

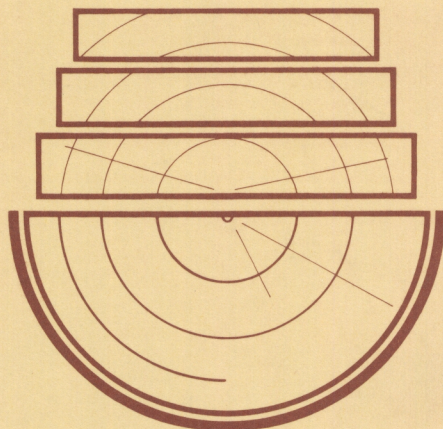
METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN  
TIEDONANTOJA 28

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO  
PUUNTUTKIMUSSUUNTA



Olli Uusvaara

## VILJELYMÄNNIKÖIDEN PUUN TEKNINEN LAATU JA ARVO



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

HELSINKI 1981



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 28  
METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO  
PUUNTUTKIMUSSUUNTA

OLLI UUSVAARA

VILJELYMÄNNIKÖIDEN PUUN TEKNINEN LAATU JA ARVO

Esitetään Helsingin yliopiston maatalous-metsätieteellisen  
tiedekunnan suostumuksella julkisesti tarkastettavaksi  
16. tammikuuta 1982 klo 10 yliopiston päärakennuksen  
luentosalissa XIV.

HELSINKI 1981

Julkaisu sisältää yhteenvedon seuraavista tutkimuksista:

1. UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation - grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Commun. Inst. For. Fenn. 80(2):1-105.
2. UUSVAARA, O. 1981. Viljelymänniköistä saadun sahataran laatu ja arvo. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 27:1-108.

## ALKUSANAT

Tämän yhteenvedon sisältämistä osatutkimuksista 1 - 2 edellinen tehtiin vuosina 1968 - 1974 ja jälkimmäinen vuosina 1978 - 1981 Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla.

Ensimmäistä osatutkimusta tehdessäni sain koko työn ajan arvokasta apua silloiselta metsäteknologian osaston päälliköltä prof. Veijo Heiskaselta. Prof. Pentti Hakkila ja prof. Paavo Yli-Vakkuri tarkastivat käsikirjoituksen. Heille, sekä prof. Bror-Anton Granvikille, joka ohjasi ja auttoi allekirjoittanutta työn kuluessa, haluan osoittaa parhaat kiitokseni.

Toisen osatutkimuksen olen myös tehnyt prof. Bror-Anton Granvikin eteenpäin kannustavassa ohjauksessa. Monin neuvoin on työssä auttanut prof. Matti Kärkkäinen, joka on myös lukenut käsikirjoituksen. Käsikirjoituksen ovat lisäksi lukeneet arvokkaita korjausehdotuksia tehden prof. Jaakko Meriluoto ja dos. Kari Löyttyniemi, jolta sain monin tavoin apua jo ensimmäistä osatutkimusta tehdessäni. Heille kaikille haluan lausua parhaat ja vilpittömät kiitokseni.

Myös haluan kiittää metsäteknikoita Pertti Laaksoa ja Tauno Oittista, jotka johtivat innostuneesti pitkäaikaisia kenttätöitä.

Kiitokset osoitan myös maisteri Päivikki Ojansuulle, joka suoritti englanninkielen käännöstyöt.

Monivuotiset tutkimukset vaativat uhrautuvan työpanoksen hyvin monilta työtovereiltani mm. tutkimusten kenttätöiden, laboratoriotöiden, atk-käsittelyn, laskennan, piirustus- ja konekirjoitustöiden sekä käsikirjoituksen laa-

dinnan parissa. Heitä, sekä useita käytännön työkentän puolesta minua työssäni auttaneita henkilöitä, haluan vielä muistaa parhain kiitoksin.

Helsingissä, marraskuussa 1981

Olli Uusvaara

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO	13
3. TUTKIMUSTULOKSET	16
31. Runkoja ja tukkeja koskevat tulokset ja niiden tarkastelu	16
311. Runkojen karsiutuminen	16
312. Runkojen oksikkuus	18
313. Vikaisuudet	20
314. Tyvitukin laatu	22
315. Rungon sisäiset laatutunnukset	24
32. Koesahaustulokset ja niiden tarkastelu	27
4. TIIVISTELMÄ	32
KIRJALLISUUS	35



## 1. JOHDANTO

Keinollisesti uudistettujen männiköiden merkitys raaka-ainelähteenä on vielä nykyisin vähäinen niiden verrattain suuresta pinta-alasta huolimatta. Metsänviljelytoiminta alkoi laajassa mitassa 1950-luvun alussa, mutta viljelyalat kasvoivat jyrkästi vasta seuraavalla vuosikymmenellä (UUSITALO 1979). Männyn osuus viljelyaloista on nyt noin miljoona hehtaaria eli noin 5 % metsämaan pinta-alasta, mutta metsiköiden nuoren iän vuoksi niistä ei saada toistaiseksi juuri lainkaan sahapuuta.

Parin viimeisen vuosikymmenen aikana metsätaloudessa on ollut voimassa suuntaus, jossa on pyritty pääasiassa puun tuoton lisäämiseen ja määrällisten tavoitteiden saavuttamiseen laadun jäädessä taka-alalle (VUOKILA 1972). Toisaalta viljelymetsien puun laadusta ei ole ollut käytettävissä paljonkaan tutkimusten antamaa tietoa.

Viimeksi puutavaran laatukysymykset olivat vahvasti esillä 1950-luvulla ja 1960-luvun alussa, jolloin asia oli ajankohtainen paitsi sahateollisuuden huonojen suhdanteiden myös metsänhoidon kehittymisen vuoksi (HEISKANEN 1954a, 1954b, 1962, 1965, HEISKANEN ja SIIMES 1959). Näin ollen oli luonnollista, että huoli puun laadusta toi niihin aikoihin jälleen kerran esille kysymyksen runkojen pystykar-sinnasta laadun parannuskeinona (HEISKANEN ja TAIPALE 1963). Puun laadusta puhuttaessa on päähuomio aina kiinnitetty pääasiassa mäntyyn, jonka laatu on herkin ulkoisten tekijöiden vaikutukselle ja jossa toisaalta hyvä- ja huonolaatuisen puutavaran väliset arvoerot ovat suurimmat.

Tutkimusten tulokset ovat osoittaneet selvästi, että mäntypuun laatu riippuu normaalin ikääntymisen ohella voimakkaasti ulkoisten kasvutekijöiden muutoksista erityisesti puuston nuoruusvaiheissa. Tämän vuoksi männyn kasvatusta

koskevista oppikirjoissa ja tutkimuksissa korostettiin aikaisemmin metsikön tiheyden merkitystä laatuun aina siihen kehitysvaiheeseen asti, jolloin rungon oksat ovat kuolleet vähintään tyvitukin pituudelta (KALELA 1945, HEIKINHEIMO 1953, HEISKANEN 1954b, 1965, SARVAS 1956). Yleisin männyn keinollinen uudistusmenetelmä on nykyisin istutus (UUSITALO 1979), ja ohjeiden mukaisena istutustiheytenä käytetään 1 600 - 2 500 tainta hehtaarille kasvupaikan mukaan (Ohjekirje... 1978, TAKALA 1978). Viime aikoina suoritettut tutkimukset osoittavat lopullisen taimimäärän jäävän kuitenkin viljelyaloilla tavallisesti huomattavasti tavoitetta alhaisemmaksi (LEIKOLA ym. 1977, RAUTIAINEN ja RÄSÄNEN 1980).

Viljelymänniköiden ja luonnonsiemennyksestä syntyneiden männiköiden kasvuolot eroavat toisistaan jo niiden kehityksen alkuvaiheista lähtien. Sahatukit, joita sahateollisuutemme nykyisin käyttää raaka-aineenaan, ovat peräisin pääasiassa 1800-luvun loppupuolella syntyneistä metsistä. Silloiset luonnonmänniköt kehittyivät tavallisesti kehityksensä alkuvaiheissa tiheikköinä ja sekametsinä sekä usein jopa täysin luonnontilaisinakin, hakkuutoiminnan ulkopuolella.

Viime aikoina on yleinen huomio jälleen alkanut suuntautua myös puun laatuksymyksiin osittain siksi, että viime vuosikymmenien aikana istutetut männiköt ovat saavuttaneet kehitysvaiheen, jossa myös puun laatu alkaa näkyä (HUURI 1976, KÄRKKÄINEN 1978). Erityisesti istutusmänniköiden heikkoon laatuun on kiinnitetty viime aikoina suurta huomiota (mm. ARNKIL 1978, KOIVISTO 1980, UUSVAARA 1979, 1980a, 1981a, 1981b). On nimittäin pelättävissä, että hakkuukypiksi kehittyvien istutusmänniköiden myötä sahapuuksi kelvollisen tukkipuun sekä parhaiden sahatavaralaatujen osuus tulee merkittävästi vähenemään. Istutusmänniköiden ehkä vakavin vika, paksuoksaisuus, on jälleen kerran herättänyt keskustelua myös pystykarsinnan mahdollisuuksista erityi-

sesti männyn laadun kohottajana (mm. VUOKILA 1979a, 1979b, UUSVAARA 1980a, 1980b, KÄRKKÄINEN 1981). Uusimmissa tutkimuksissa on todettu oksikkuuden lisäksi erityisesti vikaisuksien alentavan istutettujen mäntyjen tyvitukkien laadun usein jopa sahatavaraksi kelpaamattomaksi (UUSVAARA 1981a, 1981b, 1981c, 1981d, VARMOLA 1981). Myös Ruotsissa on selvitetty männyn kasvutilan ja läpimitan kasvun vaikutusta oksaisuusominaisuuksiin ja sahatavaran sekä massan laatuun (PERSSON 1975, 1976, 1977). Ruotsalaisten tutkimusten mukaan jää parhaiden sahatavaralaatujen osuus viljelymänniköiden sahapuussa hyvin vähäiseksi.

Paitsi runkojen myös sahatukkien laatuun on kiinnitetty huomiota, koska tuotteen arvo riippuu paljolti raaka-aineen laadusta (ASIKAINEN 1980). Kokeiluja on tehty objektiivisesti mitattavien tekijöiden käytöstä runkojen ja tukkien laatuluokituksessa (ORVÉR 1970a, 1970b, QY 1974, DAHLEN ja WARG 1979). Myös meillä tukkien tarkempi laatuluokitus ja niiden kauppaan liittyvä laatumaksutapa on herättänyt keskustelua (ISOMÄKI 1978, KÄRKKÄINEN 1978, OKSANEN 1978). Puutavaran laatuluokituksessa vallitsee nimittäin selvä ristiriita siinä, että valmis sahatavara myydään tarkasti laatuluokkien mukaan ryhmiteltynä, kun taas sahatukeissa todetaan pelkkä käypä minimilaatu. Pystypuiden laatutunnusten avulla on pyritty selvittämään myös runkojen laatua sahatavaran arvon kannalta (KÄRKKÄINEN 1980a, 1980b). Männyn taimikoiden kasvun ja laatutunnusten kehityksen fysiologisiin perusteisiin on niin ikään kiinnitetty huomiota (KELLOMÄKI 1980, KELLOMÄKI ja TUIMALA 1981).

