

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 27

METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
PUUNTUTKIMUSSUUNTA

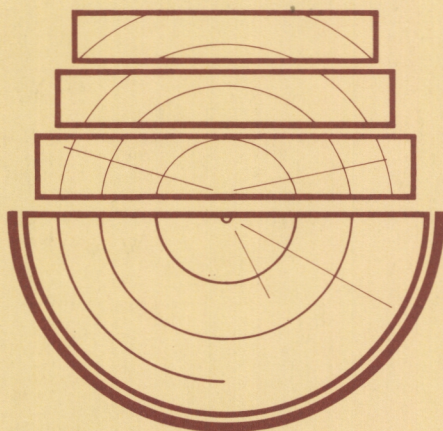


Olli Uusvaara

VILJELYMÄNNIKÖISTÄ SAADUN SAHATAVARAN LAATU JA ARVO

SUMMARY

THE QUALITY AND VALUE OF SAWN
GOODS OBTAINED FROM PLANTATION-
GROWN SCOTS PINE



ARKISTO
Metsäntutkimuslaitos
Suomen metsätutkimus-osasto

HELSINKI 1981

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 27
METSÄTEKNOLOGIAN TUTKIMUSOSASTO
PUUNTUTKIMUSSUUNTA

OLLI UUSVAARA

VILJELYMÄNNIKÖISTÄ SAADUN SAHATAVARAN LAATU JA ARVO

Summary

THE QUALITY AND VALUE OF SAWN GOODS OBTAINED
FROM PLANTATION-CROWN SCOTS PINE

HELSINKI 1981

UUSVAARA, O. 1981. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Summary: The quality and value of sawn goods obtained from plantation-grown Scots pine. Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja 27:1-108

Tutkimuksen aineisto käsitti 31 keinollisesti uudistaen perustettua ja 30 luontaista alkuperää olevaa mäntykoemetsikköä Etelä- ja Keski-Suomen alueelta. Viljely- ja luonnonmetsiköistä mitattiin 630 ja 1810 rungon sekä 165 ja 135 tyvitukin laatuominaisuudet. Tukit koesahattiin ja sahaus-tuloksesta arvioitiin sekä sahatavaran laatu että arvo.

Runkojen luontainen karsiutumisen oli viljelymänniköissä hitaampaa ja oksien paksuuskehitys nopeampaa kuin luontaisesti syntyneissä männiköissä. Erityisesti oksaisuuden mutta myös runkovikojen johdosta viljelymänniköiden tyvitukit olivat heikkolaatuisempia kuin luonnonrunkotukit.

Viljelymäntytukeista saatiin sekä keskimäärin että tietyn laatuluokan tukit luokittelemalla heikompi sahaus-tulos kuin luonnonrunkotukeista. Sahatavaran u/s-prosentti aleni ja heikompien laatujen osuus kasvoi kummassakin aineistossa vuosiluston levetessä ytimen ympärillä.

The material of the study comprised 31 experimental pine stands established by planting and 30 experimental pine stands of natural origin in southern and central Finland. The quality characteristics of 630 and 1810 stems, respectively, and those of 165 and 135 butt logs from plantation-

grown pines and pines of natural origin were measured. The butt logs were test sawn and the quality and grade of sawn goods were determined.

Natural pruning of stems was slower in pine plantations and the development of branch thickness faster than in natural pine stands. Branchiness in particular, but also stem defects made the butt logs of pine plantations poorer in quality than logs from naturally grown trees.

Logs from plantation-grown pines gave both on average and from logs of a certain quality class a poorer sawing result than logs from pines of natural origin. The u/s-percentage of sawn goods decreased and the share of poorer qualities increased when the annual ring widened in the vicinity of the pith.

ISSN 0358-4283

Helsinki 1981. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Keinollisesti uudistettujen männiköiden laatukysymykset ovat saaneet koko 1970-luvun ajan osakseen yhä kasvavaa huomiota. Oheinen tutkimus onkin siten luontevasti jatkoa ja täydennystä vuonna 1974 julkaistuille viljelymänniköiden puun ja puuaineen laatua koskeville selvityksilleni.

Tutkimuksen kuluessa olen saanut innostavaa opastusta ja tukea työni ohjaajalta prof. BROR-ANTON GRANVIKILTA. Arvokkain neuvoin on työtä auttanut eteenpäin myös esimieheni prof. MATTI KÄRKKÄINEN, joka myös on lukenut käsikirjoituksen. Heille, samoin kuin muille käsikirjoituksen lukeneille, prof. JAAKKO MERILUODOLLE ja dos. KARI LÖYTTYNIEMELLE, tahdon esittää parhaat kiitokseni.

Myös haluan kiittää metsäteknikoita PERTTI LAAKSOA ja TAUNO OITTISTA, jotka ovat johtaneet pitkäaikaisia kenttätöitä, ohjelmoija HANNU AALTIOTA, joka hoiti tutkimuksen atk-käsittelyn, apututkija LIISA NUUTISTA, joka tarkasti tekstin suomenkielen osalta sekä maisteri PÄIVIKKI OJANSUUTA, joka suoritti englanninkielen käännöstyöt.

Vielä kiitän monia työn eri vaiheisiin osallistuneita työtovereitani sekä kentällä käytännön tehtävissä toimineita henkilöitä.

Helsinki 1981

Olli Uusvaara

SISÄLLYS

MERKKIEN SELITYS	5
1. JOHDANTO	7
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO	12
21. Tutkimusmenetelmä	12
22. Tutkimusaineisto	19
3. RUNKOJA JA TUKKEJA KOSKEVAT TULOKSET	22
31. Runkojen karsiutuminen	22
32. Runkojen oksikkuus	35
33. Tyvitukin laatu	44
4. KOESAHAUKSIA KOSKEVAT TULOKSET	53
41. Sahatavaran laatu	53
411. Vientisahatavaran mukainen lajittelu	53
412. Lujuuslajittelu	71
42. Sahatavaran arvo	79
5. TULOSTEN TARKASTELU	86
6. TIIVISTELMÄ	94
KIRJALLISUUTTA	97
SUMMARY	105
LIITTEET	

MERKKIEN SELITYS - SYMBOLS

- r_2 = korrelaatiokerroin
 R^2 = selitysaste
 \bar{y} = keskiarvo
 \bar{x} = keskiarvo
 s = keskihajonta
 F = mallin F-arvo
 DF = vapausasteita
 t = t-arvo
 M = mediaani
 M^e = moodi
 N^o = lukumäärä
 x_1 = metsätyyppi
 x_2 = rungon ikä, a
 x_3 = metsikön pohjapinta-ala, m²
 x_4 = tyvitukin paksuin oksa, mm
 x_5 = latvuserroin
 x_6 = puun pituus, dm
 x_7 = rinnankorkeusläpimitta, mm
 x_8 = kapeneminen $d_{1,3} - d_6$, mm
 x_9 = kyhmyisen rungonosan alaraja, dm
 x_{10} = kuivia oksia käsittävän rungonosan alaraja, dm
 x_{11} = latvusraja, dm
 x_{12} = rungon paksuimman kuivan oksan läpimitta, mm
 x_{13} = paksuimman kuivan oksan korkeus, dm
 x_{14} = rungon pisimmän elävän oksan läpimitta, mm
 x_{15} = pisimmän elävän oksan korkeus, dm
 x_{16} = tyvitukin oksaisuuslaatuluokka
 x_{17} = tyvitukin todellinen laatuluokka
 x_{18} = tukin latvaläpimitta, cm
 x_{19} = pisimmän elävän oksan pituus, cm
 x_{20} = 1. täyden oksakiehkuran korkeus, dm
 x_{21} = oksien keskipaksuus, mm
 x_{22} = lustoja/75 mm ytimeistä, kpl

- x₂₃ = kuiva-tuoretiheys 75 mm matkalla ytimestä, kg/m³
- x₂₄ = kuiva-tuoretiheys puun pintaosissa, kg/m³
- x₂₅ = lustojen leveys/75 mm ytimestä, mm
- x₂₆ = luston leveys puun pintaosissa, mm
- x₂₇ = kesäpuuprosentti/75 mm ytimestä
- x₂₈ = kesäpuuprosentti puun pintaosissa
- x₂₉ = latvussuhde, %
- x₃₀ = tukin tilavuus, dm³
- x₃₁ = lenkous, mm
- x₃₂ = rungon kyhmyisen alueen pituus, dm
- x₃₃ = rungon kuivaoksaisten alueen pituus, dm
- x₃₄ = tukin pituus, dm
- x₃₅ = u/s-prosentti

1. JOHDANTO

Keinollisesti uudistettujen männiköiden merkitys raaka-ainelähteenä on vielä nykyisin vähäinen niiden verrattain suuresta pinta-alasta huolimatta. Metsänviljely 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 männiköiden nuoren iän vuoksi niistä ei toistaiseksi saada juuri lainkaan sahapuuta.

Viimeisten vuosikymmenien aikana metsätaloudessa on pyritty puun tuotannon lisäämiseen ja määrällisten tavoitteiden saavuttamiseen (VUOKILA 1972), mutta toisaalta viljelymetsien laadusta ei ole ollut käytettävissä tutkimusten antamaa tietoa. Näihin kysymyksiin alettiin kiinnittää huomiota ensi kerran 1960-luvun lopulla, jolloin Metsäntutkimuslaitoksessa aloitettiin tutkimukset viljelymänniköiden laadusta ja niistä tunnuksista joiden avulla laatua voidaan tarkastella (UUSVAARA 1974).

Kokemuksia viljeltyjen ja luontaisten metsiköiden laatueroista oli saatu jossakin määrin jo aiemmin tutkittaessa viljelykuusiköiden puuaineen kuiva-tuoretiheyttä ja verrattaessa sitä luontaisten metsiköiden tiheyteen (HAKKILA ja UUSVAARA 1968). Päähuomio kiinnitettiin nyt kuitenkin mäntyyn jonka laatu on herkin ulkoisten tekijöiden vaikutuksille, ja jossa hyvän ja huonon laadun väliset arvoerot ovat suurimmat (HEISKANEN 1965). Tutkimuksen tulokset osoittivat selvästi, että männyn laatu riippuu normaalin ikääntymisen ohella voimakkaasti ulkoisten kasvutekijöiden muutoksista erityisesti puuston nuoruusvaiheissa. Tämän vuoksi korostettiin aikaisemmin männyn kasvatusta koskevissa oppikirjoissa ja tutkimuksissa metsikön tiheyden merkitystä laadun kannalta aina siihen kehitysvaiheeseen asti, jolloin rungon

oksat ovat kuolleet tyvitukin pituudelta (KALELA 1945, HEISKANEN 1954 b, 1962, SARVAS 1956).

Vaikka viljely- ja luonnonmänniköiden laatueroista ei ollut olemassa mitään varsinaisia tutkimuksia, kävi eri yhteyksistä selville, että keinollisesti ja luontaisesti syntyneiden metsiköiden kehityksen alkuvaiheissa vallitsevat erot aiheuttavat eroja myös runkojen ulkoisessa ja sisäisessä laadussa (LAIKARI 1937, HEIKINHEIMO 1953). Vielä 1930-luvulla viljelykohtien lukumäärä hehtaaria kohti oli 5000 - 6000 kpl ja mänty uudistettiin pääasiassa kylvämällä (KALELA 1945). Männyn yleisin uudistusmenetelmä on nykyisin istutus (UUSITALO 1979), ja ohjeiden mukaisena istutustiheytenä käytetään 1600 - 2500 tainta hehtaarille kasvupaikan mukaan (TAKALA 1978, Ohjekirje... 1978, KAILA 1979). Viime aikoina tehdyt tutkimukset osoittavat metsiköitten lopullisen taimimäärän jäävän kuitenkin tavallisesti huomattavasti tavoitetta alhaisemmaksi (LEIKOLA ym. 1977, RAUTAINEN ja RÄSÄNEN 1980). RÄSÄNEN (1981) korostaa myös istutettavien taimien korkeaa laatua metsänviljelyn onnistumiseen ja riittävän tiheään, tasaiseen ja hyvälaatuiseen taimikkoon vaikuttavana tekijänä. Taimien laadusta puhuttaessa tarkoitetaan kuitenkin etupäässä taimien hyvää terveydentilaa ja nopeakasvuisuutta.

Jos verrataan toisiinsa olosuhteita, joissa viljely- ja luonnonmänniköt kehittyvät, erot ovat suuret jo metsikön kehityksen alkuvaiheista lähtien. Sahatukit, joita sahateollisuutemme nykyisin käyttää raaka-aineenaan, ovat suurelta osin peräisin 1800-luvun loppupuolella syntyneistä metsistä. Nämä metsät kehittyivät tavallisesti tiheikköinä ja sekametsinä sekä usein luonnontilaisina, hakkaamattomina. Niihin kohdistuneet toimenpiteet kuten kaskeaminen, määrämittaharsinta, tervanpoltto sekä kulot ovat jättäneet jälkensä osittain myös nykyisiin männiköihin. Kaskeaminen ja kulot ovat lisäksi vahvistaneet männyn asemaa muihin puulajeihin ver-

rattuna (VUOKILA 1980 b). Voimakkaan sahateollisuuden tuntema mielenkiinto puuston järeimpään osaan piti yllä harsintamenetelmää vielä pitkälle tämän vuosisadan puolelle.

Edellämainitut kehitysvaiheet vaikuttivat monella tavoin myös mäntypuuston laatuun, monessa suhteessa myös kielteisesti. Kehityksellä pääasiallisesti luonnonsiemennyksellä syntyneistä tiheistä luonnon- ja kulttuurimetsistä harva-asentoisiin kulttuurimetsiin on epäilemättä vaikutuksensa myös sahatavaran laatuun. Näitä vaikutuksia ei sahateollisuudessa kuitenkaan vielä tunneta, koska viljelymetsistä tulevalle puutavaralle ei toistaiseksi ole merkittävää osaa raaka-aineessa.

Viime aikoina laatukysymykset ovat jälleen saaneet osakseen niin laajaa huomiota, että kulunutta vuosikymmentä voidaan nimittää puun laadun vuosikymmeneksi. Runkojen lisäksi myös sahatukkien laatuun on kiinnitetty huomiota, koska tuotteen arvo riippuu paljolti raaka-aineen laadusta. Kokeiluja on tehty objektiivisesti mitattavien tekijöiden käytöstä tukkien laatuluokituksessa (ORVÉR 1970 a, 1970 b). Myös meillä tukkien tarkempi laatuluokitus ja laatumaksutapa on herättänyt keskustelua (ISOMÄKI 1978, KÄRKKÄINEN 1978, OKSANEN 1978). Pystypuiden laatutunnusten avulla on pyritty selvittämään puiden laatua sahatavaran arvon kannalta (DAHLEN ja WARG 1978, KÄRKKÄINEN 1980 a, 1980 b).

Ruotsissa on selvitelty männyn kasvutilan ja läpimitan kasvun vaikutusta oksaisuusominaisuuksiin, sahatavaran ja massan laatuun (PERSSON 1975, 1976, 1977). Suomessa on kiinnitetty suurta huomiota erityisesti istutusmänniköiden heikkoon laatuun (mm. ARNKIL 1978, KOIVISTO 1980, UUSVAARA 1979, 1980 a, 1981 a, 1981 b). Istutusmänniköiden ehkä vakavin vika, paksuoksaisuus, on jälleen kerran herättänyt keskustelua pystykarsinnan mahdollisuuksista laadun kohottajana (mm. UUSVAARA 1980 a, 1980 b, VUOKILA 1979 a, 1980 a,

KÄRKKÄINEN 1981). Uusimpien tutkimusten mukaan oksikkuuden ohella vikaisuudet alentavat istutettujen mäntyjen tyvitukkien laadun usein jopa sahatavaraksi kelpaamattomaksi (UUSVAARA 1981 a, 1981 b, 1981 c, 1981 d, VARMOILA 1980).

UUSVAARAN (1974) tutkimuksessa mitattiin viljelymänniköiden ulkoisen ja sisäisen laadun tunnuksia, vaihtelua ja keskinäistä yhteyttä. Myös viljely- ja luonnonmänniköiden laatueroja pyrittiin vertailemaan, mutta tietojen puutteellisuuden ja vertailuksi saatavissa olevien aineistojen erilaisuuden vuoksi tulokset jäivät vaillinaisiksi. Tehdyt tutkimukset edustivat tavallaan välillistä laaduntutkimusta sellaisen ominaisuuksien avulla, joilla on yhteisvaikutus puutavaran lopulliseen laatuun.

Sahatukkien laatua arvosteltaessa ovat ongelmana puuaineen sisälle kätkeytyvät viat, joten puutavaran todellista laatua ei kyetä tutkimaan pelkästään ulkoisten tunnusten perusteella. Esimerkiksi sisäisten oksatappien merkitystä vanhojen, hyvän kasvupaikan runkojen laatuun vaikuttavana tekijänä ei voida arvioida pelkästään ulkoisen tarkastelun perusteella.

Käsillä olevan tutkimuksen tavoitteena on selvittää viljely- ja luonnonmänniköistä saatavan sahatavaran laatu ja arvo sekä se, mitkä rungon ja puuaineen laatuominaisuudet vaikuttavat eniten sahatavaran arvoon. Päämäärään pyritään mittaamalla laatu suoraan koehausten ja sahaustulosten laatuoluokituksen perusteella. Laatua verrataan normaalin vientilajittelukäytännön ohella myös lujuslajittelulla, jolla näyttää olevan lisääntyvää merkitystä rakennuspuutavaran käytössä (RAVEALA 1979). Vertailussa keskitytään yksinomaan tyvitukkeihin, osaksi sen vuoksi, että ne muodostavat yli puolet rungon arvosta (ORVÉR 1970 b). Niiden avulla voidaan myös parhaiten verrata runkojen välisiä arvoeroja, joiden vertailu muiden tukkien kohdalla on paljon

vaikeampaa (PERSSON 1976).

Tutkimus rajataan maantieteellisesti koskemaan Etelä- ja Keski-Suomea, joissa männyn viljelyä koskevat laatuongelmat ovat polttavimpia.

Tavoitteena on tutkia myös runkojen luontaista karsiumista, oksien paksuuskehitystä ja niihin vaikuttavia tekijöitä viljely- ja luonnonmänniköissä sekä sitä, onko näillä laatutekijöillä merkittävää eroa eri alkuperää olevien metsiköitten välillä.

Koska männiköiden kasvatuksen päätavoite on sahatukkien tuottaminen ja koska toisaalta sahatavaran laatu riippuu suoranaisesti tukin laadusta, kiinnitetään huomiota myös tyvitukin laatuun ja sen riippuvuuteen rungon laatumuuttujista, erityisesti oksaisuudesta ja runkovioista. Kaikki vertailut tehdään mäntyviljelmiltä ja luontaisesti syntyneistä metsiköistä peräisin olevien runkojen välillä.

Tutkimukset rajoitetaan viljelymänniköiden osalta onnistuneisiin, puhtaisiin ja terveisiin metsiköihin, joista iän ja koon puolesta on jo hakattavissa sahatukkeja. Hajakylvökohteita pyritään välttämään, koska ne muistuttavat syntyavaltaan ja rakenteeltaan erittäin paljon luonnonkylvöjä. Eri alkuperien vertailujen onnistuminen riippuu eri tutkimusmateriaalien onnistuneesta valinnasta ja vertailukelpoisuudesta. Tätä kysymystä kosketellaan lähemmin menetelmien selostuksen sekä tulosten edustavuutta ja tarkastelua käsittelevien kappaleiden yhteydessä.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA AINEISTO

21. Tutkimusmenetelmä

Tutkimukset pyrittiin kohdistamaan alueellisesti Etelä- ja Keski-Suomeen, koska näin voitiin vähentää maantieteellisen vaihtelun vaikutusta ja toisaalta männiköiden laatuhaikat näyttävät täällä ilmenevän voimakkaimmin (taulukko 1). Vanhoja, jo sahapuukoossa olevia viljelymänniköitä, joista on saatavissa riittäviä alkuperä- ja käsittelytietoja on verrattain vähän. Koska useimmat niistä sijaitsevat Metsäntutkimuslaitoksen alueilla, metsäopistojen havaintometssissä tai metsähallituksen alaisina, tutkimukset kohdistettiin niihin. Tämä oli tarpeen osittain jo käytännön syistäkin. Valtion alueilla puiden kaataminen ja käyttö tutkimustarkoituksiin on nimittäin helpoimmin toteutettavissa.

Useilla tutkimusalueilla aineistoksi valittiin viljelymänniköiden vähyyden vuoksi kaikki tai lähes kaikki saatavissa olevat metsiköt. Mikäli vaatimuksen täyttäviä kohteita oli runsaasti, niiden kesken suoritettiin arvonta. Metsiköitten tuli edustaa ainakin jo osittain tukkipuukokoisia, paikkakunnalle tyypillisiä, puulajistoltaan puhkaita, tasaikäisiä ja maaston sekä metsätyypin suhteen mahdollisimman yhtenäisiä männiköitä. Periaatteena oli että eri kasvupaikkaboniteetteja tulisi mukaan siinä suhteessa kuin niitä männyllä keskimäärin esiintyy. Muutoin valintaperusteet ja kohteiden sijoitus olivat samat kuin tekijän aikaisemmassa tutkimuksessa (UUSVAARA 1974, s. 19).

Tutkimukseen pyrittiin saamaan sekä istutus- että kylvömänniköitä, mutta edellisten osuus jäi verrattain rajalliseksi, sillä kylvö oli vuosisadan alkupuolella yleisin männyn uudistustapa (vrt. s. 19). Kylvötavoista hajakylvöä pyrittiin välttämään.

Kultakin paikkakunnalta pyrittiin ottamaan vertailuksi luonnonmänniköitä, jotka iältään, puustoltaan ja maaston laadun suhteen olisivat olleet mahdollisimman paljon vastavien viljelymänniköiden kaltaisia. Valinta ei kaikilta osin täysin onnistunut, sillä luonnonmänniköt keskittyivät, toisin kuin viljelymänniköt, pääasiassa puolukkatyypille (vrt. s. 20) ja olivat useilla paikkakunnilla iältään viljelmiä vanhempia (s. 89).

Koeala sijoitettiin metsikköön siten, että kohdalle sattuva metsikön leveimmän kohdan halkaisija jaettiin yhtä pitkiin osiin. Osat arvottiin ja koeala sijoitettiin osan keskelle, mutta siirrettiin seuraavaan, mikäli paikka ei täyttänyt yleisiä koealalle asetettuja vaatimuksia.

Jotta aineistoa saataisiin riittävästi mutta työmäärä pysyisi kohtuullisena, jokaisesta viljelymänniköstä otettiin koealoja, jotka rajasivat vähintään 20 koepuuta. Koeala rajattiin suorakulmaisena prismaa käyttämällä, ja koealan koko vaihteli puuston koon ja tiheyden mukaan. Metsikön perustamistapa ja käsittelyt eri kehitysvaiheissa sekä metsätyyppi, pohjapinta-ala ja ikä selvitettiin mahdollisimman tarkoin. Luonnonmänniköissä koepuiden määrä nostettiin 60 runkoon puuston iän ja koon suuremman vaihtelun vuoksi. Niiden ikä määritettiin kymmenen arpomalla saadun rungon tyvestä otetuista kairanlastuista. Luonnonrunkojen pituus mitattiin koealalla joka viidennestä rungosta.

Pystypuiden runkoa, oksistoa ja vikaisuutta koskevien mittausten osalta viitataan aiempaan tutkimukseen (UUSVAARA 1974, sivut 19-21). Eroavuutena voidaan mainita, että tyvitukin laatu mitattiin käsillä olevassa työssä normaalin laatuokituksen lisäksi myös pelkkä oksaisuus arvoperusteena.

Kaadettujen puiden tyvi valmistettiin tukiksi, josta mitattiin läpimitta kuoren alta tukin latvasta, pituuden

puolivälistä ja tyvestä ristiin millimetrin tarkkuudella, sydänpuualueen läpimitta ja tukin pituus. Tukin latvaläpimitta mitattiin myös kuoren päältä tukkien mittausohjeiden mukaisesti. Tukin kuorettomat läpimitat mitattiin myös oksakyhmyisen osan alarajalla ja kuivien oksien alarajalla. Tukin viat huomioitiin rungosta erillään ja lenkous mitattiin tukin pituudelta yleisesti käytetyllä menetelmällä (Definitioner... 1980).

Oksaisuuteen kiinnitettiin huomiota mittaamalla tukin paksuin kuiva oksa ja sen sijainti sekä kuivien oksantynkien ja kylestymässä olevien oksien lukumäärä ja keskiläpimitta.

Runkovioista otettiin huomioon vain mutkat, lenkous ja pystyoksat, koska muiden vikojen merkitys on osoittautunut aiemmin yleensä vähäiseksi (UUSVAARA 1974). Vian sijainnista todettiin, esiintyikö se pahempaan tyven vai rungon alueella.

Kunkin tutkimusmetsikön puista kaadettiin arvонnan jälkeen viisi runkoa. Aiemmasta käytännöstä poiketen kaadetuista puista mitattiin ensimmäisen elävän oksakiehkuran korkeus puun tyveltä sekä siitä lähtien metrin välein lähimmän oksakiehkuran paksuimman oksan läpimitta heti oksan kynnäksen ulkopuolelta (Definitioner... 1980, s. 50).

Koetukit sahattiin kullakin paikkakunnalla kenttäpyörö-sahalla. Sahauksessa rajoituttiin yleisimmin käytettyihin asetteisiin, jotka määräytyivät kunkin tukin kohdalla kuoren alta mitatun latvaläpimitan mukaan. Sivulautavahvuutena käytettiin 19 mm:ä. Sydäntavarakappaleiden asetteet olivat seuraavat.

