille, joiden muoto, koko ja pinnan tasaisuus vaihtelevat.

Kuorituista kiekkoista mitattiin tuoretilavuus sen jälkeen kun kiekot olivat olleet veteen upotettuina vähintään viikon, jolloin kosteus niissä varmasti ylitti puun syiden kyllästymispisteen. Kun kiekot oli punnittu märkinä, niiden annettiin ensin kuivahtaa joitakin päiviä käpykaristamossa $+40-45^\circ \text{ C}$:ssa ja sen jälkeen ne siirrettiin lämpökaappiin $+102-103^\circ \text{ C}$:een vähintään kolmeksi päiväksi, minkä jälkeen ne voitiin punnita uunikuivina. — Kun liotuksessa kappaleen tilavuus hieinan kohoaa luonnontilaiseen verrattuna (K ä r k k ä i n e n 1979), saatu tiheys on minimiarvo.

23. Aineiston tilastollinen käsittely

Kunkin koepuun tiheysarvo saatiin rungosta metrin välein otettujen kiekkojen tiheyksien painotettuna keskiarvona: kiekkojen massat laskettiin yhteen, samoin tilavuudet ja tiheys saatiin näiden summien suhteena. Näin tulivat eri kokoisten kiekkojen osuudet rungosta oikeassa suhteessa edustetuiksi. Ruudun tiheys saatiin kahden koepuun keskiarvona ja kunkin jälkeläistön tiheys ruutukeskiarvoista yli toistojen. Tulokset analysoitiin jälkeläistökeskiarvoja käyttäen paitsi tarkasteltaessa tiheyden vaihtelua jälkeläistöjen sisällä ja kokeen sisällä runkojen välillä yli jälkeläistöjen. Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä tutkittiin jälkeläistöjen välillä olevien tiheyserojen merkitsevyyttä. Tämän jälkeen verrattiin keskiarvoja t-testillä ja Tukeyn testillä.

Suurin osa molempien tutkittujen kokeiden jälkeläistöistä on valvotuista risteytyksistä syntyneitä. Niistä siis tiedetään sekä emo- että isäpuu. Yksittäisten pluspuiden tiheyttä niiden jälkeläisten perusteella ei kuitenkaan päästy tarkemmin erittelemään, koska kokeiden risteytysyhdistelmät ovat melko sattumanvaraisia johtuen siitä, että ainoastaan osasta tehtyjä risteytyksiä oli saatu käyttökelpoista siementä. Yhdistelmät eivät siten edusta mitään tilastomatemaattisesti analysoitavissa olevaa risteytysmallia. Vapaapölytysjälkeläistöjä on kokeissa puolestaan liian vähän, jotta niistä olisi voittoa estimoida pluspuiden tiheyden jalostusarvoa ja ominaisuuden periytyvyyttä.

Rinnankorkeustiheyden ja koko rungon keskitiheyden riippuvuutta tutkittiin regressioanalyysillä. Sillä selvitetiin myös tiheyden sekä rinnankorkeusläpimitan, puun pituuden ja tilavuuden välistä riippuvuutta. Viimeksi mainitut rungon kasvutunnukset saatiin samasta aineistosta aiemmin tehdystä tutkimuksesta (R a u l o ja K o s k i 1977). Siinä tosin oli molemmissa kokeissa kustakin koeruudusta mitattu kaikki yhdeksän puuta, kun käsillä olevassa tutkimuksessa oli tiheyden määrittämisen hitauden ja työläyden vuoksi rajoituttava vain edellä mainittuun kahteen, rinnankorkeusläpimitaltaan lähinnä ruudun keskiarvoa olevaan puuhun. Kasvutunnusten ja

tiheyden vertailua jälkeläistötasolla ei tämä aineistojen eroavuus kuitenkaan suuresti haittanut.

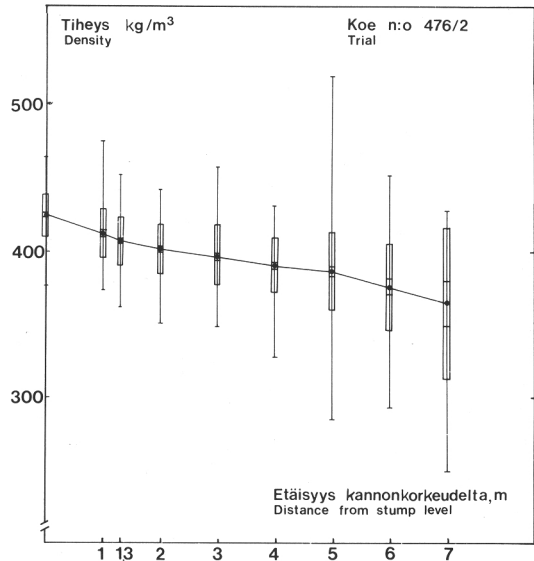
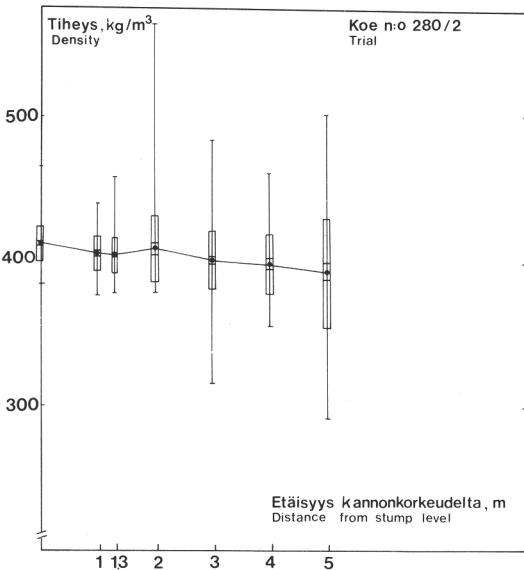
Tässä tutkimuksessa estimoititiin lisäksi eri jälkeläistöjen runkojen suhteelliset keskimääräiset kuivat massat tiheyden ja tilavuuden avulla sekä tarkasteltiin sitä, missä määrin tiheyden vaihtelu vaikuttaa massana ilmaistuun puun tuotokseen eli rungon kuiva-ainesantoon. Myös R a u l o n (1979) saamia tuloksia rungon oksaisuudesta ja suorudesta verrattiin nyt saatuihin tiheysarvoihin. Näissä vertailuissa käytetyt arvot saatiin samoista koepuista, jotka muodostavat tämän tutkimuksen aineiston.

3. TULOKSET

31. Tiheyden vaihtelu rungon sisällä

Rungon pituussuunnassa tiheys laski tyvestä latvaan päin molemmissa kokeissa. Kokeessa 1 tiheys laski rungon tyveltä viiden metrin korkeudelle noin 20 kg/m^3 ($413 \rightarrow 394 \text{ kg/m}^3$) ja kokeessa 2 tyveltä viiden metrin korkeudelle 37 kg/m^3 ($425 \rightarrow 388 \text{ kg/m}^3$)

sekä seitsemän metrin korkeudelle 60 kg/m^3 ($425 \rightarrow 365 \text{ kg/m}^3$) (kuva 3). Kokeessa 1 ilmennyt pieni hyppäys ylöspäin kahden metrin korkeudella johtui muutamasta poikkeuksellisen suuresta tiheysarvosta, jotka näkyivät myös keskijonon suurenemisena. Muuten tiheys aleni tasaisesti tyvestä latvaan päin hajonnan samalla kasvaessa.



Kuva 3. Tiheyden pituussuuntainen vaihtelu rungossa. Piste = keskiarvo tietyllä korkeudella, lyhyt jana sen molemmin puolin = $2 \times$ keskiarvon keskivirhe, suorakaide = $2 \times$ keskijononta, koko jana = vaihteluväli.

Fig. 3. Variation in density along the stem. Point = mean at specific height, small bar on either side of point = $2 \times$ standard error of the mean, rectangle = $2 \times$ standard deviation, long bar = range.

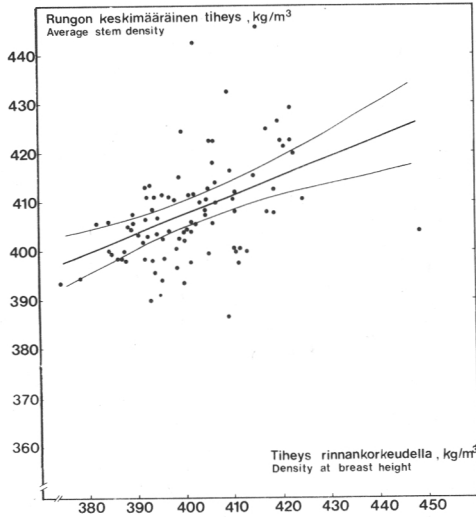
Tärkeätä oli tutkia, kuinka hyvin rinnankorkeudelta määritetty tiheys kuvaa koko rungon keskimääräistä tiheyttä. Ainahan ei koepuita ole mahdollista kaataa näytteiden saamiseksi, vaan on tyydyttävä ottamaan vain kairanlastu tai pari rungosta, esim. juuri rinnankorkeudelta.

Nyt tutkituissa kokeissa osoittautuivat rinnankorkeustiheys ja koko rungon keskitiheys lähes samansuuruisiksi:

Koe n:o	Tiheys rinnankorkeudella Keskiarvo ja sen 95 %:n luotettavuusrajat kg/m ³	Rungon tiheys keskimäärin Keskiarvo ja sen 95 %:n luotettavuusrajat kg/m ³
1=280/2	401,6 ± 5,5	408,0 ± 4,7
2=476/2	406,2 ± 3,8	413,3 ± 3,1

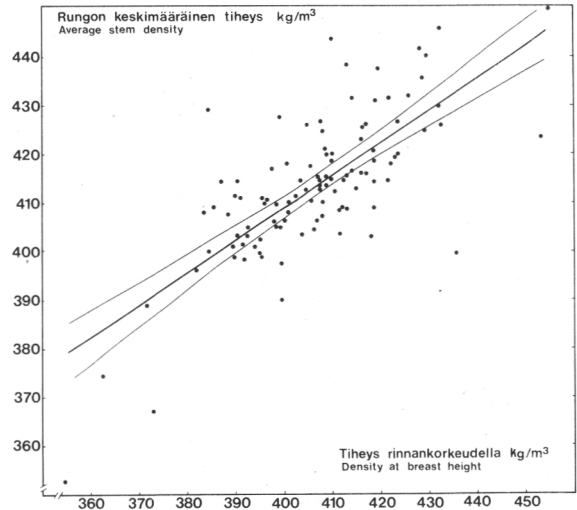
Kuten jaotelmasta ilmenee, olivat tiheysarvot hiukan yli 400 kg/m³ ja rungon keskimääräinen tiheys noin 1,6—1,7 % rinnankorkeustiheyttä suurempi.

