



FOLIA FORESTALIA

METSÄTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE
HELSINKI 1990

746

Pertti Lämsä, Seppo Kellomäki & Hannu Väisänen

NUORTEN MÄNTYJEN OKSIKKUUDEN RIIPPUVUUS
PUUSTON RAKENTEESTA JA KASVUPAIKAN VILJAVUUDESTA

Branchiness of young Scots pines as related to stand structure
and site fertility

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

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

Puhelin: (90) 857 051
Phone:

Telex: 121286 metla sf
Telefax: (90) 625 308

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Eljas Pohtila
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittajat <i>Editors</i>	Seppo Oja Tommi Salonen

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

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

FOLIA FORESTALIA 746

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1990

Pertti Lämsä, Seppo Kellomäki & Hannu Väisänen

NUORTEN MÄNTYJEN OKSIKKUUDEN RIIPPUVUUS PUUSTON RAKENTEESTA JA KASVUPAIKAN VILJAVUUDESTA

Branchiness of young Scots pines as related to stand structure and site fertility

Approved on 12.3.1990

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	3
11. Oksikkuus puiden laatutunnuksena	3
12. Oksien syntyminen	4
13. Oksien paksuus	4
14. Oksien kuoleminen ja karsiutuminen	5
15. Tutkimuksen tarkoitus	6
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	6
21. Koalat ja koepuut	6
22. Koepuiden mittaus ja laboratorioanalyysit	6
23. Aineiston analyysi	6
3. TULOKSET	8
31. Oksien lukumäärä	8
311. Oksien syntyminen	8
312. Oksien kuoleminen	8
313. Oksien karsiutuminen	8
314. Oksien kokonaismäärä	8
32. Paksuimman elävän oksan paksuus	11
321. Oksakiehkurat	11
322. Puut	13
33. Paksuimman kuolleen oksan paksuus	14
331. Oksakiehkurat	14
332. Puut	15
34. Nuorten mäntyjen oksikkuus	16
4. TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT	18
41. Tulosten yleistettävyyys	18
42. Tulosten tarkastelu	19
43. Päätelmät	20
KIRJALLISUUS — REFERENCES	20

Lämsä, P., Kellomäki, S. & Väisänen, H. 1990. Nuorten mäntyjen oksikkuuden riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta. Abstract: Branchiness of young Scots pines as related to stand structure and site fertility. *Folia Forestalia* 746. 22 p.

Nuoriin mäntyihin (ikä 17—26 vuotta) syntyi oksia viljavilla kasvupaikoilla runsaammin kuin karuilla kasvupaikoilla. Kasvupaikan viljavuus vaikutti myös oksien kasvuun ylälatvuksessa. Keskilatvuksessa oksien kasvu riippui puuston tiheydestä ja puun koosta. Alalavuksessa (sulkeutuneen latvuksen alapuolella) oksien kasvu tyrehtyi ja oksien paksuus riippui suoraan puun koosta. Oksien suuri ikä lisäsi niiden paksuutta.

Oksien kuoleminen ja karsiutuminen etenivät viljavilla kasvupaikoilla nopeammin kuin karuilla. Varsinkin karujen kasvupaikkojen tiheissä metsiköissä oksien karsiutuminen oli hidasta, vaikka puuston suuri tiheys vähensi oksien paksuutta ja nopeutti oksien kuolemista. Niinpä oksattoman rungon muodostuminen viljavilla kasvupaikoilla alkoi aiemmin ja eteni nopeammin kuin karuilla kasvupaikoilla, vaikka puut muutoin olivat viljavilla kasvupaikoilla oksikkaampia kuin karuilla kasvupaikoilla.

In young Scots pines (*Pinus sylvestris*) (age 17—26 years) more branches were formed around the stem apex on fertile sites than on sites of low fertility. The site fertility enhanced the branch growth in the upper crown unlike in the middle crown where the stand density controlled the branch growth. In the lower crown no substantial growth occurred in branches and the branch diameter was linearly related to the stem diameter.