Tukin latvaläpimitta, mm	Asete
150 - 165	50 . 100
165 - 180	50 . 100
180 - 195	50 . 125
195 - 210	50 . 150
210 - 225	63 . 150
225 - 240	75 . 150
240 - 255	63 . 175
255 - 270	75 . 175
270 - 285	75 . 200
285 - 300	75 . 225

Sahatavara lajiteltiin vientisahatavaran lajitteluohjeiden mukaisesti (Vientisahatavaran... 1979) erottelematta toisistaan u/s-laatuja 1 - 4. Käytännössä u/s-sahatavaran hinta riippuu nimittäin vain vähän laatuluokan sisäisestä jakaumasta, eikä laatuja yleensä myydä erikseen. Pintalautoista erotettiin toisistaan vientilaatu (PL/VL) ja kotimaan laatu (PL/KL), joten laatuluokkia oli hylkytavara mukaan luettuna yhteensä kuusi kappaletta.

Sydäntavarakappaleet valmistettiin edellä esitetyn asetelman mukaisesti soiroiksi tai lankuiksi tukin latvaläpimitan mukaan. Soiroja ovat sahatavarakappaleet, joiden paksuus on yli 38 mutta enintään 75 mm sekä leveys 75 - 175 mm. Lankuiksi luetaan puolestaan kappaleet, joiden paksuus on yli 38 mm mutta alle 100 mm sekä leveys yli 175 mm.

Sahatavara hinnoiteltiin vientisahatavaran tukkumyyntihintojen sekä hinnoitteluperusteiden mukaisesti (Sahatavaran... 1980). Sahatavaran arvosuhteiden laskennassa u/s-laudan yksikköhintaa merkittiin luvulla 100, johon suhteutettuina saatiin muiden laatujuen arvot (liite 1).

Tavanomaisen lajittelun ohella soirot ja lankut lujuuslajiteltiin silmävaraisesti normaaleihin T-lujuusluokkiin

sekä liimapuulamellien luokituksen mukaisesti (RIL 120, 1978). Silmävaraisessa T-luokituksessa luokat olivat T40, T30, T24 ja T18 sekä lamelliluokituksessa LT40, LT30, LT20 ja LT10 (RIL 120, 1978).

Kukin sahatavarakappale luokiteltiin sekä tavallisessa että T- ja LT-luokituksessa todellisen laadun ohella myös pelkästään oksaisuuden perusteella, jolloin erilaisia valmistus- ym. vikoja, esimerkiksi vajaasärmää, ei otettu huomioon.

Syy laadun mahdolliseen alenemiseen parhaasta luokasta merkittiin muistiin. Tällaiset laadun heikkenemiseen johtavat viat voidaan ryhmitellä esimerkiksi sahaustekniikasta, puuaineen pilaantumisesta ja rungon muodosta ja vikaisuudesta aiheutuneisiin vikoihin. Jo tutkimusmateriaalia valittaessa ulkoisten tekijöiden sekä lahon ja sinistymän vioittamat rungot hylättiin. Mikäli tällaisia vikoja kuitenkin esiintyi sahatavarakappaleissa, niitä ei otettu huomioon laatuluokituksen yhteydessä.

Joka toisen tukin toinen sattumanvaraisesti valittu sydäntavarakappale luokitettiin silmävaraisen luokituksen tarkentamiseksi lujuuslajittelukoneella, joka ilmaisi sahatavarakappaleen lujuuden sen taivutukseen perustuen. Käytetty luokitusasteikko oli sama kuin silmävaraisessa lajitteluksakin. Mikäli sydäntavarakappaleita oli sahattu kolme, otettiin koneelliseen lajitteluun toinen reunimmaisista kappaleista.

Lujuuslajittelussa voidaan verrata keskenään vain kappaleita, joiden pituus ja paksuusvaihtelut ovat suhteellisen vähäiset. Sahatavarakappaleitten pituusvaihtelu pyrittiin pitämään rajoissa 31 - 46 dm, minkä vuoksi ylipitkiä kappaleita lyhennettiin niiden latvapäästä. Kappaleen lujuuteen vaikuttaa pituutta ratkaisevammin sen nimellispaksuus, joka

sirkkelisahauksessa vaihtelee esimerkiksi tavallista kehys-sahausta enemmän. Sen vuoksi luokituksen yhteydessä kunkin kappaleen paksuudet mitattiin tarkasti viidestä eri pituus-akselin kohdasta. Koneellisen luokituksen antamat mittatarkkuuden poikkeamista aiheutuneet lujuusarvot korjattiin kertoimilla.

Koneellisen lajittelun edellytyksenä on myös tasainen, alhainen kosteus. Tästä syystä lajiteltava sahatavara kuivattiin sahalaitoksilla noin 20 prosentin kosteuteen.

Puolet koneellisesti lajitelluista kappaleista höylättiin paksuuserojen poistamiseksi alempaan täyden mm:n paksuuteen ja lajiteltiin uudelleen. Todelliset sahatavarapaksuudet olivat tällöin 46, 60 ja 71 mm.

Lajittelun yhteydessä kappaleen kummastakin päästä otettiin 10 cm:n levyinen pala sahatavaran puuaineen kuiva-tuoretiheyden määrittämistä varten.

Monet puuaineen ominaisuudet muuttuvat ratkaisevasti puun ytimestä pintaan päin, ja puun nuorella iällä vallinneet olosuhteet vaikuttavat myös myöhemmin kehittyvän puutavaran laatuun (HEISKANEN 1965). Tästä syystä kaadettujen puiden kannoista leikatut palat jaettiin kahteen osaan, joiden katkaisukohta oli 75 mm ytimestä. Aiemmat tukkien laatuvaatimukset edellyttivät, että kolmannen laatuluokan sahatukin luston leveys ei tällä matkalla ylitä 3 mm:n rajaa (HEISKANEN 1954 b).

Sekä sahatavarakappaleista että kaadettujen puiden kannoista otetuista näytepaloista määritettiin laboratoriossa kappaleen massa uunikuivauksen jälkeen sekä veteenupotukseen perustuva tilavuus. Näiden perusteella laskettiin puun kuiva-tuoretiheys. Kannosta otetuista näytteistä määritettiin lisäksi lustomittarilla vuosiluston leveys eri vyöhyk-

Taulukko 1. Tutkimusaineisto paikkakunnittain.
Table 1. The investigation material by localities.

Paikkakunta Locality	Viljelymänniköt - Plantations			1) Luonnonmänniköt - 1) Natural stands		
	Koealoja Sample plots	Runkoja Stems	Tukkeja Logs	Koealoja Sample plots	Runkoja Stems	Tukkeja Logs
Tuusula	3	60	15	3	240	15
Punkaharju	6	130	40	6	378	30
Koli	2	40	10	2	120	10
Pieksämäki	1	20	5	1	40	5
Ähtäri	5	100	25	5	299	25
Kuru	3	60	15	3	180	15
Virrat	3	60	15	3	175	15
Juupajoki	3	60	15	2	100	10
Evo	2	40	10	2	100	10
Tammisaari	2	40	10	2	120	10
Tenhola	1	20	5	1	60	5
Yhteensä - Total	31	630	165	30	1812	150

1) Luonnonmännikkö = luonnonsiemennyksestä syntynyt männikkö.

1) Natural stand = stand born by natural seeding.

keissä ja näytteen kesäpuuprosentti.

22. Tutkimusaineisto

Tutkimus rajoitettiin alueellisesti koskemaan Suomen etelä- ja keskiosissa kasvavia vanhoja viljelymänniköitä (taulukko 1). Aineisto muodostui suurelta osin samoista kohteista, jotka mitattiin vuosina 1968 - 1969 (UUSVAARA 1974), mutta puusto oli nyt vanhempaa ja järeämpää. Kun tavoitteeksi asetettiin, että ainakin metsikön muutamat rungot jo olisivat saavuttaneet tyvitukin osalta sahapuun mitat, nuorimmat metsiköt olivat käytännössä noin 35-vuotiaita. Tutkimusaineistoon hyväksyttiin ainoastaan viljelymetsiköitä, joissa luonnontaimien osuuden tiedettiin jääneen vähäiseksi ja joiden alkuperästä ja käsittelystä oli saatavissa riittävät tiedot. Sekapuuston enimmäismääräksi hyväksyttiin 10 % metsikön kuutiomäärästä.

Koealat sijoitettiin kussakin metsikössä maastoltaan ja metsätyypiltään yhtenäiselle alueelle, joten viljelymänniköt olivat rakenteeltaan hyvin yhtenäisiä ja tasaisia. Vertailuaineistoksi valitut luonnontaimiköt olivat sen sijaan syntytapansa ja kehityserojensa vuoksi puuston rakenteen suhteen huomattavasti heterogeenisempia.

Koemetsiköitä oli kaikkiaan 11 eri paikkakunnalta 61 kpl, joista 31 viljeltyjä ja 30 luontaisesti syntyneitä männikköä. Kohteista pääosa eli 40 metsikköä sijaitsi metsähallituksen tai metsäopistojen ja loput 21 metsikköä metsäntutkimuslaitoksen alueilla. Viljelymänniköistä 26 % oli perustettu istuttamalla ja 74 % kylvämällä, joka oli vuosisadan alkupuolella yleisin uudistustapa. Pääasiallisin kylvömenetelmä oli aikoinaan ruutukylvö, jossa tavallisesti käytettiin tiheämpiä ruutuvälejä kuin nykyisin, usein 1,5 x 1,5 m tai 1,8 x 1,8 m. Kylvöistä 16 % oli hajakyl-

vöjä. Myös istutuksista noin puolet oli perustettu nykyistä tiheämmin taimiväleihin.

Koepuustoiksi valittiin yleensä säännöllisen metsänhoidollisen käsittelyn kohteena olleita metsiköitä. Viljelymänniköistä voitiinkin dokumentoida sekä perustamistiedot että käsittelytavat ja -ajat kehitysvaiheittain lähes poikkeuksetta joko muistiinpanojen tai muistitiedon perusteella. Luonnonmänniköiden syntyvaiheet sekä käsittely etenkin kehityksen alkuvaiheissa jäivät sen sijaan useasti varsin hataran tiedon varaan. Puuston tiheyden ja koon suhteen sekä viljellyt- että luonnonmetsiköt olivat hyvin toisiinsa verrattavissa, sillä esimerkiksi molempien pohjapinta-alat olivat keskimäärin lähes yhtä suuret. Luonnonmänniköt olivat kuitenkin jonkin verran järeämpiä ja mahdollisesti voimakkaammin harvennettuja kuin viljelmät, mikä ilmenee seuraavan asetelman luvuista. Luonnonmetsiköiden hehtaaria kohti alhaisempi runkomäärä johtuu myös osittain koealojen keskittymisestä pääasiassa puolukkatyypille.

	Koeala, m ²	Runkoja/ha
Viljelymänniköt	267	852
Luonnonmänniköt	1184	639

Metsiköt jakautuivat metsätyypeittäin koealojen lukumäärän mukaan seuraavasti:

	Viljelymänniköt	Luonnonmänniköt
	%	
CT	3	7
VT	45	82
MT	28	7
OMT	25	4

Viljelymetsiköistä sijaitsi siis lähes puolet männyn

normaaleja kasvupaikkoja viljavammilla maapohjilla, mikä osittain kuvaa männyn uudistamisen suuntautumista metsänviljelytoiminnan alkuaikoina. Luontaisesti syntyneet männiköt taas keskittyvät yleensä männyn fysiologisten vaatimusten johdosta puolukkatyypille tai sitä karummille kasvupaikoille.

Pystykoepuita mitattiin viljelymänniköistä 630 kappaletta ja luonnonmänniköistä 1810 kappaletta eli yhteensä 2440 runkoa. Näistä kaadettiin arvonnän jälkeen tarkempia kokeita varten vastaavasti viljely- ja luonnonmänniköistä 165 ja 150 runkoa, joista tyvitukki apteerattiin yleisesti käytettyjen laatuluokitusohjeitten mukaisesti (HEISKANEN ja SIIMES 1959) kuitenkin ns. Järvi-Suomen luokitusta soveltamalla. Kunkin tukin tyvestä leikattiin pinnasta ytimeen ulottuva pisimmän ja lyhimmän läpimitan puolivälistä otettu sektori, josta määritettiin puuaineen kuiva-tuoretiheys, vuosiluston leveys ja kesäpuuprosentti. Kun jokainen sektori käsiteltiin kahdessa osassa, kertyi tällaisia näytteitä 600 kappaletta.

Kaikki tukit sahattiin ja sahatavara lajiteltiin silmävaraisesti. Joka toisesta tukista luokiteltiin yksi soiro tai lankku koneellisella lajittelulla, eli yhteensä noin 150 sahatavarakappaletta.

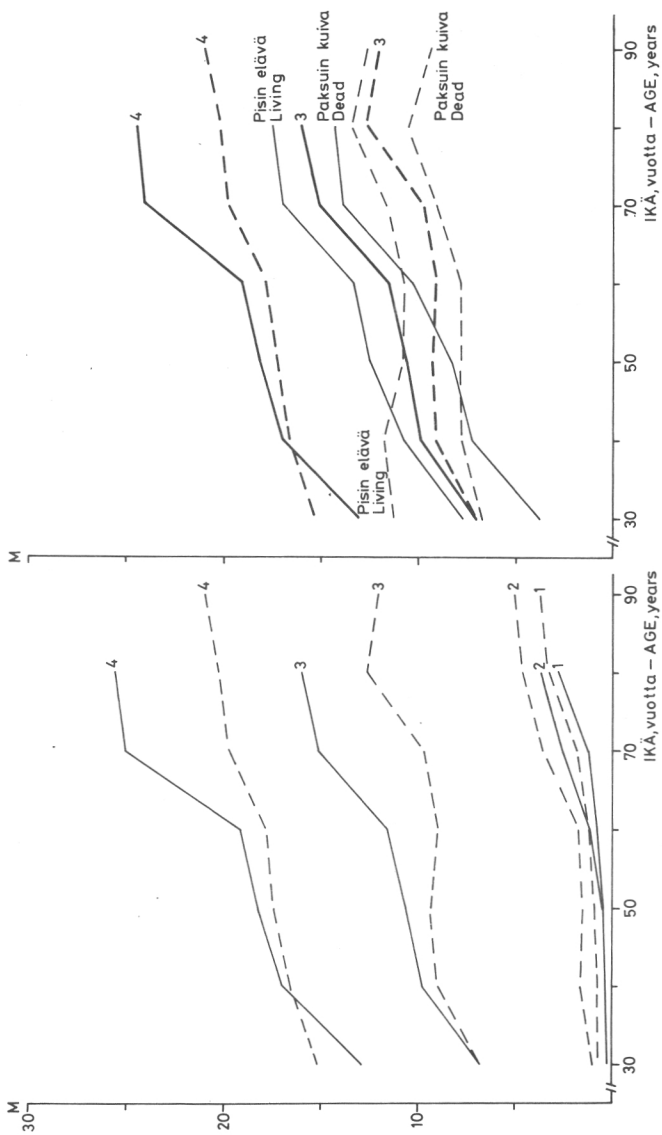
3. RUNKOJA JA TUKKEJA KOSKEVAT TULOKSET

31. Runkojen karsiutuminen

Kuvassa 1 esitetään oksaisuudeltaan erilaisten rungon vyöhykkeiden riippuvuus puun iästä viljely- ja luonnonmetsiköissä. Runkojen pituus lisääntyy tasaisesti iän kasvaessa, mutta pituuskasvu on etenkin vanhoissa viljelymänniköissä kuitenkin nopeampaa kuin luonnonmetsiköissä. Tähän vaikuttaa osittain viljelyalojen parempi metsätyyppi (s. 20).

Oksaton rungonosa pitenee puun iän myötä, mutta piteneminen nopeutuu erityisesti 60 ikävuoden jälkeen. Oksattoman samoin kuin oksakyhmyisen rungonosan yläraja on kuitenkin koko ajan luonnonmäntyrungoissa korkeammalla kuin viljelyrungoissa. Oksien varisemisen nopeutuessa oksakyhmyisen osan pituus näyttää kuitenkin pysyvän jokseenkin vakiona. Kuivaoksainen rungonosa samoin kuin latvus pitenevät viljelymänniköissä selvästi iän myötä, kun taas luonnonmänniköiden rungoissa kehitys näyttää olevan pikemminkin päinvastainen (vrt. taulukko 2).

Pitkä kuivien oksien vyöhyke johtuu ilmeisesti viljelymäntyrunkojen luonnonrunkoja paksummista oksista, joiden kuivuminen ja variseminen on hidasta vielä myöhäiselläkin iällä. Eroja on havaittavissa myös eri viljelytapojen välillä. Istutusmänniköissä karsiutuminen on hitaampaa kuin kylvömänniköissä, ja eri kylvötapojen vertailu osoittaa puolestaan, että hajakylvetyillä alueilla runkojen karsiutuminen on nopeinta. Eri viljelytapojen aiheuttamat erot rungon oksikkuudessa ilmenevät seuraavasta asetelmasta joka kuvaa etäisyyttä alimpaan kuivaan oksaan maanpinnasta ja rungon paksuimman kuivan oksan paksuutta 40 - 60-vuotiaissa viljelymänniköissä.



Kuva 1. Rondon eri oksaisuusvyöhykkeiden, puun pituuden sekä suurimpien oksien kehitys iän mukana. Katkoviiva = luonnonmännikkö. 1 = Kynnäraja, 2 = oksaraja, 3 = latvusraja, 4 = puun pituus.

Fig. 1. Development with age of the branchiness zones, the tree height and the biggest branches. Broken line = natural pine stands. 1 = knot bumb limit, 2 = branch limit, 3 = crown limit, 4 = tree height.

Taulukko 2. Eri oksaisuusvyöhykkeiden suhteelliset pituudet ikäluokittain.
 Table 2. Relative heights of the branchiness zones by age classes.

Ikäluokka Age class	Kyhmyraja Knot bumb limit		Kuivat oksat Dry branch limit		Elävät oksat Crown limit		
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	
30	1,4	0,7	1,6	1,1	52,3	9,9	
40	2,1	1,5	3,1	2,7	55,8	10,0	
50	2,8	2,1	5,1	5,4	57,2	12,6	
60	4,3	3,4	7,5	6,3	61,7	11,7	
70	4,8	1,2	9,4	4,2	60,4	4,2	
80	10,8	6,1	14,0	5,2	62,2	5,2	
90							
			Viljelymänniköt, % - Plantations, %				
30	3,7	2,2	3,9	2,2	44,7	9,8	
40	3,7	2,0	9,1	9,4	52,7	10,6	
50	4,1	2,6	7,8	7,7	52,8	8,3	
60	5,3	2,9	8,5	5,9	50,1	8,0	
70	5,4	2,8	17,7	16,2	51,5	11,2	
80	17,3	6,6	20,8	14,2	54,2	12,5	
90	17,6	7,5	23,8	13,8	57,0	11,2	
			Luonnonmänniköt, % - Natural stands, %				

Taulukko 3. Rungon eri oksaisuusvyöhykkeiden korkeuden riippuvuus iästä ja puun rinnankorkeusläpimitasta.

Table 3. Correlation between the height of stem branchiness zones and age and DBH.

D _{1,3} , cm	Kyhmyraja, dm - Knot bump limit, dm																		
	Oksaraja, dm - Branch limit, dm				Latvusraja, dm - Crown limit, dm				Ikä, a - Age, years										
	< 45	46-65	> 66	Ikä, a - Age, years	< 45	46-65	> 66	Ikä, a - Age, years	< 45	46-65	> 66	Ikä, a - Age, years							
Dbh, cm	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s							
Viljelymänniköt - Plantations																			
15	2	2	4	2	4	5	2	4	5	6	7	11	79	18	85	19	50	12	
20	3	2	5	4	10	16	5	5	8	8	4	2	88	25	101	25	125	19	
25	3	2	5	5	10	5	6	5	8	8	8	22	14	103	29	111	26	139	22
30	4	2	5	5	21	18	5	3	8	8	9	28	21	99	34	111	25	151	18
Luonnonmänniköt - Natural stands																			
15	4	1	6	5	10	8	5	2	13	12	26	25	58	4	71	21	80	19	
20	5	2	7	6	13	9	9	7	15	13	33	31	85	30	92	17	94	24	
25	5	5	6	4	14	9	8	7	17	15	35	33	86	20	97	18	111	34	
30	..	..	8	4	13	8	..	..	14	9	36	33	..	..	102	17	118	34

	Alimman kuivan oksan korkeus, dm	Paksuimman kuivan oksan paksuus, mm
Istutus	5	38
Ruutukylvö	7	28
Hajakylvö	4	25

Taimiston varhaiskehitys, lähinnä kasvutiheys, heijastuu ilmeisesti rungon alimman osan oksikkuudessa, vaikkakin perustamistiheyden vaikutus häviää iän mukana. Tätä kuvaa eri tavoin perustettujen viljelyrunkojen luston leveys ytimen ympäristössä rungon 0-korkeudella.

Istutus	Ruutukylvö Luston leveys, mm	Hajakylvö
3,4	2,7	2,2

Myös suhteessa rungon pituuteen on virheettömän ja kyhmyisen rungonosan pituus viljelymänniköissä luonnonmänniköitä alhaisempi, kun taas kuivia oksia käsittävä rungonosa on vastaavasti pidempi mutta latvus lyhyempi (taulukko 2). Tulos on merkittävä rungon käyttöarvon kannalta, sillä kuivat oksat alentavat sahatavaran laatua enemmän kuin elävät oksat.

Luonnonmänniköissä oli luston leveys ytimen ympäristössä 40 - 60-vuotiaissa rungoissa keskimäärin 1,8 mm ja etäisyys alimman kuivan oksan rajaan 16 dm. Eri viljelymenetelmistä näyttää siis hajakylvämällä syntynyt puusto muisuttavan eniten oksaisuustunnuksiltaan ja laadultaan luonnonpuustoja. Tähän suuntaan viittaavat myös KALLION (1960) saamat kylvömanniköiden kehitystä koskevat tulokset. Runkojen karsiutumiskehitys oli näiden, runsaasti hajakylvöalueilta peräisin olevaa aineistoa sisältäneiden tutkimusten mukaan jopa nopeampaa kuin esimerkiksi NYSSÖSEN (1954, s. 87) toteama karsiutuminen toistuvasti harvennetuissa männiköissä.

Oksaisuudeltaan erilaisten rungonvyöhykkeiden pituus lisääntyy latvusta lukuunottamatta iän mukana, mutta karsiutumiseen vaikuttaa myös rungon paksuuskasvunopeus. Nuorissa metsiköissä oksista karsiutunut ja virheetön rungonosa ei sanottavasti pidentynyt rungon järeytyessä, vaan tietyn ikäisistä rungoista paksuimmat olivat heikoimmin karsiutuneita ja siten heikkolaatuisimpia sekä viljely- että luonnonmänniköissä (taulukko 3). Vanhimmassa ikäryhmässä olivat heikkolaatuisimpia toisaalta myös ohuimmat rungot, vaikka niiden oksisto oli toisaalta kuivunut varsin korkealle ja latvus näin ollen lyhentynyt. Latvusraja sen sijaan nousi rungon paksuuskehityksen myötä myös nuorissa metsiköissä, mikä merkitsee nopeasti kasvaneissa rungoissa pientä latvusta ja pitkää kuivaoksaista rungonosaa (kuva 1 ja taulukko 2).

Jo aikaisemmin todettiin selviä eroja runkojen karsiutuneisuudessa sekä metsiköiden välillä että niiden sisällä siten, että heikoimmin karsiutuneita ovat metsikössä suurimmat sekä toisaalta pienimmät puut (UUSVAARA 1974). Käsillä olevassa työssä havaittiin sama kehityssuunta viljelymänniköissä, mutta luonnonmänniköissä rungon koon ja karsiutuneisuusasteen välinen riippuvuus oli heikompi. Mainitun suuntaiset tulokset tuntuivat puoltavan männiköiden harvennuksessa ja väljennyksessä yläharvennustyyppisiä hakkuita, joissa poistettaisiin ylispuiden lisäksi suurimpia ensimmäisen latvuskerroksen puita. Tämän mahdollisuuden ovat yhtenä hakkuumenetelmänä esittäneet myös mm. NYSSÖNEN (1954), HEISKANEN (1965) ja VUOKILA (1977).

Myös metsätyyppi vaikuttaa oksien karsiutumiseen ja kylestymiseen sekä latvusrajan sijaintiin. Tätä kuvaa myös rungon ensimmäisen täyden oksakiehkuran korkeus, joka on pienin käenkaali-mustikkatyyppin ja puolukkatyyppin kasvupaikoilla, kun vertailtavina ovat samanikäiset rungot.

Taulukko 4. Viljelymäntyrunkoja kuvaavien muuttujien korrelaatiomatriisi.
Table 4. Correlation matrix of variables that explain plantation-grown pine stems.

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀
x ₁	1,000									
x ₂	-0,053	1,000								
x ₃	0,288	- ,036	1,000							
x ₄	0,497	- ,219	,391	1,000						
x ₅	- ,158	- ,152	,014	- ,359	1,000					
x ₆	,357	,699	,146	,074	- ,462	1,000				
x ₇	,374	,511	,077	,437	- ,679	,787	1,000			
x ₈	,093	,211	- ,050	,340	- ,370	,250	,592	1,000		
x ₉	,238	,693	- ,113	- ,064	- ,182	,552	,489	,259	1,000	
x ₁₀	,187	,687	- ,121	- ,126	- ,156	,569	,451	,216	,777	1,000
x ₁₁	,400	,630	,161	- ,017	- ,230	,812	,533	,113	,506	,529
x ₁₂	,402	- ,020	,349	,729	- ,122	,149	,331	,249	,186	- ,069
x ₁₃	,052	,880	,084	- ,316	- ,105	,835	,412	- ,064	,699	,525
x ₁₄	,177	- ,010	,155	,500	- ,123	,053	,313	,278	,103	,056
x ₁₅	,390	,798	,237	- ,165	,139	,854	,354	- ,040	,651	,564
x ₁₆	,060	- ,527	,311	,559	- ,001	- ,376	- ,126	,032	- ,563	- ,585
x ₁₇	,046	- ,498	,256	,521	,002	- ,362	- ,362	,063	- ,542	- ,512
x ₁₈	,413	,577	,023	,326	- ,189	,653	,653	,429	,600	,576
x ₁₉	,245	,012	,136	,393	- ,102	,145	,145	,214	,169	,067

Taulukko 5. Luonnonmäntyrunkoja kuvaavien muuttujien korrelaatiomatriisi.
Table 5. Correlation matrix of variables that explain natural pine stems.