Rinnankorkeudelta määritetyn tiheyden kykyä selittää koko rungon keskimääräistä tiheyttä tarkasteltiin regressioanalyysin avulla. Lineaarinen riippuvuus niiden välillä osoittautui tilastollisesti erittäin merkitseväksi, joskaan selitysaste ei kohonnut kovin korkeaksi varsinkaan kokeessa 1 (kuva 4a). Siinä rinnankorkeustiheyden avulla voitiin selittää vain 19 % koko rungon keskimääräisen tiheyden varianssista, mutta kokeessa 2 jo 56 % (kuva 4b). Monimutkaisempien regressiomallien avulla, joissa käytettiin mm. logaritmi-muunnosta, ei päästy olennaisesti parempaan selityssasteeseen.



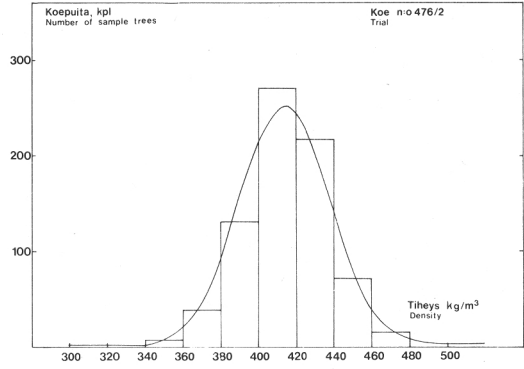
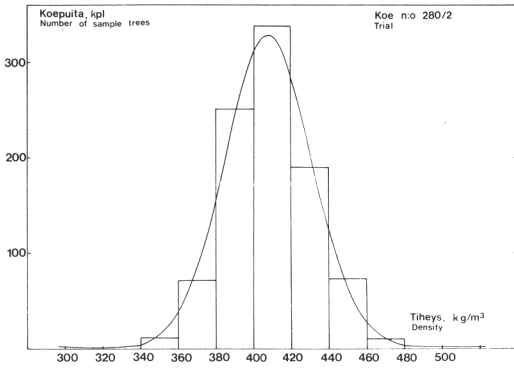
Kuva 4a. Rungon keskimääräisen tiheyden riippuvuus rinnankorkeudelta määritetystä tiheydestä kokeessa n:o 280/2. Regressioyhtälön $y = 254,1131 + 0,3834x$ kuvaaja ja sen 95 %:n luotettavuusrajat
 $r = 0,439$
 $R^2 = 19 \%$

Fig. 4a. Dependence of average stem density on density measured at breast height in trial no 280/2. Regression equation for line $y = 254,1131 + 0,3834x$ and its 95 % confidence limits.
 $r = 0,439$
 $R^2 = 19 \%$



Kuva 4b. Rungon keskimääräisen tiheyden riippuvuus rinnankorkeudelta määritetystä tiheydestä kokeessa n:o 476/2. Regressioyhtälön $y = 142,7233 + 0,6662x$ kuvaaja ja sen 95 %:n luotettavuusrajat
 $r = 0,747$
 $R^2 = 56 \%$

Fig. 4b. Dependence of average stem density on density measured at breast height in trial no 476/2. Regression equation for line $y = 142,7233 + 0,6662x$ and its 95 % confidence limits.
 $r = 0,747$
 $R^2 = 56 \%$



Kuva 5. Koepuiden jakautuminen tiheysluokkiin kokeissa n:o 280/2 ja 476/2. Kuviin on piirretty myös tiheyden keskiarvojen ja niiden keskihajontojen perusteella lasketut normaalijakaumakäyrät.

Fig. 5. Distribution of sample trees into density classes in trials no 280/2 and 476/2. Normal distribution curves calculated from the mean density values and standard deviation of the means have been drawn in the figure.

32. Tiheyden vaihtelu runkojen välillä

Kokeessa 1 oli 950 koepuun tiheyden keskiarvo 408 kg/m³ ja variaatiokerroin 5,6 %. Kokeessa 2 vastaavat arvot 756 koepuusta olivat 414 kg/m³ ja 5,8 %. Molempien kokeiden koepuut jaettiin tiheysluokkiin ja jakauksen yhteensopivuutta tarkasteltiin graafisesti normaalijakaumakäyrän kanssa (kuva 5). Arvojen voidaan todeta kasautuvan keskiarvojen ympärille hieman enemmän kuin normaali jakautuminen edellyttäisi.

Seuraavaksi tutkittiin jälkeläistösiirtojen, vapaapölytyksen ja risteytysten sekä erikseen kaukoristeytysten vaikutusta puuaineen tiheyteen.

Jälkeläistösiirrot

Molemmista tutkimuksessa mukana olevista kokeista otettiin tarkastelun kohteeksi kaikki vapaapölytysjälkeläistöt sekä metsiköiden sisäiset risteytysjälkeläistöt. Näistä edusti etelään suuntautunutta siirtoa 34 jälkeläistöä ja pohjoiseen suuntautunutta siirtoa 28. Molempien kokeiden tulosten yhdistämiseksi merkittiin kummassakin sadalla niiden jälkeläistöjen tiheyden keskiarvoa, joita oli siirretty alle 100 km. Tämän jälkeen laskettiin suhteelliset tiheysarvot kaikille aineistoon sisällyville jälkeläistöille. Kuvassa 6 esitetyistä tuloksista selviää, ettei siirroilla, joiden pituus oli alle 250 km, ollut mitään vaikutusta jälke-

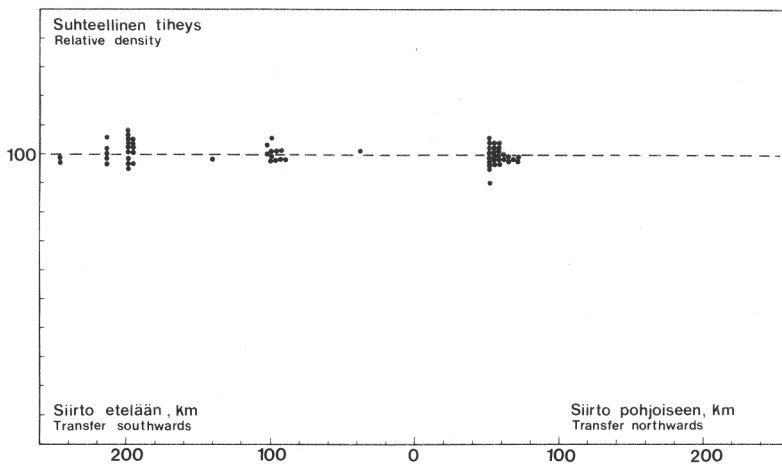
läistöjen puuaineen tiheyteen. Yleensäkin kaikkien tutkittujen jälkeläistöjen suhteellinen tiheys sijoittui hyvin lähelle sataa. Aineistoa oli kuitenkin varsin vähän, esim. kaikki pohjoiseen päin siirretyt jälkeläistöt olivat yhdeltä paikkakunnalta, Tuusulasta. Aineiston vähyyden vuoksi ei myöskään muunlaisia siirtovaikutuksia, kuten eripituisten tai itälänsisuuntaisten siirtojen vaikutuksia voitu tutkia.

Vapaapölytys- ja risteytysjälkeläistöt

Molemmista kokeista laskettiin tiheyden keskiarvo vapaapölytys- ja risteytysjälkeläistöille erikseen. Kokeiden tulokset yhdistettiin merkitsemällä kummassakin kokeessa vapaapölytysjälkeläistöjen tiheysarvoja sadalla ja laskemalla suhteelliset arvot risteytysjälkeläistöjen tiheyksille (taulukko 1). Jälkeläistöryhmien vertailu osoitti, ettei niiden välillä ollut merkitseviä eroja puuaineen tiheydessä.

Kaukoristeytykset

Kaukoristeytyksiksi luettiin ne risteytysyhdistelmät, joiden emo- ja isäpuiden kasvu- paikkojen välimatka oli yli 100 km (vrt. R a u l o ja K o s k i 1975 ja 1977, R a u l o 1979). Tällaisten risteytysten vaikutusta jälkeläistöjen puuaineen tiheyteen tutkittiin ver-



Kuva 6. Alkuperäsiirtojen vaikutus eri jälkeläistöjen suhteelliseen tiheysarvoon.
 Fig. 6. Effect of progeny transfers on the relative density values of the different progenies.

Taulukko 1. Vapaapölytys- ja risteytysjälkeläistöjen puuaineen tiheyden keskiarvot ja risteytysjälkeläistöjen suhteelliset tiheysarvot.
 Table 1. Mean values for wood density of open-pollinated and controlled crossing progenies and the relative density values for controlled crossing progenies.

Koe n:o Trial No	Risteytysryhmä — Crossing group				
	O Jälkeläistöjä Kpl Number of progenies	X	O Tiheys — Density Keskiarvo ja sen 95 %:n luottavuusrajat Mean and its 95 % confidence limits kg/m ³	X	X Suhteellinen tiheysarvo Relative density value
280/2	8	85	416,5 ± 7,8	407,3 ± 2,2	97,8
476/2	12	98	411,2 ± 6,9	413,6 ± 2,9	100,6

O = vapaapölytysjälkeläistöt — open-pollinated progenies
 X = risteytysjälkeläistöt — controlled crossing progenies

taamalla näiden risteytysyhdistelmien tiheyttä kokeen kaikkien jälkeläistöjen keskitiheyteen molemmissa tarkastelun kohteena olleissa kokeissa. Keskiarvoa merkittiin sadalla ja kaukoristeytysjälkeläistöille laskettiin suhteelliset tiheysarvot (taulukko 2). Kaukoristeytysjälkeläistöjen tiheys osoittautui samansuuruiseksi kuin kaikkien jälkeläistöjen keskiarvo, joten niillä ei näytä olevan mitään vaikutusta tiheyteen.

Kokeessa 1 tarkasteltiin vielä erikseen kaukoristeytysten vaikutusta puuaineen tiheyteen. Tarkastelun kohteena oli 31 kaukoris-

teytysjälkeläistöä, joiden emo- ja isäpuut kasvoivat Rautalammilla ja Sulkavalla (kuva 1). Vertailukohteen muodostivat Sulkavan pluspuiden, jotka kaikki olivat samasta metsiköstä, väliset risteytysjälkeläiset sekä Rautalammilla kaikki paikkakunnan sisäiset risteytysjälkeläistöt. Viimeksi mainituista vain kuusi risteytystä oli metsikön sisäisiä ja loput kahden eri metsikön välisiä risteytyksiä (taulukko 3). Myöskin tämä tarkastelu vahvisti sitä tulosta, ettei kaukoristeytyksillä ollut olennaista vaikutusta puuaineen tiheyteen.

Taulukko 2. Kaukoristeytysjälkeläistojen suhteelliset tiheysarvot.
 Table 2. Relative density values for long-distance crossing progenies.

Koe n:o Trial No	Jälkeläistäjä Kpl Number of progenies	Kaukoristeytyksiä Kpl Number of long- distance crossings	Emo- ja isä- puiden välimatka, km Distance between mother and father trees, km	Suhteellinen tiheysarvo Relative density value
280/2	93	54	115—200	100,0
476/2	110	52	125—395	99,7

Taulukko 3. Kaukoristeytysjälkeläistöjen ja metsikön (paikkakunnan) sisäisten risteytysjälkeläistöjen tiheys kokeessa n:o 280/2.