The dying of branches was initiated earlier on fertile sites than on sites of low quality. Furthermore, branches in trees growing on fertile sites died within a shorter period than on sites of low quality. Similarly, the pruning-off of dead branches was slow on sites of low fertility. The diameter of dead branches was linearly related to the diameter of living branches, which emphasises the role of the whole life span of branches as a factor affecting the branchiness of young Scots pines.

Keywords: *Pinus sylvestris*, branchiness, branches, soils, fertility, stand structure, density, wood quality.
ODC 181.63+228.11+851+174.7 *Pinus sylvestris*.

Correspondence: The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Technology, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki, Finland.

ISBN 951-40-1092-2
ISSN 0015-5543

Helsinki 1990. Valtion painatuskeskus

1. Johdanto

11. Oksikkuus puiden laatutunnuksena

Puun rungon koko ja laatu määrävät rungon käyttöarvon. Rungon laatu tarkoittaa rungon ja puuaineen sopivuutta eri käyttö-tarkoituksiin. Tämän vuoksi laatua ei voida ilmaista yksiselitteisillä mittasuureilla. Hyvällä laadulla voidaan käyttötarkoituksesta riippuen tarkoittaa esimerkiksi järeää ja suoraa runkoa, ohuita oksia, tiheätä puuainetta tai pitkiä puukuituja. Hyvä laatu voidaan määrittellä myös vikojen puuttumiseksi, jolloin vikoja ovat kaikki poikkeamat normaalista puuaineesta.

Mekaanisessa puunjalostuksessa rungon järeys ja oksikkuus määräävät rungon ja puuaineen laadun. Oksikkuus jaetaan ulkoiseen ja sisäiseen oksikkuuteen. Ulkoinen oksikkuus tarkoittaa oksien (elävät, kuolleet) esiintymistä puun rungolla tarkasteluhetkellä. Sisäinen oksikkuus (puuaineen oksikkuus) ilmaisee puuaineessa olevia oksia (elävien ja kuolleiden oksien puuainetta). Sisäiseen oksikkuuteen vaikuttavat myös aiemmin kuolleet ja jo karsiutuneet oksat, jotka eivät enää vaikuta ulkoiseen oksikkuuteen. Ulkoista oksikkuutta käytetään mm. sahatukkeen laadun arvioinnissa laatumaksutavan perustana. Runkojen sisäinen oksikkuus ilmenee sahatavaran oksikkuutena, joka vaikuttaa mm. sahatavaran lujuteen ja ulkonäköön.

Rungon ja puuaineen oksikkuus kuvaa tilannetta tietyllä hetkellä, joten oksikkuus riippuu lähes yksinomaan puun menneestä kehityksestä. Tämän vuoksi runkojen oksikkuus tietyllä hetkellä ei välttämättä anna yksikäsitteistä kuvaa puuaineen sopivuudesta eri käyttötarkoituksiin, esimerkiksi sahatavaran valmistukseen. Erityisesti puiden nuoruvaiheen kehityksen vaikutusta puuaineen laatuun on vaikea ennustaa sahatukin ulkoisen oksikkuuden (ulkoisen laadun) avulla. Rungon sisäosien oksikkuutta voidaan kuitenkin ennustaa epäsuorasti mm. puun nuoruvaiheen kasvunopeudella tai kuivien oksien sijainnilla rungolla (Heiskanen 1954, 1965, Kärkkäinen 1980, Halinen 1985).

Puuaineen tai sahatukin laatua voidaan indikoida eri tavoin oksikkuuden avulla.

Tarkoitukseen on käytetty mm. paksuimman oksan paksuutta (elävät, kuolleet oksat) (esim. Uusvaara 1974), latvusrajan korkeutta (elävät, kuolleet oksat) (esim. Kärkkäinen 1980), elävien ja kuolleiden oksien määrää rungon pituus- tai tilavuusyksikköä kohti (esim. Jokinen & Kellomäki 1982), oksien poikkileikkauspinta-alan osuutta rungon vaiipan pinta-alasta (Kellomäki & Tuimala 1981), oksapuun osuutta puun kokonaisuudesta (Kellomäki & Väisänen 1986) ja oksien esiintymistä sahatavarassa (elävien ja kuolleiden oksien lukumäärä ja koko) ja sen mukaista sahatavaran laatujaakautta (Miettinen & Uusvaara 1983). Runkojen ja sahatavaran oksikkuuslaatu on täten aina eri tavoin ilmaistu arvio oksien vaikutuksesta sahatukien ja sahatavaran tai viulun ominaisuuksiin ja käyttöarvoon (Miettinen & Uusvaara 1983).