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀
x ₁	1,000									
x ₂	- ,111	1,000								
x ₃	,327	,115	1,000							
x ₄	,012	,133	- ,214	1,000						
x ₅	- ,091	- ,079	- ,117	- ,284	1,000					
x ₆	,285	,336	,566	,013	- ,367	1,000				
x ₇	,258	,425	,463	,390	- ,614	,624	1,000			
x ₈	- ,046	,273	,156	,400	- ,292	,167	,576	1,000		
x ₉	- ,079	,475	- ,013	- ,083	- ,080	,153	,194	,128	1,000	
x ₁₀	- ,065	,320	,182	- ,089	- ,092	,316	,196	,091	,458	1,000
x ₁₁	,123	,212	,725	- ,012	- ,161	,699	,373	,100	,165	,545
x ₁₂	,284	- ,299	,257	,507	- ,047	,204	,262	,227	- ,236	- ,140
x ₁₃	,117	,223	,573	- ,133	,186	,567	,125	- ,179	,366	,388
x ₁₄	,239	,021	,053	,172	- ,090	,042	,301	,347	- ,041	,007
x ₁₅	,203	,109	,598	- ,292	,152	,601	,152	- ,133	,282	,282
x ₁₆	,137	- ,327	- ,101	,639	- ,020	- ,247	- ,004	,029	- ,327	- ,489
x ₁₇	,066	- ,258	- ,135	,543	- ,009	- ,239	- ,044	,032	- ,268	- ,395
x ₁₈	,395	,320	,425	,338	- ,198	,490	,797	,380	,107	,107
x ₁₉	,320	,103	,025	,469	- ,046	,005	,238	,276	- ,138	- ,116

x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

1,000								
,165	1,000							
,828	,035	1,000						
-,078	,362	-,012	1,000					
,964	,075	,728	-,043	1,000				
-,416	,263	-,418	,222	-,405	1,000			
-,359	,170	-,467	,177	-,421	,810	1,000		
,488	,429	,420	,381	,473	-,163	-,175	1,000	
-,034	,321	-,012	,740	-,014	,135	,098	,456	

x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	x_{18}	x_{19}
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

1,000								
,159	1,000							
,800	,175	1,000						
-,102	,421	-,126	1,000					
,760	,176	,733	-,019	1,000				
-,251	,282	-,374	,193	-,353	1,000			
-,215	,228	-,239	,069	-,296	,779	1,000		
,263	,310	,192	,327	,207	-,077	-,138	1,000	
-,263	,446	-,173	,749	-,222	,347	,258	,297	

Metsätyyppi	Ikäluokka, a	
	\bar{x} 45	46 - 55
	1. oksakiehkura maanpinnasta, dm	
VT	16	31
MT	16	36
OMT	11	12

Samansuuntainen eri metsätyyppien välinen runkojen karstiutumiserro havaittiin jo tekijän aiemmassa tutkimuksessa (UUSVAARA 1974), jossa erityisesti kahden parhaan metsätyyppin välinen ero oli selvä.

Seuraavat yhtälöt kuvaavat oksaisuudeltaan erilaisten rungonosien pituuden ja puun iän välistä korrelaatiota viljely- ja luonnonmänniköissä.

Viljelymänniköt:

Regressioyhtälö	\bar{y}	r
$y_1 = 2,0719 x + 9,9864$	17,96	0,693
$y_2 = 0,4983 x - 19,406$	0,61	0,689
$y_3 = 0,7266 x - 27,895$	0,92	0,695
$y_4 = 1,5396 x + 24,365$	10,39	0,616

Luonnonmänniköt:

Regressioyhtälö	\bar{y}	r
$y_1 = 0,5424 x + 144,73$	18,07	0,307
$y_2 = 0,2014 x - 3,6298$	0,97	0,467
$y_3 = 0,4711 x - 7,6826$	2,31	0,342
$y_4 = 6,3571 x + 71,402$	9,51	0,224

Yhtälöissä

y_1	= puun pituus, dm
y_2	= oksakyhmyisen rungonosan korkeus, dm
y_3	= kuivaoksaisten rungonosan korkeus, dm
y_4	= latvusraja, dm
x	= puun ikä, a

Yhtälöihin liittyvistä korrelaatiokertoimista nähdään, että viljelymänniköistä lasketut korrelaatiokertoimet ovat merkittävästi korkeampia kuin luonnonmänniköistä saadut kertoimet. Oksaisuusrajojen korkeuden vaihtelusta ei luonnonmänniköissä siis voida selittää iän avulla yhtä suurta osaa kuin viljelymänniköissä, joissa eri oksaisuusrajojen selitysprosentit ovat 47, 48 ja 38 prosenttia. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty eräiden pystykoepuista ja koealoilta mitattujen rungton ulkoisia laatutunnuksia kuvaavien muuttujien keskinäinen riippuvuus. Taulukoista ilmenee että muuttujien väliset korrelaatiot ovat yleensä viljelymänniköissä korkeampia kuin luonnonmänniköissä. Tämä johtuu pääasiassa muuttujien arvojen suuremmasta vaihtelusta luonnonmänniköissä.

Taulukoissa 6 ja 7 esitetään viljely- ja luonnonmäntyrunkojen pystypuista ja tyvitukeista mitattuja ja tyvitukin oksaisuusluokan mukaan ryhmiteltyjä ominaisuuksia. Runkojen mittaustuloksia tarkasteltaessa voidaan päätellä, että heikkolaatuisimmat tukit tulevat toisaalta nuorista, pienikokoisista rungoista sekä toisaalta verrattain järeistä, nopeakasvuisista rungoista. Heikkolaatuisimmat tukit ovat nimittäin peräisin järeimpiin runkoihin kuuluvista mutta eivät kuitenkaan pisimmistä puista.

Rungon karsiutuneisuus on sitä heikompi ja oksien paksuus sitä suurempi, mitä heikommasta laatuluokasta on kysymys. Varsinkin luonnonmäntyrunkojen ominaisuuksia esittävästä taulukosta voidaan esimerkiksi läpimittojen perusteella päätellä myös se jo aiemmin todettu seikka, että parhaat tukit eivät ole peräisin metsikön suurimmista rungoista. Iän ja oksan paksuuden perusteella nähdään, että tukin laatu on paras vanhoissa hitaasti kasvaneissa rungoissa (taulukko 6). Viljelymänniköiden ensimmäisen oksaisuuslaatuluokan tukit eivät siis ilmeisestikään aina järedestään huolimatta ole todelliselta laatuluokaltaan parhaita, vaan nopean nuoruudenkehityksen aiheuttamat viat kät-

Taulukko 6. Oksaisuusluokaltaan erilaisten tyvitukkien ja runkojen ominaisuuksia. Viljelymänniköt.

Table 6. Properties of butt logs and stems of differing branchiness classes. Plantation-grown pine stands.

Ominaisuus Property	Oksaisuusluokkala - Branchiness class											
	1			2			3			4		
	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n
x ₆	222	40	56	197	30	185	177	27	173	198	4	
x ₇	259	60	56	216	37	188	224	34	173	300	4	
x ₂	69	15	56	54	11	188	48	9	173	47	4	
x ₅	1,1	0,3	56	1,3	0,5	188	1,2	0,4	173	1,0	4	
x ₈	47	14	56	39	10	188	44	11	172	65	4	
x ₁₈	22	5	55	18	3	187	19	3	169	25	4	
x ₁₇	1,3	0,7	56	2,2	0,5	188	3,2	0,4	173	4,0	4	
x ₃₄	48	7	55	49	7	187	47	8	168	49	4	
x ₄	12	-	4	20	4	149	30	7	112	56	4	
x ₉	24	19	47	6	5	188	4	3	173	1	4	
x ₁₀	35	25	45	11	19	188	5	5	173	1	4	
x ₁₁	140	32	56	113	29	185	98	27	170	116	4	
x ₁₂	32	13	50	27	6	140	33	7	112	..	4	
x ₁₄	34	9	50	33	6	140	38	8	112	44	4	
x ₁₅	148	37	50	124	31	140	104	29	112	98	4	
x ₁₉	273	61	50	281	60	140	292	53	112	380	4	
x ₁₃	110	43	50	89	28	140	67	29	112	50	4	
x ₂₃	419	36	18	433	40	63	420	54	70	..	..
x ₂₄	418	39	18	436	49	64	428	60	70	..	..
x ₂₅	2,1	0,4	18	2,6	0,6	64	3,4	1,0	70	..	..
x ₂₆	1,9	0,4	18	2,2	0,7	64	2,5	1,0	70			
x ₂₇	29	5	18	26	5	64	25	5	70			
x ₂₈	36	5	18	33	6	64	30	6	70			

Taulukko 7. Oksaisuusluokaltaan erilaisten tyvitukkien ja runkojen ominaisuuksia. Luonnonmänniköt.

Table 7. Properties of butt logs and stems of differing branchiness classes. Natural pine stands.

Ominaisuus Property	Oksaisuuslaatuluokka - Knottiness class								
	1			2			3		
	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n	\bar{x}	s	n
x ₆	195	32	132	184	23	173	179	21	119
x ₇	235	54	460	220	41	629	240	44	215
x ₂	76	17	120	68	19	150	60	10	130
x ₅	1,3	0,5	457	1,3	0,5	603	1,2	0,5	189
x ₈	46	13	460	44	13	628	47	17	215
x ₁₈	20	4	427	19	3	579	20	4	201
x ₃₄	49	8	427	49	6	588	49	6	207
x ₁₇	1,3	0,6	460	2,2	0,5	629	3,1	0,3	215
x ₄	11	4	460	18	6	628	25	6	215
x ₉	14	14	453	9	5	269	7	4	214
x ₁₀	44	37	418	19	12	629	11	8	214
x ₁₁	113	34	182	99	27	219	97	20	130
x ₁₂	26	7	182	26	7	219	34	7	130
x ₁₄	35	7	182	34	8	219	41	10	130
x ₁₅	130	27	182	113	26	219	102	19	130
x ₁₉	251	55	182	259	47	219	319	51	130
x ₁₃	999	276	182	839	225	219	706	252	130
x ₂₃	447	33	45	449	48	68	447	35	21
x ₂₄	478	53	45	467	48	68	464	47	21
x ₂₅	1,6	0,6	45	1,7	0,7	68	2,4	0,6	21
x ₂₆	1,7	0,5	45	1,8	0,7	68	1,8	0,6	21
x ₂₇	33	5	45	33	5	68	27	5	21
x ₂₈	33	5	45	34	7	68	33	5	21

keytyvät rungon sisälle (sivu 56).

Rungon pisin oksa kuvaa tyvitukin laatua paremmin kuin rungon suurimman kuivan oksan paksuus. Viljelymänniköissä myös pisimmän oksan pituus kasvaa tukin laadun heiketessä, mikä kuvaa osittain latvuksen leveyden riippuvuutta puun yleisestä laadusta.

HEISKANEN (1965) korostaa tutkimuksissaan rungon oksatoman osan pituuden ja oksaisuuden merkitystä sahapuun laadun kannalta. Oksaton rungonosa on kaikissa läpimittaluokissa sitä lyhyempi ja tyviosan oksat sitä paksummat mitä suurempi puun kasvunopeus on ollut. Hänen mukaansa oksista vapaan rungonosan pituus nousee 4 m:iin n. 80 vuoden iässä ja on tällöin n. 15 % rungon pituudesta. HEIKINHEIMO (1953) mainitsee vastaavasti, että oksista puhdistunut tyvikappale on 14 % rungosta jo 50 vuoden iässä. Myös KALLIO (1960) totesi kylvömänniköiden karsiutuneen 4 m korkeuteen mustikkatyypillä jo 55 vuoden iässä. Hänen tutkimuksensa vertailukelpoisuutta oheisen tutkimuksen tuloksiin vähentää kuitenkin se, että aineistoon otettiin mukaan rajoituksetta myös hajakylvöalueitten puustoa. Myös OMT:n kasvupaikkojen männiköt oli rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. KÄRKKÄISEN (1980 a) tutkimuksissa oksaton rungonosa vaihteli luonnonmänniköissä pituudeltaan 26 - 75 m:iin tukin laadun mukaan. Vastaavasti hänen toisessa tutkimuksessaan (1980 b) hyvälaatuisen leimikon rungot olivat karsiutuneet 89 dm:iin mutta heikkolaatuisessa leimikossa vain 36 dm:iin. Tulokset eivät ole täysin verrattavissa käsillä olevaan tutkimukseen, jonka aineistoon oli valittava etupäässä nuorehkojen luonnonmänniköiden puustoa.

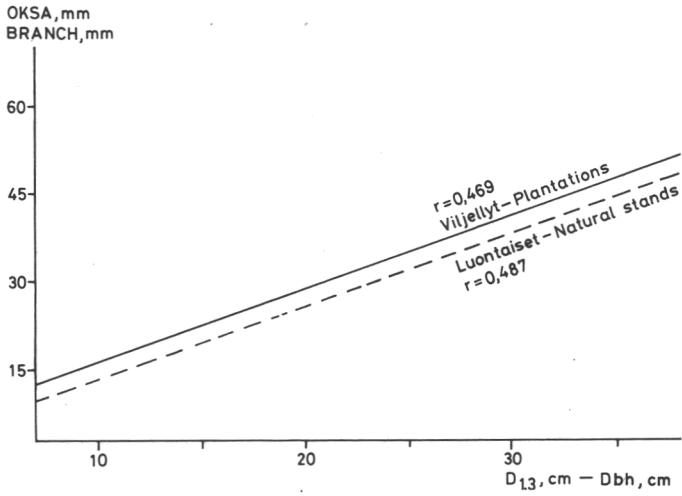
Koska vain tyvitukit ovat yleensä täysin karsiutuneet oksistaan, on laatulajittelun erääksi perustaksi esitettykin tyvitukkien erottamista muista tukeista (HEISKANEN 1971, ASIKAINEN 1980, KÄRKKÄINEN ja SALMI 1981).

Rungon oksien kuivuminen ja kylestyminen liittyvät läheisesti latvuksen pituuden kehitykseen. NILSSON (1968) on todennut latvuksen pituuden myös periytyväksi ominaisuudeksi, jonka vaikutuksen metsikön tiheysmuutokset kuitenkin yleensä peittävät. Puuston tiheyden vaikutusta kuivaoksisaisen 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 latvus supistui metsikön tiheyden kasvaessa. KELLOMÄKI (1980 ja 1981) on selvittänyt nuorten männiköiden oksien, neulasten ja runkopuun muodostumista ja kasvua ja niiden jakosuhteiden riippuvuutta valaistusoloista. Hänen mukaansa mäntyrunгон kasvun osuus on suurimmillaan, kun latvuksen valaistus on 60 - 70 % vastaavasta aukean alueen valaistuksesta.

32. Runkojen oksikkuus

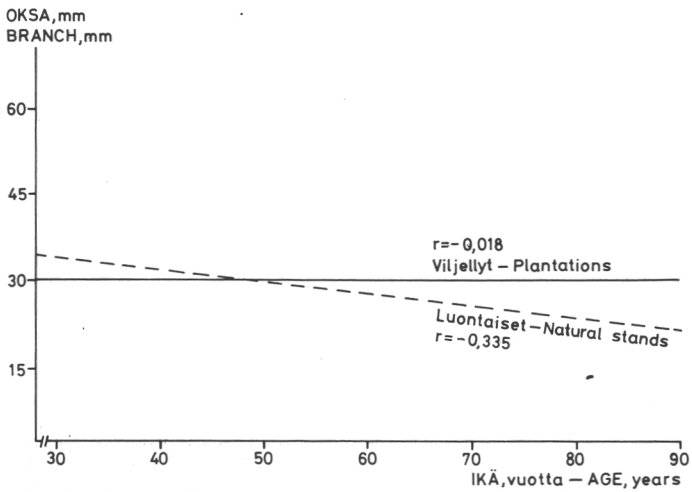
Oksikkuudella tarkoitetaan tässä yhteydessä rungon pinnan ulkopuolella olevien oksien runsautta, paksuutta, lukumäärää ja karsiutuneisuutta (vrt. UUSVAARA 1974, s. 10).

Oksat ovat oleellinen osa puusta, joten oksien paksuus ja tilavuus sekä niiden osuus rungon tilavuudesta riippuvat rungon paksuudesta. Oksan paksuus kasvaa pääasiassa rungon paksuuskasvun myötä eikä riipu yhtä voimakkaasti puun iästä. Jo aikaisemmassa tutkimuksessa (UUSVAARA 1974) rinnankorkeusläpimitta osoittautui parhaaksi rungon paksuimman kuivan ja elävän oksan paksuuden selittäjäksi. Niiden avulla voitiin selittää 63 ja 54 % viljelymäntyrunkojen suurimpien oksien paksuuden vaihtelusta. Selittämättä jäänyt vaihtelu riippuu mm. ulkoisista kasvuoloista, esimerkiksi naapurirunkojen vaikutuksesta, valaistusoloista sekä toisaalta metsikön geneettisestä perusrakenteesta.



Kuva 2. Rungon paksuimman kuivan oksan paksuuden riippuvuus puun rinnankorkeusläpimitästä.

Fig. 2. Correlation between the diameter of the thickest dead branch of the stem and breast height diameter.



Kuva 3. Rungon paksuimman kuivan oksan paksuuden riippuvuus iästä.

Fig. 3. Correlation between the diameter of the thickest dry branch of the stem and age.

Myös tässä työssä rinnankorkeusläpimitan ja rungon suurimpien oksien välillä vallitsi kumpaakin alkuperää olevassa aineistossa vahva korrelaatio, kun taas oksien paksuus korreloi jopa negatiivisesti iän kanssa (kuvat 2 ja 3). Luonnonmänniköissä tällainen kehityssuunta on vielä selvempi kuin viljelymänniköissä.

Riippuvuuksia kuvaavat seuraavat yhtälöt.

Viljelymänniköt

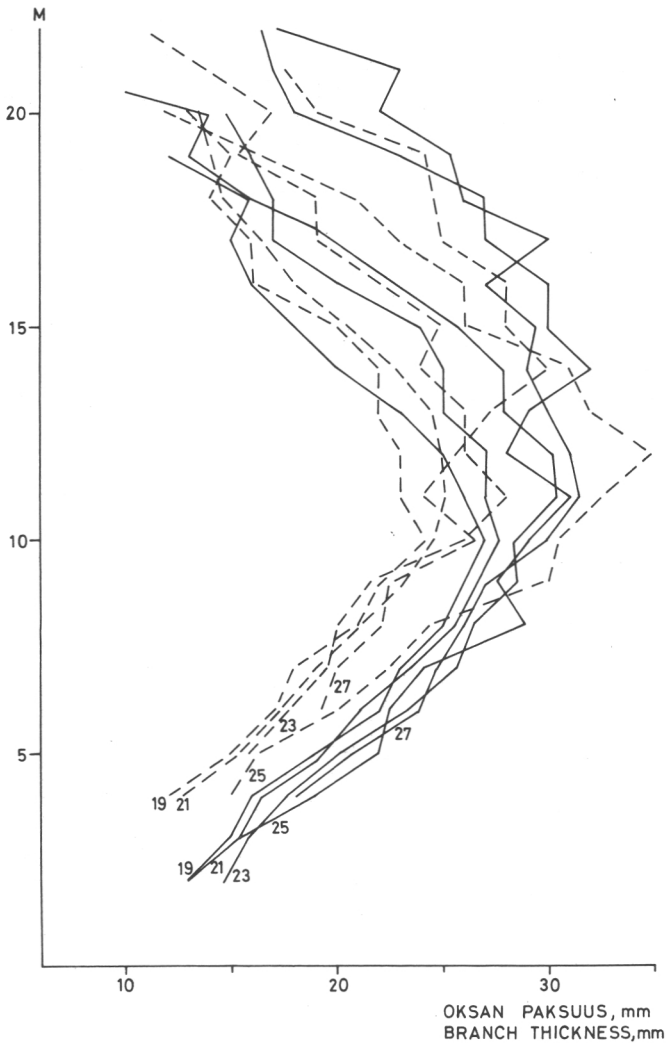
Regressioyhtälö	\bar{y}	r
$y_1 = -0,1265 x_1 + 31,808$	31	-0,018
$y_2 = 0,00505 x_1 + 35,901$	36	-0,009
$y_1 = 1,2255 x_2 + 4,2698$	31	0,469
$y_2 = 0,96424 x_2 + 14,502$	36	0,448

Luonnonmänniköt

$y_1 = -0,14244 x_1 + 37,562$	27	-0,335
$y_2 = -0,02596 x_1 + 37,529$	35	-0,055
$y_1 = 1,2967 x_2 - 0,77168$	27	0,487
$y_2 = 1,6765 x_2 - 0,88920$	35	0,567

- y_1 = rungon paksuimman kuivan oksan paksuus, mm
 y_2 = rungon pisimmän elävän oksan paksuus, mm
 x_1 = rungon ikä, a
 x_2 = rungon rinnankorkeusläpimita, cm

Rungon läpimitan ohella oksan paksuus riippuu myös puun pituus- mutta erityisesti paksuuskasvunopeudesta, jonka lisääntyminen edistää samassa suhteessa oksien paksuuskasvua. Jo aiemmin todettiin rungon kasvunopeus tärkeäksi rungon suurimpien oksien paksuuden ja pituuden vaihteluita selittäväksi tekijäksi (UUSVAARA 1974). Näin ollen nuorena puussa voi olla paksummat oksat kuin huomattavasti vanhemmassa runkossa, ja keskimäärin oksat ovatkin sitä ohuempia mitä vanhempi tietyn paksuinen runko on.



Kuva 4. Mäntyrunkojen oksien paksuus eri korkeuksilla ensimmäisestä oksakiehkurasta lähtien läpimittaluokittain. Katkoviiva = luonnonmänniköt.

Fig. 4. Thickness of the branches of pine stems at different heights by diameter class starting from the first branch whorl. Broken line = natural pine stands.

Puun ikääntyessä rungon paksuimmat oksat siirtyvät rungossa yhä ylemmäs ja tietyssä iässä oksien paksuus kulminoituu ja alkaa päinvastoin vähentyä runkojen karsiutumisen myötä. Käännekohta näyttää olevan noin 60 vuoden iässä, jonka jälkeen oksan paksuuden kasvu loppuu. Metsikön kiertojen alkuvaiheissa on oksien paksuuskasvu nopeinta, joten juuri tässä vaiheessa ovat tärkeimpiä myös rungon tyviosan oksien kasvua hidastavat metsänhoidolliset toimenpiteet.

Kuvassa 4 esitetään rungon oksien paksuus rungossa ensimmäisestä täydestä oksakiehkurasta ylöspäin. Luonnonmäntyrunkojen oksat ovat ohuempia kuin viljelyrunkojen oksat etenkin rungon alaosassa, mutta rungon yläosassa oksien paksuuserot häviävät osittain. Rungon paksuimmat oksat sijaitsevat pieniläpimittaisimmissa puissa rungon puolivälissä tai vähän sen alapuolella, mutta niiden sijainti nousee rungon läpimitan kasvaessa. Kuvasta nähdään myös että läpimitaltaan paksuimmat puut eivät välttämättä ole paksuoksaisimpia, kun tarkastellaan koko rungon oksia. Tyviosassa noin rungon puoliväliin asti erot ovat kuitenkin selvät siten, että suurimpiin läpimittaluokkiin kuuluvilla rungoilla on myös paksuimmat oksat. Luonnonmäntyrunkojen paksuimmat oksat sijaitsevat jonkin verran ylempänä kuin viljelymäntyjen, mikä ilmeisesti on seurausta luonnonmäntyrunkojen alaosan oksien nopeammasta kuolemiskehityksestä. Myös latvuksen muoto saattaa vaikuttaa paksuimpien oksien sijaintiin siten, että leveälatvuksisten puiden paksuimmat oksat sijaitsevat alempana kuin pitkä- ja kapealatuksisten puiden oksat.

Rungon karsiutuminen ja oksien paksuus riippuvat myös puun kasvunopeudesta. Mitä vanhempi tietyn paksuinen runko on sitä parempi se on yleensä laadultaan kuitenkin tiettyyn ikärajaan asti. Kasvunopeuden heiketessä voimakkaasti ohuetkaan oksat eivät pysty enää kylestymään ja karsiutuminen heikkenee (HEISKANEN 1965, UUSVAARA 1974, KELLOMÄKI ja TUI-

MALA 1981).

Asiaa kuvaa seuraava asetelma, joka osoittaa rungon paksuimman kuivan oksan paksuuden pienenevän tietyn ikäisen viljelymäntyrunгон rinnankorkeusläpimitan pienetessä.

Ikä, a		Rinnankorkeusläpimita, cm					
		29	27	25	23	21	19	17
		Oksan paksuus, mm					
\bar{x} 45	37	42	36	33	31	31	23
46-65	36	32	36	29	29	25	25
\bar{x} 66	49	29	33	27	23	..	..

Luonnonmänniköissä rungon paksuimman kuivan oksan paksuuden kehitys oli seuraava.

Ikä, a		Rinnankorkeusläpimita, cm					
		29	27	25	23	21	19	17
		Oksan paksuus, mm					
\bar{x} 45	35	35	33	31	30	..	..
46-65	34	32	31	34	25	26	..
\bar{x} 66	31	28	27	27	22	21	..

Rungon laadun kannalta on kuitenkin suurin merkitys tyvitukin alueelle syntyvien oksien paksuudella, sillä tukin laatu määräytyy pääasiassa oksien perusteella. Toisaalta kyseisten oksien paksuus kuvaa myös, joskin jonkin verran heikommin, rungon muiden tukkien oksaisuutta ja laatua. Jos oksat ovat paksuja, ne eivät varise vanhetessaan yhtä helposti, ja rungosta aikanaan valmistettavan sahatavaran sisään joutuu kuivia ja jopa lahoja oksia.