Table 3. Density of long-distance crossing progenies and progenies of controlled crossings within stands (within the same locality) in trial no 280/2.

Risteytysryhmä Crossing group	Risteytysyhdistelmä (Paikkakunnat) Crossing combination (Localities)	Jälkeläistäjä Kpl Number of progenies	Tiheys — Density Keskiarvo ja sen 95 %-n luotettavuusrajat Mean and its 95 % confidence limits kg/m ³
Kaukoristeytykset Long-distance crossings	Rautalampi × Sulkava	20	408,5 ± 2,5
	Sulkava × Rautalampi	11	407,5 ± 2,8
Metsikön sisäiset risteytykset Crossings within stands	Sulkava × Sulkava	8	403,9 ± 1,8
	Rautalampi × Rautalampi	6	409,2 ± 5,0
Paikkakunnan sisäiset ris- teytykset Crossings within the same locality	Rautalampi × Rautalampi	23	407,2 ± 1,8

33. Tiheyden vaihtelu jälkeläistöjen sisällä ja välillä

Koska vapaapölytys- ja risteytysjälkeläistöt osoittautuivat tiheydeltään samanlaisiksi eikä jälkeläistösiirroilla ja kaukoristeytyksillä todettu olevan vaikutusta tiheyteen, voitiin jälkeläistöjen välistä tiheyden vaihtelua tarkastella molemmissa kokeissa suhteessa kokeiden keskiarvoon.

Jälkeläistöjen tiheyden keskiarvo oli 408 kg/m³ kokeessa 1 ja 413 kg/m³ kokeessa 2. Jälkeläistöjen sisäinen runkojen välinen tiheyden variaatiokerroin oli kokeessa 1 6,4 % ja kokeessa 2 5,3 %, jälkeläistöjen väliset variaatiokertoimet vastaavasti 5,6 % kokeessa 1 ja 4,0 % kokeessa 2 (taulukko 4).

Molempien kokeiden jälkeläistöt jaettiin tiheysluokkiin ja tarkasteltiin graafisesti jälkeläistökeskiarvojen jakaumien yhteensopivuutta normaalijakaumakäyrän kanssa (kuva 7). Tässäkin tarkastelussa tiheyden, myös rinnan korkeudelta määritetyn, jakaumassa todettiin arvojen molemmissa kokeissa kasautuvan keskiarvon ympärille enemmän kuin normaali jakautuminen edellyttäisi. Tämän ei kuitenkaan katsottu estävän varianssianalyysin suorittamista, joskin erojen voitiin odottaa jäävän vähäisiksi. Kaksisuuntainen varianssianalyysi osoitti jälkeläistöjen puuaineen tiheyksissä olevan tilastollisesti merkitseviä eroja kokeessa 2, mutta ei kokeessa 1, jossa myöskään toistojen välillä ei ollut eroja (taulukko 5). Kokeessa 2 toistojen väliset erot sen sijaan olivat

Taulukko 4. Tiheyden jälkeläistöjen välinen vaihtelu.
 Table 4. Variation between the density of the progenies.

Koe n:o Trial No	Tiheys — Density		
	Keskiarvo ja sen 95 %:n luotettavuusrajat Mean and its 95 % confidence limits kg/m ³	Vaihtelukerroin Variation coefficient %	Vaihteluväli Range kg/m ³
280/2	408,0 ± 4,7	5,6	386,7 — 445,5
476/2	413,3 ± 3,1	4,0	352,5 — 450,1

Taulukko 5. Varianssianalyysi jälkeläistötasolla.
 Table 5. Analysis of variance at the progeny level.

Koe n:o Trial No	Vaihtelun lähde Source of Variation	Vapausasteet Degrees of Freedom	Neliösumma Sum of Squares	Keskineliö Mean Square	F-arvo F-value
280/2	Jälkeläistöjen välinen Between progenies	92	48971,7	532,3	1,02
	Toistojen välinen Between blocks	4	4523,0	1130,8	2,16
	Virhe—Error	335	175193,8	523,0	
	Kokonais—Total		228688,4		
476/2	Jälkeläistöjen välinen Between progenies	109	70457,8	646,4	2,33***
	Toistojen välinen Between blocks	2	2426,0	1213,0	4,38***
	Virhe—Error	213	59022,9	277,1	
	Kokonais—Total		131906,7		

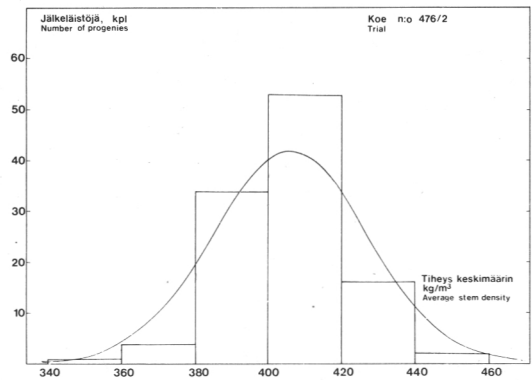
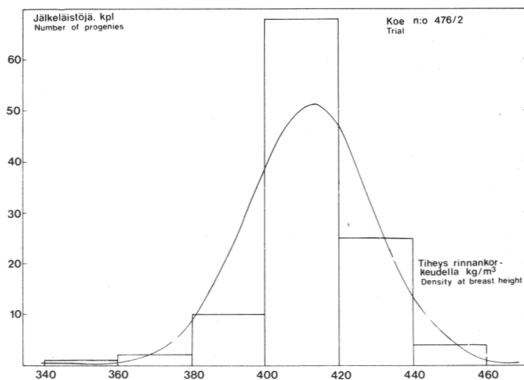
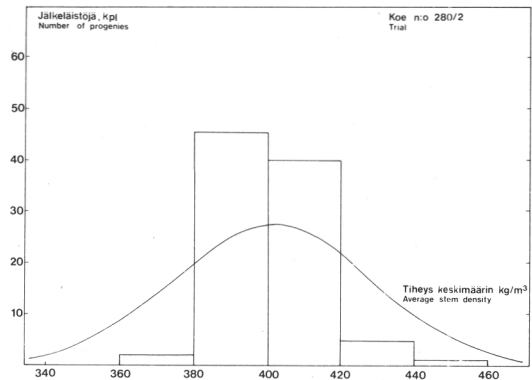
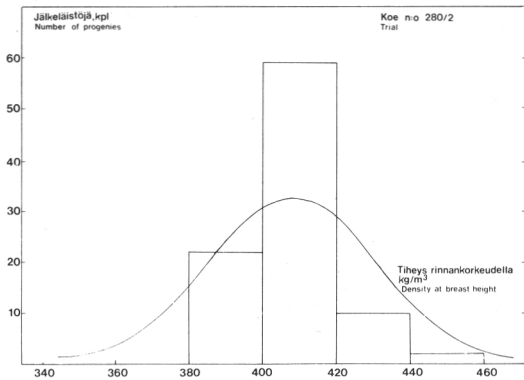
5 %:n riskillä merkitseviä. Tiheydeltään paras jälkeläistö ylitti molemmissa kokeissa keskiarvon noin 9 %:lla. Tiheydeltään huonoin jälkeläistö oli kokeessa 2 lähes 15 % keskiarvoa pienempi, kokeessa 1 vain 5 %:

Koe n:o	Paras jälkeläistö > \bar{x} kg/m ³		Huonoin jälkeläistö < \bar{x} kg/m ³	
		%		%
1 = 280/2	37,5	9,2	21,2	5,2
2 = 476/2	36,8	8,9	60,8	14,7*

Tukeyn testillä verrattiin jälkeläistöjen keskiarvoja toisiinsa. Kokeessa 1 kaikki erot jäivät vaille tilastollista merkitsevyyttä, kuten varianssianalyysin perusteella oli odotettavissa. Kokeessa 2 sen sijaan pienin jälkeläistökeskiarvo erosi merkitsevästi kaikkiaan 66 muusta jälkeläistöstä. Tämä johtui kuitenkin suureksi osaksi siitä, että pienin arvo hypäyksenomaisesti poikkesi toiseksi pienimmä-

tä, johon saakka arvot olivat tasaisesti laskevia. Tällöin jopa koekeskiarvon alapuolella olevat jälkeläistökeskiarvot erosivat testin mukaan merkitsevästi pienimmästä arvosta.

Tiheyden vaihtelun sattumanvaraisuuteen viittasivat edellä esitetyt tulokset vapaapölytys- ja risteytysjälkeläisten samansuuruisesta tiheydestä samoin kuin se, ettei jälkeläistösiirroilla ja kaukoristeytyksillä näyttänyt olevan vaikutusta tiheyteen. Vaihtelun sattumanvaraisuus ilmeni myös niin, että samoja pluspuita esiintyi yleisesti sekä kokeen tiheydeltään parhaissa että huonoimmista yhdistelmissä. Lisäksi kokeessa 1 parhaissa esiintynyt pluspuu saattoi kokeessa 2 olla huonoimmista ja päinvastoin. Toisaalta taas joi-takin pluspuita esiintyi vain joko parhaissa tai huonoimmista yhdistelmissä. Nämä tapaukset viittasivat siihen, että pluspuiden välillä on eroja puuaineen tiheydessä.



Kuva 7. Rungon rinnankorkeustiheyden ja keskimääräisen tiheyden jälkeläistökeskiarvojen jakautuminen tiheysluokkiin kokeissa n:o 280/2 ja 476/2. Kuviin on piirretty myös tiheyden keskiarvojen ja niiden keskihajontojen perusteella lasketut normaalijakaumakäyrät.