Puiden ulkoisen oksikkuuden tunnuksena on usein käytetty puun paksuimman elävän tai kuolleen oksan läpimittaa (esim. Kärkkäinen & Uusvaara 1982). Myös oksien keskiläpimittaa tai oksien massaa on käytetty samaan tarkoitukseen (esim. Kellomäki & Tuimala 1981, Kellomäki & Väisänen 1986). Paksuimman elävän tai kuolleen oksan läpimitta näyttää kuitenkin tarkoituksenmukaisimmalta oksikkuuden tunnukselta, sillä näillä on suora yhteys runkojen ulkoisen laadun luokitteluun sekä sahatavaran laatuun (Vientisahatavaran... 1979). Esimerkiksi paksuimman elävän oksan läpimitan ylittäessä 20 mm näyttää tukista saatavan sahatavaran laatujaakautta heikkenevän ratkaisevasti.

Oksat ovat kiinteä osa puun kokonaisuutta, sillä oksat syntyvät kärkikasvusilmun ympärille ryhmittyneistä sivusilmuista. Männyin ylimpien oksakiehkuroiden oksien kasvu on suorassa suhteessa pääteverson kasvuun (Kellomäki & Tuimala 1981). Samalla rungon kasvu latvuksen alueella noudattaa lehvästön (lehdet tai neulaset) kasvua, sillä rungon läpimitan kasvu tietyssä pisteessä riippuu lineaarisesti tämän pisteen yläpuolella olevasta lehvästöstä (Shinozaki ym. 1964a, b). Tämän vuoksi latvuksen alueella rungon kasvu merkitsee aina tietyn suuruista oksien

kasvua, jolloin oksapuu rungon laajetessa muodostuu osaksi rungon puuainetta. Itse asiassa oksien kasvu näyttää olevan suorassa suhteessa rungon kasvuun, kuten esimerkiksi Uusvaaran (1974), Varmolan (1980) sekä Kellomäen & Väisänen (1986) tutkimukset osoittavat.

Latvuksen kehitys voidaan jakaa vaiheisiin, jotka erottavat toisistaan oksien synty-
misen, kasvun ja kuoleamisen. Näiden osaprosessien lisäksi rungon oksikkuuteen vaikuttaa kuolleiden oksien karsiutuminen. Puuaineen laatu syntyy rungon ja latvuksen kasvua ja kehitystä ohjaavien prosessien tuloksena. Puuaineen oksikkuus ja muut laatuominaisuudet ovat rungon ja latvuksen kasvua ja kehitystä ohjaavien prosessien lopputulos valitulla hetkellä. Tämän vuoksi esimerkiksi puuaineen oksikkuuteen voidaan vaikuttaa rungon ja latvuksen kasvuprosessien välityksellä. Rungon ja oksien kasvuprosesseja ei voida muuttaa toisistaan riippumatta. Rungon kasvuun vaikuttavat toimenpiteet vaikuttavat väistämättä myös latvuksen kasvuun ja päinvastoin: metsänkäsitely vaikuttaa saheen pinnoilla näkyviin eläviin ja kuolleisiin oksiin, joiden keskinäiset suhteet ja määrä määräävät saheen laadun.

12. Oksien syntyminen

Uusia oksia syntyy männyn latvukseen vuosittain 4—6 kappaletta (Kellomäki & Väisänen 1988). Tuoreilla kasvupaikoilla oksia syntyy runsaammin kuin karuilla (Kellomäki 1982). Myös harvoissa puustoissa ja vallitseviin puihin oksia näyttää syntyvän runsaammin kuin tiheissä puustoissa ja vallittuihin puihin (Persson 1976, Flower-Ellis ym. 1976, Kellomäki & Tuimala 1981). Oksien syntymisnopeus näyttää olevan myös perinnöllinen ominaisuus, sillä esimerkiksi Persson (1976, 1977) havaitsi Ruotsissa pohjoisilla mäntyalkuperillä olevan yhdestä kahteen oksaa vähemmän oksakiehkurassa kuin eteläisillä alkuperillä. Puuston rakenne ja kasvupaikan viljavuus sekä perinnölliset tekijät vaikuttavan mäntyjen oksikkuuteen jo oksien syntymisnopeuden kautta siten, että hidas kasvu ennakoii pienempää oksien lukumäärää kuin nopea (Persson 1976, 1977).