Taimikon kasvuedellytykset, erityisesti kasvutiheys ovat olleet jo kauan esillä kansainvälisessä metsätieteellisessä kirjallisuudessa. Niinpä kasvupaikan ja istutus- tai kylvövälin vaikutusta oksien paksuuteen ja oksaisuuteen viljelymetsiköissä ovat tutkineet mm. KLEM (1944 ja 1952), CHROUST (1958), NYLINDER (1959), KLEBINGAT (1962), RICHARDS

ym. (1962), STIELL (1964), DANŠIN (1966), MERKEL (1967) ja MRÁČEK (1969). Tällöin on todettu perustamistiheyden piene-  
nemisen lisäävän voimakkaasti oksien paksuuskasvua nimenomaan männiköiden nuoruusvaiheissa (mm. BRAMBLE ym. 1949, GUILKEY ja WESTING 1956, CROMER ja PAWSEY 1957, STIELL 1966, EVERT 1971). Alkuperäisen istutusvälin vaikutuksen myös rungon karsiutumiseen ja latvuksen kokoon ja muotoon ovat todenneet mm. ERTELD (1967) ja BERRY (1965). Harvennukset sekä luonnon poistuma heikentävät kuitenkin alkuperäisen taimitiheyden vaikutusta sitä enemmän, mitä vanhemmaksi metsikkö kehittyy (NYLINDER 1959).

HEISKASEN (1954a, 1954b ja 1965), NYLINDERIN (1959) ja GRAHIN (1961) mukaan mäntyrungon suurimman oksan ja puun paksuuden sekä tyvitukin laadun välillä vallitsee selvä riippuvuus. KOLTZENBURG (1954) toteaaakin männyn paremmilla kasvupaikoilla vaativan tiheän istutuksen ja runkoluvun pitämistä korkeana metsikön myöhemmissäkin kehitysvaiheissa. YLI-VAKKURI (1958) mainitsee, että sahapuun laatua ajatellen olisi kasvupaikka valittava siten, ettei se ainakaan olisi parempi kuin heikohko MT. Tutkiessaan kasvupaikan ravinnepitoisuuden vaikutusta *Pinus radiata* -männyn viljelyaloilta saatavan sahatavaran laatuun WRIGHT (1967) havaitsi paitsi oksien koon myös kuoren paksuuden kasvavan ja latvusrajan kohoavan kasvupaikan viljavuuden lisääntyessä. Kasvuun vaikuttavat tekijät, kuten ravinnepitoisuus ja kasvutila, korreloivat selvästi latvuksen koon ja muodon kanssa (BENNETT 1960, ŽILKIN 1960, HALL 1965, KELLOMÄKI 1980).

Puun ulkoapäin havaittava laatu voidaan yhdistää puun sisäiseen rakenteeseen ja sitä kuvaaviin tunnuksiin, joista riippuu puun käyttökelpoisuus eri tarkoituksiin. Käsillä olevissa tutkimuksissa näistä tunnuksista käsiteltiin vuosiluston leveyttä, kesäpuuprosenttia, puuaineen kuiva-tuoretiheyttä ja sydänpuuprosenttia. Vuosiluston vahvuus riippuu etupäässä puulajista, kasvuedellytyksistä, puun iästä ja me-

kaanisista vaikutuksista (JALAVA 1952). Luston leveys pienenee yleensä puun ytimestä pintaan päin eli puun vanhetessa (MIKOLA 1950, SCHULTZE-DEWITZ 1958). Luston leveyden vaihtelu aiheuttaa puolestaan monien puun fysikaalisten ja teknisten ominaisuuksien eroavuuden rungon sisä- ja pintaosien välillä.

Myös kesäpuuprozentissa esiintyy rungon pituus- ja poikkittaissuuntaista vaihtelua (mm. SCHULTZE-DEWITZ 1958, SELTERS 1962, HAKKILA 1967). Männyllä kesäpuuprosentti nousee tasaisesti siirryttäessä ytimestä pintaa kohti eli vanhemmista lustoista nuorempiin päin (mm. HAKKILA 1967).

Eri kasvu- ja ympäristötekijöiden vaikutusta kesäpuuprosentin määrään ovat tutkineet mm. HARRIS (1955), LARSON (1957), PECHMANN (1958), BAKER (1969) ja KLEM (1969). Kesäpuuprosenttia pidetään männyllä yleisesti myös merkittävänä puuaineen kuiva-tuoretiheyteen vaikuttavana tekijänä (mm. PILLOW 1952, ZOBEL ja RHODES 1955, HAKKILA 1966, SCHALCK 1967, KOBYLINSKI 1969, ELLIOTT 1970, LUBARDIĆ ja NIKOLIĆ 1970).

Pääasiassa kesäpuuprosentin vuoksi mäntyrungon kuiva-tuoretiheys lisääntyy iän mukana tiettyyn kehitysvaiheeseen asti, jolloin puun elinvoima alkaa ehtyä. Nuorilla puilla, joiden kasvunopeus on suuri, on kuiva-tuoretiheyskin siten alhaisempi kuin vanhoilla ja hidaskasvuisilla rungoilla. Viljely- ja luonnonmänniköitä vertailtaessa onkin todettu edellisten puuaineen kuiva-tuoretiheyden jäävän luontaisesti syntyneiden ja vastaavan ikäisten metsiköiden puuaineen tiheyttä alhaisemmaksi (OLSON ym. 1947, GIORDANO 1951, PILLOW 1952, MIYAJIMA 1958, BAKER 1967). Kasvupaikan merkitystä kuiva-tuoretiheyden vaihteluun korostetaan useissa tutkimuksissa (GÖHRE 1958, JAYNE 1958, TAMMINEN 1962, ZOBEL ym. 1965).

Vuosiluston leveyden merkitystä muiden laatutunnusten kannalta on tutkittu männyn kesäpuuprosenttia ja puuaineen kuiva-tuoretiheyttä koskevien tutkimusten yhteydessä. Eräiden tutkimusten mukaan kesäpuuprosentti vaihtelee, mutta se ei yleensä riipu vuosiluston paksuudesta (LARSON 1957, KOBYLÍNSKI 1969, KLEM 1969 ja 1970). Toisissa tutkimuksissa on kuitenkin todettu kesäpuuprosentin laskevan luston leveyden kasvaessa tai pienentyessä huomattavasti (mm. JALAVA 1952, HAKKILA 1968). PECHMAN (1958) puolestaan mainitsee, että männyn kesäpuun suhteellinen osuus ei riipu luston leveydestä, paitsi äärimmäisissä tapauksissa, jolloin lustot jostakin syystä erityisesti levenevät tai puu kärsii ravinteiden puutetta. Luston paksuuden ollessa 1,0 - 1,5 mm on kesäpuuprosentti korkeimmillaan (mm. ŠKRIPENĀ ja RIASOVÁ 1958).

Havupuiden vuosiluston leveyden ja puuaineen kuiva-tuoretiheyden välistä yhteyttä ovat tutkineet mm. VOLKERT (1941), ZOBEL ja RHODES (1955), YANDLE (1956), LARSON (1957), RENDLE ja PHILLIPS (1957), PAUL (1960), KNIGGE (1961), SELLERS (1962), MITCHELL (1964), RALSTON ja MCGINNES (1964), KLEM (1969), KOBYLÍNSKI (1969).

Luston paksuuden lähinnä puun ytimen ympärillä on osoitettu antavan parhaan kuvan paitsi puuaineen lujuudesta myös puun sisäisten oksien suuruudesta (HEISKANEN 1954b).

Kasvunopeuden merkitystä puun mekaanisten ominaisuuksien, lähinnä lujuuden, kannalta käsittelevät KRAMER ja SMITH (1956), VENET (1958) ja KLEM (1970). LUBARDIĆ ja NIKOLIĆ (1970) ovat todenneet viljelymänniköiden puuaineen olevan lujuusominaisuuksiltaan luonnonmetsiköiden puuainetta huonompaa.

Sydänpuu ja pintapuuroavat toisistaan mm. kemiallisen koostumuksen, puuaineen painon, kosteuden ja lu-

juuden suhteen (COHEN 1962, BROWNING 1967). Sydänpuun muodostumisen mainitaan alkavan suomalaisella männyllä 30 - 40 vuoden iässä, mutta ajankohdassa esiintyy pohjois-eteläsuuntaista maantieteellistä vaihtelua (BRUUN ja WILLBERG 1964). Sydänpuuprosentti lisääntyy iän mukana, mutta korreloi sen sijaan negatiivisesti kasvunopeuteen (EDLUND 1966, HAKKILA 1968).

Sydänpuuta koskevia tutkimuksia ovat tehneet mm. ENEROTH (1922), HÄGGLUND ym. (1935), LAPPI-SEPPÄLÄ (1952), NYLINDER (1961), RUDMAN (1966) ja HAKKILA (1967 ja 1968). KÄRKKÄISEN (1972) tutkimuksessa tarkastellaan sydänpuuosuuden vaihtelua rungossa ja runkojen välillä kirjallisuuden pohjalta.

Vuonna 1974 julkaistiin tutkimus (UUSVAARA 1974, Commun.Inst. For.Fenn. 80.2), jossa selviteltiin eri tekijöiden, mm. kasvuolosuhteiden vaikutusta viljelymänniköistä saatavan puutavaran laatuun ja laatua kuvaaviin tunnuksiin. Tutkimuksen materiaali oli kerätty pääasiassa kylvömänniköistä, jotka oli perustettu 1920- ja 1930-luvuilla monessa suhteessa erilaisissa oloissa kuin missä viljelymetsiköt nykyisin kehittyvät. Vertailuja pyrittiin tekemään myös viljelymänniköiden ja toisaalta luonnonsiemennyksellä syntyneiden, mutta metsätalouden piiriin kuuluvien metsien puustojen kesken. Tietojen puutteellisuuden ja vertailuksi saatavissa olevien aineistojen erilaisuuden vuoksi tulokset jäivät tuolloin eräissä suhteissa vaillinaisiksi. Mainitun tutkimuksen sekä useiden muiden selvitysten perusteella voidaan kuitenkin vetää johtopäätös, että viljelymänniköt tuottavat heikompilaatuista puutavaraa kuin luonnonmänniköt. Tuoton maksimointi ja hoitotoimenpiteiden eräissä suhteissa liiallinen tehostaminen viljelymänniköissä kostaantuvat toisaalta laadun alenemisena sahatukeissa, joiden kasvatukseen männiköissä pääasiassa pyritään.

Edellä mainitun tutkimuksen mukaan voidaan rungon ulkoisten tunnusmerkkien ja sahapuun laadun perusteella ennustaa jossakin määrin epäsuorasti myös sahatavaran laatua. Luotettavimmin puun sisäinen laatu selvitetään kuitenkin suorien koesahausten ja sahatavaran laatuluokituksen avulla. Viljelymännikköjen usein heikkoon laatuun on viime aikoina kiinnitetty yleisesti huomiota, mutta toistaiseksi on niistä peräisin olevan sahatavaran laatu ollut Suomen oloissa täysin arvailujen varassa.

Tästä syystä aiempia tutkimuksia täydennettiin lisäselvityksillä, joiden tarkoituksena oli tutkia koesahausten perusteella viljelymänniköistä saatavan sahatavaran laatua ja arvoa sekä niiden riippuvuutta puun sisäistä ja ulkoista laatua kuvaavista tunnuksista (UUSVAARA 1981e). Sahatavaraa pyrittiin tarkastelemaan sen käyttötarkoituksen, sekä vientisahatavaran että rakennussahatavaran normien puitteissa. Vertailuja pyrittiin suorittamaan mahdollisimman laajassa mittakaavassa sen sahatavaran kanssa, joka on peräisin tavallisista, hoidetuista luonnonsiemennyksen kautta syntyneistä männiköistä sekä metsistämme yleensä.