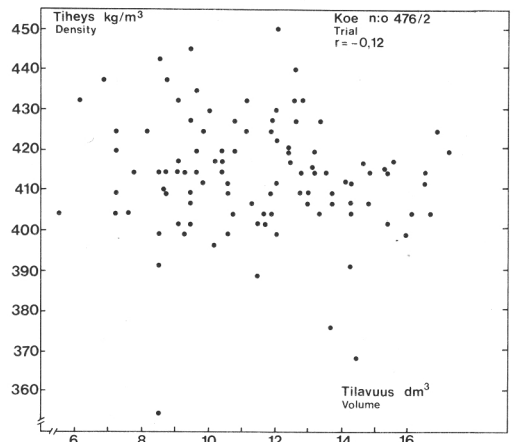
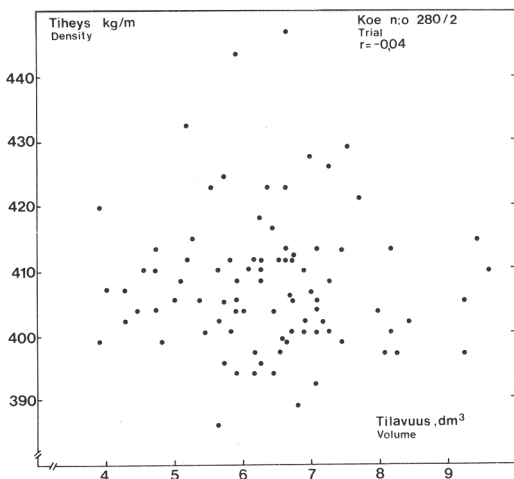
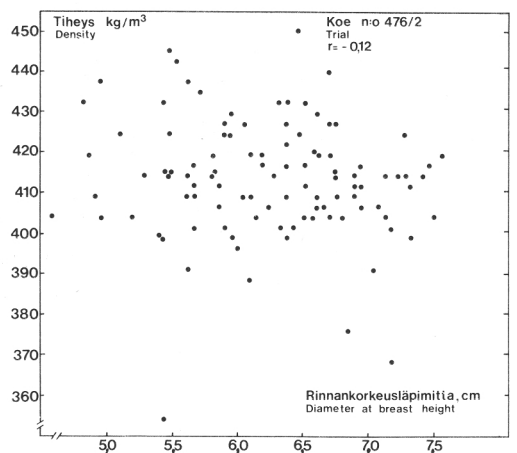
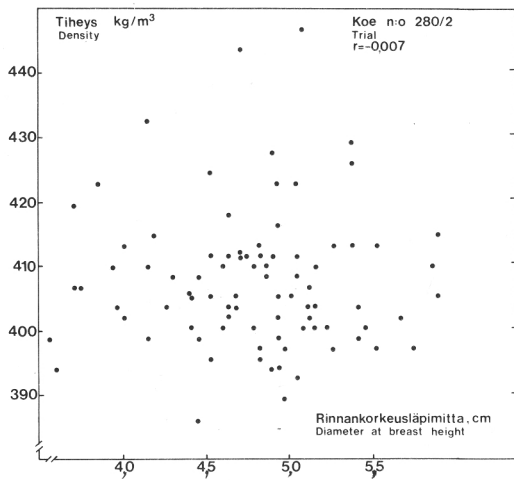
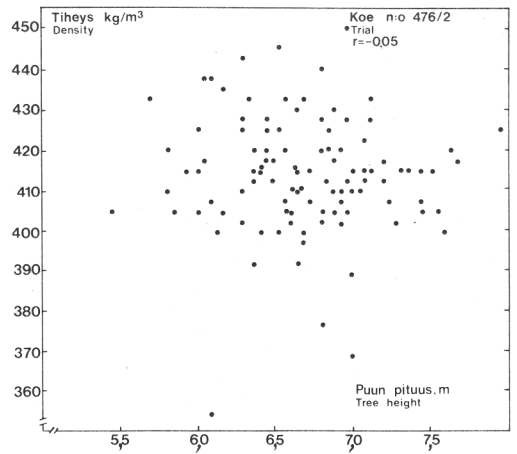
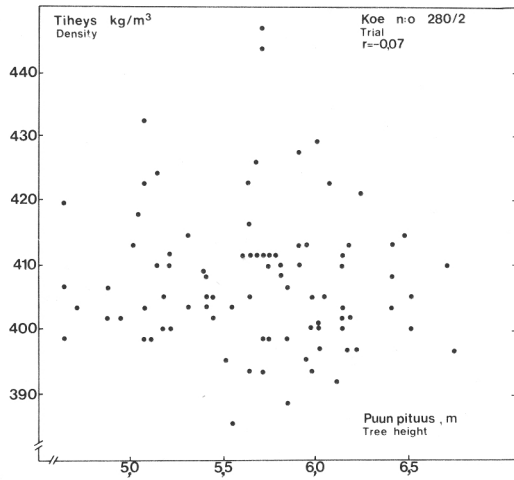
Fig. 7. Distribution of progeny means for stem density at breast height and average stem density into density classes in trials no 280/2 and 476/2. Normal distribution curves calculated from the mean density values and standard deviation of the means have drawn in the figure.

34. Tiheyden suhde kasvuun ja rungon ulkoiseen laatuun

Rungon kasvatunnusten (pituus, rinnankorkeusläpimitta, tilavuus) ja puuaineen tiheyden välillä ei todettu tilastollisesti merkitsevää lineaarista eikä muunkaanlaista riippuvuutta, vaan saadut korrelaatiokertoimet jäivät hyvin pieniksi, joskin kaikki miinusmerkiseksi (kuva 8). Tämä oli odotettavissakin tiheyden verraten pienen, noin 5 %:n luokkaa olevan variaatiokertoimen perusteella.

Tutkimuksessa laskettiin jälkeläistökohtaiset kuivan massan estimaatit kertomalla runkoa kohti saatu tiheyden jälkeläistökeskiarvo vastaavalla tilavuusestimaatilla. Kun koko kokeen tilavuuden ja kuivan massan keskiarvo-

ja merkittiin sadalla ja laskettiin jälkeläistöille vastaavat suhteelliset arvot, tilavuuskasvu oli varsin selvästi vaikuttavin tekijä kuivan massan muodostumisessa. Taulukossa 6 on molemmista tutkituista kokeista esitetty tilavuudeltaan keskiarvoa merkitsevästi paremmista jälkeläistöistä, monellako prosentilla niiden tilavuus ja kuiva massa ylittivät vastaavat koekeskiarvot. Myös näiden prosenttilukuparien erotukset on merkitty taulukkoon 6. Niistä näkyy tiheyden jokseenkin vähäinen vaikutus massana ilmaistuun puun tuotokseen. Vain yhdessä tapauksessa kokeessa 2, yhdistelmän K248 Rautalampi × E2355 Viljakkala, alhainen tiheys todella huomattavasti laski kuivaa massaa.



Kuva 8. Puuaineen tiheys suhteessa puun pituuteen, rinnankorkeusläpimittaan ja tilavuuteen kokeissa n:o 280/2 ja 476/2.

Fig. 8. Wood density in relation to tree height, diameter at breast height and volume in trials no 280/2 and 476/2.

Taulukko 6. Kuutiokasvussa parhaiden jälkeläistöjen suhteelliset tilavuudet ja kuivat massat sekä niiden erotus ~ tiheyden vaikutus.

Table 6. Relative volume and dry matter of the progenies with the best volume growth and their difference ~ effect of density.

Koe n:o 280/2 Trial No		Tilavuus Volume	Kuiva massa Dry matter	Prosenttilukujen II—I erotus - tiheyden vaikutus Difference between percentage value II— I - effect of density
Alkuperä — Origin		I % \bar{x} :stä	II % \bar{x} :stä	
E 2380 Sulkava	× E 370 Keuruu	151,4	152,3	+0,9
K 340 Rautalampi	× E 3662 Sulkava	149,2	151,1	+1,9
K 969 Rautalampi	× E 2394 Sulkava	145,6	142,0	-3,6
K 249 Rautalampi	× E 1598 Keuruu	145,5	144,3	-1,2
K 340 Rautalampi	× E 2394 Sulkava	133,0	130,9	-2,1
E 3662 Sulkava	× K 964 Rautalampi	129,8	126,7	-3,1
K 968 Rautalampi	× K 342 Rautalampi	129,0	130,5	-1,5
E 3002 Sulkava	× E 2380 Sulkava	127,9	125,2	-2,7
K 341 Rautalampi	× E 370 Keuruu	127,7	124,4	-3,3
K 341 Rautalampi	× E 3662 Sulkava	126,3	125,2	-1,1
K 251 Rautalampi	× K 343 Rautalampi	121,3	124,8	+3,6
Koe n:o 476/2 Trial No				
E 2812 Sääksmäki	vapaapölytys	150,3	152,2	+1,9
E 2375 Punkaharju	× E 2359 Renko	147,3	151,6	+4,3
K 339 Rautalampi	vapaapölytys	146,1	142,7	-3,4
E 3013 Tuusula	× E 3004 Tuusula	144,6	143,8	-0,8
K 339 Rautalampi	× E 2297 Lohja	143,6	144,0	+0,4
E 2375 Punkaharju	× E 3017 Tuusula	139,8	136,4	-3,4
K 249 Rautalampi	× E 210 Janakkala	139,3	134,7	-4,6
E 3013 Tuusula	× E 3017 Tuusula	136,3	137,8	+1,5
E 3017 Tuusula	× E 3006 Tuusula	134,1	134,7	+0,6
E 3012 Tuusula	× E 3004 Tuusula	134,1	134,5	+0,4
K 249 Rautalampi	× E 2361 Kangasala	133,9	129,8	-4,1
E 1982 Punkaharju	× E 1500 Tuusula	128,8	129,0	+0,2
K 314 Rautalampi	vapaapölytys	128,2	128,5	+0,3
K 248 Rautalampi	× E 2355 Viljakkala	126,7	112,7	-14,0
E 3022 Tuusula	× E 3006 Tuusula	125,2	124,9	-0,3
E 3021 Tuusula	× K 379 Pielisjärvi	124,9	123,0	-1,9
E 3028 Tuusula	× E 1500 Tuusula	124,8	122,4	-2,4
K 251 Rautalampi	× E 2356 Viljakkala	123,8	116,9	-6,9

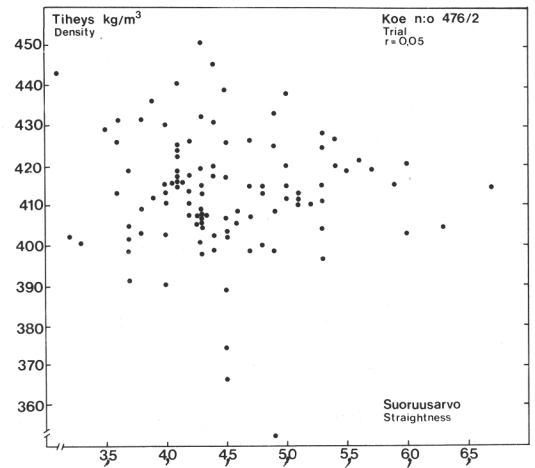
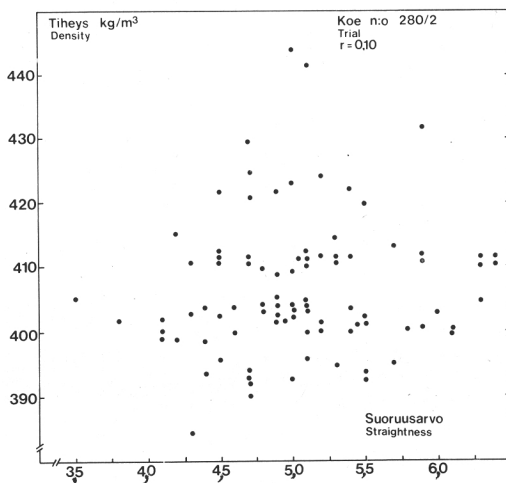
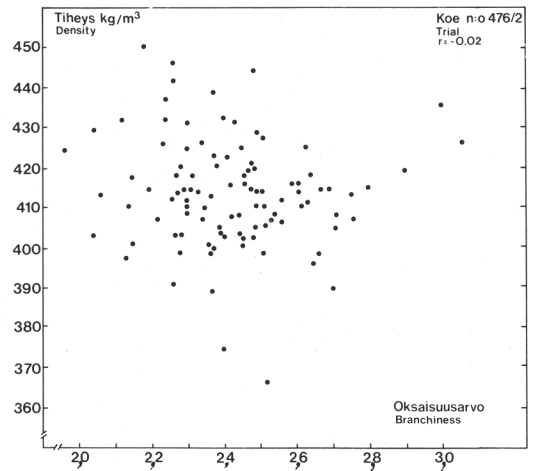
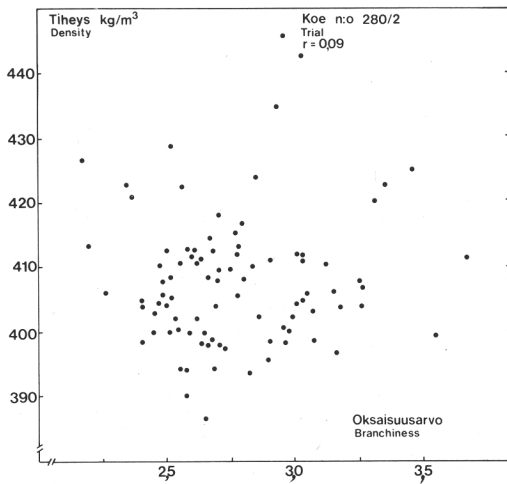
Myöskään rungon ulkoisen laadun tunnus-
ten, oksaisuuden ja suoruuden, ja puuaineen
tiheyden välillä ei todettu tilastollisesti merkit-
sevää riippuvuutta kuten ei todettu tihey-
den ja kasvutunnusten välilläkään (kuva 9).
Tämäkin tulos oli odotettavissa tiheyden pie-
nen variaatiokertoimen ja vaihtelun satunnai-