13. Oksien paksuus

Puiden oksikkuutta voidaan mitata yksinkertaisimmin oksien läpimitan avulla, kuten on tehty useimmissa viime vuosina ilmestyneissä, nuorten mäntyjen oksikkuutta käsittelevissä tutkimuksissa (mm. Varmola 1980, Kellomäki & Tuimala 1981, Jokinen & Kellomäki 1982, Kärkkäinen & Uusvaara 1982, Kellomäki 1984, Lähde 1985, Kellomäki & Väisänen 1986, Huuri ym. 1987, Turkia & Kellomäki 1987). Kaikissa tutkimuksissa on päädytty yhtäpitävästi samaan lopputulokseen: puiden oksikkuus pienenee puuston kasvatustiheyden lisääntyessä (Vuokila 1972).

Paitsi kasvatustiheydestä riippuu nuorten mäntyjen oksien paksuus myös kasvupaikan viljavuudesta (Kärkkäinen & Uusvaara 1982, Kellomäki 1984, Kellomäki & Väisänen 1986, Turkia & Kellomäki 1987): puiden ulkoinen laatu on sitä huonompi mitä paremmasta kasvupaikasta on kysymys. Erityisen suurta mäntyjen oksikkuus on harvoissa taimikoissa tuoreilla kasvupaikoilla (Kärkkäinen & Uusvaara 1982), joilla oksien paksuskasvun tiedetään voimistuvan hyvän valaistuksen (Kellomäki 1981) ja runsaan ravinnetarjonnan ansiosta.

Tutkimustulosten tulkintaa on kuitenkin usein vaikeuttanut kasvupaikkaluokkien sisäinen viljavuusvaihtelu. Kasvupaikan viljavuus on määritelty tavallisesti vain metsätyyppejä käyttäen, jolloin varsinkin puolukka- ja mustikkatyyppin reuna-alueilla jako eri viljavuusluokkiin on saattanut epäonnistua. Tämän seurauksena kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden keskinäisistä vaikutussuhteista on ollut vaikea tehdä täsmällisiä päätelmiä. Eri tutkimuksissa (esim. Huuri & Lähde 1985, Kellomäki & Tuimala 1981) samaa metsätyyppiä koskevat havainnot puiden oksikkuudesta ovat siten voineet vaihdella paljon ilman selvää yhteyttä puuston tiheyteen. Kasvatustiheyden merkitystä suuresti korostavat päätelmät ovat ilmeisesti perustuneet kaikkein viljavimpia kasvupaikkoja edustaviin aineistoihin (Turkia & Kellomäki 1987).

Turkian & Kellomäen (1987) tutkimuksessa metsätyypin ilmaisemaa viljavuutta voitiin tarkentaa maata ja puustoa kuvaavilla ravinteisuustunnuksilla. Tulokset osoittivat kasvupaikan viljavuuden vaikuttavan suuresti nuorten mäntyjen oksikkuuteen siten, että kasvupaikan viljavuus määräsi puiden oksikkuuden yleistason. Myös puuston tiheys vai-

kutti oksikkuuteen. Tiheyden vaikutus oksikkuuteen oli sitä voimakkaampi, mitä karummasta kasvupaikasta oli kysymys. Aineistoon kuului mustikka-, puolukka- ja kanervatyypin männiköitä, joten puuston tiheyden ja kasvupaikan viljavuuden vaikutuksesta mäntyjen oksien paksuuteen erilaisilla kasvupaikoilla saatiin vain osittainen kuva. Varsinkin kaikkein viljavimpia kasvupaikkoja edustavien metsiköiden puuttuminen aineistosta vähensi mahdollisuuksia tehdä pitäviä päätelmiä kasvupaikan viljavuuden vaikutuksesta.