Tutkimuksen tavoitteet ovat pääkohdin seuraavat:

- Selvittää viljelymänniköistä saatavan puutavaran, lähinnä sahatukkien, laatu rungon ulkoisten ja sisäisten laatutunnusten perusteella Etelä- ja Keski-Suomen alueella.
- Vertailla keskenään suunnilleen samoissa oloissa kehittyneiden viljely- ja luonnonmänniköiden puuraaka-ainetta sekä laatutunnuksia.
- Selvittää viljely- ja luonnonmänniköistä saatavan sahatavaran laatu ja arvo koesahausten perusteella.
- Selvittää puuaineen sisäisen laadun ja erilaisten ulkoisten laatua kuvaavien tunnusten vaihtelu sekä yhteys ja riippuvuus toisistaan viljelymänniköissä.

## 2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

Lyhyiden vuoksi tullaan aikaisempaa tutkimusta (UUSVAARA 1974) nimittämään oheisessa käsittelyssä vuoden 1974 tutkimukseksi ja myöhempää tutkimusta (UUSVAARA 1981e) vuoden 1981 tutkimukseksi.

Tutkimukset pyrittiin kummassakin työssä kohdistamaan alueellisesti Etelä- ja Keski-Suomeen, koska näin voitiin vähentää maantieteellisen vaihtelun vaikutusta puuaineen ominaisuuksiin ja toisaalta männiköiden laatuhaitat näytävät täällä ilmenevän voimakkaammin kuin maan muissa osissa. Vanhoja, jo sahapuukoossa olevia männiköitä, joista on saatavissa riittävästi tarpeellista perustietoa, on pääasiassa valtion mailla. Sen vuoksi kokeet suoritettiin etupäässä Metsäntutkimuslaitoksen ja metsähallituksen alueilla, joilla tutkimusten käytännön suoritus on muutenkin parhaiten toteutettavissa. Vuoden 1974 tutkimukseen hyväksyttiin kuitenkin mukaan myös nuorempia puustoja, joista oli kuitenkin jo saatavissa minimimitat täyttävää kuitupuuta. Kohteiden tuli muutoin edustaa ainakin jo osittain tukkipuukokoisia paikkakunnalle tyypillisiä, puulajistoltaan puhtaita, tasakäisiä ja maaston sekä metsätyyppin suhteen mahdollisimman yhtenäisiä männiköitä. Periaatteena oli, että eri kasvu- paikkaboniteetteja tulisi tutkimusaineistoon mukaan suunnilleen siinä suhteessa kuin niitä männyllä keskimäärin esiintyy.

Kultakin paikkakunnalta pyrittiin ottamaan vuoden 1981 tutkimuksen vertailuaineistoksi materiaalia myös luonnonmänniköistä, jotka iältään, puustoltaan ja maaston laadun suhteen olisivat olleet mahdollisimman paljon vastaavien viljelymänniköiden kaltaisia.

Vuoden 1974 tutkimuksessa koepuiksi otettiin koelalla 30 valikoimatta eteen sattuvaa runkoa, jotka olivat vierek-

käisiä suppealla ja rajaamattomalla alueella sijaitsevia puita. Näiden koepuiden joukosta arvottiin edelleen useimmilla koealoilla 2 - 6 runkoa kaadettaviksi koepuiksi. Vuoden 1981 tutkimuksessa, jossa puusto oli yleensä kookkaampaa kuin aikaisemmissa tutkimuksissa, muodostettiin koealoja, jotka rajasivat vähintään 20 koepuuta. Suorakulmaisten koealojen koko vaihteli puuston koon ja tiheyden mukaan. Metsikön yleistiedot kuten perustamistapa ja käsittelyt eri kehitysvaiheissa sekä metsätyyppi, pohjapinta-ala ja ikä selvitettiin ja kirjattiin muistiin mahdollisimman tarkoin. Luonnonmänniköissä koealaa kohti mitattujen koepuiden määrä nostettiin 60 runkoon, koska puuston ikä ja koko vaihtelivat enemmän kuin viljelymänniköissä.

Pystykoepuista mitattiin runkojen pituus, ikä, rinnankorkeusläpimitta ja kapeneminen sekä rungon karsiutumista kuvaavat tunnuksset, kuten kylestyneiden oksien kyhmyraja, kuivien oksien raja ja latvusraja. Oksien paksuuteen kiinnitettiin kummassakin tutkimuksessa erityistä huomiota. Niinpä mitattiin rungon paksuin kuiva ja elävä oksa sekä oksien paksuudet rungon eri korkeuksilla oksan paksuuden pituussuuntaisen vaihtelun selvittämiseksi. Sekä rungoista että tukeista havainnoitiin erilaiset laatua alentavat viikaisuudet. Mittausten määrä ja suoritustapa olivat sekä viljely- että luonnonmänniköissä aina samanlaiset.

Kummassakin osatutkimuksessa keskityttiin pelkästään tyvitukkeihin, jotka mitattiin ja laatuluokiteltiin. Vuoden 1981 tutkimuksessa kultakin koealalta arvottiin kaadettavaksi 5 tukkipuukokoista runkoa, joista tyviosa valmistettiin tukiksi. Tukit koesahattiin kenttäsirkeillä ja sahaustulos laatuluokiteltiin sekä vientisahatavaran lajitte- luohjeitten mukaisesti että silmävaraisen T-lujuusluokituksen ja LT-luokituksen mukaisesti. Joka toisesta sahatukista yksi sydäntavarakappale lujuusluokiteltiin lisäksi koneellisesti. Koska kenttäpyörösahausta antaa muihin sahausme-

netelmiin verrattuna heikon mittatarkkuuden (vrt. GRANVIK 1967), osa sydäntavarakappaleista höylätettiin määräpaksuuteen. Sahatavara lajiteltiin erottelematta eri u/s-laatuja ja hinnoiteltiin vientisahatavaran tukkumyyntihintojen mukaisesti. Sahatavaran arvosuhteiden laskennassa oli perushintana u/s-laudan yksikköhinta, jota merkittiin luvulla 100.

Vuoden 1974 tutkimuksessa kaadetuista koepuista otettiin vertailumateriaaliksi kairanlastut sekä osasta aineistoa myös kiekot runkojen eri suhteellisilta korkeuksilta 10 %:n välein puun pituudesta. Vuoden 1981 tutkimuksessa puuaineen sisäisiä laatuominaisuuksia, erityisesti luston leveyttä, puuaineen kuiva-tuoretiheyttä sekä kesäpuuprosenttia, tutkittiin pelkästään kannon korkeudelta otetuista näytepaloista. Erityistä huomiota kiinnitettiin näiden laatuominaisuuksien vaihteluun 75 mm:n matkalla puun ytimestä lukien.

Vuoden 1974 aineisto käsitti kaikkiaan 92 koealaa, joilta mitattiin 2 760 runkoa sekä 460 kaadettua koepuuta. Vuoden 1981 aineistossa koemetsiköitä oli kaikkiaan 11 paikkakunnalta 61 kpl, joista 31 viljeltyä ja 30 luontaisesti syntynyttä männikköä. Viljelymänniköt oli perustettu pääasiassa kylvämällä. Viljely- ja luonnonmäntyrunkoja mitattiin 630 ja 1 810 kappaletta, joista edellisistä valmistettiin sahattavaksi 165 tukkia ja jälkimmäisistä 135 tukkia.

### 3. TUTKIMUSTULOKSET

#### 31. Runkoja ja tukkeja koskevat tulokset ja niiden tarkastelu

##### 311. Runkojen karsiutuminen

Mäntyrunгон oksaton rungonosa piteni iän lisääntyessä, mutta piteneminen nopeutui selvästi sekä vuoden 1974 että vuoden 1981 tutkimuksen mukaan erityisesti 60 ikävuoden jälkeen. Kehitys oli samansuuntainen sekä viljely- että luonnonmänniköissä. Oksattoman samoin kuin oksakyhmyisen osan yläraja oli kuitenkin koko ajan luonnonmänniköissä korkeammalla kuin viljelyrungoissa. Oksien varisemisen nopeutuessa oksakyhmyisen osan pituus näytti toisaalta pysyvän jокseenkin vakiona. Kuivaoksainen rungonosa samoin kuin latvus pitenivät viljelymänniköissä selvästi iän myötä, kun taas luonnonmänniköiden rungoissa kehitys näytti vuoden 1981 tutkimuksen mukaan olevan pikemminkin päinvastainen. Oksaisuudeltaan erilaisten rungonosien pituuden riippuvuutta iästä kuvattiin vuoden 1974 tutkimuksessa viljelymänniköissä regressioyhtälöillä, jolloin ikä selitti 36 % oksattoman ja 43 % virheettömän rungonosan pituuden vaihtelusta.

Noin 60 vuoden ikään asti viljelymäntyrunгон kyhmyraja oli edellä mainitun tutkimuksen mukaan käytännössä keskimäärin sama kuin oksaraja, eli oksien kylestymistä ei vielä tapahtunut juuri lainkaan. Oksaton rungonosa, joka tällöin oli keskimäärin vain 3 % rungon koko pituudesta, oli 70 vuoden iässä 17 % ja 80 vuoden iässä 22 % rungon pituudesta. Tästä rungonosasta noin puolet sisälsi kuitenkin oksakyhmyjä.

Viljelyrungoille tyypillinen pitkä kuivien oksien vyöhyke johtuu ilmeisesti niiden luonnonrunkoja paksummista oksista, joiden kuivuminen ja variseminen on hidasta vielä

myöhäiselläkin iällä. Eroja oli havaittavissa vuoden 1981 tutkimuksen mukaan myös eri viljelytapojen välillä. Istutusmänniköissä karsiutumisen oli kylvömänniköitä hitaampaa ja oksan paksuus selvästi suurempi kuin kylvömetsiköissä, etenkin hajakylvöalueilla (vrt. KALLIO 1960).

Vaikka laadultaan ja oksaisuudeltaan erilaisten rungosien absoluuttinen pituus lisääntyy iän mukana, niiden suhteellinen pituus riippuu sen sijaan pääasiassa kasvunopeudesta eli kasvupaikan laadusta ja kasvutilasta (vrt. HEISKANEN 1965, VENCENOSCEVA 1967). Tietyn ikäluokan ohuimilla puilla todettiin kummassakin osatutkimuksessa suhteellisesti pienin latvus ja vastaavasti pisin rungon kuivaoksaosa sekä vähiten oksatonta ja kyhmyistä runkoa. Poikkeuksen muodostivat kuitenkin hyvin nuoret puut, joilla oksien kuoleminen ei vielä ollut alkanut ja joiden latvus oli vielä suhteellisen pitkä. Toisaalta myös viljelymännikön suurimmilla rungoilla oli suhteellisesti lyhin virheetön rungonosa. Tietyn ikäluokan sisällä ovat sekä runkojen karsiutumisen että oksien paksuuden suhteen siis laadullisesti parhaita läpimitaltaan keskikokoiset puut (HEISKANEN 1965, KÄRKKÄINEN 1980a). Näin ollen sahapuun hyvään laatuun pyrittäessä olisi metsänhoidossa useiden tutkijoiden mielestä suositettava yläharvennustyyppisiä hakkuita, joissa poistettaisiin ylispuiden ohella myös oksaisia valtapuita (NYYSSÖNEN 1954, HEISKANEN 1965, VUOKILA 1970, 1977).

Kasvunopeutta tarkasteltaessa on tässä suhteessa merkitystä myös maapohjan viljavuudella eli metsätyypillä. Sen vaikutus on kaksinainen: toisaalta oksat muodostuvat hyvällä kasvupaikalla paksummiksi kuin heikolla, mutta hyvällä kasvupaikalla kylestyminen on sen sijaan nopeampaa kuin heikoilla kasvupaikkaboniteeteilla. Niinpä vuoden 1974 tutkimuksessa todettiin, että oksaton ja kyhmytön rungonosa olivat puolukkatyypillä huomattavasti lyhyemmät kuin vastaavan ikäluokan mustikkatyypin metsiköissä. Ero oli eri-

tyisen selvä varttuneissa, yli 60 vuoden ikäisissä männiköissä. Myös kuivaoksaisten rungonosan ja latvuksen pituus lisääntyivät varsinkin puolukkatyypiltä käenkaali-mustikkatyypille siirryttäessä.