suuden perusteella. Tiheyden ja oksaisuuden
korreloimattomuuteen vaikutti varmasti myös
se, että otettaessa näytekiekkoina tiheyden
määrittystä varten pyrittiin virheettömään
puuaineeseen, toisin sanoen välttämään oksa-
kohtia, koroja tms. vikoja.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Rungon sisäinen pituussuuntainen puuai-
neen tiheyden vaihtelu osoittautui käsillä
olevan tutkimuksen kohteena olleissa raudus-
koivun pluspuujälkeläistöissä lievästi ja jok-
seenkin tasaisesti laskevan tyvestä latvaan
päin hajonnan samalla kasvaessa. Tulos tukee

useita aikaisempia vanhemmilla koivuilla saa-
tuja tuloksia (mm. Walldén 1934, Jala-
va 1945, Kujala 1946, Peterson ja
Winqvist 1960, Hakkila 1966,
Ericson ja Persson 1970, Tammi-
nen 1970). Sen sijaan Hicks ym. (1974)



Kuva 9. Puuaineen tiheys suhteessa rungon oksaisuuteen ja suoruuteen kokeissa n:o 280/2 ja 476/2.

— oksaisuusarvo = viiden paksuimman oksan keskiläpimitta jaettuna puun pituudella (R a u l o 1979)

— suoruusarvo = suurin kohtisuora etäisyys rungon ja sitä vasten painetun mittatangon välillä (R a u l o 1979).

Fig. 9. Wood density in relation to stem branchiness and straightness in trials no 280/2 and 476/2.

— branchiness value = mean diameter of the five thickest branches divided by tree height (R a u l o 1979)

— straightness value = the width of the space between the stem and the measuring pole pressed against the stem at the point where it was at its greatest (R a u l o 1979).

totesivat nuorissa *Betula nigran* rungoissa tiheyden päinvastoin kasvavan tyvestä latvaan päin. Syynä useimmissa tapauksissa todettu tiheyden alenemiseen voidaan pitää sitä, että tiheys kasvaa ytimestä pintaan päin (mm. Walldén 1934, Jalava 1945, Kujala 1946, Peterson ja Winqvist 1960, Hakkila 1966, Tamminen 1970), mahdollisesti määrärajan saakka. Näin ollen rungon alaosassa keskimääräinen tiheys on ehtinyt muodostua suuremmaksi kuin yläosassa.

Rungon rinnankorkeudelta määritetyn tiheyden ja koko rungon keskitiheyden välinen riippuvuus osoittautui käsillä olevassa tutkimuksessa melko hyväksi, kuten H a k k i l a n k i n (1966 ja 1979) tutkimuksissa vanhemmilla koivuilla. Norjassa on G i s l e r u d (1974) niin ikään havainnut tilastollisesti merkitsevän riippuvuuden rinnankorkeustiheyden ja koko rungon tiheyden välillä noin 25-vuotiailla hieskoivuilla. G i s l e r u d i n tutkimuksessa aineisto oli kuitenkin varsin pieni ja tutkittujen puiden pituuden

vaihtelu suuri, mistä syystä hän korostaa sitä, ettei saatua tulosta riippuvuudesta suinkaan pidä yleistää. Joka tapauksessa se tukee Hakkilan saamia ja tässä tutkimuksessa saatua tulosta. Siksi ehkä voitaisiin tarvittaessa tyytyä vain tietyltä kohtaa rungosta, esim. juuri rinnankorkeudelta otettuun näytteeseen haluttaessa tutkia eri koivujälkeläistöjen välisiä suhteellisia tiheyseroja. Ainakin hyvin tiheistä ja hyvin kevyistä alkuperistä, siis aineiston äärityypeistä, saataisiin tämän tutkimuksen tulosten mukaan hyvä arvio rungon rinnankorkeustiheyden perusteella.

Vain muutaman vuoden ikäisiin pelkkää nuorpuuta sisältäviin taimiin tämä menettely ei kuitenkaan sopine, mihin viittasi tässä yhteydessä nuoremasta Noormarkun kokeesta saatu selvästi huonompi korrelaatio rinnankorkeustiheyden ja koko rungon keskitiheyden välillä. Yleensäkin kovin nuorista taimista määritetyn tiheyden perusteella tehdyt johdopäätökset ovat ainakin toistaiseksi arveluttavia, koska nuorpuun tiheyden ja myöhemmin syntyvän puuaineen tiheyden välisestä yhteydestä ei ole vielä riittävästi tietoa. Jonkin verran siitä on kuitenkin jo julkaistu eri puulajeilla tuloksia (mm. Nepveu 1976, Nepveu ja Teissier du Cros 1976, Keller ja Thoby 1977, Nepveu ym. 1978, Nepveu ja Birot 1979), joissa positiivinen korrelaatio on yleensä ollut tilastollisesti merkitsevä. Koivua nämä tutkimukset eivät kuitenkaan ole koskeneet.

Tässä tutkimuksessa saatiin kokeen kaikkien runkojen puuaineen tiheyden keskiarvoksi 408 kg/m^3 ja variaatiokertoimeksi 5,6 % kokeessa 1 sekä kokeessa 2 keskiarvoksi 414 kg/m^3 ja variaatiokertoimeksi 5,8 %. Vastavaan ikäisistä, 8—10-vuotiaista luonnonkoivikoista ei meillä tiettävästi ole rauduskoivun osalta tehty tiheyden määrittämiä, joten vertailukohdetta ei ole. Hakkilankin (1979) tutkimuksessa nuorimman ikäluokan muodostivat alle 25-vuotiaat koivut, joiden tiheys jo oli yli 450 kg/m^3 . Lönnberg (1975) on kuitenkin todennut 10—15-vuotiaiden hieskoivujen rungon tiheydeksi keskimäärin 388 kg/m^3 ja kun rauduskoivun tiheys Hakkilan (1966) saamien tulosten mukaan on noin 15 kg/m^3 suurempi kuin hieskoivun, voidaan käsillä olevan tutkimuksen tuloksia tältä osin pitää odotettuina. Yllättävän korkeita tässä tutkimuksessa todettuihin tiheyden keskiarvoihin verrattuna ovat sen sijaan

Solantaustan ja Asplundin (1979) vain yksivuotiailla rauduskoivuilla saama 500 kg/m^3 luokkaa oleva tiheysarvo sekä kolmevuotiaiden hieskoivujen tiheysarvot 430 ja 470 kg/m^3 .

Tiheyden runkojen välistä hajontaa kuvaavat variaatiokertoimet 5,6 % ja 5,8 % vastaavat hyvin Hakkilan (1966 ja 1979) vanhemmilla koivuilla saamia hajonnan arvoja. Suuruusluokaltaan ne sopivat hyvin yhteen myös muiden eri koivulajeilla saatujen variaatiokertoimien kanssa (mm. Nagoda 1966, Tamminen 1970, Gislerud 1974, Hicks ym. 1974).

Tässä tutkimuksessa eivät jälkeläistösiirrot tai kaukoristeytykset vaikuttaneet puuaineen tiheyteen. Myös vapaapölytys- ja risteytysjälkeläisillä oli ryhminä tarkasteltuna yhtä suuri tiheys. Vastaava havainto on tehty samojen jälkeläistöjen kasvusta (Raulo ja Koski 1975 ja 1977) sekä rungon suuruudesta ja oksaisuudesta (Raulo 1979). Jälkeläistösiirtojen pituus oli alle 250 km ja kaukoristeytyksissä emo- ja isäpuiden kasvupaikkojen välimatka 100—400 km. Rauduskoivujälkeläistöjä ei kuitenkaan voida siirtää mielivaltaisesti ilman riskiä. Sen osoittaa mm. etelä- ja keskisuomalaisten alkuperien huono menestyminen Pohjois-Lapissa (Raulo 1976) ja balttilaisten alkuperien huono menestyminen Etelä-Suomessa (Velling 1979).

Jälkeläistöjen sisäinen runkojen välinen ja jälkeläistöjen välinen tiheyden variaatiokerroin olivat molemmissa kokeissa samaa suuruusluokkaa, 4—6 %, kuitenkin niin, että jälkeläistöjen sisäinen yksilötason vaihtelu oli hieman suurempi kuin jälkeläistöjen välinen vaihtelu. Viimeksi mainittu oli myös hiukan pienempi kuin vaihtelu samojen jälkeläistöjen kasvuominaisuuksissa (Raulo ja Koski 1975 ja 1977) ja selvästi pienempi kuin rungon ulkoisissa laatuominaisuuksissa (Raulo 1979).

Puuaineen tiheyden jälkeläistöjen välisen vaihtelun vähäisyyteen ja heikolta vaikuttavaan periytyvyyteen käsillä olevan tutkimuksen kohteina olleissa kokeissa saattoi vaikuttaa ainakin kaksi tekijää. Käytetyllä otannalla ei ehkä saatu runkojen välistä tiheyden vaihtelua riittävästi esiin. Koepuitahan otettiin kustakin koeruudusta vain kaksi kappaletta ja jälkeläistöä kohti kuudesta kahteen toista kappaletta toistojen määrästä riippuen.