Myös aineiston analyysi rajoittui vain oksien keskipaksuuksien tarkasteluun puuston tiheyden ja kasvupaikan viljavuuden suhteen ottamatta huomioon puuston ja puiden rakenteen vaikutusta yksittäisten oksien paksuuteen. Esimerkiksi Kärkkäinen & Uusvaara (1982) ovat osoittaneet nuorten mäntyjen oksien olevan sitä paksumpia mitä paksummasta puusta on kysymys. He havaitsivat myös puun vallitsevan aseman lisäävän oksien paksuutta (ks. myös Kellomäki & Väisänen 1986). Myös oksan ikä vaikuttaa ratkaisevasti paksuuteen: mitä vanhempi oksa on sitä paksumpi se on. Tulos on yhtäpitävä Varmolan (1980) tulosten kanssa, jotka osoittavat puun koon vaikuttavan ratkaisevasti oksien paksuuteen ja siten eri metsätyyppien kesken tehtävään vertailuun. Tällaisessa vertailussa puun koon vakioiminen näyttää johtavan tulokseen, jonka mukaan puiden paksuimmat oksat ovat kaikkein paksumpia karuilla kasvupaikoilla ja kaikkein hennoimpia viljavilla kasvupaikoilla (Varmola 1980). Tämä viittaa siihen, että karuilla kasvupaikoilla oksat elävät pitempään kuin viljavilla kasvupaikoilla (vrt. Varmola 1989).

14. Oksien kuoleminen ja karsiutuminen

Oksien kuoleminen nuorissa männyissä alkaa viidennestä, kuudennesta oksakiehkuras- ta puun latvasta lukien (oksan ikä 5—6 vuotta) (Flower-Ellis ym. 1976, Kellomäki 1982), mutta nopeutuu tuntuvasti vasta latvuksen sulkeutuessa. Kuoleminen käynnistyy likimain samalla tavalla puuston tiheydestä riippumatta: harvoissa ja tiheissä puustoissa ylimmät oksakiehkurat edustavat sulkeutumaton- ta latvustoa ja oksakiehkurat tästä alaspäin sulkeutunutta latvusta (Kellomäki & Tuimala 1981). Oksien kuoleminen näyttää käynnistyvän likimain samalla tavalla vilja-

villa ja karuilla kasvupaikoilla. Kasvupaikkojen erona saattaa tosin olla se, että viljavilla kasvupaikoilla kuoleminen ajallisesti etenee nopeammin kuin karuilla kasvupaikoilla (Kellomäki & Tuimala 1981, Kellomäki & Väisänen 1988) riippumatta puuston tiheydestä. Puuston tiheyden kasvaminen sinänsä näyttää nopeuttavan oksien kuolemista (Kellomäki 1986).

Tietyn kokoisten puiden paksuimpien elävien oksien perusteella saadaan täsmällinen kuva siitä, miten paksumpia kuolleita oksia puussa tulee esiintymään. Rungolla esiintyvien kuolleiden oksien ominaisuuksiin (paksuus, lukumäärä) vaikuttaa kuitenkin suuresti oksien karsiutuminen. Tämä riippuu mm. oksan paksuudesta ja sen lahoamisasteesta. Esimerkiksi Kellomäki (1983) on osoittanut, että oksan karsiutumiseen tarvittava voima on suoraan verrannollinen oksan paksuuteen ja kuiva-tuoretiheyteen, jolloin kuiva-tuoretiheys ilmaisee oksan lahoamisasteen. Tämän vuoksi oksien lahoamisolosuhteet ja oksiin kohdistuvat voimat (tuuli, lumi, painovoima, puiden väliset kosketukset) vaikuttavat ratkaisevasti oksien karsiutumiseen kuluvan ajan pituuteen ja rungon kylestymisen alkamiseen.