Rungon oksien kuivuminen ja kylestyminen liittyvät läheisesti latvuksen pituuden kehitykseen. NILSSON (1968) on todennut latvuksen pituuden osittain myös periytyväksi ominaisuudeksi, jonka vaikutuksen metsikön puustossa tapahtuvat tiheysmuutokset kuitenkin yleensä peittävät. Tiheyden vaikutusta kuivaoksaisten rungonosan pituuteen ja latvussuhteeseen on tutkittu runsaasti (mm. NÄSLUND 1944, ERTELD 1967, MATHIEU 1967, PERSSON 1977, VARMOLA 1980). KELLOMÄKI ja TUIMALA (1981) totesivat, että elävien oksakiehkuroiden määrä laskee selvästi eli latvuksen suhteellinen osuus pieneni nuoren männikön tiheyden kasvaessa.

### 312. Runkojen oksikkuus

Oksikkuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä rungon pinnan ulkopuolella olevien oksien runsautta, niiden paksuutta, lukumäärää ja karsiutuneisuutta. Oksat ovat oleellinen osa puuta, joten oksien paksuus, pituus ja tilavuus sekä niiden osuus rungon tilavuudesta riippuvat rungon paksuudesta. Oksan paksuus kasvaa pääasiassa rungon paksuuskasvun myötä eikä ole yhtä voimakkaasti riippuvainen puun iästä. Kummassakin osatutkimuksessa rungon rinnankorkeusläpimitta osoittautui parhaaksi mäntyrungon paksuimman kuivan ja elävän oksan paksuuden selittäjäksi. Sen avulla voitiin selittää vuoden 1974 tutkimuksessa 63 ja 54 % rungon paksuimman kuivan ja pisimmän oksan paksuuden vaihtelusta. Oksien vahvuus korreloi sen sijaan tukkipuukokoisissa männiköissä lievästi negatiivisesti iän kanssa. Luonnonmänniköissä tällainen kehityssuunta oli vuoden 1981 tutkimuksen mukaan vielä selvempi kuin viljelymänniköissä.

Oksan paksuus kasvoi rungon eri korkeuksilla iän mukana viljelymänniköissä, mutta rungon tyviosassa paksuserot olivat hyvin pienet eri ikäluokkien välillä ja kasvoivat latvaa kohti. Rungon maksimipaksuiset oksat tavattiin viljelymänniköissä yli 50 vuotiailla puilla 60 %:n suhteellisella korkeudella, kun sen sijaan alle 30 vuotiaissa metsiköissä paksuimmat oksat sijoittuivat 40 %:n korkeudelle. Rungon paksuimmat oksat nousevat siis iän mukana yhä ylemmäs, kunnes noin 60 vuoden iässä oksien paksuuskasvu ei enää lisäännny.

Luonnonmäntyrunkojen oksat olivat selvästi ohuempia kaikissa läpimittaluokissa kuin viljelyrunkojen oksat etenkin rungon alaosassa, mutta rungon yläosissa erot sen sijaan osittain hävisivät. Rungon paksuimmat oksat sijaitsivat pieniläpimittaisimmissa puissa rungon puolivälissä tai vähän sen alapuolella, mutta niiden korkeus nousi rungon läpimitan kasvaessa. Rungon karsiutuminen ja oksan paksuus riippuvat myös kasvunopeudesta, etenkin läpimitan kasvusta. Mitä vanhempi tietyn paksuinen runko on sitä parempi se on yleensä laadultaan kuitenkin tiettyyn ikärajaan asti, jossa rungon laatu jälleen heikkenee sekä oksikkuuden että vikaisuusien suhteen. Kasvunopeuden heiketessä voimakkaasti ohuetkaan oksat eivät pysty enää kylestymään, minkä seurauksena karsiutuminen heikkenee (vrt. KELLOMÄKI ja TUIMALA 1981).

Rungon laadun kannalta on kuitenkin suurin merkitys tyvitukin alueelle syntyvien oksien paksuudella, sillä tukin laatu määräytyy pääasiassa oksien perusteella (HEISKANEN 1954a). Toisaalta näiden oksien paksuus kuvaa varsin hyvin myös rungon muiden tukkien oksaisuutta ja laatua. Jos oksat ovat paksuja, ne eivät varise pois, ja pitkään puussa kiinni olevat oksat alkavat usein lahota. Oksikkaista tukeista valmistettu sahatavara sisältää näin ollen tavallista runsaammin myös kuivia ja lahoja oksia, joiden sahatavaran

laatua heikentävä vaikutus on paljon suurempi kuin elävien oksien aiheuttamat laatuhaitat. Oksien mahdollisimman varhaista karsiutumista olisikin pyrittävä nopeuttamaan toisaalta metsikön puuston alkutiheyden säätelyn sekä toisaalta metsänhoidollisten hakkuiden tarjoamin keinoin.

Tyvitukeista mitattujen oksien paksuus kasvoi vuoden 1981 tutkimuksessa tukin laadun heiketessä, ja viljelymänniköistä peräisin olevissa tukeissa oksat olivat keskimäärin paksumpia kuin luonnonmännikköjen tukeissa, myös vastaavassa laatuluokassa. Myös oksien tukkia kohti laskettu lukumäärä kasvoi samanaikaisesti tukin laadun heiketessä, mikä johtuu heikomman laadun ohella siitä, että heikkolaatuiset tukit olivat peräisin keskimääräistä nuoremista metsiköistä. Tulokset osoittavat, että ensimmäisen ja toisen laatuluokan välinen laatuero viljelymäntytukeissa on pienempi kuin toisen ja kolmannen luokan välinen ero. Jos taas verrataan keskenään viljely- ja luonnonmänniköistä peräisin olevia tyvitukkeja, erot ovat myös niiden välillä suurimmat kaikkein huonoimmissa laatuluokissa. Kolmannen laatuluokan viljelymäntytukki oli siis huomattavasti heikompi laadultaan kuin vastaavan luokan luonnonmäntytukki.

Viljely- ja luonnonmänniköiden runkojen keskimääräisten kapenemislukujen välillä ei havaittu merkittäviä eroja.

### 313. Vikaisuudet

Vioilla tarkoitetaan tässä yhteydessä rungon ulkoisia vikoja, jolloin sisäiset viat sekä oksiin ja latvukseen kohdistuneet viat, esimerkiksi sieni- ja hyönteisvauriot jätettiin tässä käsiteltävissä tutkimuksissa huomiotta. Runkoviat saattavat kuitenkin usein syntyä puuta aikoinaan kohdanneen sieni- tai hyönteisvioittuman seurauksena.

Yleisin vika vuoden 1974 tutkimuksessa oli mutkarunkoisuus, jolloin mutka tavallisesti sijaitti rungossa tyviosan yläpuolella, kun tyveksi luettiin metrin pituinen rungonosa kannosta ylöspäin. Yleisyyden mukaan ryhmiteltyinä sijoituivat viat järjestyksessä seuraavasti: runkomutka, tyvimutka, pystyoksa ja lenkous, jotka kattoivat yhteensä 95 % kaikista vioista. KANGAS (1962) on tutkimuksissaan todennut mäntypuun teknistä käyttökelpoisuutta alentavien vikojen jakautuvan yleisyyden mukaan seuraavasti: eriaisteiset mutkat 81 %, lenkous 12 % ja avokorot 7 % kaikista vikaisuuksista.

Keskimäärin viljelymäntyrungoista oli vuoden 1974 tutkimuksen mukaan lähes joka toinen runkomutkainen, joka viides tyvimutkainen, joka seitsemäs lenko ja vain noin yhdessä kolmasosassa rungoista ei voitu havaita mitään teknistä laatua heikentäviä vikoja. Metsätyyppien välinen vertailu osoitti, että vikojen osuus oli VT:llä pienin ja OMT:llä suurin. Maapohjan ravinnepitoisuuden kasvu aiheutti etenkin parhaalle kasvupaikalle siirryttäessä mutkaisuuden, haaraisuuden, lenkouden ja oksaisuuden voimakasta lisääntymistä. Metsikön tiheydellä ei sen sijaan todettu olevan yhteyttä vikojen esiintymisrunsautteen (CROMER ja PAWSEY 1957).

Viljelymänniköissä esiintyi lenkoutta vuoden 1981 tutkimuksen mukaan enemmän kuin luonnonmänniköissä, mutta ero tämän vikaisuuden esiintymisrunsaudessa ei ollut yhtä suuri kuin mutkien yleisyyttä vertailtaessa. Lenkous esiintyi melkein pelkästään rungossa, kun taas mutkat olivat jonkin verran yleisempiä puun tyven alueella. Vikojen sijoittuminen rungossa edellä mainitulla tavalla selittyyneen pääasiassa sillä, että tutkimusaineisto käsitti valtaosaltaan kylvömänniköitä. Istutusaloilla tyvilenkous on sen sijaan yleinen nimenomaan mäntyrunkojen tyviosassa (HUURI 1976, UUSVAARA 1981b). Vuoden 1981 tutkimuksessa lenkous oli, päinvastoin kuin aiemmassa tutkimuksessa, yleisin vika kummassakin osa-aineistossa. Viljely- ja luonnonmänniköiden

runkojen mutkaisuusprosentit 50 ja 37 sekä lenkousprosentit 56 ja 48 osoittavat, että viljelymäntyrungot olivat luonnonrunkoja vikaisempia. Viljelymäntyrungoissa esiintyneet viat olivat myös luonteeltaan vakavampia kuin luonnonmäntyrungoissa, sillä tyvitukin pituudelta mitattu lenkous oli edellisissä suurempi kuin jälkimmäisissä.

### 314. Tyvitukin laatu

Viljely- ja luonnonmäntyrungot jakautuivat vuoden 1981 tutkimuksessa tyvitukin osalta eri laatuluokkiin seuraavasti.

	Tukin laatuluokka			
	1	2	3	Hylky
Viljelymänniköt	12	37	43	8
Luonnonmänniköt	27	53	19	1

Eri aineistojen vertailukelpoisuutta vähentää jossakin määrin se, että viljelymäntyaineisto oli jonkin verran nuorempaa ja peräisin keskimääräistä paremmilta kasvupaikoilta kuin vertailuaineiston rungot.

Vuoden 1974 tutkimuksessa 1, 2 ja 3 luokkaan sekä hylkyluokkaan kuuluvien tyvitukkien osuudet olivat 1, 12, 66 ja 21 %, joten vuoden 1981 tutkimuksen luonnonmänniköihin verrattuna oli viljelymänniköiden laatu jakauma varsin hyvä. HEISKASEN (1954a) mukaan eri laatutunnuksista tukin laatua määrittävinä tekijöinä oksaisuuden osuus on 81 % sekä lenkouden ja mutkien osuus 8 %. Tukit luokiteltiin vuoden 1981 tutkimuksen molemmissa aineistoissa sekä pelkän oksaisuuden mukaan että sen lisäksi kaikki runkoviat mukaan otettuina. Kun runkovikojen vaikutus huomioitiin luokituksessa oksaisuuden lisäksi, tapahtui viljelymänniköissä pääasiallinen

siirtymä kolmannelta luokasta hylkytukkeihin, mikä myös on osaltaan osoitus esiintyneiden vikojen vakavuudesta. Kun luonnonmänniköissä siirryttiin tukkien todelliseen luokitukseen siirtymää tapahtui pääasiassa ensimmäisestä toiseen ja toisesta kolmanteen laatuluokkaan. Viljelymänniköissä viat näyttivät keskittyvän myös suurelta osin oksaisuudeltaan heikkolaatuisiin eli muutoinkin huonoihin runkoihin ja siirsivät usein maksimioksisen tukin hylkyluokkaan. Runkoviat alensivat sekä viljely- että luonnonmänniköissä parhaiden, ensimmäisen ja toisen, laatuluokkien osuutta keskimäärin noin 10 %.