Rungon tyviosan paksuimpien oksien kuvaamiseksi mitattiin pystypuista tyvitukin pituisen rungonosan paksuin vielä näkyvissä oleva oksa sekä valmistetuista tukeista paksuin kuiva oksa ja muiden vielä kylestymättömien oksien keskipak-

suus. Tyvitukin alueelta havainnoidut oksat olivat kaikki kuolleita oksia. Viljelymänniköistä valmistetuista tyvitukeista 10 % oli kuitenkin täysin oksattomia, ja vastaava luku luontaisissa männiköissä oli 21 %.

Taulukosta 8 nähdään valmistettujen tyvitukkien oksien lukumäärä, keskipaksuus sekä suurimman oksan paksuus tukin todellisen laatuluokan mukaan. Yleinen kehityssuunta on, että oksan paksuus kasvaa tukin laadun heiketessä, ja luokkien väliset paksuimpien oksien läpimittaerot lisääntyvät heikompiin laatuluokkiin päin siirryttäessä. Viljelymänniköistä peräisin olevissa tukeissa oksat ovat vastaavissa laatuluokissa paksumpia kuin luonnonmänniköiden tukeissa. Oksien keskiläpimitan vaihtelu erilaatuisten tukkien välillä on vähäisempää kuin paksuimpien oksien paksuusvaihtelu. Myös oksien lukumäärä kasvaa tukin laadun heiketessä, mikä johtuu heikomman laadun ohella siitä, että heikolaatuiset tukit ovat peräisin keskimääräistä nuoremmista metsiköistä. Oksan paksuus sekä rungossa että tyvitukissa riippuu voimakkaasti rungon paksuuskasvunopeudesta (kuvat 7 ja 8, sivu 48).

Seuraava asetelma osoittaa pystypuiden tyvitukin alueelta mitattujen paksuimpien oksien keskiläpimitan, kun tukki on luokiteltu pelkästään oksaisuuden perusteella sekä toisaalta todellisen laatuluokan mukaan myös runkoviati mukaan luettuna (vrt. taulukko 8).

	Oksaisuusluokka				Todellinen laatuluokka			
	1	2	3	Hylky	1	2	3	Hylky
	Paksuin kuiva oksa, mm							
	x	s	x	s	x	s	x	s
Viljely-								
männiköt	12	3	20	4	30	6	56	9
Luonnon-								
männiköt	11	3	18	6	25	5	34	6
	10	3	17	6	24	7	25	9

Tulokset osoittavat myös tässä yhteydessä, että hyvien ja huonojen tukkien oksien paksuserot kasvavat erityisesti kaikkein huonoimpiin tukkeihin päin siirryttäessä. Viljelymänniköistä ja luontaisen siemennyksen kautta syntyneistä metsistä peräisin olevien tukkien väliset oksien paksuserot ovat suurimmat kaikkein huonoimmissa laatuluokissa.

Oksikkuutta ja oksien merkitystä laadun kannalta voidaan kuvata myös oksakulman, oksien lukumäärän ja pituuden sekä oksien katkaisupintojen peittävyyyden avulla rungon vai-passa. Oksakulma kuvaa myös oksan paksuutta, joka yleensä kasvaa rungossa oksakulman pienetessä. Oksakulman suuruus on myös erilainen rungon tyvi- ja latvaosissa siten, että kulma suurenee oksan iän lisääntyessä (mm. MAYER 1961). Yleisesti oksakulmaa pidetään vahvasti periytyvänä ominaisuutena (SCHÖPF 1954). Runkojen luontaisen karsiutumisen myötä sekä puiden iän lisääntyessä oksakulman merkitys laatutunnuksena kuitenkin vähenee.

Taulukko 8. Laatuluokaltaan erilaisten tyvitukkien paksuin oksa, oksien keskiläpimitta ja lukumäärä.

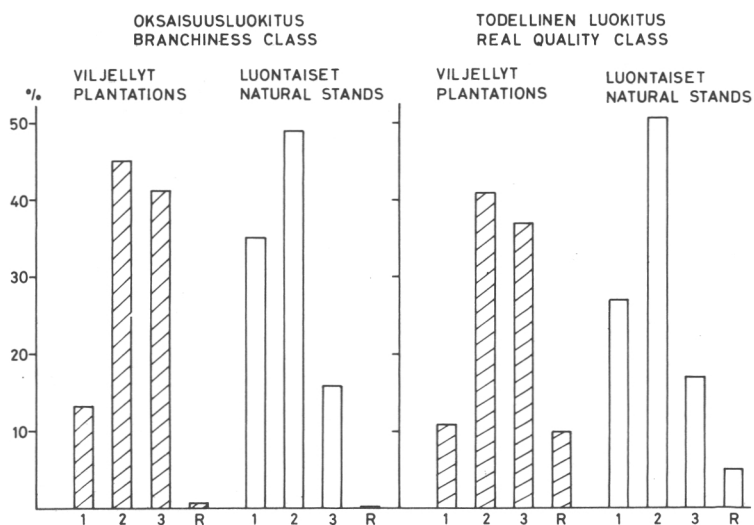
Table 8. The thickest knot, the mean knot diameter and number of butt logs of the quality classes.

Laatuluokka	Paksuin oksa, mm		Keskiläpimitta, mm		Oksia, kpl	
Quality class	Thickest branch, mm		Average diameter, mm		Number of branches	
	Viljelymänniköt - Plantations					
	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
1	17	4	11	2	9	8
2	19	4	16	9	21	16
3	30	5	17	6	36	16
Hylky	33	15	-	-	36	10
Cull						
	Luonnonmänniköt - Natural stands					
1	7	2	7	2	1	4
2	16	5	11	4	21	14
3	29	4	14	2	28	11
Hylky	44	20	-	-	44	4
Cull						

Myös kiehkuraan syntyvien oksien lukumäärän on todettu olevan vahvasti perinnöllisten tekijöiden säätelemä (mm. EKLUNDH EHRENBURG 1963, RAUTIAINEN 1971). Oksien määrä riippuu kuitenkin vahvasti myös metsikön tiheydestä eli valaistusoloista (FLOWER-ELLIS ym. 1976, KELLOMÄKI 1980). Oksakiehkuran oksien lukumäärät vaihtelevat yleensä verrattain vähän (VARMOLA 1980), joten tunnuksen merkitys laatutekijänä ei ole kovin suuri.

KELLOMÄKI ja TUIMALA (1981) ovat tutkineet oksan läpimitan ja nuorten männiköiden puuston tiheyden riippuvuutta ja havainneet, että metsikön tiheyden ylittäessä nuorissa männiköissä 2000 - 3000 rungon rajan ei oksan paksuus enää pienentynyt selvästi. Oksan paksuus pieneni ja karsiutuminen parani metsikön puuston tiheyden kasvaessa. Kuitenkin näytti siltä, että erityisen tiheissä metsiköissä karsiutuminen päinvastoin heikkeni. Myös PERSSON (1977) on todennut samansuuntaisen riippuvuuden oksan paksuuden ja männikön kasvatustiheyden välillä. Hän havaitsi myös vuosiluston leveyden kasvavan ja etäisyyden alimpiin kuiviin oksiin pienevän istutustiheyden pienentyessä.

Metsikön nuoruusaikainen kasvunopeus voidaan nähdä oksien paksuutta tarkasteltaessa usein vielä tukkipuun kokoon kehittyneissä männiköissä. HEISKASEN (1965) mukaan mäntytyvitukin suurin oksa paksuni jyrkästi vuosiluston levetessä ytimen lähiympäristössä. Luston paksuuden ollessa mustikka-tyypillä 3 mm oksan paksuus oli mäntyrunkojen tyvitukeista mitattuna keskimäärin noin 20 mm. NYLINDER (1958) mittasi mäntyrunkojen oksan paksuudeksi 3 m:n korkeudella 22 mm, kun vuosiluston leveys oli 4 mm. HEISKANEN (1954 b) totesi riippuvuuden myös vuosiluston paksuuden ja sahatavaran suurimman oksan välillä. Vuosiluston paksuutta 1,4 mm vastasi keskimäärin 25 mm:n oksan paksuus sahatavarakappaleessa.



Kuva 5. Pystypuiden tyvitukkiosan jakautuminen laatuluokkiin oksaisuuden ja todellisen luokituksen perusteella. R = hylky.

Fig. 5. Distribution of standing tree butt logs into quality classes on the basis of branchiness and real grading class. R = cull.

33. Tyvitukin laatu

Kuvassa 5 esitetään pystypuista luokiteltujen tyvitukkien jakautuminen laatuluokkiin pelkästään tyvitukin pituisen rungonosan oksaisuuden sekä toisaalta myös kaikkien vikojen perusteella. Kun tyvitukki luokiteltiin pelkästään oksaisuusluokituksella, jolloin vain oksat ja oksakyhmyt otettiin huomioon, kuului tyvitukki viljelymänniköissä lähes yhtä usein kolmanteen kuin toiseenkin laatuluokkaan, mutta se joutui kuitenkin vain harvoin hylättyjen joukkoon. Tyypillisin piirre viljelymänniköiden tyvitukkien laatuja-kaumassa on ensimmäisen laatuluokan vähyyys (13 %) ja vastaavasti kolmannen luokan yleisyys (42 %). Luonnonmänniköissä ensimmäisen laatuluokan osuus on huomattava (35 %), mutta ylivoimaisesti yleisin luokka on toinen laatuluokka joka yhdessä ensimmäisen luokan kanssa muodostaa lähes 85 % kaikista luonnonrunkotukeista. Ensimmäisen ja toisen laatu-

luokan osuuden tarkastelu on merkityksellinen sen vuoksi, että tukkien parhaat laatuluokat tuottavat huomattavasti parhaita u/s-laatuja joskin pääasiassa tertia- ja kvartaluokan sahatavaraa (SIIMES 1962, ORVÉR 1970 b).

Vaikka oksaisuus onkin määrävänä tekijänä tukin laatua arvosteltaessa on myös ulkoapäin havaittavilla runkoviolla sekä sisäisillä puuaineen vioilla laadun kannalta huomattava merkitys. Osa vioista aiheutuu rodullisista ominaisuuksista ja osa erilaisista ympäristötekijöistä sekä ulkoisista vaurionaiheuttajista. Näistä mainittakoon mm. lumi, joka aiheuttaa puiden latvaosien katkeilua erityisesti nuorissa nopeakasvuissa taimikoissa (vrt. UUSVAARA 1974 s. 51). Epäonnistunut istutustyö johtaa istutusmänniköissä usein tyvien tai jopa ylempään rungonosan lenkoutumiseen, jota on kutsuttu taimistoinventointien yhteydessä kallistumisilmiöksi (HUURI 1976). HUURI (1979 a, 1979 b) toteaa kallistumisilmiön lievimmässä muodossaan istutusmänniköissä niin yleiseksi, että tällaisen männikön saattaa parhaiten erottaa kylvetyistä tai luontaisesti syntyneestä harvennetusta männiköstä runsaina esiintyvien kaartuneiden runkojen avulla (vrt. UUSVAARA 1981 b).

Käsillä olevassa työssä kuitenkin vain murto-osa aineistosta oli peräisin istutusmänniköistä, joten rungon tyvessä tavattujen mutkien tai rungon lenkouden on täytynyt aiheutua pääasiassa muista syistä. Yksi mahdollisuus lenkouden esiintymiseen saattaa olla kylvötuppaiden liian myöhäiseen ajankohtaan siirtynyt harventaminen. Viljelymänniköissä esiintyy lenkoutta enemmän kuin luonnonmänniköissä, mutta ero tämän vikaisuuden esiintymisrunsauudessa ei ole yhtä suuri kuin mutkien yleisyyttä vertailtaessa (taulukko 9). Sahattaviksi valmistettujen viljelymännityukkien keskimääräinen lenkous oli tukin pituudella 18 mm ja suurin mitattu lenkousarvo 90 mm. Vastaavat arvot luonnonmännityukeissa olivat 14 ja 50 mm. Metsikön alkuperäinen

runkoluku on merkittävä vikojen runsauteen vaikuttava tekijä, sillä metsikön käsittelyssä pyritään aina poistamaan etupäässä viallisia runkoja. Koska luonnonmänniköiden puuston lähtötiheys on suuri voidaan harvennuksissa tavallisesti jättää jäljelle riittävä määrä virheettömiä runkoja. Näin ollen viljelymänniköiden suurempien vikaisuusprosenttien ei tarvitse johtua pelkästään runkojen alttiudesta erilaisille vikaisuuksille.

Lenkous esiintyy viljelymäntyrungoissa melkein yksinomaan rungossa, kun taas mutkat ovat jonkin verran yleisempiä tyven alueella kuin ylempänä rungossa. Samansuuntainen tulos havaitaan myös taulukosta 10, joka koskee pelkästään tyvitukin alueelta tehtyjä havaintoja. Taulukko näyttäisi

Taulukko 9. Pystypuista havaittujen runkovikojen yleisyys.
Table 9. Frequency of stem defects in standing trees.

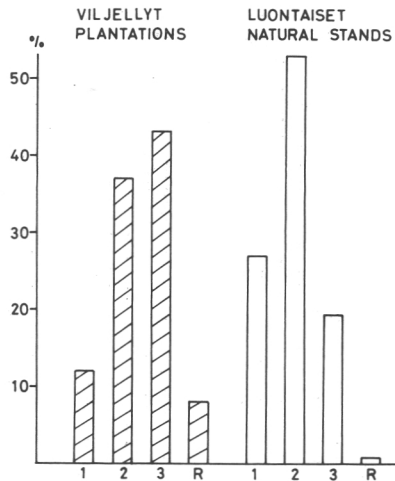
Alkuperä Origin	Virheettömät rungot Defect-free stems	Vika tyvessä Defect in butt	Vika rungossa Defect in stem
	Mutka, % - Crook, %		
Viljelymänniköt Plantations	50	27	23
Luonnonmänniköt Natural stands	63	21	16
	Pystyoksa, % - Vertical branch, %		
Viljelymänniköt Plantations	88	4	9
Luonnonmänniköt Natural stands	97	-	3
	Lenkous, % - Sweep, %		
Viljelymänniköt Natural stands	44	1	55
Luonnonmänniköt Natural stands	52	1	47

osoittavan myös, että koesahauksen kohteeksi on tullut sekä viljely- että luonnonmänniköistä enemmän lenkoja tukkeja mutta vähemmän mutkaisia tukkeja kuin aineistossa esiintyi keskimäärin. Toisaalta tämä selittyy osittain siten, että lenkous sijaitsee rungossa kuitenkin usein myös tyvitukin aluetta ylempänä.

Todellista laatuluokitusta käytettäessä, jolloin myös runkoviati otetaan huomioon, tapahtuu viljelymänniköissä pääasiallinen siirtymä kolmannelta luokasta hylkytukkeihin, mutta luonnonmänniköissä puolestaan ensimmäisestä toiseen ja vastaavasti toisesta kolmanteen laatuluokkaan. Viljelymänniköissä viati näyttävät keskittyvän suurelta osin myös oksaisuudeltaan heikkolaatuisiin runkoihin, mikä siirtää usein maksimioksaisten tukin hylkyluokkaan (taulukko 11). Ensimmäisen luokan osuus pysyy sen sijaan lähes muuttumattomana. Luonnonmänniköissä taas erot hyvien ja huonojen tyvitukkien vikaisuuksien määrissä eivät näytä olevan läheskään yhtä suuria. Runkoviati laskevat sekä viljely- että luonnonmänniköissä parhaiden, ensimmäisen ja toisen, laatuluokkien osuutta keskimäärin noin 10 %.

Kuvassa 6 nähdään koepuista valmistettujen tyvitukkien todelliset laatuluokat viljely- ja luonnonmänniköissä. Kuvien 5 ja 6 vertailu osoittaa, että vaikka sahattujen viljelymäntytukkien joukossa oli jonkin verran enemmän kolmannen luokan tukkeja kuin koealojen puustossa keskimäärin, koetukkien laatuluokat vastasivat keskimäärin verrattain hyvin pystypuiden tyvitukkien laatujaikamaa.

Tarkasteltaessa sahattavia tukkisumia yleensä havaitaan, että tukin laatu paranee, eli ensimmäisen ja toisen laatuluokan osuus nousee tukin latvaläpimitan kasvaessa tiettyyn pisteeseen asti, jonka jälkeen laatu alenee (HEISKANEN ja ASIKAINEN 1969). Laadun paraneminen on luonnollinen seuraus runkojen järeytymisen myötä tapahtuvasta oksien kylestymisestä (vrt. KÄRKKÄINEN 1980 a). Kaikkein jä-

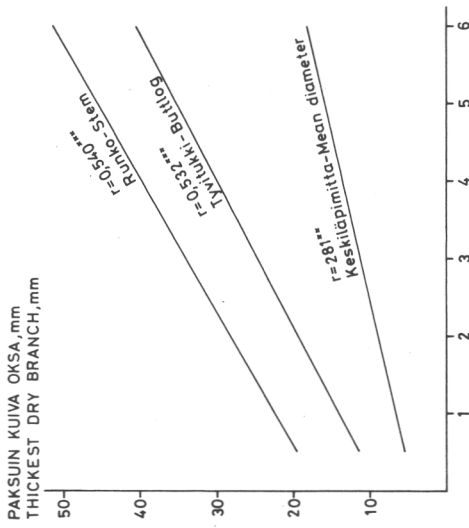


Kuva 6. Tyvitukkien jakautuminen laatu-
luokkiin todellisen luokituksen mukaan.
R = hylky.

Fig. 6. Distribution of butt logs into
quality classes according to real
grading class. R = cull.

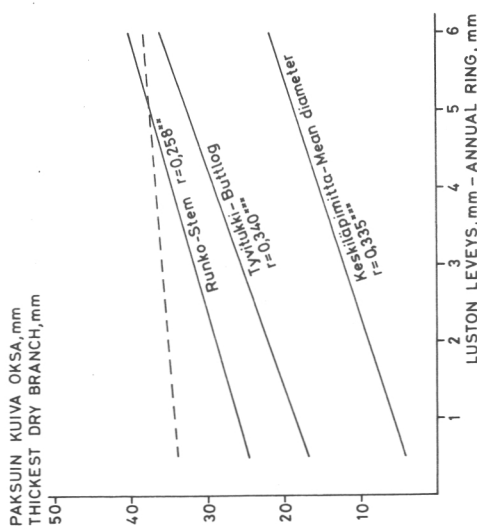
reimpien, huonolaatuisten tukkien joukkoon kuuluu kuitenkin ilmeisesti osittain nopeasti kasvaneista, huonosti karsiutuneista ja verrattain nuorista rungoista peräisin olevia tukkeja sekä toisaalta yli-ikäisistä rungoista saatuja tukkeja. Viljelymänniköiden laadultaan parhaat tukit saadaan keskimääräistä vanhemmista ja järeämmistä rungoista, mutta rungot ovat toisaalta usein myös toisen tai kolmannen latvuseroksen hitaammin kasvaneita ja paremmin karsiutuneita runkoja (taulukko 6). Joka tapauksessa kasvunopeuden hidastumisen vaikutus laadun alenemiseen on selvästi nähtävissä esimerkiksi tarkastelemalla tukkirungon ja tyvitukin paksuimpia oksia ja luston leveyksiä erityisesti ytimen ympäristössä (kuvat 7 ja 8, taulukko 6).

Luonnonmänniköissä suunta on samankaltainen, mutta runkojen ikä- ja järeyserot hyvä- ja huonolaatuisia tukkeja antavien runkojen välillä ovat pienemmät. Luonnonmänniköissä siis useammin myös nuorempi ja pienikokoisempi runko voi olla hyvälaatuinen (taulukko 7).



Kuva 8. Rungon ja tyvitukin paksuimpien oksien läpimitan riippuvuus luston leveydestä ytimen ympärillä. Luonnonmänniköt.

Fig. 8. Correlation between the diameter of the thickest stem branches and butt log knots and annual ring width near the pith. Natural pine stands.



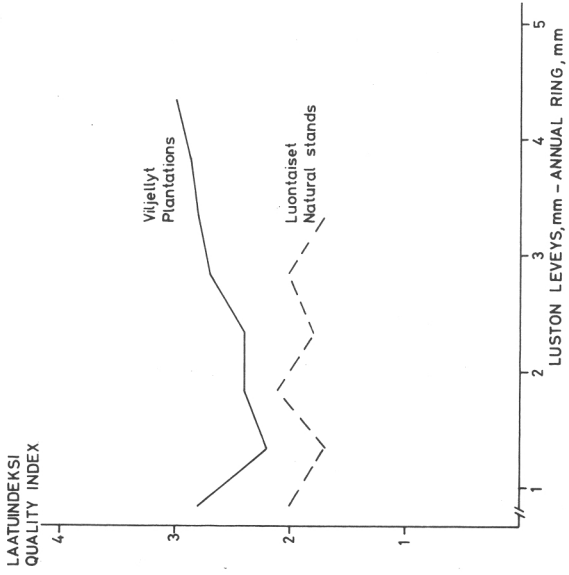
Kuva 7. Rungon ja tyvitukin paksuimpien oksien läpimitan riippuvuus luston leveydestä ytimen ympärillä. Viljelymänniköt. Katkoviiva = rungon paksuin kuiva oksa istutusmänniköissä.

Fig. 7. Correlation between the diameter of the thickest stem branches and butt log knots and annual ring width near the pith. Plantation-grown pine stands. Broken line = the thickest dry branch of a stem in planted pine stands.

Taulukoiden perusteella havaitaan, että tukin laatu heikkenee myös lustojen levetessä ytimen ympäristössä. Pinnan lähellä kehittyneiden lustojen leveyden ja laadun välillä ei ole yhtä selvää riippuvuutta etenkin luonnonmänniköissä. Muista puun laatua kuvaavista tunnuksista puuaineen kuiva-tuoretiheyden kohoaminen parantaa jossakin määrin mutta kesäpuuprosentin nousu selvästi tukin laatua.

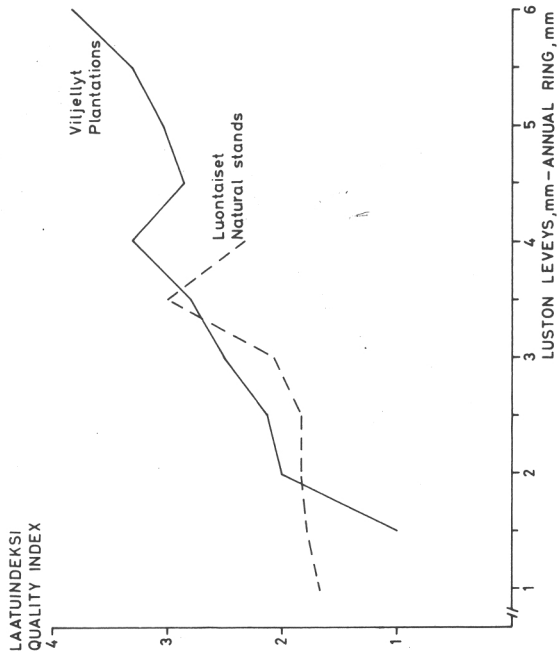
Luston leveyden kasvun eli puun paksuuskasvunopeuden vaikutus puun laadun heikkenemiseen on nähtävissä selvästi kuvista 9 ja 10, joissa esitetään tukin keskimääräisen laatuindeksin riippuvuus vuosiluston leveydestä tukin tyvessä. Tukin laatu heikkenee eli laatuindeksi nousee jyrkästi luston leveyden kasvaessa ytimen ympäristössä, kun taas puun pintaosien lustoja ja tukin laadun välinen korrelaatio on selvästi heikompi. Luonnonmänniköissä luston leveyksien muutokset puun pintaosissa eivät sen sijaan vaikuta enää lainkaan tukin laatuun, mikä johtuu pääasiassa siitä, että luston leveys ei sanottavasti muutu siirryttäessä ytimen ympäristöstä puun pintaosiin (s. 33). HEISKASEN (1965) saamat luston leveyttä ja tukin laatua koskevat tulokset ovat hyvin samankaltaiset. Hän toteaa kuitenkin, että leveiden lustoja kapeneminen vaikuttaa laatuun voimakkaammin kuin kapeissa lustoissa tapahtuvat muutokset. Osittain tästä syystä selvimmät muutokset puun laadussa tapahtuvat kolmen ja kahden mm:n vuosiluston paksuuksien välillä (HEISKANEN 1962). SIIMEKSEN (1962) mukaan mäntytukkien laadun kannalta on yleisoksaaisuutta tärkeämpi suurin oksa, jonka koko kasvaa miltei suoraviivaisesti luston leveyden kasvaessa (vrt. kuvat 7 ja 8).

Tukin laadun heikkeneminen kasvunopeuden myötä johtuu viljelymäntyrungoissa osittain metsätyypin vaikutuksesta. Tukin laatu on heikko parhaimmilla sekä toisaalta hyvin heikoilla kasvupaikoilla kehittyneissä metsiköissä, jos ikätekijän vaikutus eliminoidaan.



Kuva 10. Tyvitukin laatuindeksin riippuvuus luston leveydestä puun pintaosissa.

Fig. 10. Correlation between the quality index of the butt log and annual ring width in the outer parts of the log.



Kuva 9. Tyvitukin laatuindeksin riippuvuus luston leveydestä ytimen ympäristössä.

Fig. 9. Correlation between the quality index of the butt log and annual ring width near the pith.

Taulukko 10. Tyvitukeista havaittujen vikojen yleisyys.
Table 10. Frequency of defects in butt logs.

Alkuperä Origin	Virheettömät rungot Defect-free stems	Vika tyvessä Defect in butt	Vika latvassa Defect in top end
	Mutka, % - Crook, %		
Viljelymänniköt Plantations	61	28	11
Luonnonmänniköt Natural stands	77	16	7
	Pystyoksa, % - Vertical branch, %		
Viljelymänniköt Plantations	90	7	3
Luonnonmänniköt Natural stands	95	-	5
	Lenkous, % - Sweep, %		
Viljelymänniköt Plantations	33	7	60
Luonnonmänniköt Natural stands	44	2	54

Taulukko 11. Vikojen yleisyys eri laatuluokan tukeissa.
Table 11. Frequency of defects in logs of the quality classes.