Oksien karsiutumisen kytkeytymisestä puuston tiheyteen ja kasvupaikan viljavuuteen ei ole täsmällistä tietoa. Heikinheimo (1953) on kuitenkin kokeellisesti osoittanut, että tiheiden metsiköiden hennot oksat karsiutuvat hitaammin kuin harvojen metsiköiden paksut oksat. Myös Kellomäki & Tuimala (1981) päätyivät samanlaisiin tuloksiin. Syynä kuolleiden oksien heikkoon karsiutu- vuuteen tiheissä metsiköissä saattaa olla se, että kuolleet hennot oksat kuivuvat helposti ja lahoavat sen vuoksi hitaasti. Toinen syy saattaa olla se, että tiheä puusto estää lunta ja tuulta murtamasta oksia.

Oksien karsiutumisen yhteydestä kasvu- paikan viljavuuteen tiedetään vielä vähemmän kuin puuston tiheyden vaikutuksesta. Yleensä oletetaan, että karsiutuminen viljavilla kasvupaikoilla olisi hitaampaa kuin karuilla (Uusvaara 1974). Näin voi odottaa olevan oksien paksuussuhteiden perusteella. Viljavilla kasvupaikoilla olosuhteet näyttävät kuitenkin suosivan oksien nopeaa lahoamista verrattuna karuihin kasvupaikkoihin, joilla ilma metsikön sisällä on keskimäärin kuivempaa ja täten epäsuotuisa kuolleiden oksien lahoamiselle. Tähän mahdollisuuteen viittaa se, ettei kuolleita oksia esiinny vilja-

vien kasvupaikkojen männyissä mitenkään ratkaisevasti enemmän kuin karujen kasvupaikkojen männyissä (Turkia & Kellomäki 1987). Kysymys siitä, mikä on näiden toisilleen vastakkaisten tapahtumien kokonaisvaikutus kuolleiden oksien karsiutumiseen, on toistaiseksi avoin.

15. Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää puuston rakenteen (puiden metsikköosa ja koko, puuston tiheys) ja kasvupaikan

viljavuuden (metsätyyppi, maan ravinteisuus, puun ravinnetila) vaikutusta oksien muodostumiseen (syntymiseen), kasvuun, kuolemiseen ja karsiutumiseen sekä runkojen oksikuuteen nuorissa männiköissä.

Tutkimus kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen ja Suomen Akatemian rahoittamaan männyn laatu- ja kasvatusprojektiin. Tutkimusaineisto on kerätty Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla professori Olli Uusvaaran ohjauksessa. Käsikirjoituksen ovat lukeneet prof. Eino Mälkönen, prof. Kari Mieliäinen, prof. Olli Uusvaara ja MML Martti Varmola. Kiitämme mainittuja henkilöitä arvokkaista ja varteen otetuista kommentista.

2. Aineisto ja menetelmät

21. Koalat ja koepuut

Tämän työn aineisto koostuu Turkian & Kellomäen (1987) tutkimuksen aineistosta, jota on täydennetty viljavien kasvupaikkoja (OMT) edustavalla, kolmen metsikön aineistolla. Aineisto kerättiin vuosina 1984–1987. Koalametsiköitä oli yhteensä 36 (taulukko 1). Aineisto edusti männyn luontaisia kasvupaikkoja siten, että koelohjoista kahdeksan oli mustikkatyyppin (MT), kolme toista puolukkatyyppin (VT), kaksitoista kanervatyyppin (CT) ja kolme käenkaali-mustikkatyyppin (OMT) metsiköissä. Kaikki käenkaali-mustikkatyyppin, mustikkatyyppin ja puolukkatyyppin metsiköt olivat istutettuja. Osa kanervatyyppin metsiköistä oli luontaisesti syntyneitä, mutta harvennettu jo varhain mittaushetken tiheyteen. Viljelyssä käytettyjen taimien ja siementen alkuperää ei tunneta.

Tutkimusmetsiköiden puusto oli 17–26 vuotiasta. Aineisto edusti varsin suurta puuston tiheys- ja kokovaihtelua (taulukko 1). Kustakin metsiköstä mitattiin 100 m²:n suuruinen ympyräkoela, joka sijoitettiin tyypilliseen ja puustoltaan yhtenäiseen kohtaan metsikössä. Koelan ympärillä oli joka suuntaan vähintään 10 m:n levyinen vaippa. Puuston runkolukusarja mitattiin 1 cm:n luokitusta käyttäen. Kustakin läpimittaluokasta otettiin koepuiksi ensimmäinen eteen sattuva puu ja tämän jälkeen kunkin läpimittaluokan joka kuudes puu. Kaikkiaan mitattiin 308 koepuuta, jotka muodostivat tutkimuksen perusaineiston.