Koepuiden nuoruus ja siitä johtuva tiheyden vaihtelun epämääräisyys saattaa selittää heikolta vaikuttavan periytyvyyden. Useissa yhteyksissä on kuitenkin esitetty käsitys tiheyden periytyvyyden kohoamisesta iän mukana (mm. Zobel 1964, Nicholls 1967, Elliott 1970). Yleensä tiheyden on osoitettu kuuluvan voimakkaasti periytyviin ominaisuuksiin.

Ruotsissa Erken (1973) totesi, että vaikka koivun puuaineen tiheys oli keskimäärin suurempi metsiköissä, jotka sijaitsivat 64.° leveysasteen eteläpuolella kuin sen pohjoispuolella, niin 60 % tiheyden maantieteellisestä vaihtelusta selittyi metsikön sisäisellä yksilötason vaihtelulla. Kuitenkin myös Petersonin ja Winqvistin (1960) mukaan tapahtui rauduskoivun puuaineen tiheydessä alenemista etelästä pohjoiseen päin. Suomessa ei ole koivun tiheydessä todettu selvää maantieteellistä vaihtelua. Tosin Jalavan (1945) tutkimuksessa tiheys oli korkein Etelä-Suomessa, jossa aineisto kuitenkin lähes yksinomaan koostui rauduskoivusta. Pohjoisempana mukaan tuli runsaasti hieskoivua. Eri alueiden erilainen puulajikoostumus saattoi siten olla syynä tiheyseroihin. Hakkila (1979) tutki eri ilmastovyöhykkeillä kasvavien koivujen tiheyttä eikä todennut siinä mitään olennaista eroa.

Tiheyden vaihtelun sattumanvaraisuus molemmilla nyt tutkituissa kokeissa ilmeni tarkasteltaessa kokeiden tiheydeltään parhaita ja huonoimpia jälkeläistöjä: samoja pluspuita esiintyi yleisesti molemmissa. Mutta toisaalta eräät pluspuut esiintyivät useissa tiheydeltään parhaissa yhdistelmissä eivätkä lainkaan huonoissa tai päinvastoin. Kokeiden jälkeläistökoostumus ei kuitenkaan tarjonnut mahdollisuuksia arvioida yksittäisten puiden tiheyden jalostusarvoa niiden jälkeläisten perusteella.

Tiheyden riippuvuus rungon pituudesta, rinnankorkeusläpimitasta ja tilavuudesta osoittautui tutkituissa kokeissa heikoksi, kuten Hakkilan (1966 ja 1979) tutkimuksissa. Samaan tulokseen ovat päätyneet monet tutkijat useilla eri puulajeilla. Melko yleinen on toisaalta myös käsitys, että havupuilla ja hajaputkiloisilla lehtipuilla, joihin koivukin kuuluu, nopeaan kasvuun liittyisi perinnöllisesti alhaisempi puuaineen tiheys ja muita epäedullisia ominaisuuksia. Bendtsenin (1978) mukaan tässä on kuitenkin tavallaan kysymys väärinkäsityksestä. Laajalti alan kirjallisuuteen perehty-

neet ja kasvun sekä puuaineen ominaisuuksien välisiä suhteita syvällisesti selvitelleet tutkijat ovat hänen mukaansa päätyneet siihen toteamukseen, että alhainen tiheys ja heikot kuituominaisuudet liittyvät pikemminkin puun nuoreen ikään kuin kasvunopeuteen (mm. Dadswell 1958). Meillä Hakkila (1966 ja 1979) on todennut koivupuun tiheyden vaihtelua parhaiten selittäväksi tekijäksi juuri iän eikä niinkään rungon koon tai kasvun. Kun alle 25-vuotiaiden koivujen tiheys oli 425 kg/m³, 26—50-vuotiaiden 476 kg/m³ ja 51—100-vuotiaiden 489 kg/m³, oli se yli 100-vuotiaissa koivuissa jo 504 kg/m³ (Hakkila 1979). Lönnbergin (1975) tutkimuksessa hieskoivun runkokuun tiheys kasvoi iän mukaan niin, että kun se oli 3—5 vuotiaissa puissa 391 kg/m³ ja 10—15-vuotiaissa 388 kg/m³, oli se 20—25-vuotiaissa jo 450 kg/m³. Tiheyden kohoaminen ytimeistä pintaan päin rungossa tuli myös tässä tutkimuksessa erittäin selvästi ilmi.

Norjassa Gisleerud (1974) sai hieskoivulla tuloksen, jonka mukaan vuosiluston leveyden ja tiheyden välillä ei voitu todeta lineaarista riippuvuutta. Ruotsissa Ericson ja Persson (1970) totesivat saman metsikön hyvä- ja huonokasvuilla koivuilla olevan samansuuruisen tiheyden. Jettin ja Zobelin (1975) mukaan nuorten lehtipuiden tiheyden runkojen välinen vaihtelu on samansuuruisen olivatta puut samasta metsiköstä, eri metsiköistä tai jopa eri metsätyypeiltä. Hakkilan (1966) mukaan kasvupaikka vaikutti raudus- ja hieskoivun tiheyteen siten, että nuorina puut olivat MT:llä tiheämpiä kuin OMT:llä, mutta myöhemmin ero tasoittui ja muuttui päinvastaiseksi. Erot olivat kuitenkin hyvin pienet, samoin kuin Hakkilan (1979) uudemmassa tutkimuksessa. Siinä hän lisäksi toteaa metsätyypin käytännöllisen merkityksen tiheyden muodostumisessa vähäiseksi sen jälkeen, kun se tutkittaessa puun koon ja iän yhteisvaikutusta tiheyteen on epäsuorasti otettu huomioon.

Hicksin ym. (1974) *Betula nigralla* saama tulos korkean tiheyden liittymisestä hyvään kasvuun poikkeaa muista koivuilla tehtyjen tutkimusten tuloksista, joissa tiheyden ja kasvunopeuden riippuvuus on nähty negatiivisena tai mitään riippuvuutta ei ole voitu osoittaa.

Nyt tutkituista kokeista ilmeni selvästi,

että toisilla nopeakasvuista rauduskoivun pluspuujälkeläisistä oli korkea, toisilla alhaisempi tiheys. Tämä tulos on omiaan hälvöntämään pelkoa siitä, että kasvunopeuden lisääminen jalostusteitse aiheuttaisi muodostuvan puuaineen tiheyden systemaattisen alenemisen. Kun tilavuuskasvun ja tiheyden välillä ei näytä olevan merkitsevää negatiivista riippuvuutta, voitaneen molempia jalostaa samanaikaisesti.

Tiheyden ja rungon ulkoisten laatuominaisuuksien, oksaisuuden ja suoruuden, välillä ei tutkituissa kokeissa myöskään todettu tilastollisesti merkitsevää riippuvuutta. Kun Raulo (1979) totesi samasta aineistosta, että hyvä ulkoinen laatu ja hyvä kasvu esiintyvät jälkeläistöissä jokseenkin sattumanvaraisesti ja vain harvoin samanaikaisesti, näyttävät rungon kasvuominaisuudet sekä ulkoiset ja sisäiset laatuominaisuudet periytyvän toisistaan riippumatta.

Taulukossa 7a—c on vielä esitetty yhdistelmä Raulon ja Kosken (1977) ja Raulon (1979) sekä nyt käsillä olevan tutkimuksen tuloksista. Taulukkoon 7a on otettu molemmista tutkituista kokeista ne jälkeläistöt, joiden rungon tilavuus osoittautui t-testissä kokeen keskiarvoa merkitsevästi paremmaksi 0,1 %:n riskitasolla. Näkyviin

on merkitty jälkeläistöjen oksaisuus-, suoruus- ja tiheysarvot merkitsevyyksineen. Taulukkoon 7b on otettu oksaisuusarvoltaan kokeiden keskiarvoja merkitsevästi paremmat jälkeläistöt ja niiden tiheysarvot sekä taulukkoon 7c suoruusarvoltaan parhaat jälkeläistöt ja niiden tiheydet. Taulukoista nähdään, missä rajoissa puuaineen tiheys vaihteli jälkeläistöissä, jotka tilavuudeltaan, oksaisuudeltaan ja rungon suoruudeltaan olivat kokekeskiarvoja merkitsevästi parempia. Yksittäisten jälkeläistöjen tiheysarvot eivät merkitsevästi poikenneet kokekeskiarvoista.

Kun tilavuuskasvussa näyttää koivulla jälkeläiskokeisiin perustuvalla valinnalla olevan mahdollista päästä usean kymmenen prosentin lisäykseen (Raulo ja Koski 1977), voidaan kasvaa, rungon ulkoista laatua ja puuaineen tiheyttä samanaikaisesti jalostamalla päästä hyvinkin tuntuviin puuaineksen saantolisäyksiin sekä samalla tuottaa hyvälaatuaista, lujuusominaisuuksiltaan ja lämpöarvoltaan entistä parempaa puuta. Tämä edellyttää kuitenkin geneettisesti nykyistä laajempaa lähtömateriaalia, mihin tähän mennessä valitut noin 1500 rauduskoivun pluspuuta tarjoavat hyvän mahdollisuuden.

Taulukko 7a. Tilavuudeltaan kokeen keskiarvoa merkitsevästi paremmat jälkeläistöt sekä niiden oksaisuus-, suoruus- ja tiheysarvot.

Table 7a. Progenies with volume significantly better than the trial mean and their branchiness, straightness and density values.

Koe n:o Trial No	Emopuu × isäpuu Mother tree × father tree	Oksaisuusarvo sekä sen ja kokekeskiarvon eron merkitsevyys t-testissä <i>Branchiness value and significance in t-test of difference between it and trial mean</i>	Suoruusarvo sekä sen ja kokekeskiarvon eron merkitsevyys t-testissä <i>Straightness value and significance in t-test of difference between it and trial mean</i>	Tiheysarvo sekä sen ja kokekeskiarvon eron merkitsevyys t-testissä <i>Density value and significance in t-test of difference between it and trial mean</i>
280/2	E2380 × E 370	2,56	4,3***	410,3
	K 249 × E1598	2,40***	4,3*	404,7
	K 340 × E3662	2,68	5,1	413,8
	K 968 × K 342	2,20***	4,5	413,3
	K 969 × E2394	2,71	5,7	398,1
476/2	E 2812 vapaapölytys	2,46	4,7	418,4
	E3012 × E3004	2,29	4,1	414,7
	E3013 × E3004	2,30	4,6	410,9
	E3013 × E3017	2,31	4,5	417,9
	K 339 × E2297	2,61	3,7**	414,3

Taulukko 7b. Oksaisuusarvoltaan kokeen keskiarvoa merkitsevästi paremmat jälkeläistöt ja niiden tiheysarvot.

Table 7b. Progenies with branchiness values significantly better than the trial mean and their density values.