Laatuluokka Quality class	Viljelymänniköt - Plantations			Luonnonmänniköt - Natural stands		
	Virheettömät rungot Defect-free stems	Vika tyvessä Defect in butt	Vika rungossa Defect in stem	Virheettömät rungot Defect-free stems	Vika tyvessä Defect in butt	Vika rungossa Defect in stem
	Mutka, % - Crook, %					
1	66	11	23	72	14	13
2	45	33	22	61	23	17
3	47	21	32	69	12	20
	Lenkous, % - Sweep, %					
1	60	-	39	57	-	42
2	46	2	53	49	1	50
3	39	1	60	57	5	38
	Pystyoksa, % - Vertical branch, %					
1	98	2	-	97	-	2
2	93	3	4	96	-	3
3	82	2	17	92	2	6

4. KOESAHAUKSIA KOSKEVAT TULOKSET

41. Sahatavaran laatu

411. Vientisahatavaran mukainen lajittelu

Sahatavaran u/s-laadun osuus kasvaa ja heikompien laatu-
tujen osuus alenee tukin läpimitan kasvaessa (HEISKANEN ja
ASIKAINEN 1969). Luonnonmänniköissä laadun paraneminen on
ilmeisesti nopeampaa kuin viljelymänniköissä. Tulos on
luonnollinen seuraus iän lisääntymisen ja järeytymisen ai-
heuttamasta oksien kylestymisestä ja tukin vikojen vähenemi-
sistä ja häviämisestä. Ilmeisesti ylijäreytyminen aiheut-
taisi kuitenkin jälleen laadun alenemista tietyn läpimitta-
luokan jälkeen, sillä hyvin järeät tukit ovat usein peräisin
tavallista nopeakasvuisemmista ja siten heikkolaatuisemmista
rungoista. Tähän viittaavat myös KÄRKKÄISEN (1980 b) saamat
tulokset tiettyä aluetta koskevien mäntytukkien koesahausten
tuloksista. Osa järeistä rungoista saattaa kuitenkin toi-
saalta olla myös peräisin yli-ikäisistä ja siten tavallista
vikaisemmista rungoista, joissa erilaiset rakenneviat ja vi-
oittumat kylestyvät hyvin hitaasti.

Edellinen johtopäätös lienee kuitenkin todennäköisempi,
sillä jo tässä työssä aiemmin saatujen tulosten sekä HEIS-
KASEN (1965) ja UUSVAARAN (1974) tulosten perusteella keski-
kokoiset rungot ovat yleensä laadultaan metsikön parhaita.
Viljelymänniköissä varsinaista ylijäreytymistä tuskin pääsee
yleensä tapahtumaankaan, sillä nopean kasvun ansiosta käy-
tännössä sovellettavien kiertoaikojen voi ajatella muodos-
tuvan nykyistä lyhyemmiksi.

Tukin järeyden ja sahatavaran laadun väliset suhteet
ovat myös erilaiset eri laatuluokan tukeissa. Vaikka suppe-
ahko aineisto ei antanutkaan hyviä mahdollisuuksia asian
tarkasteluun näytti siltä, että laadun parantuminen järeyden

myötä on sitä nopeampaa, mitä paremmasta tukin laatuluokasta on kysymys. Erityisesti pintalaudoissa oksien paksuus ja laatu ovat tärkeässä asemassa. Asiaa valaisee seuraava viljelymäntyaineistoon perustuva asetelma, jossa esitetään sahatavaran laatu jakauman riippuvuus tyvitukin latvaläpimitä toisen ja kolmannen laatuluokan tukeissa.

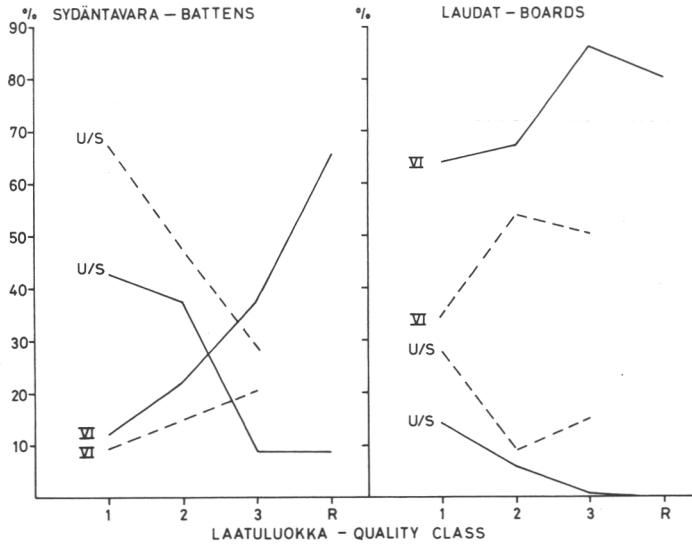
Latvaläpimitä, cm	u/s	Tukin laatuluokka				u/s	V	VI	Hylky
		2	VI	3	VI				

Sydäntavara, %									
14	32	38	26	5	4	51	38	4	
18	39	35	26	..	10	46	42	2	
22	40	40	17	5	6	68	26	..	
26	44	45	6	..	..	..	..	..

Laudat, %									
14	3	17	75	4	..	..	..	..
18	7	24	66	3	..	12	88	..	
22	5	28	67	..	10	10	84	7	
26	..	..	..	..	..	..	..	..

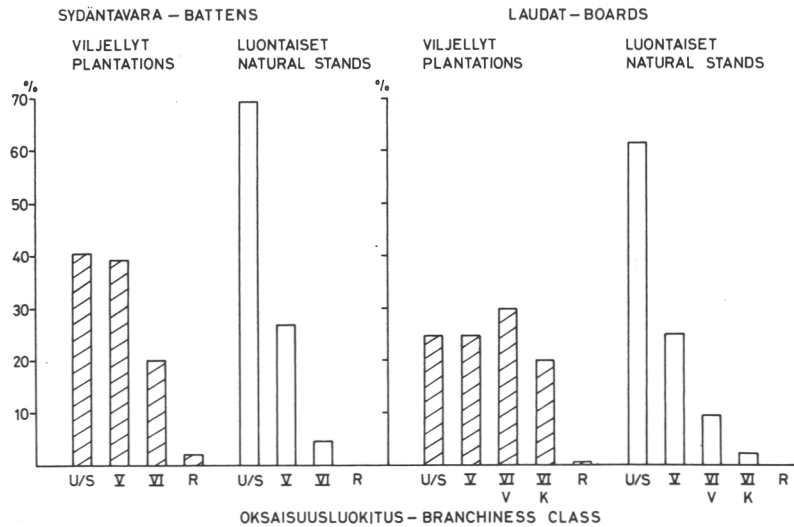
Asiaa voidaan tutkia myös tarkastelemalla millaista sahatavaraa saadaan erilaatuisista ulkoisten tuntomerkkien mukaan luokitelluista tukeista. Koesahaukset ovat osoittaneet, että tällaisten tunnusten perusteella voidaan keskimäärin melko tarkkaan ennustaa saatujen sahaustulosten laatu jakaumat (SIIMES 1962). Yleensä hyväksi laatuluokitelluista tukeista saadaan pääasiassa hyvälaatuista sahatavaraa.

Hyvältä näyttävästä tukista voidaan kuitenkin saada myös huonolaatuista sahatavaraa, mutta vastaavasti huonosta tukista tuskin koskaan hyvää laatua. Jos ratkaistaan tukin laatu vain ulkoapäin havainnoiden, saatetaan määrätyn laatu-



Kuva 11. Sahatavaran u/s- ja sekstaprosentin riippuvuus tukin laatuluokasta. Katkoviiva = luonnonmänniköt. R = hylky.

Fig. 11. Correlation between the u/s and sixth grade percentages of sawn goods and the log quality class. Broken line = natural pine stands. R = cull.



Kuva 12. Sahatavaran jakautuminen laatuluokkiin oksaisuuden mukaan. Yhtenäiset pylväät = luonnonmänniköt. R = hylky, V = vientilaatu, K = kotimaan laatu.

Fig. 12. Distribution of sawn goods into quality classes according to knottiness. Unshaded columns = natural pine stands. R = cull, V = export quality, K = domestic quality.

luokan tukeista saada erilaisia laatujakaumia, jos ne koeshataan.

Kuvan 11 mukaan voidaan havaita, että tietyn laatuluokan viljelymäntytukki antoi vähemmän u/s-luokan mutta enemmän heikompien laatuluokkien sahatavaraa kuin samanarvoiseksi luokiteltu luontaista alkuperää oleva tukki. Laatuluokkien osuudet on laskettu sahatavaratilavuudesta. Erot ovat sitä suuremmat, mitä parempilaatuiset tukit ovat kysymyksessä, ja sydäntavaran sisältämän u/s-laadun määrälliset erot ovat suuremmat kuin vastaavat laudoista saatavat laatuerot. Kvinttalaadun suhteelliset osuudet eri laatuluokissa pysyvät sen sijaan melko vähäisinä. Viljelymäntyrungot näyttävät siis muodostavan poikkeuksellisen sahapuuryhmän, jossa laatuluokitusohjeiden mukainen sahapuulaatu on ristiriidassa jalosteen laadun kanssa. Tukkien laatuluokitus viljelymänniköissä antaa sitä virheelisemmän kuvan todellisesta laadusta mitä vanhempi metsikkö on, ja toisaalta mitä nopeakasvuisempi ja heikkolaatuisempi se on ollut nuorena. Tosin tyvitukit ovat tässä suhteessa erikoisasemassa verrattuna rungon muihin tukkeihin, joissa sisäinen laatu on todettavissa paljon paremmin ulkoisten tuntomerkkien perusteella.

Nyt tehdyissä laskelmissa on kuitenkin jätetty huomioon ottamatta u/s-laatuluokan sisäinen jakauma, jolla on eräissä tapauksissa merkitystä sahatavarakaupassa, vaikkakin luokan alaryhmät tavallisesti hinnoitellaan yhtäläisesti. Parhaan laatuluokan tukeista saadaan luonnonmänniköissä nimittäin valtalaatuna tertiaa ja toisen luokan tukeista kvarttaa (HEISKANEN ja SIIMES 1959). Näin ollen myöskään saadut u/s-jakaumat eivät ole täysin verrattavissa toisiinsa. Voidaan nimittäin olettaa, että viljelymänniköiden tukeista saatu u/s-laatu sisältää pääasiassa heikoimpia tertia- ja kvarttalaatuja ja se vastaa siten luonnonmänniköiden lähinnä toisen laatuluokan tukeista saatua sahatavaraa.

Sahatavaran laatu määräytyy pääasiassa oksaisuuden perusteella, joka on tärkein sahatavaran rakennevioista. HEISKANEN (1954 a) on tutkimuksessaan osoittanut, että tukin laatua määrävistä tekijöistä oksaisuuden osuus on 81 % ja loput tulevat vikojen, lähinnä lenkouden ja mutkaisuuden osalle. HEISKASEN ja SIIMEKSEN (1959) tutkimuksissa todettiin, että kaikissa tukkien läpimitta- ja oksaisuusluokissa pääasiassa oksaisuus on vienyt sahatavaraa sekstaluokkaan. Edellä mainitut tutkimukset koskevat kuitenkin pelkästään luonnonmänniköitä. Uudet tutkimukset antavat kuitenkin viitteitä siitä, että rungon muotovikojen merkitys männiköiden laatuun vaikuttavana tekijänä kasvaa tulevaisuudessa (UUSVAARA 1981 a, 1981 b, VARMOLA 1980).

Oksaisuus voidaan ilmaista oksien laatuna, oksien kokona ja määränä sekä niiden sijoittumisena sahatavarakappaleessa. Viljely- ja luonnonmänniköistä saadun sahatavaran laatueroja voidaan siten hyvin tarkastella pelkästään oksaisuuden perusteella, jolloin seuraava huomattava laatutekijä, valmistusviat, jää huomioon ottamatta.

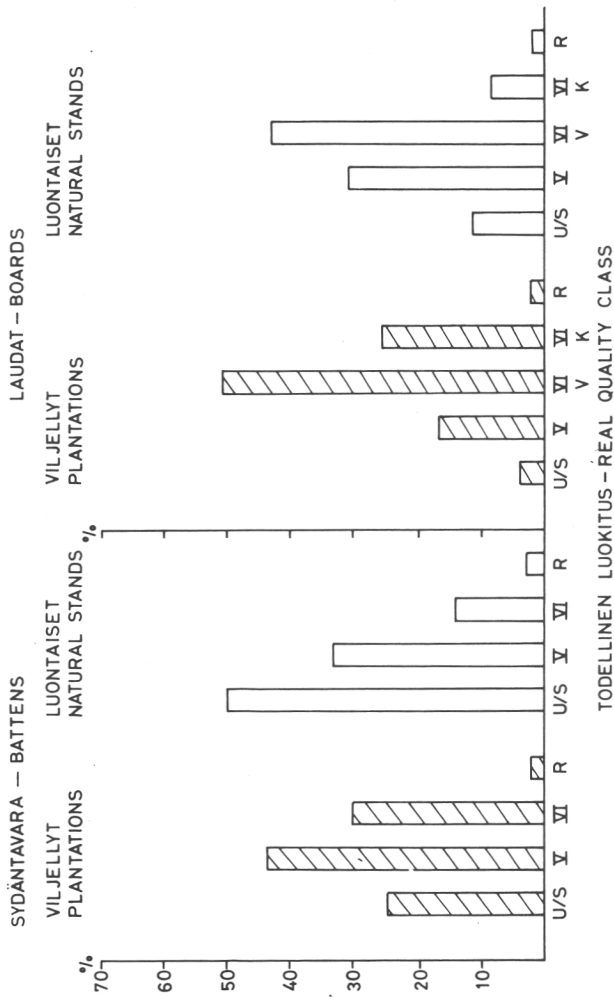
Huomattavin ero viljely- ja luonnonmetsiköistä peräisin olevaa sahatavaraa verrattaessa on u/s-luokan vähyys viljelymänniköiden tyvitukeista valmistetussa sahatavarassa, kun se taas on valtalaatuna luonnonmätysahatavarassa (kuva 12). Parhaan laatuluokan sydäntavarakappaleita saadaan viljelymänniköistä peräisin olevasta materiaalista lähes 30 % vähemmän sahatavaran tilavuudesta laskettuna kuin luonnonmänniköistä, mutta laudoissa ero on vielä suurempi. Tulos kuvastaa paitsi luonnonmänniköiden oksien pienempää kokoa myös niiden parempaa kylestymistä. Toisaalta sydäntavaran sisältämän kvintta- ja etenkin sekstalaadun osuus on viljelyrungoista saadussa sahatavarassa suurempi kuin luonnonmänniköiden sahatavarassa. Aineistojen väliset erot pienenevät lautoja tarkasteltaessa.

Kun sahatavaran laatua tarkastellaan todellisen luokituksen mukaan, jolloin otetaan huomioon myös muut puun rakenneviat sekä sahaustekniikasta johtuvat viat, laatuajakauttien suunta on sama; parhaan laadun osuus viljelymänniköistä peräisin olevassa sahatavarassa on pienempi ja toisaalta sekstalaadun ja sydäntavarassa myös kvinttalaadun osuus suurempi kuin luonnonmäntytukeista saadussa sahatavarassa (kuva 13). Luonnonmäntyrungoista sahatuissa laudoissa kasvaa kuitenkin myös heikoimpien laatujuen, erityisesti vientilatuisen pintalaudan osuus voimakkaasti, samalla kun u/s-laudan osuus vähenee. Suurimmat erot kahdesta eri tutkimusaineistosta saadussa sahatavarassa vallitsivat siis u/s-laatujuen sekä heikompiluokkaisten pintalautalatujuen välillä (kuva 13).

GRANVIK (1967) sai kenttäpyörösahauksessa sydäntavaran laatuajakautiksi: u/s 32,8 %, kvintta 12,1 %, seksta 24,7 % ja hylky 2,3 % kun hyötysuhde oli 72,3 %. Jakauma vastaa hyvin tässä työssä luonnonmäntyrungoista saatua sahatavaran laatuajakautta.

Paitsi että u/s-laadun sisäinen jakauma on jätetty huomioon ottamatta, myös erot tukkien kokojakaumassa vaikeuttavat jonkin verran kummankin tutkimusaineiston keskinäistä vertailua. Koska viljelymäntyaineisto sisälsi jonkin verran enemmän toisaalta pieniläpimittaisia ja toisaalta suuriläpimittaisia tukkeja kuin luonnonmäntyaineisto (kuva 26), oli viljelytukeista tehty sahatavara mahdollisesti jonkin verran vajaasärmäisempää. Ero ei kuitenkaan voi olla suuri.

Vajaasärmä oli luonnollisestikin ylivoimaisesti yleisin syy sahatavarakappaleen laadun alenemiseen. Seuraava asetelma osoittaa, että varsinaisista laatuviioista oksaisuus oli muodossa tai toisessa pääasiallinen syy viljelymännistä saadun sahatavaran heikompaan laatuun. Ryhmä "vajaasärmä ja muu" kuvaa vikayhdistelmää, jossa kuitenkin oksaisuus oli



Kuva 13. Sahatavaran jakautuminen laatuluokkiin todellisen luokituksen mukaan. Yhteisistä pylväistä = luonnonmänniköt. R = hylky, V = vientilaatu, K = kotimaan laatu.

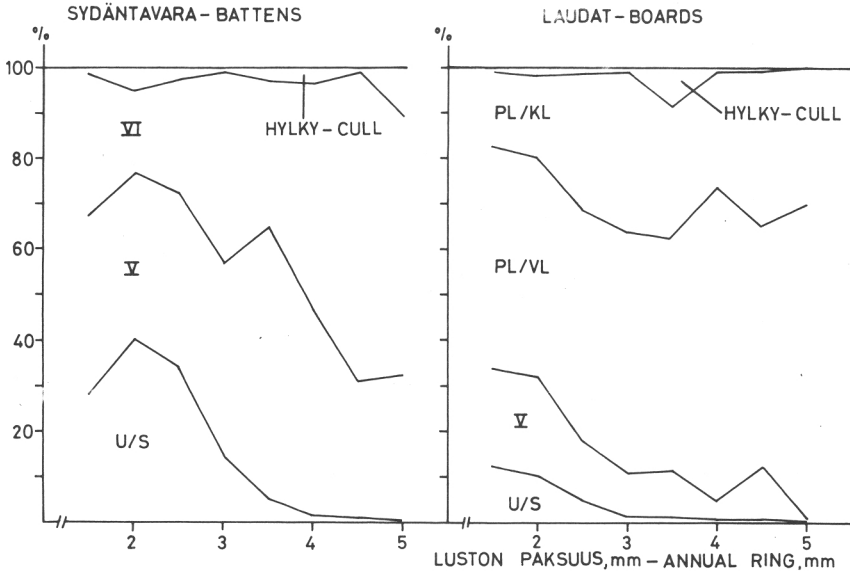
Fig. 13. Distribution of sawn goods into quality classes according to real quality grading. Unshaded columns = natural pine stands. R = cull, V = export quality, K = domestic quality.

useimmin vajaasärmän ohella pääasiallisena syynä laadun alenemiseen.

Laadun aleneman syy	Viljelymänniköt		Luonnonmänniköt	
	Sydäntavara	Laudat	Sydäntavara	Laudat
Vajaasärmä	25,4	44,0	38,5	70,1
Vajaasärmä ja muu	15,2	23,6	11,9	12,1
Laho-oksa	3,0	0,5	1,5	0,3
Kuorioksa	1,5	0,8	0,0	0,0
Kuivaoksa	0,0	0,5	0,0	0,6
Oksan koko	3,0	3,3	1,5	0,9
Syrjäoksa	17,8	6,3	19,3	5,6
Yleisoksaisuus	33,3	20,1	20,7	8,9
Muu	0,9	1,0	6,7	1,7

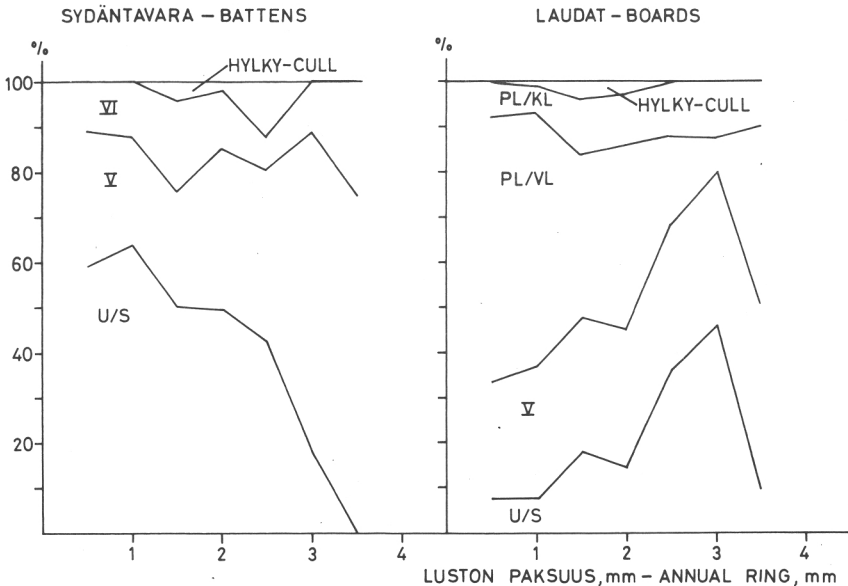
Vuosiluston kehityksellä tyvitukin tyvipäässä oli aikaisemmin merkitystä laatuluokituskriteerinä käytännön puutavaran mittauksessa. Havaintopaikan sijainti johtui vauriavuudesta, jolla puun luston paksuus voitiin todeta puuta muuten katkomatta sekä siitä, että puun kasvunopeus ja elinvoimaisuus voitiin näin todeta heti kehityksen alkuvaiheista lähtien. Vaikka rungon paksut oksat olisivatkin ehtineet kylestyä puun sisälle näkymättömiin, antavat tyvi-leikkauksen ytimen läheisten lustojen paksuus viitteen puun nuoruusajan kasvunopeudesta.

Edellä todettiin, että saman luokan viljelymäntytykista saadaan huonompia sahatavaran laatujaakaukia kuin vastaavan arvoisiksi luokitelluista luonnonmäntytykeista. Epäilemättä tämä johtuu useimmissa tapauksissa luonnontaimistojen hitaasta alkukehityksestä ja paksuuskasvusta etenkin rungon tyviosassa. Ero ei selity kuitenkaan täysin tällä, sillä myös samassa kasvunopeudessa eli luston paksuuden ollessa ytimen ympäristössä sama saatiin luonnonmäntyrungoista parempi sahatavaran laatujaakaus (kuvat 14 ja 15). Tämä



Kuva 14. Sahatavaran laatujauman riippuvuus luston leveydestä ytimen ympäristössä. Viljelymänniköt. PL/VL = pintalauta vientilaatu, PL/KL = pintalauta kotimaan laatu.

Fig. 14. Correlation between the sawn goods quality distribution and the annual ring width near the pith. Pine plantations. PL/VL = side board export quality, PL/KL = side board domestic quality.

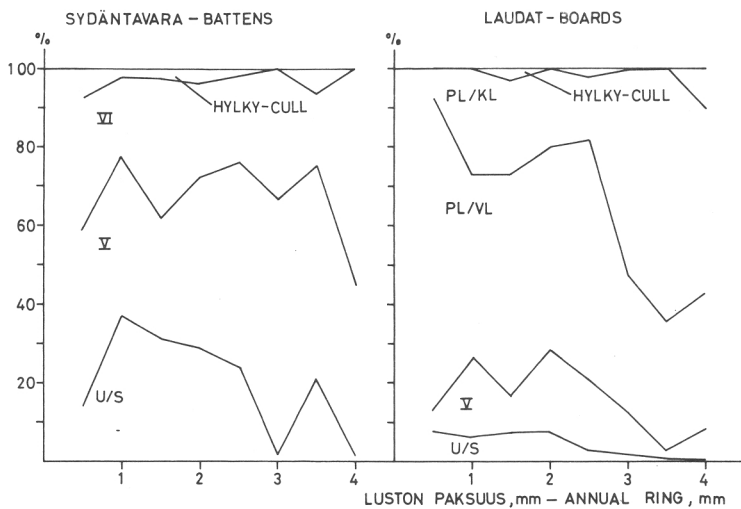


Kuva 15. Sahatavaran laatujauman riippuvuus luston leveydestä ytimen ympäristössä. Luonnonmänniköt. PL/VL = pintalauta vientilaatu, PL/KL = pintalauta kotimaan laatu.

Fig. 15. Correlation between the sawn goods quality distribution and the annual ring width near the pith. Natural pine stands. PL/VL = side board export quality, PL/KL = side board domestic quality.

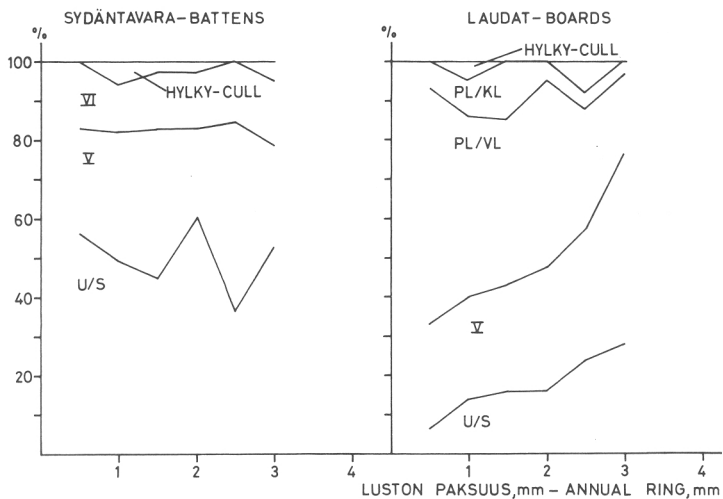
johtuu ilmeisesti osaksi siitä, että luonnonmänniköiden ohutlustoiset puut ovat kuuluneet kehityksensä alkuvaiheissa hidaskasvuisten valtapuiden joukkoon, kun taas viljelymänniköissä ohuet lustot ovat osittain peräisin vallittujen, kehityksessä jälkeen jääneiden latvuserrosten rungoista. Eroja aiheuttavat ilmeisesti myös perintötekijät sekä erilaiset ympäristötekijät.