Vuoden 1981 tutkimus osoitti, että viljelymänniköissä laadultaan parhaat tukit saadaan keskimääräistä vanhemmista ja järeämmistä rungoista, mutta rungot ovat toisaalta usein myös toisen tai kolmannen latvuserroksen hitaammin kasvaneita ja sen vuoksi paremmin karsiutuneita runkoja. Joka tapauksessa kasvunopeuden hidastumisen vaikutus laadun alenemiseen oli selvästi nähtävissä esimerkiksi tarkasteltaessa tyvitukin paksuimpia oksia ja luston leveyksiä erityisesti ytimen ympäristössä puun tyvellä. Tukin laatu heikkeni eli laatuindeksi nousi jyrkästi luston leveyden kasvaessa ytimen ympäristössä, kun taas puun pintaosien lustojen ja tukin laadun välinen korrelaatio oli heikompi. HEISKASEN (1965) saamat tulokset ovat hyvin samankaltaiset. Hän toteaa kuitenkin, että leveiden lustojen kapeneminen vaikuttaa laatuun voimakkaammin kuin kapeissa lustoissa tapahtuvat muutokset. Luonnonmäntyrungoissa luston leveyden ja tukin laadun välinen yhteys oli vuoden 1981 tutkimuksen mukaan hyvin samankaltainen kuin viljelymänniköissä. Luston leveyksien muutokset puun pintaosissa eivät kuitenkaan enää vaikuttaneet lainkaan tyvitukin laatuun.

Kasvunopeuden vaikutus tukin laatuun voitiin havaita vuoden 1974 tutkimuksessa myös tarkastelemalla tyvitukkien laatujakaumia ikäluokittain. Hylkytukkien osuus oli pienin

(10 %) tietynikäisten metsiköitten ohuimmissa puissa ja suurin vastaavasti paksuimmissa eli nopeimmin kasvaneissa rungoissa (35 %). Viljelymäntyrunгон tyvitukin laatu on siis keskimäärin sitä parempi, mitä vanhempi tietyn paksuinen runko on. Näin ollen yleensä puustoltaan verrattain tasaisessa viljelymännikössä eivät ylimmän latvuserroksen puut ole sahapuun kannaltakaan arvostellen laadullisesti parhaita. Tyvitukin laadun perusteella voidaan lisäksi arvostella muidenkin rungosta saatavien tukkien laatua, eli tyvitukin laatu kuvaa hyvin koko rungon keskimääräistä laatua. HEISKANEN (1954a) onkin todennut, että tietyissä oksaisuusluokassa on latvatukkien todellinen oksaisuus sitä vähäisempi ja laatu sitä parempi, mitä parempaan oksaisuusluokkaan rungon tyvitukki kuuluu.

### 315. Rungon sisäiset laatutunnukset

Vuoden 1974 aineistosta tutkittiin myös luston leveyttä, kesäpuuprosenttia, sydänpuuprosenttia ja puuaineen kuiva-tuoretiheyttä ja niiden vaihtelua runkojen sisällä ja runkojen välillä.

Luston paksuutta käytettiin myös eri analyyseissä puun laadun tunnusten selittäjänä. Luston paksuuden yhteys ulkosiin laatutunnuksiin kuten oksien paksuuteen ja rungon karsiutumiseen erityisesti ytimen lähellä voitiin todeta selvästi. Luston leveys oli myös koealoittaisessa tarkastelussa hyvä ja rungoittaisessakin analyysissä kohtalainen puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaihtelun selittäjä. Rungon kesäpuuprosentin parhaaksi selittäjäksi osoittautui luston leveyden logaritmi.

Kesäpuuprosentti laskee viljelymäntyrungossa tyvestä latvaan päin ja on myös keskimäärin sitä alhaisempi, mitä nuorempi puu on. Rungon kesäpuuprosentin keskiarvo si-

joittui keskimäärin 30 %:n suhteelliselle korkeudelle. Kuidun seinämien paksuus ja kesäpuuprosentti nousevat rungossa iän mukana ja ovat korkeimmillaan rungon tyvessä ja puun pintaosissa (mm. LARSON 1957, SELLERS 1962, SAIKI 1965, HAKKILA 1966).

Vuoden 1974 tutkimuksessa vuosiluston leveys osoitautui parhaaksi rungon kesäpuuprosentin selittäjäksi, joskin selitysprosentti kokonaisuudessaan jäi suhteellisen alhaiseksi. Luston leveyden logaritmi selitti 41 % rungon kesäpuuprosentin kokonaisvaihtelusta, jolloin yhtälö sai muodon  $y = 0,539 - 82,013 x$ , jossa  $y$  = rungon kesäpuuprosentti,  $x$  = luston leveyden logaritmi,  $r = 0,636$ . Selityssaste nousi 45 %:iin, kun luston leveyden lisäksi kesäpuuprosentin vaihtelun selittäjiksi otettiin rungon rinnankorkeusläpimitan kasvu ja suurimman kuivan oksan paksuus.

Puuaineen kuiva-tuoretiheys laskee viljelymäntyrungossa tyvestä kohti latvaa, ja puun pituussuuntainen tiheyden aleneminen on jyrkintä tyven läheisyydessä ja toisaalta puun latvaa lähestyttäessä. Rungon keskimääräinen kuiva-tuoretiheys viljelymänniköissä oli  $395 \text{ kg/m}^3$ , ja se sijoittui rungossa 25 prosentin korkeudelle puun pituudesta. Vuoden 1981 tutkimuksen mukaan kuiva-tuoretiheys oli puun tyvellä ytimen ympäristössä ja puun pintaosissa  $425$  ja  $430 \text{ kg/m}^3$  viljelymäntyrungossa sekä  $448$  ja  $470 \text{ kg/m}^3$  luonnonrungossa.

Eri metsätyyppejä verrattaessa puuaineen kuiva-tuoretiheys oli suuren kasvunopeuden ja leveiden vuosilustojen vuoksi OMT:llä poikkeuksellisen alhainen. OMT:n runkojen keskimääräinen kuiva-tuoretiheysero oli noin  $20 \text{ kg/m}^3$  alhaisempi kuin vastaava kuiva-tuoretiheys MT:llä, kun taas MT:n ja VT:n ero oli vain  $10 \text{ kg/m}^3$  jälkimmäisen metsätyypin hyväksi.

Rungoittaisessa regressioanalyysissä osoittautuivat

ikä, puun läpimitan ja pituuden kasvu sekä luston leveys voimakkaimmiksi puuaineen kuiva-tuoretiheyden selittäjiksi. Selitetty varianssi oli tällöin 42 % tiheyden kokonaisvaihtelusta.

Kun puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaihtelua metsiköitten välillä selitettiin samojen muuttujien avulla, nousivat korrelaatiot huomattavasti korkeammiksi. Paras selitysprosentti, 83 %, saavutettiin kun käytettiin selittäjinä luston leveyden ja kasvunopeuden muunnelmia sekä rungon oksien paksuutta.

Mäntyrungon sydänpuuprosentti, joka riippui erittäin selvästi rungon iästä, kohosi rungon tyvestä noin 15 %:n suhteelliselle korkeudelle, jossa se saavutti maksiminsa, ja laski sen jälkeen jyrkästi puun latvaa kohti. 80 %:n korkeudella sydänpuuprosentti oli enää vain noin 1. Lyhyemmissä puissa sydänpuuprosentti oli alhaisempi kuin pidemmissä ja vanhemmissa rungoissa. Ikä selitti 37 % viljelymäntyrunkojen sydänpuusadanneksesta.

Viljelymänniköiden tuottaman puuaineen kesäpuuprosentin ja puuaineen kuiva-tuoretiheyden arvot olivat jonkin verran pienemmät kuin vastaavat luonnonmänniköistä saadut arvot etenkin hyvillä kasvupaikoilla. Runkojen sydänpuuprosenteissa vallitsevat erot olivat suuret, sillä viljelymäntyrunkojen sydänpuuprosentti oli keskimäärin vain noin puolet luontaista alkuperää olevien runkojen sydänpuuprosentista.

Iän lisäksi sydänpuuprosentti riippuu mm. maaperästä, kasvunopeudesta, geneettisistä tekijöistä sekä metsikön maantieteellisestä sijainnista. Koska useat oksaisuutta ja runkomuotoa kuvaavat tunnuksot kuvaavat nimenomaan kasvunopeutta, sisältävät sydänpuuta keskimäärin eniten vanhat kapealustoiset, pienilatuksiset sekä solakat, vähän kapenevat rungot (LAPPI-SEPPÄLÄ 1952, KÄRKKÄINEN 1972). Tutkiessaan

sydänpuuosuuden ja erilaisten rungon tunnusten välistä yhteyttä totesi NYLINDER (1961) voimakkaimman riippuvuuden sydänpuun määrän ja toisaalta läpimitan, pinnanläheisten vuosilustojen leveyden sekä latvuksen suhteellisen pituuden välillä.

### 32. Koesahaustulokset ja niiden tarkastelu

Huomattavin ero viljely- ja luonnonmetsiköistä peräisin olevan sahatavaran välillä oli u/s-luokan vähyys viljelyaineistosta saadussa sahatavarassa. Parhaan laatuluokan soiroja ja lankkuja saatiin viljelymänniköiden tyvitukeista lähes 30 % vähemmän sahatavaran tilavuudesta laskettuna kuin luonnonmänniköistä, mutta lautojen kohdalla ero oli vielä suurempi. Tulos kuvastaa paitsi luonnonmänniköiden oksien pienempää kokoa niiden runkojen oksien parempaa kylestymistä. Viljelymäntytukeista saatujen sydäntavarakappaleiden kvintta- ja sekstalaatujen osuus oli sen sijaan suurempi kuin luonnonmänniköiden tukeista saatu vastaava jakauma, mutta erot pienenevät lautoja tarkasteltaessa. Keskimääräiset laatujaumat prosentteina sahatavaratilavuudesta olivat vuoden 1981 tutkimuksen mukaan seuraavat.

	Laatu					
	u/s	V	VI	PL/VL	PL/KL	Hylky
Viljelymänniköt, sydäntavara	25	44	30			2
Viljelymänniköt, laudat	4	18		51	25	2
Luonnonmänniköt, sydäntavara	50	33	15			3
Luonnonmänniköt, laudat	13	31		44	10	2

Tukkien eri laatuluokkien keskinäinen vertailu osoitti,

että saman laatuluokan viljelymäntytukki antoi vähemmän u/s-luokan mutta enemmän heikompien laatuluokkien sahataravaa kuin samanarvoiseksi luokiteltu luonnonmäntytukki. Erot olivat sitä suuremmat, mitä parempilaatuiset tukit olivat kysymyksessä, ja sydäntavarasta saatavat u/s-laadun erot olivat suuremmat kuin vastaavat laudoista saatavat laatuerot. Kvintta-laadun suhteelliset osuudet eri laatuluokkien välillä pysyivät sen sijaan melko vähäisinä.

Nyt tehdyissä laskelmissa on kuitenkin jätetty huomioon ottamatta u/s-laatuluokan sisäinen hajonta, jolla on eräissä tapauksissa merkitystä sahatarakaupassa, vaikkakin luokan alaryhmät tavallisesti hinnoitellaan yhtäläisesti. Parhaan laatuluokan tukeista saadaan luonnonmänniköissä nimittäin valtalaatuna tertiää ja toisen luokan tukeista kvarttaa (HEISKANEN ja SIIMES 1959). Näin ollen myöskään saadut u/s-jakaumat eivät ole täysin verrattavissa toisiinsa, vaan tulokset antavat ilmeisesti viljelymäntytukkien sahaustuloksesta jonkin verran liian hyvän kuvan.