Koe n:o Trial No	Emopuu × isäpuu Mother tree × father tree	Tiheysarvo sekä sen ja koe keskiarvon eron merkitsevyys t-testissä Density value and significance in t-test of difference between it and trial mean
280/2	E 3662 × K 335	398,3
	K 249 × E 1598	404,7
	K 251 × K 343	420,8
	K 335 × K 342	397,7
	K 338 vapaapölytys	—
	K 340 × K 342	426,6
	K 341 × E 368	410,1
	K 341 vapaapölytys	422,3
	K 342 × E 1599	—
	K 342 × E 3002	405,9
	K 342 × K 342	400,0
	K 343 × E 2394	—
	K 968 × K 335	405,7
	K 968 × K 342	413,3
	K 969 × E 1599	394,0
476/2	E 2375 × E 2359	424,9
	E 3005 × E 3003	409,7
	E 3020 × E 3003	411,6
	E 3023 × E 3017	413,1
	K 247 × E 2296	406,9

Taulukko 7c. Suoruusarvoltaan kokeen keskiarvoa merkitsevästi paremmat jälkeläistöt ja niiden tiheysarvot.

Table 7c. Progenies with straightness values significantly better than the trial mean and their density values.

Koe n:o Trial No	Emopuu × isäpuu Mother tree × father tree	Tiheysarvo sekä sen ja koe keskiarvon eron merkitsevyys t-testissä Density value and significance in t-test of difference between it and trial mean
280/2	E 2380 × E 370	410,3
	E 3662 × E 2394	399,9
	E 3662 × K 964	398,0
	K 250 × K 339	407,3
	K 250 × K 343	386,7
	K 251 × K 339	403,0
	K 343 × K 342	—
	K 249 × E 1598	404,7
	K 342 × E 370	—
	K 339 vapaapölytys	—
	476/2	K 249 × E 2361
K 336 × E 2359		418,2
K 971 × E 3017		403,2
E 3018 × E 2359		432,0
E 3020 × E 3006		431,4
K 339 × E 2297		414,3
E 3019 × E 3017		405,0
E 3018 × E 3017		431,5
E 2375 × E 3017		402,7
E 3018 × E 3006		432,6
K 336 × E 2296		414,5
E 3022 × E 3006		412,4
K 335 × E 2294		419,8
K 249 vapaapölytys		396,2
E 3017 × E 3006		415,0
K 249 × E 1985	408,0	

5. KIRJALLISUUS

- BENDTSEN, A.B. 1978. Properties of wood from improved and intensively managed trees. *For. Prod. J.* 28 (10):61—72.
- DADSWELL, H.E. 1958. Wood structure variations occurring during tree growth and their influence on properties. *J. Inst. Wood Sci.* 1:11—32.
- ELLIOTT, G. K. 1970. Wood density in Conifers. *Tech. Commun. Commonw. For. Bur., Oxf.* 8. 44 s.
- ERICSON, B. & PERSSON, A. 1970. Ved- och massaegenskaper hos björk. En orienterande undersökning. Summary: Wood and pulp properties in birch. A pilot investigation. *Rapp. Uppsats. Instn. skogsprod. Skogshögsk.* 18:1—55.
- ERKÉN, T. 1973. Variation i björkens torr-råvolymvikt. *Skogen* 60 (1):24.
- GISLERUD, O. 1974. Heltreutnyttelse. II. Biomasse og biomasseegenskaper hos tynningsvirke av gran, furu, björk och or. Summary: Whole tree utilization. II. Biomass properties of trees from thinnings of spruce, pine, birch and alder. *Rapp. Norsk. Instn. Skogforsk.* 6/74:1—59.
- HAKKILA, P. 1966. Investigations on the basic density of Finnish pine, spruce and birch wood. Lyhennelmä: Tutkimuksia männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheydestä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 61 (5): 1—98.
- 1979. Wood density survey and dry weight tables for pine, spruce and birch boles in Finland. *Seloste: Mänty-, kuusi- ja koivurunkojen puuaineen tiheys ja kuivapainotaulukot.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 96 (3):1—59.
- HARRIS, J.M. 1965. The heritability of wood density. Teoksessa: *Proc. Meeting Sect. 41, Forest Products, Working Groups of Wood Quality, Sawing and Machining and Wood and Tree Chemistry. IUFRO. Melbourne. Victoria, Australia. Oct. 1965. Vol. 2.*
- 1970. Breeding for wood properties. *Unasylva* 24 (2—3):32—37.
- HATTEMER, H.H. 1963. Estimates of heritability published in forest tree breeding research. *FAO World Consult. For. Genet., Stockholm 1963. Vol. 1. 2a/3:1—14.*
- HICKS, R.R. Jr., JONES, D.W. & WENDLING, R.C. 1974. Specific gravity variation of young river birch trees. *Wood Sci.* 7 (2):169—172.
- JALAVA, M. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. *Commun. Inst. For. Fenn.* 33 (3):1—66.
- JETT, J.B. & ZOBEL, B.J. 1975. Wood and pulping properties of young hardwoods. *TAPPI* 58 (1):92—96.
- KELLER, R. 1973. Caractéristiques du bois de Pin maritime variabilité et transmission héréditaire. Summary: Wood characteristics of maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.) their variability and heritability. *Ann. Sci. For.* 30 (1):31—62.
- & THOBY, M. 1977. Liaisons entre l'état juvénile et l'état adulte pour quelques caractères technologiques et auxométriques chez le Douglas (*Pseudotsuga menziesii*). Summary: Correlations between certain technological and growth characteristics in juvenile and adult Douglas fir. *Ann. Sci. For.* 34 (3):175—203.
- KUJALA, V. 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birches. *Commun. Inst. For. Fenn.* 34 (1):1—36.
- KÄRKKÄINEN, M. 1980. Haapakokopuiden tekniset ominaisuudet. Summary: Technical properties of whole aspen trees. *Käsikirjoitus Commun. Inst. For. Fenn. -sarjaan.*
- LÖNNBERG, B. 1975. Short-rotation hardwood species as whole-tree raw material for pulp and paper. 2. Wood raw material. Tiivistelmä: Lyhytkiertopuiden käyttömahdollisuudet massa- ja pape-riteollisuudessa. 2. Puuraaka-aine. Paperi ja puu 57 (8):507—516.
- NAGODA, L. 1966. Volumvekt og vanninhold hos björk (*Betula* spp.) og gråor (*Alnus incana*). Summary: Volume weight and water content of birch (*Betula* spp.) and grey alder (*Alnus incana*). *Tidsskr. Skogsbr.* 74 (1):2—32.
- NEPVEU, G. 1976. Les corrélations juvénile — adulte en matière d'étude de la qualité du bois. Station de Recherches sur la Qualité des bois — C.N.R.F. — INRA. Document no 1976/3. Distribution limitée. Moniste. 11 s. Abstract: Wood quality juvenile mature correlations. Teoksessa: *Proc. IUFRO Joint. Meeting Genet. Working Parties. Advanced Generation Breeding. Bordeaux 1976: 203—204.*
- & TEISSIER du CROS, E. 1976. Sélection juvénile pour la qualité du bois chez les peupliers euraméricains. Station de Recherches sur la Qualité du bois — I.N.R.A. Station d'Amélioration des Arbres Forestiers — I.N.R.A. Document Qualité des Bois no 1976/4. Amélioration no 1976/3. Moniste. 21 s. Abstract: Juvenile selection for wood quality in euramerican poplars. Teoksessa: *Proc. IUFRO Joint. Meeting Genet. Working Parties. Advanced Generation Breeding. Bordeaux 1976: 204—205.*
- , KELLER, R. & TEISSIER du CROS, E. 1978. Sélection juvénile pour la qualité du bois chez certains peupliers noirs. Summary: Juvenile selection for wood quality in *Populus nigra* and *Populus euramericana*. *Ann. Sci. For.* 35 (1):69—92.
- , BIROT, Y. 1979. Les corrélations phénotypiques juvénile-adulte pour la densité du bois et la vigueur chez l'épicéa. Summary: Phenotypic juvenile-mature correlations for wood density and vigour in Norway spruce. *Ann. Sci. For.* 36(2):125—149.
- NICHOLLS, J.W.P. 1967. Preliminary observations on the change with age of the heritability of certain wood characters in *Pinus radiata* clones. *Silvae Genet.* 16:18—20.
- OLESEN, P. O. 1971. The water displacement method. *For. Tree Improvement* 3:3—23.
- PERSSON, A. 1972. Studies on the basic density in mother trees and progenies of pine. *Sammanfattning: Studier över torr-råvolymvikt hos moderträd och avkomor av tall.* *Stud. For. Suec.* 96:1—37.
- PETERSON, O. & WINQVIST, T. 1960. Vikt- och

- fuktighetsvariationer hos björk under olika årstider. Summary: Seasonal changes in weight and moisture content of birch. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära. Skogshögsk. 28:1—20.
- POLGE, H. 1971. Héritabilité de la densité du bois de sapin pectiné. Summary: Inheritance of specific gravity in four-year-old seedlings of silver fir. Ann. Sci. For. 28(2):185—194.
- & ILLY, G. 1968. Héritabilité de la densité du bois et corrélations avec la croissance étudiées à l'aide de tests non destructifs sur plants de Pins maritimes de quatre ans. Summary: Study on inheritance of specific gravity and correlations with growth by non-destructive tests on four years old seedlings of *Pinus pinaster*. Silvae Genet. 17:173—181.
- RAULO, J. 1976. Development of *Betula pendula* Roth progenies in northern Lapland. Seloste: Rauduskoivujälkeläistöjen kehitys Pohjois-Lapissa. Commun. Inst. For. Fenn. 88 (4):1—19.
- 1979. Rauduskoivujälkeläistöjen rungon laatu Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: Stem quality of *Betula pendula* Roth progenies in South and Central Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 97 (5):1—39.
- & KOSKI, V. 1975. Erilaisten rauduskoivujälkeläistöjen pituuskasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: Height growth of different progenies of *Betula verrucosa* Ehrh. in South and Middle Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 84(7):1—30.
- & KOSKI, V. 1977. Growth of *Betula pendula* Roth progenies in southern and central Finland. Seloste: Rauduskoivujälkeläistöjen kasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 90(5):1—39.
- SAIKKU, O. 1975. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris*) Norway spruce (*Picea abies*) and Common birch (*Betula verrucosa*). Commun. Inst. For. Fenn. 85 (5):1—24.
- SOLANTAUSTA, Y. & ASPLUND, D. 1979. Puun käyttö polttoaineena II. Polttoaineominaisuudet. Abstract: Use of wood as fuel II-Fuel properties. Resumé: Användning av trä som bränsle II-Bränsleegenskaper. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Poltto- ja voiteluainelaboratorio. Tiedonanto 25:1—31.
- TAMMINEN, Z. 1970. Fuktighet, volymvikt m.m. hos ved och bark, III Björk. Summary: Moisture content, density and other properties of wood and bark, III Birch. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 63:1—100.
- WALLDÉN, P. 1934. Tutkimuksia koivupuun anatomisen rakenteen ja teknillisten ominaisuuksien keskinäisestä riippuvaisuudesta solumittauksien perusteella. Referat: Untersuchungen über die Abhängigkeit der technischen Eigenschaften vom anatomischen Bau des Birkenholzes nach Zellmessungen. Acta For. Fenn. 40.14:329—366.
- VELLING, P. 1974. Männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyden fenotyypisestä ja geneettisestä vaihtelusta. Summary: Phenotypic and genetic variation in the wood basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Folia For. 188:1—29.
- 1979. Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa. Summary: Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials. Folia For. 379:1—14.
- ZOBEL, B.J. 1961. Inheritance of wood properties in conifers. Silvae Genet. 10:65—70.
- 1964. Breeding for wood properties in forest trees. Unasylva 18 (2—3):89—103.