Luston paksuuden vaikutus soirojen ja lankkujen laatu-
jakaumiin on kumpaakin alkuperää olevissa metsiköissä samanlainen. Sydäntavarakappaleiden u/s-osuus on korkeimmillaan viljelymänniköistä saadussa sahatavarassa noin kahden mm:n ja luonnonmänniköistä peräisin olevassa sahatavarassa noin yhden mm:n luston leveydellä, jonka jälkeen laatu laskee jyrkästi. Kun luston leveys ytimen ympäristössä nousee 3,5 mm:iin, ei u/s-sahatavaraa enää saada juuri lainkaan. Myös poikkeuksellisen alhaisten luston leveyksien (0,5 - 1,5 mm) ollessa kysymyksessä u/s-laadun osuus vähenee. Viljelymäntyrunkojen ytimen ympäristön kasvunopeus näyttää vaikuttavan samansuuntaisesti myös lautojen laadun kehitykseen, kun taas luonnonmänniköissä pintalautojen laatu päinvastoin nousee paksuuskehityksen ollessa nopeaa puun nuoruusaikana. Samanlainen yhteys on havaittavissa luonnonmänniköissä myös tukin pintaosien luston leveyden ja lautojen laadun välillä. Lautojen laatujauma on parhaimmillaan noin 3 mm:n luston leveydessä puun pintaosissa. Tulos on ymmärrettävissä siten, että puun pintaosissa luston leveneminen ja kasvunopeuden lisääntyminen merkitsee oksien parempaa kylestymistä ja laadun kohoamista. Yleensä runkojen pintaosien luston leveyden ja sahatavaran laadun välillä ei ole kuitenkaan enää havaittavissa voimakasta korrelaatiota (kuvat 16 ja 17). Myös rungon pintaosien lustoja tarkasteltaessa havaitaan kuitenkin sama ilmiö kuin edellä; samassa luston leveydessä saadaan luonnonmännystä arvokkaampaa sahatavaraa kuin viljelyrungoista.



Kuva 16. Sahatavaran laatujaikauaman riippuvuus luston leveydestä tukin pintaosissa. Viljelymänniköt. PL/VL = pintalauta vientilaatu, PL/KL = pintalauta kotimaan laatu.

Fig. 16. Correlation between the sawn goods quality distribution and annual ring width in the outer parts of the log. Pine plantations. PL/VL = side board export quality, PL/KL = side board domestic quality.



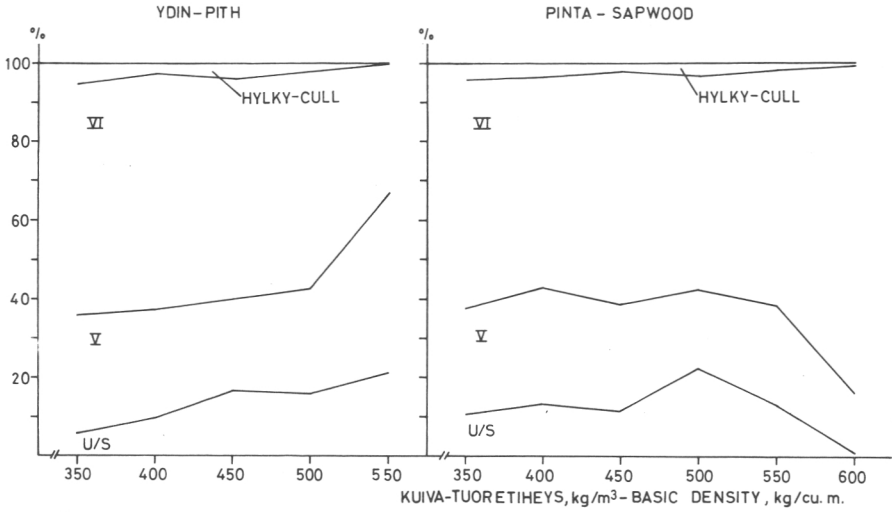
Kuva 17. Sahatavaran laatujaikauaman riippuvuus luston leveydestä tukin pintaosissa. Luonnonmänniköt. PL/VL = pintalauta vientilaatu, PL/KL = pintalauta kotimaan laatu.

Fig. 17. Correlation between the sawn goods quality distribution and the annual ring width in the outer parts of the log. Natural pine stands. PL/VL = side board export quality, PL/KL = side board domestic quality.

Myös puuaineen kuiva-tuoretiheyden ja sahatavaran laadun välisellä tarkastelulla on oma mielenkiintonsa, sillä puuaineen suuren tiheyden ja mekaanisen lujuuden välillä tiedetään vallitsevan selvä riippuvuus (mm. SIIMES 1967). Luonnonmänniköissä rungon puuaineen tiheys nousee rungossa iän mukana (HAKKILA 1966), mutta viljelymänniköissä riippuvuus on heikompi (UUSVAARA 1974). Myöskään käsillä olevan tutkimuksen mukaan viljelymänniköiden nuoruusaikana syntyneen ja toisaalta puun pintaosien puuaineen kuiva-tuoretiheyden välillä ei ole suurta eroa (taulukko 6). Luonnonmäntyrunkojen luston leveys ytimen lähellä on keskimäärin sama kuin puun pintaosissakin, vaikka kuiva-tuoretiheys nouseekin pintaa kohti merkittävästi. Puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaihtelut eivät siis tässä yhteydessä näyttäneet liittyvän luston leveyteen. Myöskään sahatavaran laatujakauma ei näytä paljon riippuvan kuiva-tuoretiheydestä (kuvat 18 - 19). Viljelymänniköissä havaitaan kuitenkin heikko parhaiden sahatavaraalaatujen osuuden kohoaminen ytimen ympäristön puuaineen kuiva-tuoretiheyden kasvaessa.

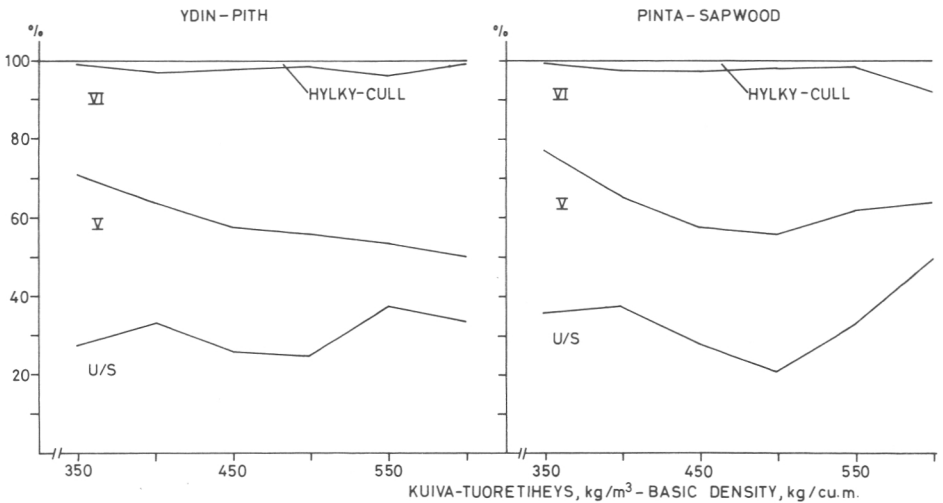
Tekijän aikaisemmassa työssä tutkittiin erilaisten puun laatua kuvaavien tunnusten välisiä suhteita ja pyrittiin kuvaamaan puun laatua tiettyjen selitettäviksi muuttujiksi valittujen tunnusten avulla (UUSVAARA 1974). Puun mittasuhteita kuvaavien tunnuslukujen ohella kasvunopeus osoittautui jossakin muodossa hyväksi laadunvaihteluiden selittäjäksi. Luston leveys ei tuolloin ollut erityisen käyttökelpoinen tunnus, sillä se oli määritetty rungon koko elinaikaisena keskiarvona.

Tyvitukin ja myös mäntyrungon arvoa yleensä voidaan kuvata tyvitukin sisältämän u/s-sahatavaran määrällä, sillä muun rungonosan alueelta saatava u/s-osuus on siihen verrattuna hyvin vähäinen. Luonnonmänniköiden u/s-prosentin vaihteluiden parhaiksi selittäjiksi osoittautuivat tyvitukin todellinen laatuluokka ja kuiva-tuoretiheys sekä luston leveys



Kuva 18. Sahatavaran laatujaikaman riippuvuus tukin kuiva-tuoretiheydestä. Viljelymänniköt.

Fig. 18. Correlation between the sawn goods quality distribution and the basic density of the log. Pine plantations.



Kuva 19. Sahatavaran laatujaikaman riippuvuus tukin kuiva-tuoretiheydestä. Luonnonmänniköt.

Fig. 19. Correlation between the sawn goods quality distribution and the basic density of the log. Natural pine stands.

ytimen ympäristössä. Laatuluokan merkitys selittävänä tekijänä on itsestään selvä, koska sahatavaran laatu riippuu yleensä suoraan tukin laadusta. Viljelymänniköissä parhaita selittäjiä ovat sen sijaan alimman täyden oksakiehkuran korkeus maan pinnasta sekä luston paksuus ytimen ympäristössä.

Valikoivalla regressioanalyysillä voidaan tyvitukista saadun sahatavaran u/s-prosentin vaihtelua selittää parhaiten seuraavilla yhtälöillä.

Viljelymänniköt

$$y = 17,257 + 0,516x_{20} - 0,462x_{25}$$

	Muuttuja	t-arvo
$R^2 = 29,8$	x_{20}	5.3
$F = 28,4$	x_{25}	-2.2
$DF = 134$		

$$y = \text{Sahatavaran u/s-prosentti}$$

Luonnonmänniköt

$$y = 89,446 - 7,609x_{17} - 0,142x_{23} + 19,717 \cdot x_{14}/x_7 - 0,031(x_{25})^2 + 0,028(x_{26})^2$$

	Muuttuja	t-arvo
$R^2 = 28,3$	x_{17}	-2.2
$F = 7,81$	x_{23}	-2.5
$DF = 7,81$	x_{14}/x_7	-2.4
$y = \text{Sahatavaran u/s-prosentti}$	$(x_{25})^2$	-3.3
	$(x_{26})^2$	-2.8

Selitysprosentti jää kuitenkin alhaiseksi, sillä edellä mainitut yhtälöt selittivät viljelymänniköissä vain 30 % ja luonnonmänniköissä 28 % u/s-prosentin kokonaisvaihtelusta. Alhainen selitysprosentti johtuu osittain selitettävän muuttujan luonteesta sekä muista asiaan vaikuttavista tekijöistä, esimerkiksi sahaustekniikan vaikutuksesta laatuun. Edellä mainittujen muuttujien ohella eräitä muita parhaiten korreloivia muuttujia olivat seuraavat.

Viljelymänniköt		Luonnonmänniköt	
Muuttuja	r	Muuttuja	r
$(x_{20})^2$	-0,155	$(x_{28})^2$	0,178
x_{16}	-0,134	x_{28}	0,174
x_2/x_{30}	0,101	x_{20}	0,164
		$(x_{20})^2$	0,147
		x_{32}	0,117

Kun tyvitukin laatua ei oteta huomioon selittävänä muuttujana, saadaan regressioanalyysissä parhaiksi selittäjiksi viljelymänniköissä jälleen ensimmäisen täyden oksakiehkuran korkeus ja luston leveys ytimestä 75 mm:n matkalla. Yhtälö kuvaa toisaalta rungkon karsiutuneisuuden ja toisaalta puun hitaan nuoruuskehityksen merkitystä sahataran laatuun. Luonnonmänniköissä parhaita selittäjiä ovat oksakiehkuran korkeuden lisäksi ytimen läheinen kuiva-tuorettiheys sekä vuosiluston paksuus puun ytimen lähellä. Selitysprosentit ovat 29 % viljelymänniköissä ja 30 % luonnonmänniköissä u/s-prosentin kokonaisvaihtelusta. Nyt saadaan seuraavat yhtälöt.

Viljelymänniköt

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

	Muuttuja	t-arvo
$R^2 = 29,3$	x_{20}	5.3
$F = 28,0$	x_{25}	-2.2
$DF = 135$		
$y =$ Sahatavaran u/s-prosentti		

Luonnonmänniköt

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

	Muuttuja	t-arvo
$R^2 = 29,5$	x_{20}	2.6
$F = 8,3$	x_{23}	-2.8
$DF = 99$	x_{14}/x_7	2.5
$y =$ Sahatavaran u/s-prosentti	$(x_{25})^2$	-2.9
	$(x_{26})^2$	2.9

Muita parhaan korrelaation saaneita muuttujia ovat seuraavat.

Viljelymänniköt		Luonnonmänniköt	
Muuttuja	r	Muuttuja	r
x_2	-0,142	$(x_{28})^2$	0,170
x_{24}	-0,111	x_{28}	0,166
x_2/x_{30}	0,101	$(x_{23})^2$	0,122

HEISKASEN (1965) mukaan u/s-luokan osuus kaikkien läpimittaluokkien rungoissa on sitä pitempi ja kvinttaluokan osuus sitä lyhyempi, mitä pienempi on vuosiluston paksuus ytimen ympäristössä. Hitaasti kasvaneissa puissa u/s-osuus on verraten lyhyt, ja se pitenee vuosiluston suuretessa ja lyhenee jälleen nopeimmin kasvaneissa puissa. Puuston kasvatus harvana aiheuttaa näin ollen myös sahaustuloksen laadun yleisen heikkenemisen. HEISKASEN (1954 b) mukaan sahaustuloksen keskimääräinen laatu on huonompi kuin 4.0, kun luston leveys pienenee 2,4 mm:iin, eli edellä mainittua luston leveyttä nopeampikasvuisemmat rungot tuottavat pääasiassa kvintta- ja sekstalaatuista sahatavaraa. Laatuindeksi 4.0 tarkoittaa edellä mainitussa tutkimuksessa u/s-luokan alaryhmää kvartta. Näin ollen 1. laatuluokan tukkeihin ei saisi hyväksyä edellä mainittua leveämpilustoisia tukkeja. Tutkimusten perusteella tehtiin johtopäätös, että laatu puun kannalta ja jotta edellä mainittua luston leveyttä ei ylitettäisi, olisi suositettava metsikön kasvattamista tiheänä 8 - 10 cm:n tyviläpimittaan asti.

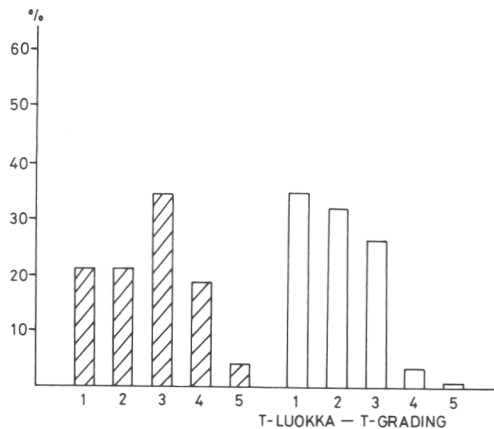
KÄRKKÄINEN (1980 a, 1980 b) pyrki arvioimaan mäntylei-mikon sahaustuloksen arvoa erilaisten mitattavien rungon ulkoisten tekijöiden avulla. U/s-prosenttia selittivät par-

haiten alin kuiva oksa, latvussuhde ja tyvitukin laatu-
luokka. Mäntytukkien arvo todettiin voitavan arvioida kah-
della mitattavalla suureella, nimittäin rungon rinnankor-
keusläpimitalla ja etäisyydellä alimpaan kuivaan oksaan.
PERSSON (1976) analysoi erilaisten laatua kuvaavien muuttu-
jien merkitystä mäntytyvitukeista saadun sydäntavaran laa-
tuindeksin kannalta istutusmänniköissä, ja totesi istutusti-
heyden ja luston leveyden 2 - 4 cm:n matkalla ytimeistä an-
tavan korkeimmat korrelaatiot. Myös oksan paksuudella oli
analyysissä hyvä selitysarvo. Tutkittaessa alkuperäisen is-
tutustiheyden vaikutusta sahatavaran laatuajakaumaan todet-
tiin istutusvälin 0,75 m antavan u/s-laatua noin 45 %, kun
taas 3,0 m:n istutusvälillä u/s-sahatavaraa ei saatu lain-
kaan (PERSSON 1976). Istutusmänniköissä ei u/s-sahatavaraa
saatu myöskään käytettäessä 1,5 m istutusväliä, kun taas
vastaava tiheys tuotti kylväaloilla noin 35 %
u/s-sahatavaraa.

412. Lujuuslajittelu

Lujuuslajittelun tehtävänä on jakaa sahattu puutavara visuaalisin luokitteluin tai mekaanisin menetelmin eri lujuusluokkiin. Lujuusluokittelu koskee lähinnä rakennussahatavaraa, jolle on asetettava eräitä lujuutta koskevia vähimmäisvaatimuksia varsinkin milloin sitä käytetään kantavissa rakenteissa.

Silmävarainen lujuuslajittelu tehtiin käsillä olevassa tutkimuksessa T- ja LT-luokituksen mukaisesti ensi vaiheessa oksaisuusluokituksella käyttämällä eli pelkästään oksien määrän, koon ja sijainnin perusteella. Oksat näet vaikuttavat eri vioista yleensä voimakkaimmin sahatavarakappaleen lujuusominaisuuksiin. Kuvasta 20 nähdään sahatavaran jakautuminen lujuusluokkiin silmävaraisen, pelkästään oksien perusteella tapahtuneen arvioinnin mukaan. Pääosa viljelymän-



Kuva 20. Sahatavaran jakautuminen lujuusluokkiin oksaisuuden perusteella. Silmävarainen arviointi. (1=T40, 2=T30, 3=T24, 4=T18, 5=hylky). Yhtenäiset pylväät = luonnonmänniköt.

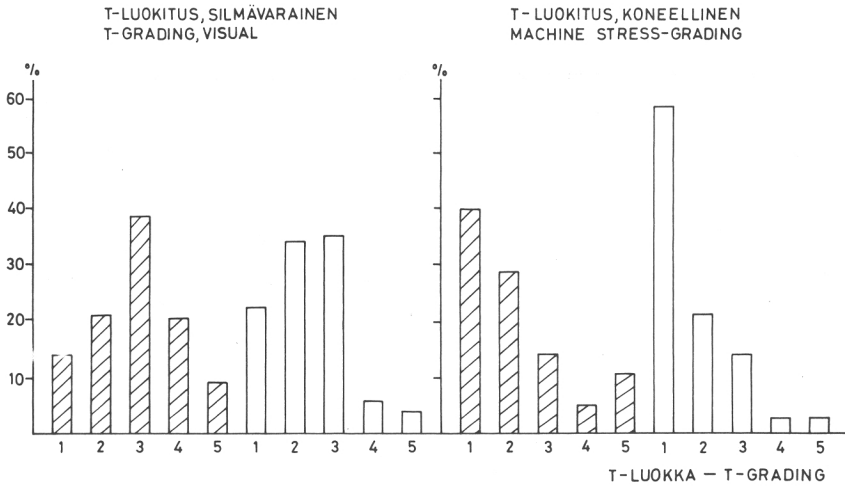
Fig. 20. Distribution of sawn goods into strength classes according to knottness. Visual stress grading. (1=T40, 2=T30, 3=T24, 4=T18, 5=cull). Unshaded columns = natural pine stands.

niköistä peräisin olevasta sahatavarasta keskittyy lujuusluokkaan T24 ja luontaisessa aineistossa parhaaseen laatu-
luokkaan T40. Viljelymännikköaineiston lujuusluokkajakauma on edellä mainittua luokkaa lukuun ottamatta varsin tasainen, kun taas luontaisessa aineistossa jakauma on vino, eli eri luokkien prosenttiset osuudet pienenevät heikompia laatuluokkia kohti.

Todellisessa T-luokituksessa, jolloin kaikki asiaan vaikuttavat tekijät otettiin huomioon, keskittyy viljelymännikköaineisto edelleen selvästi lujuusluokkaan T24, kun taas parhaan luokan osuus vähenee samanaikaisesti (kuva 21). Myös luonnonrungoista peräisin olevassa sahatavarassa lujuusjakauma muuttuu samaan suuntaan, vaikkakin parhaisiin luokkiin kuuluvien kappaleiden osuus on edelleen korkeampi kuin viljelyrunkoaineistossa.

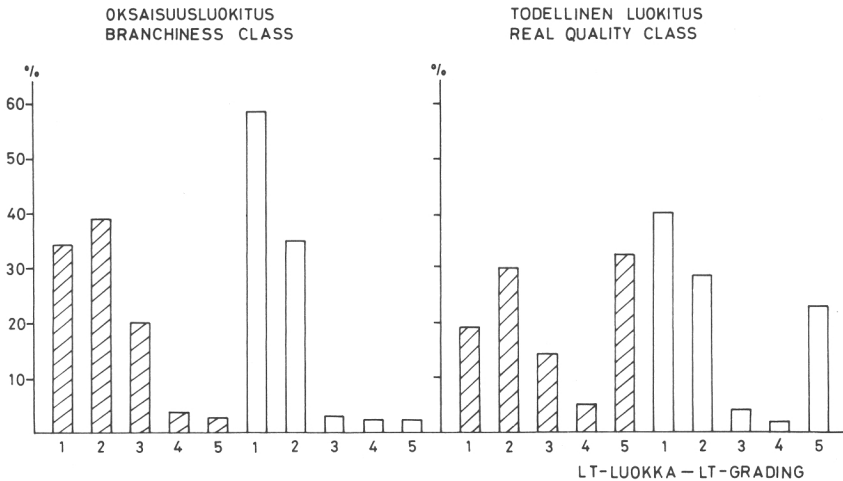
Pelkästään oksaisuuden tarkasteluun perustuvassa LT-luokituksessa aineisto keskittyy T-luokitusta voimakkaammin parhaisiin lujuusluokkiin LT40 ja LT30, mikä johtuu T-luokituksen huomattavasti ankarammasta suhtautumisesta oksien koon sekä kappaleen syrjällä että lappeella (kuva 22). Todelliseen luokitukseen siirryttäessä hylätyksi joutuvien kappaleiden määrä kasvaa voimakkaasti sekä varsinaisessa että vertailuaineistossa. Tähän vaikuttaa ilmeisesti suurelta osin vajasärmän esiintyminen, jota sallitaan T-luokituksessa kappaleen syrjässä 1/4 sen paksuudesta, mutta LT-luokituksessa vain 1/10 kappaleen paksuudesta (RIL 120, 1978).

Koska koneellinen T-luokitus perustuu kappaletta taivuttamalla saatuihin lujuusarvoihin, menetelmä antaa virheellisiä tuloksia, mikäli sahatavarakappaleiden mittatarkuus vaihtelee. Erityisesti kenttäpyörösahauksessa syntyy kappaleiden paksuusvaihteluita tuokin keskittämismenetelmän heikkouksien vuoksi. GRANVIK (1967) mainitseekin, että



Kuva 21. Sahatavaran jakautuminen lujuusluokkiin todellisen, silmävaraisen ja koneellisen luokituksen perusteella (1=T40 2=T30, 3=T24, 4=T18, 5=hylky). Yhtenäiset pylvääät = luonnonmänniköt.

Fig. 21. Distribution of sawn goods into strength classes according to real, visual and machine stress grading (1=T40, 2=T30, 3=T24, 4=T18, 5=cull). Unshaded columns = natural pine stands.



Kuva 22. Sahatavaran jakautuminen lamelliluokkiin silmävaraisen oksaisuusluokituksen ja todellisen luokituksen perusteella (1=LT40, 2=LT30, 3=LT24, 4=LT18, 5=hylky). Yhtenäiset pylvääät = luonnonmänniköt.

Fig. 22. Distribution of sawn goods into glue-laminated classes according to visual knottness grading and real grading (1=LT40, 2=LT30, 3=LT24, 4=LT18, 5=cull). Unshaded columns = natural pine stands.

kenttäpyörösaauksessa saatu sahatavara on yleensä päistään ohuempaa kuin keskeltä ja epämittaisuus on suurempi paloiteen alku- kuin loppupäässä. Lisäksi tavara on usein jonkin verran kiilamaista.