Kun tukin u/s-prosenttia selitettiin erilaisten rungon ulkoisten ja sisäisten laatutunnusten avulla, parhaiksi selittäjiksi luonnonmänniköissä osoittautuivat tyvitukin todellinen laatuluokka ja kuiva-tuoretiheys sekä vuosiluston leveys ytimen ympäristössä ja puun pintaosissa. Viljelymänniköissä parhaita selittäjiä olivat sen sijaan alimman täyden oksakiehkuran korkeus maan pinnasta sekä luston paksuus ytimen ympäristössä. Kun vuosiluston leveys kohosi puun ytimen ympäristössä 3,5 mm:iin, ei sydäntavarakappaleista enää saatu u/s-tavaraa kummassakaan aineistoryhmässä.

Tyvitukista saadun sahataravan u/s-prosentin vaihtelulle saatiin viljely- ja luonnonmänniköissä seuraavat yhtälöt, jotka selittävät 29 ja 30 % u/s-prosentin kokonaisvaihtelusta. Tyvitukista saadun u/s-laatuksen sydäntavarahan

osuus oli korkeimmillaan luston leveyden ollessa viljelymäärungossa 2 mm ja luonnonmäntyrungossa 1 mm.

#### Viljelymänniköt

$$y = 17,654 + 0,507x_{20} - 0,474x_{25} \quad \text{jossa}$$

$y$  = sahatavaran u/s-prosentti

$x_{20}$  = ensimmäisen oksakiehkuran korkeus, dm

$x_{25}$  = vuosiluston leveys/75 mm ytimestä, mm

$$R^2 = 29,3$$

#### Luonnonmänniköt

$$y = 63,096 + 0,296x_{20} - 0,153x_{23} + 20,769x_{14}/x_7 - 0,027(x_{25})^2 + 0,029(x_{26})^2 \quad \text{jossa}$$

$y$  = sahatavaran u/s-prosentti

$x_{20}$  = ensimmäisen oksakiehkuran korkeus, dm

$x_{23}$  = kuiva-tuoretiheys/75 mm ytimestä,  $\text{kg/m}^3$

$x_{14}/x_7$  = rungon pisimmän elävän oksan läpimitta/  
rungon rinnankorkeusläpimitta, mm/cm

$(x_{25})^2$  = vuosiluston leveys/75 mm ytimestä, mm

$(x_{26})^2$  = vuosiluston leveys puun pintaosissa, mm

$$R^2 = 29,5$$

Koesahattu aineisto jakautui silmävaraisen T-luokittelun perusteella määriteltäviin lujuusluokkiin seuraavasti. Laatuluokat heikkenevät vasemmalta oikealle.

	Lujuusluokka				
	T40	T30	T24	T18	Hylky
			%		
Viljelymänniköt	14	20	39	19	9
Luonnonmänniköt	22	34	35	5	4

Viljelymänniköistä saatava sahatavara oli siis lujuudeltaan selvästi luonnonmänniköiden sahatavaraa heikompaa. Kun silmävaraista lujuusluokkakajakaumaa verrattiin edelleen koneellisen lujuuslajittelun tuloksiin, voitiin todeta edellisen luokitustavan johtavan huomattavasti ankarampaan lajitteluun. Silmävarainen arviointi ilmeisesti liioittelee oksaisuuden merkitystä lujuutta alentavana tekijänä (PERSSON 1976).

Tukista koesahauksissa saadun sahatavaran arvo laskettiin sahatavaran yksikköhintoina, jolloin u/s-lauta sai vertailussa arvon 100. Tällöin saatiin seuraavat keskimääräiset arvosuhteet.

	Viljelymänniköt	Luonnonmänniköt
	Suhteellinen arvo	
Sydäntavara	55,8	60,0
Laudat	43,5	53,9
Yhteensä	52,8	58,3

Sydäntavaran, lautojen ja koko sahatavaran välinen hintaero kahden aineiston välillä oli keskimäärin 7,0, 22,2 ja 9,1 % luonnonmänniköistä saadun sahatavaran eduksi.

Merkittävin sahatavaran yksikköhinnan vaihtelun selittäjä on viljelymänniköissä tukin tilavuus, joka yksinään se-

littää 85 % hinnan kokonaisvaihtelusta. Muiksi sahatavaran yksikköhintaa parhaiten selittäviksi tekijöiksi todettiin sekä viljely- että luonnonmänniköissä tukin u/s-prosentti, rungon pituuskasvunopeus ja tukin lenkous. Kun yksikköhinnan vaihteluita tutkittiin ilman tukin tilavuuden vaikutusta olivat tärkeimpiä selittäjiä rungon ensimmäisen oksakiehkuran korkeus sekä vuosiluston leveys. Rungon kasvunopeuteen ja karsiutuneisuuteen liittyvät muuttujat tuntuvat siten olevan erityisen tärkeitä sahatavaran arvon vaihte- luitten selittäjiä.

Edellä esitetyt tulokset osoittavat, että viljelymänni- köistä saatava puuaine ja puutavara ovat kaikkien tarkastel- tujen kriteerien valossa heikkolaatuisempia kuin luonnonmän- niköissä, kun ajatellaan puuta sen käyttöarvon kannalta. Arvioitaessa tulosten merkitystä on korostettava, että vanhat viljelymänniköt, joista oheisena esiteltyjen tutkimusten ma- teriaali on peräisin, perustettiin aikoinaan kylväen, kun taas nykyisin pääasiallisina uudistustapa on istutus. Tuloksia ei tästä syystä voida sellaisenaan soveltaa nykyi- sistä istutusmänniköistä aikanaan saatavan puutavaran laadun arviointiin. Muun muassa nykyisten taimikoiden väljän istu- tustavan sekä eräiden uusien tutkimustulosten perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että nuorten istutusmänniköi- demme puuston, ja nimenomaan niistä saatavien sahatukkien, laatu tulee voimakkaasti heikkenemään vanhojen viljelyalojen puustoon verrattuna.

#### 4. TIIVISTELMÄ

Tutkimus perustuu kahteen eri osatutkimukseen, joiden aineistot kerättiin Suomen eteläosissa puhtaisiin männiköihin sijoitetuilta koealoilta. Vuodelta 1974 peräisin olevan tutkimuksen aineisto (Commun.Inst.For.Fenn. 80.2) käsitti 2 760 viljelymäntyrunkoa 92 koealalta ja myöhemmän, vuoden 1981, tutkimuksen (Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 27) aineisto 630 viljely- ja 1 810 luonnonmäntyrunkoa 61 koealalta. Jälkimmäisen tutkimuksen aineistosta koeshattiin 165 tyvitukkaa viljely- ja 135 tukkia luonnonmänniköistä. Sahatavarasta määritettiin laatuluokat ja sahatavaran arvo.

Tutkimusten tavoitteena oli selvittää viljelymänniköistä saatavan puuraaka-aineen, lähinnä tyvitukkien, ja sahatavaran laatu ja arvo sekä niihin vaikuttavat tekijät. Tulokset ovat pääkohdittain seuraavat:

1. Oksaton ja virheetön rungonosa pitenivät männiköissä iän lisääntyessä, mutta oksaraja oli samaakin ikäluokkaa tarkasteltaessa luonnonmänniköissä korkeammalla kuin viljelymänniköissä. Karsiutumisenopeus riippui kuitenkin erityisesti läpimitan kasvunopeudesta siten, että kussakin ikäluokassa olivat parhaiten karsiutuneita keski-kokoiset puut.
2. Oksan paksuus rungon eri korkeuksilla kasvoi iän mukana, mutta rungon rinnankorkeusläpimitta oli paras rungon paksuimpien oksien läpimitan selittäjä. Luonnonmäntyrunkojen oksat olivat keskimäärin ohuempia kuin viljelyrunkojen oksat, ja saman metsikön sisällä olivat oksaisuudeltaan heikkolaatuisimpia suurimmat puut.
3. Viljelymäntyrunkojen runkovioista olivat yleisimpiä vikoja tyvimutkat, lenkous ja pystyoksat, jotka käsittivät n. 95 % kaikista vioista. Viljely- ja luonnonmäntyrun-

- kojen mutkaisuusprosentit 50 ja 37 sekä lenkousprosentit 56 ja 48 osoittavat, että viljeltyjen metsiköiden puissa esiintyi enemmän laatuviikoja kuin luonnonmäntyrungoissa.
4. Viljelymänniköiden tyvitukit olivat keskimäärin heikko-laatuisia, mitä kuvaavat kahdessa eri tutkimuksessa saadut 3. laatuluokan osuudet 66 ja 43 %. Vastaava luku luonnonmänniköissä oli 19 %. Tukin laatu heikkeni jyrkästi luston leveyden kasvaessa ytimen ympäristössä, kun taas puun pintaosien lustojen ja tukin laadun välinen korrelaatio oli verrattain heikko.
  5. Parhaan eli u/s-luokan sydäntavarakappaleita saatiin viljelymetsiköitten tukeista lähes 30 % vähemmän kuin luonnonmänniköistä, mutta lautoja tarkasteltaessa ero oli vielä suurempi. Myös saman laatuluokan viljelytukki antoi vähemmän parhaiden ja enemmän heikkojen luokkien sahatavaraa kuin vastaava luonnonmänniköistä saatu tyvitukki. Sahatavaran laatu laski voimakkaasti rungon tyveltä mitattujen vuosilustojen leveyden kasvaessa.
  6. Viljelymänniköistä saatava sahatavara oli sekä silmävaraisen että koneellisen lujuusluokittelun mukaan heikompa kuin vertailuaineisto. Erot tasoittuivat kuitenkin jonkin verran sovellettaessa koneellista lujuuslajittelua.
  7. Viljelymäntytukista saatujen sydäntavarakappaleiden, lautojen ja koko sahatavaran yksikköhinta oli 7,0, 22,2 ja 9,1 % alhaisempi kuin vertailumateriaalista saatu vastaava hinta. Rungon kasvunopeuteen ja karsiutuneisuuteen liittyvät muuttujat olivat tukin koon jälkeen merkittävimpiä sahatavaran arvon vaihteluiden selittäjiä.
  8. Kesäpuuprosentti laski viljelymäntyrungossa tyvestä latvaan päin ja oli keskimäärin sitä alhaisempi, mitä nuorempi tai hidaskasvuisempi puu oli. Rungon kesäpuuprosentin keskiarvo rungossa sijoittui 30 %:n suhteelliselle korkeudelle. Luston leveys osoittautui muodossa tai toisessa varsin hyväksi rungon kesäpuuprosentin

vaihteluitten selittäjäksi. Rungon kesäpuuprosentin kokonaisvaihtelusta voitiin selittää kuitenkin vain 45 %, kun luston leveyden lisäksi selittäviksi muuttujiksi otettiin rungon läpimitan kasvu ja suurimman kuivan oksan paksuus.

9. Rungon puuaineen kuiva-tuoretiheys laski tasaisesti tyvestä latvaa kohti, ja rungon keskimääräinen tiheys  $395 \text{ kg/m}^3$  sijoittui rungon 25 %:n suhteelliselle korkeudelle. Metsätyypin vaikutus kuiva-tuoretiheyteen oli voimakas siten, että tiheys aleni, mikäli maapohjan rehevyys kasvoi erityisen paljon normaalia suuremmaksi.
10. Viljelymäntyrungon sydänpuuprosentti kohosi rungon tyvestä noin 15 %:n suhteelliselle korkeudelle, jossa se saavutti maksiminsa, ja laski sen jälkeen jyrkästi latvaa kohti. Keskimäärin sydänpuuprosentti oli sitä korkeampi, mitä vanhempi puu oli.