22. Koepuiden mittaus ja laboratorioanalyysit

Koepuut kaadettiin ja niistä mitattiin kokonaispituus ja latvusrajan korkeus sekä läpimitat rinnankorkeudelta ($d_{1,3}$) ja 10 cm päästä tyvilleikkauksesta ($d_{0,1}$). Koepuiden jokaisesta oksakiehkurasta mitattiin kiehkuran etäisyys latvasta, elävien ja kuolleiden oksien lukumää-

rät ja läpimitat, oksakulma ja elävien oksien pituus. Oksan tyviläpimitta mitattiin tyvilajentuman ulkopuolelta, 5 cm rungosta. Tämän vuoksi kuolleeksi oksaksi katsottiin myös oksantygät, joiden läpimitta oli mitattavissa edellisen ehdon mukaisesti.

Kasvupaikkojen viljavuus määriteltiin metsätyyppien (pintakasvillisuus) ja ravinneanalyysien avulla. Ravinneanalyysijä varten otettiin kultakin koelohjoelta neljästä osanäytteestä koostunut maanäyte kivennäismaan pintakerroksesta (0–10 cm). Tämän lisäksi otettiin näytteet koepuiden ylimpien oksakiehkuroiden edellisen vuoden neulasista. Maa- ja neulasnäytteitä otettiin koelohjoen mitta- ja sijaintikohdasta riippuen toukokuun puolesta välistä lähtien syyskuun loppuun lukuun ottamatta heinäkuuta. Maa- ja neulasnäytteet pakattiin muovipusseihin ja lähetettiin laboratorioon, jossa ne pakastettiin (lämpötila < -20°C) välittömästi.

Näytteitä säilytettiin pakastettuina muutamasta päivästä useaan kuukauteen ennen niiden analysointia. Neulasnäytteistä määritettiin typpi-, fosfori-, kalium-, kalsium- ja magnesiumpitoisuudet sekä maanäytteistä kokonaistyyppi, helpoliukoinen fosfori sekä vaihtuva kalium, kalsium ja magnesium. Ravinnemäärittelyssä noudatettiin Halosen ym. (1983) laatimia ohjeita. Maanäytteiden raakoostumus määritettiin seulomalla.

23. Aineiston analyysi

Täydennytyksinäkin aineistossa metsätyyppi selitti vain osan oksikkuusvaihtelusta, mutta neulasten typpipitoisuus ja maan lajitekoostumus kytkeytyivät kiinteästi oksikkuuden vaihteluun. Tämän vuoksi aineiston analyysissä noudatettiin Turkian & Kellomäen (1987) käytettävää menetelyä, jolloin neulasten typpipitoisuus ja hienomaan osuus (< 0,06 mm) indikoivat kasvupaikan viljavuutta. Tämä mahdollisti sen, että kasvupaikan viljavuutta voitiin käsitellä jatkuvana.

Aineistoa analysoitiin askeltavalla regressioanalyysillä (Ranta ym. 1989). Jokaisen uuden selittäjän lisäämisen yhteydessä tutkittiin, olivatko jo mallissa olevat muuttujat kyseisen ehdokkaan kanssa tilastollisesti merkitseviä ja selityskykyisiä. Mikäli näin ei ollut, yritettiin yhtä tai useampaa poistoaskelta, kunnes tulos vastasi annettuja kriteerejä. Muuttujia käytettiin lineaarisessa muodossa, ellei toisin ole ilmoitettu. Tavoitteena mallin laadinnassa oli korkean selitystason lisäksi jäännösvaihtelun satunnainen jakautuminen.