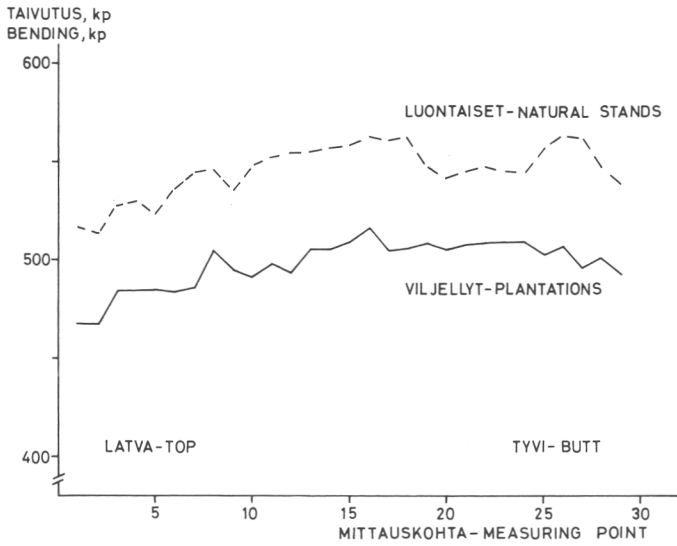
Mikäli ylilitan suuruus oli yli 1 mm, virheelliset taivutusvoimat ja niiden antamat lujuusluokat korjattiin oheisessa tutkimuksessa seuraavalla kaavalla.

$$k_v = \frac{t_v}{\left(\frac{d_m}{d_n + 1}\right)^3}$$

k_v = korjattu voima, kp
 t_v = taivutusvoima, kp
 d_m = mitattu paksuus
 d_n = nimellispaksuus

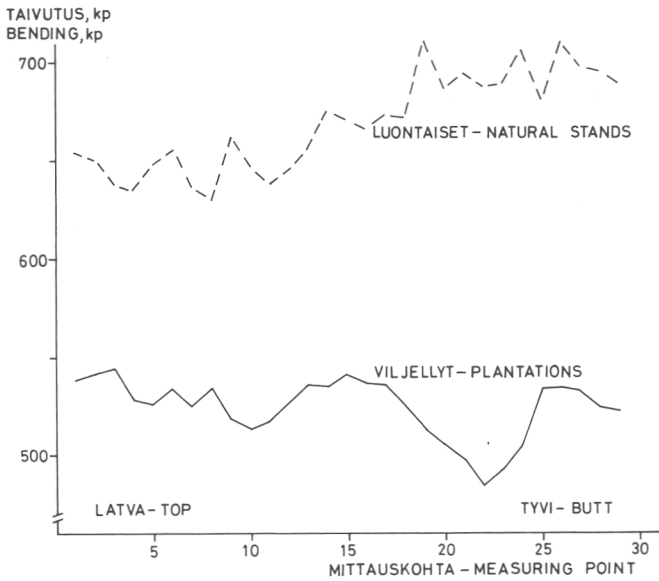
Höylämällä osa sahatavarakappaleista määräpaksuuteen sekä tekemällä tämän jälkeen uudet lujuusmittaukset voitiin todeta, että korjauskerroin johti kuitenkin useissa tapauksissa liian alhaiseen lujuusluokkaan. Toisaalta höyläys alensi eräissä tapauksissa lujuusluokkaa kappaleissa, joissa ei ollut suoritettu luokan korjausta.

Kuvassa 21 esitetään eri alkuperää olevien aineistojen jakautuminen lujuusluokkiin koneellisessa lajittelussa, kun arvot on korjattu kertoimilla ja tarkistettu höyläyskokeiden perusteella. Eri luokkien jakaumat ovat kummassakin aineistossa hyvin samankaltaiset, ts. histogrammojen vinoudet muistuttavat toisiaan. Jakaumat eroavat selvästi myös silmävaraisen luokittelun tuloksista, jotka ovat johtaneet paljon koneellista luokitusta ankaramman sahatavaran lajitteluun. Silmävaraisen arvioinnin osuvuus on jonkin verran



Kuva 23. Sydäntavarakappaleiden (50 x 100 mm) taivutusvoiman vaihtelu kappaleen eri osissa. Painealue 1, taivutus 1,3 mm.

Fig. 23. Variation of the bending strength of scantlings (50 x 100 mm) in different parts of the piece. Stress area 1, bending 1,3 mm.



Kuva 24. Sydäntavarakappaleiden (50 x 100 mm) taivutusvoiman vaihtelu kappaleen eri osissa. Painealue 1, taivutus 1,5 mm.

Fig. 24. Variation of the bending strength of scantlings (50 x 100 mm) in different parts of the piece. Stress area 1, bending 1,5 mm.

parempi luonnonmänniköistä peräisin olevassa sahatavarassa, mutta menetelmä liioittelee oksaisuuden merkitystä lujuutta alentavana tekijänä sitä enemmän, mitä parempilaatuinen sahatavara on tarkasteltavana.

Sahatavarakappaleen alhaisimmat lujuusarvot sijoittuvat tavallisesti kappaleen latvapäähän (kuvat 23 - 24). Tämä johtuu osaksi puuaineen kuiva-tuoretiheydestä, joka on tukin latvassa alhaisempi kuin tyvessä sekä osaksi kappaleen latvapään suuremmasta oksikkuudesta. Tässä työssä käytetty menetelmä, jossa ylipitkää sahatavarakappaletta lyhennettiin latvapäästä, on voinut jossakin määrin pienentää eri tutkimusaineistojen välisiä sahatavaran laatueroja. Puuaineen kuiva-tuoretiheys oli viljely- ja luonnonmäntyaineistosta sahattujen sydäntavarakappaleiden latvapäässä 383 ja 406 kg/m³ sekä tyvipäässä 432 ja 471 kg/m³.

Kolmas huomattavasti lujuuteen vaikuttava tekijä on luston leveys, jonka vaikutus tulee otetuksi huomioon jo lujuusluokittelun yhteydessä. Vuosiluston suurin sallittu leveys parhaissa luokissa T40 ja LT40 on 30 mm (RIL 120, 1978).

Viljelymänniköistä ja luonnonmetsiköistä peräisin olevien aineistojen väliset lujuuserot eivät ole suuret kun verrataan keskenään saman laatuluokan tukeista saatua sahatavaraa (taulukko 12). Kummankin alkuperän sisäistä jakaumaa tarkasteltaessa havaitaan, että ensimmäisen ja toisen laatuluokan tukeista valmistetun sahatavaran lujuuserot ovat verrattain vähäiset, mutta lujuus heikkenee sen sijaan ratkaisevasti kolmannen laatuluokan tukeista valmistettuun sahatavaraan siirryttäessä. Sahatavaran lujuusjakauma muistuttaa siis tässä suhteessa laatujaakaumaa, jossa myös suurimmat u/s-prosentin erot vallitsivat toisen ja kolmannen laatuluokan välillä (kuva 11, sivu 55).

Taulukko 12. T-lujuusluokkajakauman riippuvuus tukin todellisesta laatuluokasta. R = hylky.

Table 12. Correlation between the T-strength class distribution and the real quality class of the log. R = cull.

T-luokka T-grading class	Tukin laatuluokka Log quality class		
	1	2	3
	Viljelymänniköt, % - Plantations, %		
40	76,9	61,3	20,6
30	7,7	16,1	35,3
24	7,7	16,1	20,6
18	7,7	3,2	2,9
R	..	3,3	20,6
	Luonnonmänniköt, % - Natural stands, %		
40	72,2	70,6	23,1
30	16,7	17,7	38,5
24	5,6	8,8	30,8
18	5,6	..	7,7
R	..	2,9	..

Taulukko 13. T-lujuusluokan riippuvuus sahatavarakappaleen kuiva-tuoretiheydestä. R = hylky.

Table 13. Correlation between the T-strength class distribution and the basic density of the sawn goods piece. R = cull.

T-luokka T-grading class	Kuiva-tuoretiheys, kg/m ³ - Basic density, kg/cu.m			
	325	375	425	475
	Viljelymänniköt, % - Plantations, %			
40	..	18,5	60,5	63,6
30	..	25,9	25,6	18,2
24	20,0	33,3	11,6	..
18	..	11,1	..	..
R	80,0	11,1	2,3	18,2
	Luonnonmänniköt, % - Natural stands, %			
40	..	28,6	55,6	81,8
30	..	28,7	25,0	13,6
24	..	28,7	13,9	4,6
18	..	14,3	2,8	..
R	..	..	2,8	..

Laadun heikkeneminen selittyy pääasiassa heikkolaatuisten tukkien lisääntyvän oksaisuuden ja luston leveyden sekä toisaalta puuaineen kuiva-tuoretiheyden pienenemisen avulla. Puuaineen kuiva-tuoretiheyden vaikutus sydäntavarakappaleiden lujuusluokkajakaumaan on nähtävissä taulukosta 13. Parhaiden laatuluokkien osuus vähenee nopeasti puuaineen kuiva-tuoretiheyden pienetessä (taulukko 13).

PERSSON (1976) sai istutusmänniköistä peräisin olevalle sahatavaralle seuraavat parasta lujuusluokkaa kuvaavat prosenttiosuudet metsikön alkuperäisen istutustiheyden kasvaessa.

Istutusväli, m	T 300, %
0,75	42
1,25	22
1,50	15
3,00	-

Sahatavaran lujuus on siis sitä heikompi mitä alhaisempaan puuston tiheyteen se on perustettu, ja nykyisen mittapuun mukaan varsin tiheistäkin istutusmänniköistä saadaan niukasti korkeat lujuusvaatimukset täyttävää sahatavaraa.

PERSSON on myös todennut yhteneväisesti oheisen tutkimuksen kanssa, että koneellinen T-lajittelu antaa usein selvästi korkeampia laatuindeksejä kuin silmävarainen lajittelu. Hänen mukaansa ero johtuu suurelta osin ohuiden dimensioiden suurista syrjäöksistä, joiden perusteella sahatavara arvostellaan silmävaraisesti usein hylkyluokkaan vaikka kyseinen sahatavara täyttääkin koneellisessa lajittelussa paremman luokan vaatimukset. Koneellisen lujuuslajittelun antamat silmävaraista luokittelua korkeammat arvot johtuvat osittain myös kappaleitten latvapään lyhentämisestä, jolloin osa pahimmista oksavioista on hävinnyt (sivu 16).

42. Sahatavaran arvo

Sahatavaran arvoa tarkastellaan vientisahatavaran tukkuhintojen pohjalta siten, että u/s-laudan perushinnaksi on asetettu 100 (Sahatavaran...1980). Sahatavaran eri laatu- luokkien hinnat ja arvosuhteet on esitetty liitteessä 1. Muitten laatujen hinnat on laskettu suhteessa u/s-lautaan ja leveille sahatavarakappaleille on laskettu leveyslisät (liite 1), jotka perustuvat hinnaston pohjalta laskettuihin erilevyisten kappaleiden hintaeroihin.

Taulukossa 14 esitetään viljely- ja luonnonmänniköistä saadun sahatavaran yksikköhinnat tukin laatuluokan mukaan ryhmiteltyinä. Taulukko osoittaa, että erot kahden eri alkuperää olevan aineiston välillä ovat erityisen suuret etenkin, jos tarkastellaan heikkolaatuisista tukeista sahatuja lautoja. Sydäntavarakappaleiden väliset arvoerot kahden eri tutkimusaineiston välillä jäävät sen sijaan vähäisemmiksi. Ensimmäisen ja toisen laatuluokan välinen ero viljelymännikköaineistossa ei ole suuri, mutta arvo laskee nopeasti siirryttäessä toisesta luokasta kolmanteen laatuluokkaan. Luonnonmänniköissä puolestaan arvoerot ovat suurimmat parhaimpiin laatuluokkiin kuuluvista tukeista saattujen sahatavaraerien välillä. Sydäntavarakappaleiden, lautujen ja koko sahatavaran väliset hintaerot kahden aineiston välillä ovat keskimäärin 7,0, 22,2 ja 9,1 % luonnonmänniköistä saadun sahatavaran eduksi. Lautujen suuret arvoerot johtuvat lautatavaran eri laatujen välisistä hintaeroista, jotka ovat huomattavasti suuremmat kuin soiroissa ja lan- kuissa.

Sahatavarasaannoksi saatiin 51,9 ja 52,9 % viljely- ja luonnonmänniköissä. Kyseiset luvut ovat verrattain korkeat muissa tutkimuksissa todettuihin saantoihin verrattuna (esim. HEISKANEN 1976). KÄRKKÄINEN (1980 a) sai koesahauksissa keskimääräiseksi saannoksi 48,7 %. Viljelymänniköiden

heikompi saanto kuvastanee tässä yhteydessä omalta osaltaan sitä, että niiden puuston laatu on erityisesti runkovikojen osalta heikompi kuin luonnonmänniköiden puustoissa. Esimerkiksi lenkouden on todettu alentavan selvästi saantoa (mm. SIIMES 1957, ASIKAINEN ja PANHELAINEN 1970). Saanto kasvaa myös sekä viljelymänty- että vertailuaineistossa tukin läpimitan kasvaessa, mutta alenee noin kahdella prosenttiyksiköllä siirryttäessä ensimmäisen luokan tukeista kolmannen laatuluokan tukkeihin.

Sahatavarasaanto pieneni siis tässä tutkimuksessa tukin laadun heikentyessä. Saannon ja tukin laadun välinen korrelaatio on kuitenkin yleensä päinvastainen, eli saanto kohoaa tukin oksaisuuslaatuluokan huonontuessa (esim. KÄRKKÄINEN 1980 a). Tällainen kehitys perustuu ilmeisesti tukkien muodon muuttumiseen, joka johtuu tyvilaajentumasta ja on siitä syystä rungossa selvintä tyvitukkien ja muiden tukkien välillä.

Sahatavaran yksikköhintaan vaikuttavia tekijöitä testattiin valikoivalla regressioanalyysillä. Merkittävin yksikköhinnan vaihtelun selittäjä viljelymänniköissä on tukin tilavuus, joka yksinään selittää 85 % hinnan kokonaisvaihtelusta (vrt. QY 1974). Muita parhaan yhtälön tekijöitä ovat tyvitukin u/s-prosentti, lenkous sekä rungon pituuskasvunopeus. Muut selittäjät paitsi lenkous tuntuvatkin loogisilta. Parhaaksi viljelymänniköiden sahatavaran yksikköhintaa selittäväksi malliksi saadaan seuraava yhtälö, joka selittää 91 % viljelymänniköiden sahatavaran yksikköhinnasta.

Taulukko 14. Eri laatuista tukeista saadun sahatavaran yksikköhinta. R = hylky.
 Table 14. Volume price of sawn goods obtained from logs of different qualities.
 R = cull.

Tukin laatu Log quality	Viljelymänniköt - Plantations			Luonnonmänniköt - Natural stands		
	Sydäntavara Battens	Laudat Boards	Yhteensä Total	Sydäntavara Battens	Laudat Boards	Yhteensä Total
1	59,2	52,1	57,6	62,7	60,4	62,0
2	58,3	45,2	55,0	58,5	51,4	56,7
3	54,1	38,7	49,9	57,5	53,8	56,5
R	50,9	36,5	48,1	53,5	44,0	50,8
Keskimäärin Average	56,0	42,7	52,8	59,6	54,9	58,3

$$y = 8,920 + 0,117x_{35} - 0,121x_{31} + 0,265x_{30} - 0,272(x_6/x_2)^2 - 0,062x_8 \cdot x_7$$

	Muuttuja	t-arvo
$R^2 = 91,4$	x_{35}	5.2
$F = 244,8$	x_{31}	-3.5
$DF = 131$	x_{30}	15.8
$y =$ Sahatavaran yksikköhinta	$(x_6/x_2)^2$	-2.1
	$x_8 \cdot x_7$	-2.9

Luontaisten männiköiden osalta parhaita sahatavaran yksikköhinnan selittäjiä ovat tukin tilavuuden lisäksi myös tukin u/s-prosentti ja lenkous sekä rungon pituuskasvu. Paras yhtälö, joka selittää 90 % luonnonmänniköiden yksikköhinnan kokonaisvaihtelusta, on seuraava.

$$y = -11,80 + 0,171x_{35} - 0,112x_{31} + 0,346x_{30} + 0,422(x_6/x_2)^2$$

	Muuttuja	t-arvo
$R^2 = 90,2$	x_{35}	8.6
$F = 230,1$	x_{31}	-2.1
$DF = 100$	x_{30}	27.9
$y =$ Sahatavaran yksikköhinta	$(x_6/x_2)^2$	2.3

Muita mainitsemisen arvoisia tekijöitä ja niiden korrelaatiokertoimia ovat seuraavat.

Viljelymänniköt		Luonnonmänniköt	
Muuttuja	r	Muuttuja	r
x_6/x_2	0,163	x_{20}	0,193
x_{14}	0,131	$(x_{14})^2$	0,167
x_{14}/x_7	0,127	x_{33}	0,163
$(x_{27})^2$	0,126	$(x_{20})^2$	0,162
$(x_{14})^2$	0,120	x_{14}	0,164

Huomattavaa on, että parhaat tulosta selittävät muuttajat ovat osittain samoja jotka esiintyivät aikaisemmin sahatavaran u/s-prosentin testauksen yhteydessä (sivu 66). Yksittäisistä muuttujista myös luston paksuus korreloi varsin selvästi sahatavaran yksikköhinnan kanssa.

Kun viljelymänniköistä saadun sahatavaran yksikköhintaa tarkastellaan ilman tukin tilavuuden vaikutusta, ovat parhaat selittävät muuttajat ensimmäisen oksakiehkuran korkeus ja tukin lenkous. Tällöin saatava malli selittää 21 % hinnan kokonaisvaihtelusta.

$$y = 0,508 + 0,001x_{20} - 0,001x_{31}$$

R^2	= 21,1	Muuttuja	t-arvo
F	= 18,0	x_{20}	3.9
DF	= 134	x_{31}	-2.8
y	= Sahatavaran yksikköhinta		

Muut parhaita korrelaatioita antavat muuttajat kuvaavat kasvunopeutta ja eräitä rungon ulkoisia laatutunnuksia.

Muuttuja	r
x_{22}	0,163
x_{21}	0,150
$(x_{22})^2$	0,151
x_{17}	0,143
x_{25}	0,136

Kun tukin tilavuus jätetään pois analyysistä yhtälön selitysaste pienenee, ja luston leveys nousee parhaaksi yksikköhintaa kuvaavaksi muuttujaksi. Jos sahatavaran suhteellinen hinta lasketaan sahatavarayksikköä kohti saadaan luonnonmänniköissä paras selitysaste, 25 % seuraavalla yhtälöllä.

$$y = 0,368 + 0,004x_{26} + 0,074x_{14}/x_7 + 0,02(x_{20})^2$$

	Muuttuja	t-arvo
$R^2 = 24,7$	x_{26}	3.7
$F = 11,03$	x_{14}/x_7	3.3
$DF = 101$	$(x_{20})^2$	3.1
$y =$ Sahatavaran yksikköhinta/ sahatavarayksikkö		

Muita selittäjiä korrelaatioineen ovat seuraavat muuttajat, jotka kuvaavat lähinnä rungon oksien karsiutuneisuutta.

Muuttuja	r
x ₃₃	-0,177
x ₃₂	0,167
x ₂₃	-0,147
x ₁₀	0,147

KÄRKKÄINEN (1980 a) on saanut sahatavaran yksikköhintaa parhaiten selittäviksi muuttujiksi tietyn alueen luonnonmänniköissä sydäntavaran yksikköhinnan ja tukin kuorettoman latvaläpimitan, joilla pystyttiin selittämään 91,4 % hinnan kokonaisvaihtelusta. Keskimääräinen sahatavaran yksikköhinta oli KÄRKKÄISEN tutkimuksissa (1980 a ja 1980 b) 56,3 ja 60,9. Tutkimuksissa käytetyt hinnat erosivat käsillä olevassa työssä käytetyistä, ja tutkimukset koskivat myös koko rungon tukkiosaa. Näin ollen voidaan todeta, että kyseisten tutkimusten tulokset eivät ole suoraan verrattavissa tässä saatuihin, mutta luonnonmänniköiden yksikköhinnat olivat edellä mainituissa tutkimuksissa varsin korkeat oksaisista väli- ja latvatukeista huolimatta.

5. TULOSTEN TARKASTELU

Tutkimusmenetelmän selostuksen yhteydessä tuotiin jo esille eräitä aineiston keräystapaan liittyviä piirteitä. Aineisto kerättiin maan etelä- ja keskiosista, siis maastollisesti ja ilmastollisesti verrattain yhtenäiseltä alueelta. Rannikkoalueita vältettiin tarkoituksellisesti niiden tuuliolosuhteiden poikkeavuuden vuoksi, joiden voidaan katsoa vaikuttavan runkopuun laatuun. Näytemetsiköiden valintaan ja näytteenottotapaan vaikuttivat sopivien kohteiden saataavuus ja sijainti. Systemaattisia näytteenottomenetelmiä ei voitu noudattaa materiaalin valinnassa, sillä vanhoja viljelyaloja, joilta on myös saatavissa luotettavat perustamistiedot, on maassamme varsin rajallisesti valtion mailla. Tämän vuoksi sopivat kohteet valittiin saatavissa olevien metsiköitten joukosta, mutta arvontaa käytettiin apuna joillakin alueilla.

Viljelymänniköiden siemenen tai taimiaineksen alkuperät olivat tavallisesti paikallista rotua, mutta siemenkeräyspuiden geneettiseen laatuun ei niihin aikoihin jolloin tutkimusmetsiköt perustettiin, kiinnitetty paljon huomiota. Useissa tapauksissa siemenen alkuperä oli kuitenkin tuntematon.

Tavoitteena oli yhtä monta viljely- ja vertailumetsikköä kullakin tutkimuspaikkakunnalla sekä yhtä monta metsikköä yhteensä eri alueilla. Tässä ei kuitenkaan täysin onnistuttu, sillä viljelyalojen lukumäärä vaihteli paikkakunnittain. Edellä selostetun vuoksi aineistoa ei voi pitää täysin edustavana, vaan valinnassa oli noudatettava osittain varsin subjektiivista menetelmää.

Koealojen sijoittamisessa metsikön sisällä käytetty menetelmä (vrt. sivu 13) antoi metsikön kaikille osille mahdollisuuden joutua koealueeksi suurien metsiköiden keskiosia

lukuun ottamatta. Tällaisia kohteita oli kuitenkin vähän, sillä useimmat vanhat viljelyalat olivat pieni-alaisia. Luonnonmetsiköt olivat tässä suhteessa epätasaisempia.

Koealojen puut numeroitiin järjestelmällisesti ja sattumanvaraisesti koealan reunasta aloittaen, jolloin lopussa ylimääräisiksi jääviä puita ei otettu mukaan mitattavaan puustoon. Kun kaadettavien puiden valinnassa käytettiin arvontaa tulivat nämä puut sattumanvaraisesti koepuiden joukkoon. Poikkeuksen muodostivat nuorimmat metsiköt, joissa kaikki rungot eivät vielä täyttäneet tukkipuun kokovaatimuksia. Tällaisissa tapauksissa jouduttiin koepuut joskus valikoimaan verrattain suppeasta joukosta.

Koealojen ja runkojen määrää voidaan pitää varsin suurena sekä hyvin jakautuneena, vaikkakin aineisto keskittyy jossakin määrin Hämeen alueelle valtion maiden sijainnin vuoksi. Kaadettujen runkojen ja niistä valmistettujen tukkien määrä on sen sijaan paljon pienempi, 165 tukkia viljely- ja 135 tukkia luonnonmänniköistä. Kun aineisto ei ole suuri, on tärkeätä, että se kuvaa mahdollisimman hyvin koko perusjoukon ominaisuuksia. Tukkirunkojen ja niistä valmistettujen tyvitukkien ominaisuuksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että pystypuuston rinnankorkeusläpimitat olivat viljely- ja luonnonmetsissä keskimäärin 20,1 ja 20,9 cm ja vastaavasti tyvitukeiksi valmistetussa puustossa 20,3 ja 20,2 cm. Tyvitukkien latvaläpimitat olivat kummassakin aineistoryhmässä vastaavasti pystypuustossa 19,1 ja 19,5 sekä sahattuissa tukeissa 19,1 ja 18,9 cm. Kaadettavaksi koepuustoksi joutuneista rungoista valmistetut tukit edustivat siten kooltaan hyvin koko tutkimuksen kohteena ollutta puustopopulaatiota.

Myös tukkien laatujaumat pystypuissa ja kaadetuissa koepuissa vastasivat hyvin toisiaan, vaikkakin tukeiksi valmistettiin jonkin verran enemmän heikkolaatuisia runkoja

kuin aineistossa esiintyi keskimäärin (sivu 47). Puuston laadusta antavat kuvan myös tyvitukin paksuimmat oksat, jotka olivat viljely- ja luonnonmänniköiden pystyvuissa 23 ja 18 mm sekä tukeissa 25 ja 18 mm. Tukit ja niistä valmistettu sahatavara vastasivat siis paitsi kooltaan myös laadultaan hyvin koko aineistoa ja näin ollen sahattua aineistoa, yhteensä 300 tukkia, voidaan pitää määrältään riittävänä. Mainittakoon, että PERSSONIN (1976) istutusmänniköiden sahatavaran laatua koskevassa aineistossa tukkien määrä oli 269 kappaletta.

Aineistoa valittaessa pyrittiin siihen, että eri metsätyypit tulisivat edustetuiksi oikeassa suhteessa eli siinä määrin kuin niitä esiintyy männyn kasvupaikkoina. Viljelymänniköitä perustettiin aikoinaan nykyistä enemmän hyvälle maapohjille mutta on mahdollista, että hyvien kasvupaikkojen osuus aineistossa on kuitenkin suurempi kuin käytännössä (sivu 21). Luonnonmänniköt taas syntyvät puuston fysiologisten vaatimusten johdosta pääasiassa puolukkatyyppin maapohjille. Kasvupaikkojen hyvyserot ovat siis ilmeisesti jossakin määrin vaikuttaneet aineistojen vertailtavuuteen. Uusien tutkimusten perusteella näyttää kuitenkin siltä (VARMOLA 1980, UUSVAARA 1981 a ja 1981 b), että metsätyypin vaikutus puuston laatuun, erityisesti oksikkuuteen, ei ole männyllä käenkaali-mustikkatyyppiä lukuun ottamatta merkittävä.