## KIRJALLISUUS

- ARNKIL, J. 1978. Sahatukin laatu unohdettu asia. Metsä ja Puu 10:23-24.
- ASIKAINEN, K. 1980. Tukin laadun vaikutus sahaustulokseen. Sahapuupäivät 31.1.-1.2.1980. Moniste. 11 s.
- BAKER, G. 1967. Estimating specific gravity of plantation-grown Red pine. For.Prod.J. 17(8):21-24.
- 1969. Influence of tree spacing in a Red pine plantation on certain wood and tree qualities. Me.Agric.Exp.Sta.Bull. 668:1-10.
- BENNETT, F. 1960. Spacing and early growth of planted Slash pine. J.For. 58(12):966-967.
- BERRY, A. 1965. Effect of heavy thinning on the stem form of plantation-grown Red pine. Publ.Dept.For.Can. 1126:1-16.
- BRAMBLE, W., COPE, H. & CHISMAN, H. 1949. Influence of spacing on growth of Red pine in plantations. J.For. 47(9):726-732.
- BROWNING, B. 1967. Methods of wood chemistry 1. New York-London. 383 s.
- BRUUN, H. & WILLBERG, J. 1964. The heartwood contents of pine (*Pinus silvestris*) and spruce (*Picea abies*). Paperi ja Puu 46(4a):221-227. (Tiivistelmä).
- CHROUST, L. 1958. Vliv hustoty na vývoj a růst borové tyčkoviny. Summary: The influence of density on the development and growth of a pole stand of pine. Práce Vyzkum. Ust. Lesn. ČSR 15:93-117. (Sit. Forestry Abstracts 1960:1635).
- COHEN, W. 1962. Wood extractives and their significance to the pulp and paper industries. Chapter 13: The influence of resins on paper manufacture. New York-London. 513 s. (Sit. Forestry Abstracts 1963:2740).
- CROMER, D. & PAWSEY, D. 1957. Initial spacing and growth

- of *Pinus radiata*. Bull. For. Timb. Bur. Aust. 36:1-46.
- DAHLEN, L. & WARG, A. 1978. Värdering av stämplingsposter. Summary: Valuation of timber stands marked for felling. Rapp. Instn. Virkeslära Sveriges Lantbruksuniv. 105:1-32.
- DAN'ŠIN, I. 1966. Effect of high initial plantation density on the formation of young stands and the growth of Scots pine in the Lower Don region. Sborn.Rabot Lesn.Hoz. Vsesojuz. Nauč. -Issled. Inst. Lesovod. 51:36-48. (Sit. Forestry Abstracts 1968:5577).
- Definitioner, metoder m.m. vid vedundersökningar. 1980. Koonneet ANDERSSON, E. ja TUIMALA, A. Upps. 4:1-139.
- EDLUND, E. 1966. Den sibiriska lärken i Norrland och Dalarna som skogsträd och industriråvara. Sveriges SkogsvFörb.Tidskr. 64(5-6):461-560.
- ELLIOT, G. 1970. Wood density in conifers. Tech. Commun. For. Bur. 8:1-44.
- ENEROTH, O. 1922. Vedens byggnad. Teoksessa: Ekman, W. ym. (toim.) Handbok i skogsteknologi: 5-34. Stockholm.
- ERTELD, W. 1967. Crown characteristics as indicators of growth potential in young pine stands at various spacings. Sozial.Forstw., Berl. 17(8):236-239. (Sit. Forestry Abstracts 1968:566).
- EVERT, F. 1971. Spacing studies - A review. Inf. Rep. Dept. Env. Can. For. Serv. 37:1-95.
- GIORDANO, G. 1951. Studio comparativo sul leguo del l'arice, dell' abete rosso e del pine silvestre proveniente dalle foreste alpine e dai rimboschimenti dell' Appennino. Summary: Comparative study of the wood of larch, Norway spruce and Scots pine from alpine forests and from plantations in the Apennines. Ital.For.Mont. 6(6):288-297. (Sit.

- Forestry Abstracts 1952:3305).
- GRAH, R. 1961. Relationship between tree spacing, knot size and log quality in young Douglas-fir stands. *J.For.* 59(4):270-272.
- GRANVIK, B-A. 1967. Havusahatavaran valmistus kenttäpyörö-sahalla. Työtieteellinen tutkimus. Summary: On the preparation of coniferous sawn goods using circular saws. *Acta For.Fenn.* 84(3):1-162.
- GUILKEY, P. & WESTING, A. 1956. Effects of initial spacing on the development of young Jack pine in Northern Lower Michigan. *Mich. Acad. Sci. Arts. Letters, Pap.* 41:45-50. (Sit. *Forestry Abstracts* 1957:4017).
- GÖHRE, K. 1958. Über die Verteilung der Rohwichte im Stamm und ihre Beeinflussung durch Wuchsgebiet und Standort. Summary: The distribution of density through the stem, and the effect on it of growth region and site. *Holz Roh- u. Werkstoff* 16(3):77-90.
- 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.
- 1967. Puun laadun vaikutuksesta mäntysulfaattisellua valmistettaessa. Summary: On wood quality in sulphate pulping of Scots pine. *Paperi ja Puu* 7:461-464.
- 1968. Geographical variation of some properties of pine and spruce pulpwood in Finland. Summary: Eräitten mänty- ja kuusipaperipuun ominaisuuksien maantieteellinen vaihtelu Suomessa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 66(8):1-60.
- HALL, G. 1965. Wood increment and crown distribution relationships in Red pine. *For. Sci.* 11:438-448.
- HARRIS, E. 1955. The effect of rainfall on the late wood of Scots pine and other conifers in East Anglia.

Forestry 28(2):136-140.

HEIKINHEIMO, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsitumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. Commun.Inst.For.Fenn. 41(5):1-39.

HEISKANEN, V. 1954a. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatu-  
luokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Summary: Investigations into pine tree grading methods and their accuracy. Commun. Inst. For. Fenn. 44(1):1-132.

----- 1954b. Vuosiluston paksuuden ja sahatukin laadun välisestä riippuvuudesta. Summary: On the interdependence of annual ring width and sawlog quality. Commun.Inst.For.Fenn. 44(5):1-28.

----- 1962. Mäntysahatukkien laatuluokituksen tarkkuudesta. Summary: Accuracy of the grading of pine sawlogs. Commun.Inst.For.Fenn. 55(16):1-15.

----- 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männiköissä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. Acta For.Fenn. 80(2):1-62.

----- & SIIMES, F. 1959. Tutkimus mäntysahatukkien laatuluokituksesta. Paperi ja Puu 41(8):359-368.

----- & TAIPALE, A. 1963. Tutkimuksia männyn karsimisesta. Summary: Studies on the pruning of pine. Commun.Inst.For.Fenn. 57(1):1-66.

HUURI, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä. Tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. Folia For. 265:1-22.

HÄGGLUND, E., LJUNGGREN, S., NIHLÉN, H. & SANDELIN, O. 1935. Undersökningar över vedbeskaffenhetens inflytande på utbyte och kvalitet av sulfit- och sulfatmassa. II. Undersökning av tallved. Svensk PappTidn. 38(14):454-463. (Zusammenfassung).

ISOMÄKI, A. 1978. Kiertoaika metsätaloudessa. Metsä ja

- Puu 8:27-30.
- JALAVA, M. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki. 352 s.
- JAYNE, B. 1958. Effect of site and spacing on the specific gravity of wood of plantation-grown Red pine. Tappi 41(4):162-166.
- KALELA, E. 1945. Metsät ja metsien hoito. Porvoo-Helsinki. 368 s.
- KAIJIO, K. 1960. Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development on pine stands established by sowing in the south of Finland. Acta For.Fenn. 71(3):1-78.
- KANGAS, E. 1962. Über Krummstämmigkeit und Verzweigung der finnischen Kiefer. Commun. Inst. For. Fenn. 55(15):1-16.
- KELLOMÄKI, S. 1980. Growth dynamics of young Scots pine crowns. Seloste: Nuorten mäntyjen latvusten kasvun dynamiikka. Commun. Inst. For. Fenn. 98(4):1-50.
- & TUIMALA, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puun oksikkuuteen taimisto- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pine. Folia For. 478:1-27.
- KLEBINGAT, G. 1962. Der Einfluss der Kulturverbandsweite auf die qualitative Entwicklung der Kiefer. Summary: The influence of spacing on the development of quality in Scots pine timber. Arch.Forstw. 11(7):877-901.
- KLEM, G.G. 1944. Planteavstandens innflytelse på granvedens og sulfitcellulosens kvalitet. Summary: Effect of planting space on the quality of spruce wood and sulphite pulp. Medd. Norske Skogforsøksv. 8(30):257-293.
- 1952. Planteavstandens virkning på granvirkets kvalitet. Summary: The influence of spacing on

spruce quality. Medd. Norske Skogforsøksv. 11(40):473-506.

- KLEM, G.S. 1969. Betydningen av øket veksthastighet for en del virkesegenskaper hos gran (*Picea abies* (L) Karst.) og furu (*Pinus sylvestris* L.). Summary: The influence of increased growth rate on some wood properties of *P. abies* and *P. sylvestris*. Medd. Norske Skogforsøksv. 27(96):63-90.
- 1970. Betydningen av sterk tilvekstøkning hos vanlig furu for trevirkets tørkeskader, bøye- og skjærfasthet. Summary: The effect of a rapid increase in growth rate of Scots pine on drying defects bending strength and shear strength of wood. Norsk Skogind. 24 (2):43-48.
- KNIGGE, W. 1961. Der Einfluss verschiedener Wuchsbedingungen auf Eigenschaften und Verwertbarkeit des Nadelholzes. Summary: The effect of growth conditions on properties and usability of conifer wood. Allg.Forst- u. Jagdztg. 132(6):149-156.
- KOBYLINSKI, F. 1969. Macrostructure, density and main mechanical properties of Scots pine wood. Prace Inst. Tech. Drewna 16(3):63-68. (Sit. Forestry Abstracts 1970:7092).
- KOIVISTO, V. 1980. Minkä laatuista puuta tulisi kasvattaa. Metsä ja Puu 3:23-25.
- KOLTZENBURG, C. 1954. Untersuchung einer auf einem Laubholzstandort erwachsenen Wertholzkiefer. Summary: Research on a high-quality pine (log) from a broad-leaved-forest site. Arch.Forstw. 3(5/6):503-517.
- KRAMER, P. & SMITH, R. 1956. Strength properties of plantation grown Slash pine. For. Prod. J. 6(3):129-136.
- KÄRKKÄINEN, M. 1972. Kuusen ja männyn sydänpuuosuudesta. Summary: On the proportion of heartwood in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Silva Fenn. 6(3):193-208.