6. SUMMARY

Attention is paid in Finland in the selection of the basic material to be used in tree breeding, such as plus trees and seed collection stands, to tree growth and the external quality of the stem. The quality of the wood in the stem and the best measure of this quality, i.e. wood density, is not, for practical reasons, taken into account in such selection. Density, however, is an important property from both the chemical and mechanical wood processing industries point of view, as is also the case when it is used as an energy source. As density has generally been found to be strongly inheritable, it makes it a very favourable aspect for forest genetics. The fast initial development of birch has enabled studies to be carried out on the quality of the wood in progeny trials of *Betula pendula* Roth established in the 1960's. As results have already been obtained from these trials concerning the volume growth of plus tree progeny (Raulo & Koski 1977) and the external quality of the stems (Raulo 1979), it has been possible to examine the density of the wood alongside these important characteristics. It is not yet possible to carry out similar comparisons with similar-aged coniferous progeny.

This study has been carried out to determine the variation in the density of the wood of plus tree progeny in two *B. pendula* progeny trials. The volume growth and external quality of the stems has already been studied. Comparison of the results for growth, external quality and density has been facilitated by presenting the results of this study, as far as possible, in the same order as that used by Raulo and Koski (1977) and Raulo (1979).

The study material was collected from the trial established at Noormarkku, which is number 280/2 in the forest genetics register, and at Iitti, number 476/2 in the register (Fig. 1). However, the trial at Noormarkku is designated as trial number 1 in the results and that at Iitti as trial number 2. 93 progeny were obtained from trial number 1, which was established in 1969, and 110 progeny from trial number 2 which was established two years earlier. There were 950 sample trees in trial number 1 and 756 in trial number 2, giving a total of 1706 sample trees. The study covers a total of 92 different plus trees collected from 15 localities in South and Central Finland (Fig. 1).

Sample discs, about 5 cm thick, were taken at one meter intervals starting from the stump level, as well as at breast height, from each sample tree. Discs with a diameter of less than one centimeter were not included. Between 3 to 9 discs were obtained from each tree, giving a total of 10757 discs from both trials. The dry-fresh density of the wood was determined using the V^D -method (Fig. 2) described by Olsen (1971).

In both trials, the density of the wood inside the stem decreased on moving towards the crown (Fig. 3). A linear model was constructed on the basis of the density at breast height, which explained 19 % of the variance in average density for the whole stem in trial number 1 and 56 % in trial number 2 (Fig. 4). The use of a more complicated model did not apparently increase the

amount of explained variance.

The mean density of the 950 sample trees in trial number 1 was 408 kg/m³ and the coefficient of variation 5,6 %. The corresponding values for trial number 2, calculated from 756 sample trees, were 414 kg/m³ and 5,8 %. When the density values for the sample trees are presented in graphical form, the density values differ slightly from the normal distribution in that they are more concentrated around the trial means (Fig. 5).

There was no difference in wood density when the progeny of open-pollination and controlled crossings were grouped together (Table 1). Raulo and Koski (1977) found similar results for the growth properties of the progeny and Raulo (1979) for the branchiness and straightness of the stems. Progeny transfers (Fig. 6) and long-distance crossings (Tables 2 and 3) were not found to have any effect on the density. The transfers, in this study rather restricted ones, were all over distances of less than 250 km, and in the controlled crossings the distance between the father and mother trees was over 100 km in every case.

The mean density of the progenies in trial number 1 was 408 kg/m³ and in trial number 2, 413 kg/m³. The density values for the individual progenies were concentrated around the means for the trials and showed a peaked distribution (Fig. 7). The coefficients of variation between the progenies was only 5,6 % in trial number 1 and 4,0 % in trial number 2 (Table 4). The corresponding coefficients of variation within the progenies were 6,4 % and 5,3 %, thus being slightly higher. The variation in density in every case was clearly smaller than the variation in the growth characteristics (Raulo & Koski 1977) and external quality characteristics (Raulo 1979) of the same progenies.

When analysis of variance was carried out, statistically significant differences between the density of the wood of the progenies in trial number 1 were found. The differences between the blocks in this trial were also significant (Table 5). The best progeny, as regards wood density, exceeded the mean in both trials by about 9 %. The worst progeny in trial number 2 was almost 15 % less than the mean, but in trial number 1 only 5 %.

When Tukey's test was carried out, the smallest progeny mean differed significantly in trial number 2 from 66 other progenies. This, however, is mainly due to the fact that the smallest value differed from the second smallest value by a downward step, down to which point the values had uniformly decreased. According to the results of the Tukey's test carried out on the results for trial number 1, there were no significant differences between the progenies. This was expected judging by the results of analysis of variance.

There are at least two factors affecting the slight variation in density between the progenies and the low inheritance of wood density found in the trials studied here. Firstly, the number of sample trees per progeny was rather small (6—12 sample trees) and hence the variation in density between the stems was not pronounced enough. Secondly, the young age of the

sample trees, and resulting irregularity in the density variation, may explain the relative weak inheritance of wood density.

The same plus trees frequently occurred in the crossing combinations with the best and worst densities. This also occurred in both trials so that one of the best plus trees in trial number 1 was among the worst ones in trial number 2, and vice versa. However, there were also plus trees which only occurred in either the best or the worst combinations. Unfortunately, the crossing combinations did not represent any model which could be statistically analysed due to the fact that usable seeds were obtained from only some of the crossings. In addition, there were not enough open-pollinated progeny for the estimation of the breeding value and heritability of density of the plus trees.

No dependance was found between the growth characteristics of the stem, i.e. height, diameter at breast height and volume, and wood density (Fig. 8). It was quite clear that some fastgrowing *B. pendula* plus tree progeny had a high density and others a low density. This result reduces to some extent the fear that increasing the growth rate through breeding would also produce a systematic decrease in the density of the wood.

Estimates of the amount of dry matter of each progeny were also calculated by multiplying the average stem density of each progeny by the corresponding

volume estimate. Volume growth rather clearly proved to be the dominant component in the formation of dry matter (Table 6). Only in one case did a low density value actually produce a considerable decrease in tree productivity expressed as dry matter.

No dependance was found between external quality characteristics of the stem, i.e. branchiness and straightness, and wood density (Fig. 9). The fact that good stem growth, good external quality and high wood density only rarely occurred in the same progeny, points to the fact that these characteristics are inherited independantly. As there was evidently also no negative dependance between these characteristics, the possibility does exist that they could be bred simultaneously. As it appears to be possible to increase the volume growth by tens of percent by selection (R a u l o & K o s k i 1977) on the basis of *B. pendula* progeny trials, simultaneous breeding for growth, external quality and wood density of the stem, can be used to achieve rather considerable increases in wood yield and at the same time to produce high quality wood of superior strength properties and energy content. This presupposes, however, starting material which is genetically more extensive than that used at present. The approximately 1500 *B. pendula* plus trees which have been collected so far offer good possibilities for this purpose.

ODC 812.31:176.1. *Betula pendula*
ISBN 951-40-0425-6
ISSN 0015-5543

VELLING, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivuun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia For. 416:1—24.

The variation in wood density of *Betula pendula* Roth plus tree progenies was studied in two progeny trials. The variation in density between the sample trees and progenies of both trials was rather small, the coefficient of variation was only 4—6 %. There were no differences between the different types of progenies, when grouped together, as regards density. It was found, when these results were compared with earlier results for the same trials, that good stem growth, good external quality and high wood density only rarely occurred simultaneously in the same progenies. The effect of wood density on dry matter production by the stem was generally rather small and the effect of volume growth clearly dominant.

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

ODC 812.31:176.1. *Betula pendula*
ISBN 951-40-0425-6
ISSN 0015-5543

VELLING, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivuun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia For. 416:1—24.

The variation in wood density of *Betula pendula* Roth plus tree progenies was studied in two progeny trials. The variation in density between the sample trees and progenies of both trials was rather small, the coefficient of variation was only 4—6 %. There were no differences between the different types of progenies, when grouped together, as regards density. It was found, when these results were compared with earlier results for the same trials, that good stem growth, good external quality and high wood density only rarely occurred simultaneously in the same progenies. The effect of wood density on dry matter production by the stem was generally rather small and the effect of volume growth clearly dominant.

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

ODC 812.31:176.1. *Betula pendula*
ISBN 951-40-0425-6
ISSN 0015-5543

VELLING, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivuun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia For. 416:1—24.

The variation in wood density of *Betula pendula* Roth plus tree progenies was studied in two progeny trials. The variation in density between the sample trees and progenies of both trials was rather small, the coefficient of variation was only 4—6 %. There were no differences between the different types of progenies, when grouped together, as regards density. It was found, when these results were compared with earlier results for the same trials, that good stem growth, good external quality and high wood density only rarely occurred simultaneously in the same progenies. The effect of wood density on dry matter production by the stem was generally rather small and the effect of volume growth clearly dominant.

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

ODC 812.31:176.1. *Betula pendula*
ISBN 951-40-0425-6
ISSN 0015-5543

VELLING, P. 1979. Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivuun jälkeläiskokeessa. Summary: Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials. Folia For. 416:1—24.

The variation in wood density of *Betula pendula* Roth plus tree progenies was studied in two progeny trials. The variation in density between the sample trees and progenies of both trials was rather small, the coefficient of variation was only 4—6 %. There were no differences between the different types of progenies, when grouped together, as regards density. It was found, when these results were compared with earlier results for the same trials, that good stem growth, good external quality and high wood density only rarely occurred simultaneously in the same progenies. The effect of wood density on dry matter production by the stem was generally rather small and the effect of volume growth clearly dominant.

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

- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Pblebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa.
Pblebia gigantea and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla.
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- No 375 Metsätalastollinen vuosikirja 1977—1978.
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.
- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löyttyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhosta.
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusalloilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesi-myyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoit-tamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter et al. -sienen esiintyminen männyn-karisteen yhteydessä.
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter et al. with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.

- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorinpuutosalueella.
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katriina & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlannoitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fyysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.
- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittausta ja ominaisuudet.
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman allापsyyvyys 1969—1977.
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Phlebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pellolle istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Phlebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukkien kuoren määrä.
Bark quantity of birch logs.
- No 414 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia.
Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.
- No 415 Teivainen, Terttu: Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microtus agrestis* L.) ruokintakokeiden mukaan.
Palatability of some cultivated willows to field voles (*Microtus agrestis* L.) in feeding trials.