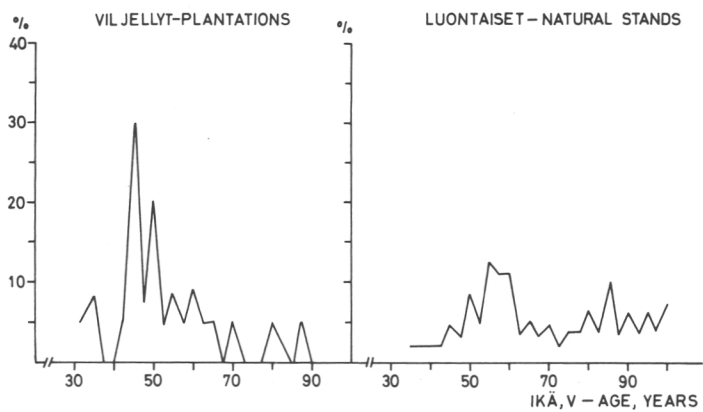
Luonnonmänniköiden puustosta pyrittiin löytämään kullakin paikkakunnalla kohteet, joissa puiden ikä ja koko vastaisivat mahdollisimman hyvin tutkimuksen kohteeksi valittujen viljelymänniköiden puustoja. Tämä oli useissa tapauksissa vaikeaa erityisesti keski-ikäisten metsiköiden puutteen ollessa luonnonmänniköissä selvä. Myös runkojen koko ja ikä samankin metsikön sisällä saattoi vaihdella luonnonmänniköissä verraten paljon. Tämä johtui mahdollisesti eräissä tapauksissa metsiköiden vanhoista käsittelytavoista, esimerkiksi harsintahakkuista. Kaikki metsiköt olivat kui-

tenkin aina kuuluneet metsänhoidon piiriin, joskin toimenpiteiden tehokkuus ja säännöllisyys näyttivät olevan yleensä viljelymetsiköissä paremmat. Viljelymänniköissä suorite-
tuista hakkuista, perkauksista ja harvennuksista oli myös olemassa paremmat tiedot kuin luonnonmänniköistä.

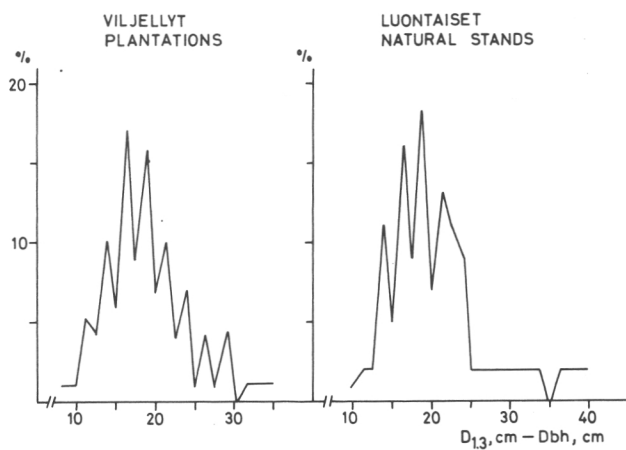
Viljelymänniköiden keski-ikä oli alhaisempi kuin luonnonpuustojen ikä, ja kummankin aineiston ikäluokkien jakaumat erosivat jossain määrin toisistaan (kuva 25). Viljely- ja luonnonmänniköiden keski-ikä ero oli myös tilastollisesti erittäin merkitsevä ($t = 12,0^{xxx}$). Viljelymänniköiden iässä oli selvä keskittyminen 45 vuoden vaiheilla, kun taas luonnonmänniköiden ikäjakauma oli selvästi kaksihuippuinen. Ikäjakaumien tunnusluvut olivat seuraavat.

	Viljely- männiköt	Luonnon- männiköt
\bar{x}	51	67
Me	49	60
Mo	45	56
S	12,3	17,3
Vaihtelurajat	31-87	34-99
N	630	314
Vinous	1,09	0,36
Huipukkuus	1,25	-1,15

Viljelymäntyrunkojen ja luonnonmäntyrunkojen rinnankorkeusläpimittojen ero oli tilastollisesti merkitsevä ($t = 2,92^{xx}$). Rinnankorkeusläpimittojen jakaumien tunnusluvut olivat seuraavat (vrt. kuva 26).



Kuva 25. Aineiston ikäjakauma.
Fig. 25. Age distribution of the material.



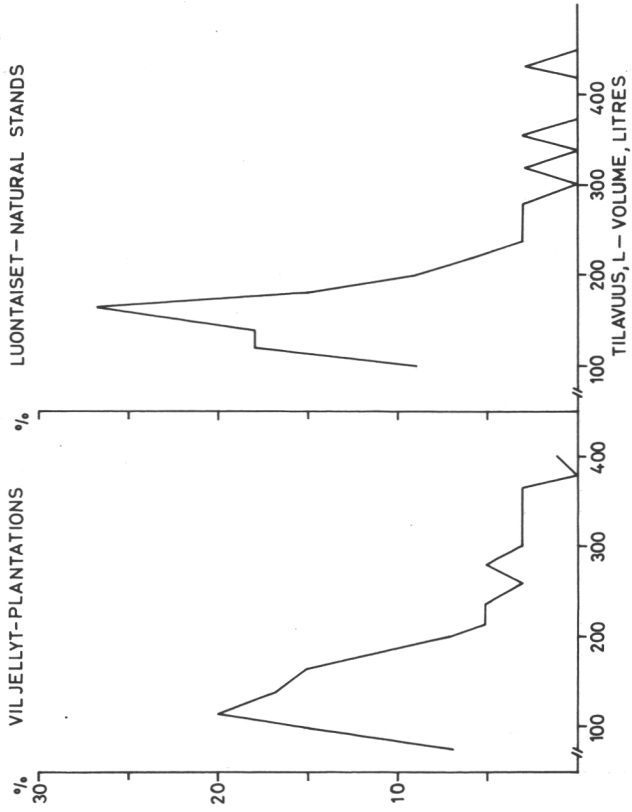
Kuva 26. Aineiston rinnankorkeusläpimitta.
Fig. 26. DBH distribution of the material.

	Viljely- männiköt	Luonnon- männiköt
\bar{x}	20,1	20,9
Me	19,5	20,0
Mo	18,0	20,0
S	5,2	5,3
Vaihtelurajat	8-37	8-44
N	630	1879
Vinous	0,55	0,72
Huipukkuus	0,27	0,90

Tyvitukin keskimääräinen tilavuus oli viljelymännikössä $148,5 \text{ dm}^3$ ja luonnonmännikössä $155,6 \text{ dm}^3$, joiden ero oli tilastollisesti mahdollisesti merkitsevä ($t = 1,20^x$). Tilavuuksien jakaumia koskevat luvut olivat seuraavat (vrt. kuva 27).

	Viljely- männiköt	Luonnon- männiköt
\bar{x}	148,5	155,6
Me	134,8	149,1
Mo	-	-
S	61,2	53,8
Vaihtelurajat	60,9-401,5	85,1-442,6
N	162	135
Vinous	1,36	1,94
Huipukkuus	1,99	6,22

Luonnonmäntyrungot olivat siis iältään vanhempia kuin viljelyrungot, mutta tyvitukkien koko ei ollut merkittävästi viljelymetsiköistä saatuja tukkeja suurempi. Tulos kuvastaa hyvin jo edellä eri yhteyksissä saatua toteamusta, että luonnonmäntyrungot ovat samassa läpimittaluokassa viljelymäntyjä jonkin verran vanhempia mutta myös hidaskasvuisempia. Tämä seikka on ratkaisevasti vaikuttanut niiden parempaan puun laatuun ja edullisempaan sahatavaran laatuja-



Kuva 27. Aineistoon kuuluneiden tyvitukkien tilavuusjakauma.
 Fig. 27. Volume distribution of the butt logs of the material.

kaumaan.

Edellä esitetyt tulokset osoittavat, että viljelymänniköistä saatava puuaine ja puutavara ovat kaikkien tarkastelujen kriteerien valossa heikkolaatuisempia kuin luonnonmänniköistä saatava puutavara, kun ajatellaan puuta sen käyttöarvon kannalta. Erot selittyvät vain pieneltä osin tutkimusaineistojen heikkouksien perusteella.

Arvioitaessa tuloksia sekä niiden merkitystä viime aikoina perustettujen viljelymänniköiden laatua silmälläpitäen on huomattava, että vanhat viljelymänniköt, joista tässä esitetty aineisto on peräisin, perustettiin pääasiassa kylvään, kun taas nykyisin pääasiallisin uudistustapa on istutus. Tuloksia ei tästä syystä voi sellaisenaan soveltaa nykyisten istutusmänniköiden laadun arviointiin. Tästä huolimatta yhtymäkohtia vanhojen ja nuorien viljelymänniköiden välillä on runsaasti, sillä kullekin viljelyalalle syntyvä uusi puusto ei ole tavallisesti paikallista puurotua, ja kummassakin uudistusmenetelmässä viljelykohtien lukumäärä sekä taimiston kehityksen alkuvaiheet ovat suunnilleen samat. Muun muassa nykyisin käytettävien taimikoiden pienten istutustiheyksien perusteella voidaan kuitenkin arvioida, että viljelymänniköidemme laatu tulee vanhojen viljelyalojen puuston laatuun verrattuna voimakkaasti heikkenevään.

6. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksen aineisto käsitti 31 viljelemällä perustettua ja 30 luontaisesti syntynyttä mäntykoemetsikköä Etelä- ja Keski-Suomen alueelta. Runkoja mitattiin viljelymänniköistä 630 ja luonnonmänniköistä 1810 kappaletta, joista arvottiin kaadettaviksi vastaavasti 165 ja 135 runkoa. Kaadetuista rungoista mitattiin rungon laatutunnuksia kuten eri oksaisuusvyöhykkeet, oksien paksuus, vikaisuudet ja rungon kapeneminen. Kannon korkeudelta otetuista näytteistä määritettiin puun sisäisiä laatutunnuksia. Tyviosa valmistettiin tukeiksi, koesahattiin ja sahaustulos laatuluokitettiin.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää koesahausten avulla viljelymäntyrunkojen tyvitukeista saatavan sahatavaran laatu ja arvo sekä niihin vaikuttavat tekijät. Laatua verrattiin vastaavan tyyppisistä luonnonmänniköistä saattuihin tuloksiin.

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset olivat seuraavat:

1. Oksattoman rungonosan muodostuminen alkoi viljelymänniköissä myöhemmin kuin luonnonmänniköissä ja karsiutuminen oli metsikön iän lisääntyessäkin hitaampaa. Myös suhteessa rungon pituuteen oli virheettömän ja oksakyhmyjä käsittävän rungonosan pituus viljelymänniköissä alhaisempi kuin luonnonmänniköissä, mutta kuivaoksainen rungonosa pidempi ja latvus lyhyempi.

2. Luonnonmäntyrunkojen oksat olivat ohuempia kuin viljelymäntyrunkojen oksat etenkin rungon alaosassa, mutta rungon yläosassa erot osittain hävisivät. Tyvitukkien suurimpien oksien paksuus sekä mitattujen oksien keskipaksuus kasvoivat tukin laadun heiketessä kumpaakin alkuperää olevassa aineistossa. Viljelymäntytukeissa oksat olivat myös

keskimäärin paksumpia kuin luonnonmänniköistä valmistetuissa tukeissa.

3. Viljelymänniköistä saadut tyvitukit olivat heikko-laatusempia kuin luonnonrunkotukit sekä pelkän oksaisuuden että todellisen luokituksen mukaan arvostellen. Tukin laatu heikkeni eli laatuindeksi nousi jyrkästi luston leveyden kasvaessa ytimen ympäristössä. Luston paksuuden ylittäessä noin 3,5 mm:n rajan tukin laatu oli keskimäärin heikompi kuin kolmannen luokan laatuvaatimukset edellyttävät.

4. Saman laatuluokan viljelymäntytukista saatiin vähemmän u/s-luokan mutta enemmän heikompien laatuluokkien sahatavaraa kuin saman arvoiseksi luokitellusta luonnonmäntytukista. Sahatavaran u/s-prosentti laski ja heikompien laatujuen osuus nousi luston levetessä ytimen ympäristössä. Kriittinen raja viljelymäntyrunkojen sydäntavarakappaleissa oli luston leveys 3,5 mm, jonka jälkeen ei enää saatu u/s-sahatavaraa.

5. Silmävaraisen lujuusluokituksen mukaan T40-, T30-, T24-, T18-lujuusluokkien osuudet sekä hylky-osuus olivat viljelymänniköistä peräisin olevissa soiroissa ja lankuissa 14, 21, 38, 20 ja 7 % sekä luontaisessa sahatavarassa vastaavasti 22, 35, 35, 5 sekä 3 %.

6. Viljelymäntyrunkojen tyvitukeista sahatut soirot ja lankut, laudat sekä sahatavara yhteensä olivat yksikköhinnaltaan keskimäärin 7,0, 22,2 ja 9,1 % alhaisempia kuin vastaavat luonnonmäntytukeista saadut sahatavaralajit. Yksikköhinnan vaihteluita parhaiten selittäviä suureita ja laatuunnuksia olivat tukin tilavuus, u/s-prosentti sekä rungton kasvunopeus. Kun tilavuus jätettiin pois selittävien tekijöiden joukosta, kasvunopeuden, erityisesti ytimen läheisten lustojen leveyden, selitysarvo nousi.

7. Eri alkuperää olevien aineistojen vertailukelpoisuutta vähensi osittain viljelymetsiköiden sijoittuminen keskimääräistä paremmille kasvupaikoille, sekä niiden luontaisia metsiköitä jonkin verran alhaisempi ikä. Runkojen ja tukkien kokojakaumat vastasivat sen sijaan hyvin toisiaan eri aineistoissa.

KIRJALLISUUTTA

- 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.
- & PANHELAINEN, A. 1970. Tukin lenkouden vaikutus sahaustulokseen. Paperi ja Puu 52(4a):219-230.
- DAHLEN, L. & WARG, A. 1978. Värdering av stämplingsposter. Summary: Valuation of timber stands marked for felling. Rapp. Instn. Virkeslära Sveriges Lantbruksuniv. 105:1-32.
- Definitioner, metoder m.m. vid vedundersökningar. 1980. Koonneet ANDERSSON, E. ja TUIMALA, A. Upps. 4:1-139.
- EKLUNDH EHRENBORG, C. 1963. Genetic variation in progeny tests of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). Sammanfattning: Ärftlig variation in avkommeförsök med tall. Stud. For. Suec. 10:1-135.
- 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).
- FLOWER-ELLIS, J., ALBREKTSSON, A. & OLSSON, L. 1976. Structure and growth of some young Scots pine stands: (1) dimensional and numerical relationships. Swedish coniferous forest project. Techn. rep. 3:1-98.
- 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.
- 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.

- & UUSVAARA, O. 1968. On the basic density of plantation-grown Norway spruce. Lyhennelmä: Viljelykuusikoitten puuaineen tiheydestä. Commun.Inst.For.Fenn. 66(6):1-23.
- HEIKINHEIMO, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. Commun.Inst.For.Fenn. 41(5):1-39.
- HEISKANEN, V. 1954 a. 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.
- 1954 b. Vuosiluston paksuuden ja sahatukkien 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 Forest.Fenn. 80(2):1-62.
- 1971. Tyvitukkien ja muiden tukkien koesahauksia Pohjois-Suomessa. Summary: Test sawings of butt logs and top logs in Northern Finland. Folia For. 116:1-23.
- 1976. Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vv. 1974-1975. Summary: Value calculations for softwood sawlogs in 1974-1975. Folia For. 251:1-64.
- & ASIKAINEN, K. 1969. Havusahatukkien järeiden mukaiset arvosuhteet ja hinnoitteluperusteet. Summary: The value relationships and pricing principles of coniferous sawlogs on the basis of their diameter. Commun.Inst.For.Fenn. 69(3):1-122.

- & SIIMES, F.E. 1959. Tutkimus mäntysahatukkien laatuoluokituksesta. Paperi ja Puu 41(8):359-368.
- HUURI, O. 1976. Kallistumisilmiö istutusmänniköissä. Tiedustelun tuloksia. Summary: Tilting of planted pines; survey results. Folia For. 265:1-22.
- 1979 a. Havainnot Etelä-Suomen piirikunnan istutusmänniköiden tilasta. Esitelmä 20 s.
- 1979 b. Havainnot Pohjanmaan piirikunnan istutusmänniköiden tilasta v. 1979. Esitelmä 33 s.
- ISOMÄKI, A. 1978. Kiertoaika metsätaloudessa. Metsä ja Puu 8:27-30.
- KAILA, S. 1979. Tuloksellinen metsänviljely. Helsinki. 125 s.
- KALELA, E. 1945. Metsät ja metsien hoito. 1. painos. Porvoo-Helsinki. 368 s.
- KANGAS, E. 1962. Über Krummstämmigkeit und Verzweigung der finnischen Kiefer. Commun.Inst.For.Fenn. 55(15):1-16.
- KALLIO, K. 1960. Etelä-Suomen kylvömanniköiden 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.
- KELLOMÄKI, S. 1980. Growth dynamics of young Scots pine crowns. Seloste: Nuorten mäntyjen latvusten kasvun dynamiikka. Commun.Inst.For.Fenn. 98(4):1-50.
- 1981. Effect of within-stand light conditions on the share of stem, branch and needle growth in a twenty-year-old Scots pine stand. Seloste: Metsikön valaistusolojen vaikutus rungon, oksien ja neulasten kasvun osuuksiin eräässä kaksikymmenvuotiaassa männikössä. Silva Fennica 15(2):130-139.
- & TUIMALA, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puun oksikkuuteen taimisto- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. Folia For. 478:1-27.
- KOIVISTO, V. 1980. Minkä laatuista puuta tulisi kasvattaa.

Metsä ja Puu 3:23-25.

- KÄRKKÄINEN, M. 1978. Laatupuun kasvattaminen - unohtunut tehtävä. Metsänhoitaja 7:10-12.
- 1980 a. Mäntytukkirunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. Commun.Inst.For.Fenn. 96(5):1-152.
- 1980 b. Tuloksia Rauman alueen mäntytukkien sauhauksesta. 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.
- & SALMI, J. 1981. Länsi-Uudenmaan rannikon mäntytukkien ominaisuudet. Summary: Properties of pine logs in coastal sawmill in southern Finland. Folia For. 458:1-20.
- LAITAKARI, E. 1937. Laatupuun kasvattamisesta. Silva Fennica 39:259-270.
- 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.
- MATHIEU, J. 1967. Einfluss von Pflanzenverband und Herkunft auf das Wachstum der Kiefer im Versuch Bremerförde. Göttingen. 117 s.
- MAYER, H. 1961. Waldbauliche Güteansprache und morphologische Qualitätsmerkmale in Föhren-Dickungen zwischen Alpen und Donau. Forstwiss.Cbl. 809(10):294-316.
- NILSSON, B. 1968. Studier av några kvalitetsegenskapers genetiska variation hos tall (Pinus silvestris L). Summary: Studies of the genet'cal variation of some quality characters in Scots pine (Pinus silvestris

- L.). Rapp. Uppsats. Instn. Skogsgenet.
Skogshögsk. 3:1-117.
- NYLINDER, P. 1958. Synpunkter på produktionens kvalitet.
Skogen 45(4):100-102.
- 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet.
Summary: Aspects of quality production. Uppsats.
Instn. Virkeslära Skogshögsk. 2:1-19.
- NYSSÖNEN, 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(4):1-194.
- NÄSLUND, M. 1944. Diskussionsinlägg i anslutning till före
draget "Erfarenheter av skogsodling". Sveriges
SkogsvFörb. Tidskr. 42(2):108-116.
- Ohjekirje metsittämisestä ja metsän uudistamisesta. 1978.
Metsähallitus Mh. 130. 71 s .
- OKSANEN, A. 1978. Laatuluokitus mukaan tukkien hinnoitte-
luun. Metsä ja Puu 10:26-27.
- ORVÉR, M. 1970 a. Klassificering av tallsågtimmer med ob-
jektivt mätbara faktorer. Summary: Grading of
Scots pine saw timber using objectively measurable
factors. Rapp. Instn. Virkeslära Skogshögsk.
65:1-138.
- 1970 b. 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.
- 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.
- 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.
- RAUTIAINEN, P. 1971. Ympäristö- ja perintötekijöiden vaikutus männyn ilmiösuun Pohjois-Karjalan piirimetsä-lautakunnan siemenviljelyksessä Tohmajärvellä. Summary: The effect of environmental and genetical factors on the phenotype of pine in a seed orchard in North Karelia. Silva Fenn. 5(4):336-349.
- 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.
- RAVEALA, A. 1979. Uusitut puunormit ja lujuuslajittelu. Suomen Puutalous 2:11.
- RIL 120. Puurakenteiden suunnitteluohjeet. 1978.
- RÄSÄNEN, P. 1981. Metsäpuiden taimikasvatus ja metsänviljely. Helsingin yliopisto. Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja 29:1-99.
- Sahatavaran tukku- ja vähittäismyyntihinnasto. 1980. Suomen Sahat r.y. 30:1-12. Helsinki.
- SARVAS, R. 1956. Metsänhoidon tekniikka. Metsäkäsikirja 1:498-564. Rauma.
- SCHÖPF, I. 1954. Untersuchungen über Astbildung und Astreinigung der Selber Kiefer. Forstwiss. Cbl. 73(9/10):275-290.
- SIIMES, F. 1957. Tukkien lenkouden vaikutus sahaustulokseen. Paperi ja Puu 39(3):93-98.

- 1962. Tukkien koon, muodon ja laadun sekä sahausasetteen vaikutus sahaustulokseen. Paperi ja Puu 44(1):3-16.
- 1967. The effect of specific gravity, moisture content, temperature and heating time on the tension and compression strength and elasticity properties perpendicular to the grain of Finnish pine, spruce and birch wood and the significance of these factors on the checking of timber at kiln drying. Julk. Valt. Tekn. Tutkimusl. 84:1-86.
- TAKALA, P. 1978. Metsänviljely. Teoksessa: Tapion Taskukirja. 1978. 18. p. 124-136.
- 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.
- 1980 a. Karsimalla ei korjata taimikkovaiheen virheitä. Metsäliiton Viesti 2:24-25.
- 1980 b. Karsimallako puun laatua parantamaan. Metsä ja Puu 1:28-29.
- 1981 a. Istutusmänniköiden laatu - kasvava ongelma. Metsä ja Puu 1:4-5.
- 1981 b. Lenkous vaivaa istutusmänniköissä. Metsälehti 5.
- 1981 c. Minkä laatuista puutavaraa istutusmänniköistämme. Suomen Puutalous 2:26-28.
- 1981 d. Saammeko tulevaisuudessa hyvälaatuista sahapuuta. Sahamies 1:8-10.
- VARMOLA, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia For. 451:1-21.

- Vientisahatavaran lajitteluohjeet. 1979. Suomen Sahateollisuusmiesten Yhdistys. Helsinki. 50 s.
- VUOKILA, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakkuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. 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. Summary: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. Folia For. 298:1-17.
- 1979 a. Karsinta tulee taas. Metsänhoitaja 6:6-7.
- 1979 b. Laatumäkökohdat metsänkasvatuksessa. Metsä ja Puu 6-7:8-9.
- 1980 a. Luonnonmetsiemme hyvä laatu - pelkkä näköharhako? Suomen Puutalous 5:8-9.
- 1980 b. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. Porvoo. 256 s.

SUMMARY

The material of the study consisted of 31 experimental pine plantations and 30 experimental pine stands of natural origin in southern and central Finland. 630 stems were measured in the pine plantations and 1 810 stems in the natural pine stands. 165 and 135 of these stems, respectively, were selected by lot for felling. Stem quality characteristics, e.g. different branchiness zones, branch thickness, defects and stem taper were measured from the boles felled. Intra-tree quality characteristics were measured from the samples taken at stump height. The butt portion was made into logs, test sawn and the sawing result was graded.

The purpose of the study was to establish by test sawing the quality and value of the sawn goods obtained from the butt logs of plantation-grown pines and the factors affecting them. The quality was compared with the results for natural pine stands of corresponding type.

The most important results of the study were as follows:

1. Formation of the branchless part of the stem began earlier in natural stands than in plantation-grown stems and natural pruning was faster with increasing age. The length of the defect-free part of stem with knot bumps was smaller in plantation-grown pine stands also in ratio to the stem height, the part of the stem with dry branches was longer and the crown shorter.

2. The branches of pines of natural origin were thinner than the branches of plantation-grown stems, especially in the lower part of the stem, but the differences disappeared in its upper part. The thickness of

the biggest knots of the butt logs and the mean thickness of the knots measured increased when the log quality deteriorated in materials of both origins. The knots of plantation-grown pine logs were thicker than those of naturally grown pine logs.

3. The butt logs from plantation-grown pine stands were of poorer quality than logs from pines of natural origin evaluated on the basis of both knottiness alone and real quality grading. The log quality deteriorated, i.e., the quality index rose steeply, when the width of the annual ring increased in the vicinity of the pith. When the annual ring width exceeded the limit of approx. 3,5 mm the log quality was poorer than the third grade quality requirements.

4. A plantation-grown log of the same quality class yielded less sawn goods of u/s grade but more sawn goods of lower grades than a log from a pine of natural origin. The u/s percentage of sawn goods fell and the share of lower grades rose when the annual ring widened in the vicinity of the pith. The critical limit in scantlings of plantation-grown stems was an annual ring width of 3,5 mm after which u/s sawn goods were no longer obtained.

5. According to visual stress grading the shares of the strength classes T40, T30, T24, T18 and of culls were 14, 21, 38, 20 and 7 volume % for planks and battens deriving from plantation-grown pines and 22, 35, 35, 5 and 3 volume % for sawn goods from pines of natural origin.

6. The unit prices of planks and battens, boards and sawn goods together, sawn from butt logs of plantation-grown pines were 7,0, 22,2 and 9,1 % lower than those of the corresponding sawn goods assortments obtained from logs of naturally grown pines. Log volume, u/s

percentage and the stem growth rate are factors and quality characteristics that explain best the fluctuations of unit price. When volume was omitted from the independent variables the degree of explanation of the growth rate, especially that of the annual rings close to the pith, rose.

7. The comparability of materials of different origins was reduced partly by the better than average site of plantations and their slightly lower age than that of natural stands. The size distributions of stems and logs, in contrast, were in good correspondence in the different materials.

Liite 1. Sahatavaran hinnat ja arvosuhteet

Laatu	Sydäntavara		Laudat	
	mk/m ³	Suhde	mk/m ³	Suhde
U/s	892	68	1321	100
V	739	56	787	60
VI	678	51		
PL/VL			582	44
PL/KL			315	24

Leveys, mm	Leveyslisä, %	
	Sydäntavara	Laudat
200	5,8	3,9
225	11,0	7,7