- 1978. Laatu puun kasvattaminen - unohtunut tehtävä. Metsänhoitaja 7:10-12.
- 1980a. Mäntytukkirunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. Commun. Inst. For. Fenn. 96(5):1-152.
- 1980b. Tuloksia Rauman alueen mäntytukkien sahauksesta. Summary: Results of sawing pine logs in Rauma region, western Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 96(7):1-43.
- 1981. Onko männyn pystykarsinnalla tulevaisuutta. Teho 1:20-22.
- LAPPI-SEPPÄLÄ, M. 1952. Männyn sydänpuusta ja runkomuodosta. Referat: Über Verkernung und Stammform der Kiefer. Commun. Inst. For. Fenn. 40(25):1-26.
- LARSON, P. 1957. Effect of environment on the percentage of summerwood and specific gravity of Slash pine. Bull. Yale School For. 63:1-80.
- LEIKOLA, M., METSÄMUURONEN, M., RÄSÄNEN, P. & TAIMISTO, E. 1977. Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967-1975. Summary: The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967-1975. Folia For. 312:1-27.
- LUBARDIĆ, S. & NIKOLIĆ, M. 1970. The effect of ring width and late-wood percent on some physical and mechanical properties of pine from Mount Goč. Sumarstvo 23(3/4):31-40. (Sit. Forestry Abstracts 1971:1395).
- MATHIEU, J. 1967. Einfluss von Pflanzenverband und Herkunft auf das Wachstum der Kiefer im Versuch Bremervörde. Göttingen. 117 s.
- MERKEL, O. 1967. Der Einfluss des Baumabstandes auf die Aststärke der Fichte. Summary: The effect of tree spacing on branch sizes in spruce. Allg. Forst- u. Jagdztg. 138(6):113-124.
- MIKOLA, P. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On varia-

- tions in tree growth and their significance to growth studies. Commun. Inst. For. Fenn. 38(5):1-131.
- MITCHELL, H. 1964. Patterns of variation in specific gravity of southern pines and other coniferous species. Tappi 47(5):276-283.
- MIYAJIMA, H. 1958. The physical and mechanical properties of plantation-grown White pine, (*Pinus strobus*), Jack pine (*Pinus banksiana*) and Japanese larch (*Larix leptolepis*) in the Tomakomai Experiment Forest of Hokkaido University. Res.Bull. Hokkaido Univ.Exp.For. 19(3):99-216. (Sit. Forestry Abstracts 1960:2371).
- MRÁČEK, Z. 1969. Influence of spacing on the quality of Scots pine stands. Commun.Inst.For.Čsl. 6:99-109. (Sit. Forestry Abstracts 1971:4236).
- NILSSON, B. 1868. Studier av några kvalitetsegenskapers genetiska variation hos tall (*Pinus silvestris* L.). Summary: Studies of the genetical variation of some quality characters in Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Rapp. Uppsats. Instn. Skogsgenet. Skogshögsk. 3:1-117.
- NYLINDER, P. 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet. Summary: Aspects of quality production. Uppsats.Instn.Virkeslära Skogshögsk. 2:1-19.
- 1961. Om träd- och vedegenskapers inverkan på råvolymvikt och flytbarhet. I. Tall. Summary: Influence of tree features and wood properties on basic density and buoyancy. I. Scots pine (*Pinus silvestris*). Upps.Instn.Virkeslära Skogshögsk. 35:1-63.
- NYYSSÖNEN, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. Acta For.Fenn. 60:1-194.

- NÄSLUND, M. 1944. Diskussionsinlägg i anslutning till föredraget "Erfarenheter av skogsodling". Sveriges SkogsvFörb.Tidskr. 42(2):108-116.
- Ohjekirje metsittämisestä ja metsän uudistamisesta. 1978. Metsähallitus Mh. 130:1-72.
- OKSANEN, A. 1978. Laatuluokitus mukaan tukkien hinnoitteluun. Metsä ja Puu 10:26-27.
- OLSON, A., POLETIKA, N. & HICOCK, H. 1947. Strength properties of plantation-grown coniferous woods. Conn.Univ.Storrs Agr.Exp.Sta., Bull. 511. (Sit. Tappi Monograph Series 24. 1962).
- ORVÉR, M. 1970a. Klassificering av tallsågtimmer med objektivt mätbara faktorer. Summary: Grading of Scots pine saw timber using objectively measurable factors. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk. 65:1-138.
- 1970b. Sågutfallets volym och värde hos tall vid olika råvarukvaliteter och varierande postningar. Summary: Lumber yield and value for Scots pine at different log qualities and gang saw set-ups. Rapp.Instn. Virkeslära Skogshögsk. 66:1-54.
- PAUL, B. 1960. Importance of the width of growth rings in lumber. Southern Lumberman 201(2504):1-34.
- & SMITH, D. 1950. Summary of growth in relation to quality of southern Yellow pine. Rep. U.S. For. Serv. For. Prod. Lab. 1751:1-48.
- PECHMANN, H. von. 1958. Die Auswirkung der Wuchsgeschwindigkeit auf die Holzstruktur und die Holzeigenschaften einiger Baumarten. Schweiz. Z.Forstw. 109(11):615-647.
- PERSSON, A. 1975. Ved och pappersmassa från gran och tall i olika förband. Summary: Wood and pulp of Norway spruce and Scots pine at various spacings. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 37:1-145.
- 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkva-

- litet. Summary: The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 42:1-122.
- 1977. Kvalitetsutveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Summary: Quality development in young spacing trials with Scots pine. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 45:1-152.
- PILLOW, M. 1952. Some characteristics of young plantation-grown Red pine in relation to properties of the wood. For.Prod.J. 2(1):25-31.
- QY, H. 1974. Verdien av forskjellige kvaliteter og dimensjoner av grantømmor ved skurlastproduksjon. Summary: The value for different log qualities and dimensions of Norway spruce in sawmilling. Medd. Norsk.Inst.Skogforsk. 31(7):275-325.
- RALSTON, R. & MCGINNES, E., Jr. 1964. Shortleaf pine wood density unaffected by ring growth. Southern Lumberman 208(2592):17-19.
- RAUTIAINEN, O. & RÄSÄNEN, P. 1980. Männyn ja kuusen viljelytaimistojen kehitys Itä-Savossa 1968-1976. Summary: Development of Scots pine and Norway spruce plantations in Itä-Savo in 1968-1976. Folia For. 426:1-24.
- RENDLE, B. & PHILLIPS, E. 1957. The effect of rate of growth on the density of softwoods. Forestry 31(2):113-120.
- RICHARDS, N., MORROW, R. & STONE, E. 1962. Influence of soil and site on Red pine plantations in New York. 1. Stand development and site index curves. Bull.Cornell Agric.Exp.Sta. 977:1-24.
- RUDMAN, P. 1966. Heartwood formation in trees. Nature 210(5036):608-610.
- SAIKI, H. 1965. Studies on the annual ring structure of coniferous wood. 5. Variation from the pith to-

- ward the outside. J. Jap. Wood Res. Soc. 11(5):185-190.
- SARVAS, R. 1956. Metsänhoidon tekniikka. Metsäkäsikirja 1:498-564. Rauma.
- SCHALCK, J. 1967. Über die Rohdichte und Festigkeit des Schwarzkiefernholzes (*Pinus nigra* Arnold) und den Zusammenhang zwischen Rohdichte und Holzstruktur untersucht an belgischen Aufforstungsbeständen. Summary: Density and strength of *Pinus nigra* wood, and relations between density and wood structure, in Belgian plantations. Forstwiss. Forsch. 24:1-86.
- SCHULTZE-DEWITZ, G. 1958. Einfluss der soziologischen Stellung auf den Jahrringbau sowie auf die Holzelemente bei Kiefern. Spirken und Lärchen eines Naturwaldes. Holz-Cbl. 84(65):849-851.
- SELLERS, T., Jr. 1962. Factors influencing the wood quality of plantation-grown Slash pine. For.Prod.J. 12(9):443-446.
- ŠKRIPENĚ, J. & RIASOVÁ, T. 1958. Stavba dreva a objemová váha borovice obyčejnej (*Pinus silvestris*) na Slovensku. Summary: The wood structure and density of *P. sylvestris* in Slovakia. Drev. Výsk. 3(1):27-48. (Sit. Forestry Abstracts 1959:2353).
- STIELL, W. 1964. Twenty-year growth of Red pine planted at three spacings. Publ.Dep.For.Can.For.Res.Branch. 1045:1-24.
- 1966. Red pine crown development in relation to spacing. Publ. Dep.For.Can.For.Res.Branch. 1145:1-44.
- TAKALA, P. 1978. Metsänviljely. Teoksessa: Tapion Taskukirja. 18.p.:124-136.
- TAMMINEN, Z. 1962. Fuktighet, volymvikt mm. hos ved och bark. 1. Tall. Summary: Moisture, density, etc. of wood and bark. 1. Scots pine. Rapp. Uppsats. Instn. Virkeslära. Skogshögsk. 41:1-117.

- UUSITALO, M. (toim.) 1979. Metsätilastollinen vuosikirja 1977-1978. Yearbook of Forest Statistics 1977-1978. Official Statistics of Finland XVII S:10. Folia For. 375:1-197.
- UUSVAARA, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. Commun.Inst.For.Fenn. 80(2):1-105.
- 1979. Viljelymänniköt - uhka sahapuun laadulle. Metsänhoitaja 2:12-14.
- 1980a. Karsimalla ei korjata taimikkovaiheen virheitä. Metsäliiton Viesti 2:24-25.
- 1980b. Karsimallako puun laatua parantamaan. Metsä ja Puu 1:28-29.
- 1981a. Istutusmänniköiden laatu - kasvava ongelma. Metsä ja Puu 1:4-5.
- 1981b. Lenkous vaivaa istutusmänniköissä. Metsälehti 5.
- 1981c. Minkä laatuista puutavaraa istutusmänniköistämme. Suomen Puutalous 2:26-28.
- 1981d. Saammeko tulevaisuudessa hyvälaatuista sahapuuta. Sahamies 1:8-10.
- 1981e. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Summary: The quality and value of sawn goods obtained from plantation-crown Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 27:1-107.
- VARMOLA, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia For. 451:1-21.
- VENCENOSCEVA, M. 1967. Patterns in the distribution of wood defects in Scots pine stands. Lesn.Ž., Arhangel'sk 10(3):156-157. (Sit. Forestry Abstracts 1968:1104).
- VENET, J. 1958. Étude de la resistance mécanique des bois de mine en fonction des facteurs de la production forestière. Summary: The mechanical strength of mine timbers in relation to growth factors. An.Ec.Eaux For.Nancy 16(1):1-338. (Sit. Forestry

- Abstracts 1959:3695).
- VOLKERT, E. 1941. Untersuchungen über Grösse und Verteilung des Raumgewichts in Nadelholzstämmen. Schriftenreihe der Hermann-Göring-Akademie. Deut.Forstw. 2:1-133.
- WRIGHT, J. 1967. The variation in log quality in *Pinus radiata* D. Don on a range of sites. Bull. For. Comm. Vict. 19:1-28.
- VUOKILA, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakkuissa. Acta For. Fenn. 110:1-45.
- 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. Folia For. 141:1-36.
- 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Folia For. 298:1-17.
- 1979a. Karsinta tulee taas. Metsänhoitaja 6:6-7.
- 1979b. Laatumäkökohdat metsänkasvatuksessa. Metsä ja Puu 6-7:8-9.
- YANDLE, D. 1956. Statistical evaluation of the effect of age on specific gravity in Loblolly pine. Rep. U.S. For. Prod. Lab. 2049:1-4.
- YLI-VAKKURI, P. 1958. Metsänhoidollisia näkökohtia sahapuun laatukasvatuksesta. Metsätal. Aikak.l. 12:407-410.
- ŽILKIN, B. 1960. Ob uzko- i širokokronnyh sosnah v Belorusskoj SSR. Summary: Narrow- and broad-crowned Scots pine in Belorussia. Lesn.Ž., Arhangel'sk 3(2):17-21. (Sit. Forestry Abstracts 1961:2886).
- ZOBEL, B., RALSTON, J. & ROBERDS, J. 1965. Wood yields from Loblolly pine stands of different age, site, and stand density. Tech. Rep. School For. N.Ca. St.Coll. 26:1-23.
- & RHODES, R. 1955. Relationship of wood specific gravity in Loblolly pine (*Pinus Taeda* L.) to growth and environmental factors. Tech.Rep.Tex.For.Serv. 11:1-32.