Oksikkuuteen vaikuttavien prosessien (oksien syntyminen, kasvaminen, kuoleminen, karsiutuminen) sekä

oksikkuustunnusten (elävien ja kuolleiden oksien läpimitta, elävien ja kuolleiden oksien lukumäärä) vaihtelun selittämiseen käytettiin seuraavia puuston rakennetta ja kasvupaikan viljavuutta kuvaavia muuttujia: puun rinnankorkeusläpimitta ($d_{1,3}$), puun metsikköasema (Asema, d/d), puuston tiheys (Tiheys, ha^{-1}), maan hienojen lajitteiden osuus (Maa, lajitteiden $< 0,06$ mm osuus painoprosentteina), neulasten typpipitoisuus (Typpi, prosenttia neulasten kuivamassasta), puun ikä (Ikä, vuosina oksakiehkuroiden avulla laskettuna) ja oksan ikä (Kiehkura, vuosia oksan syntymästä).

Taulukko 1. Koalojen yleiskuvaus.

Table 1. General description of the study areas as indicated by site type (Metsätyyppi), stand density (Tiheys), number of sample trees (Koeuiden lukumäärä), age (Ikä), height (Pituus), diameter (Läpimitta) and location of sample plots (Sijainti).

Koala Study area	Metsä- tyyppi Site	Tiheys Density ha^{-1}	Koeuiden lukumäärä Samples	Ikä Age a	Pituus Height m	Läpimitta Diameter cm	Sijainti ¹ Location ¹
1	CT	1100	6	21	4,7	7,3	Ni
2	CT	1300	7	25	5,6	7,7	Ni
3	CT	1500	6	26	5,1	7,8	Ni
4	CT	1800	6	20	3,5	5,3	Ni
5	CT	2000	8	24	4,3	6,1	Ni
6	CT	2100	6	23	3,8	5,5	Ni
7	CT	2200	7	23	4,1	6,5	Ni
8	CT	2300	6	23	3,8	5,5	Ni
9	CT	2400	6	24	4,1	6,1	Ni
10	CT	2500	7	23	3,9	5,5	Ni
11	CT	3300	9	26	4,9	6,3	Ni
12	CT	3700	11	24	5,3	6,2	Ni
13	VT	1000	7	19	8,2	12,6	Pa
14	VT	1300	8	18	6,2	10,2	Jy
15	VT	1700	9	18	5,9	8,3	Ju
16	VT	2000	7	17	7,6	10,6	Al
17	VT	2100	9	21	7,5	8,7	Äh
18	VT	2300	9	17	7,0	9,5	Jy
19	VT	2400	10	17	7,1	9,7	Hy
20	VT	2600	11	18	7,4	8,6	No
21	VT	3000	9	19	5,0	7,2	Äh
22	VT	3300	10	19	5,7	7,9	No
23	VT	3700	10	18	5,6	6,4	Ta
24	VT	4600	14	18	6,8	7,8	Ha
25	VT	5000	16	20	9,0	9,3	Ha
26	MT	1000	6	19	6,0	11,5	Pa
27	MT	1600	8	17	5,5	8,5	Äh
28	MT	2100	9	18	8,1	10,9	Tu
29	MT	2200	9	18	8,1	11,3	Al
30	MT	2300	9	18	6,6	8,9	No
31	MT	2500	9	19	7,4	10,7	Ju
32	MT	2700	9	19	8,4	11,1	Äh
33	MT	3200	10	18	7,6	10,4	No
34	OMT	1500	7	22	10,5	16,3	Ru
35	OMT	2200	10	19	8,0	12,5	Ha
36	OMT	3000	9	19	6,6	8,6	Ha

¹Ni = Niinisalo, Pa = Padasjoki, Jy = Jyväskylä, Ju = Juupajoki, Al = Alastaro, Äh = Ähtäri, Hy = Hyytiälä, No = Noormarkku, Ta = Tammela, Ha = Hartola, Tu = Tuusula, Ru = Ruotsinkylä.

3. Tulokset

31. Oksien lukumäärä

311. Oksien syntyminen

Uusia oksia muodostui puuhun yhdestä yli kymmeneen vuotta kohti kasvupaikan viljavuudesta ja metsikön rakenteesta riippuen (kuva 1). Keskimäärin ylimmässä oksakiehkurassa oli 4—6 uutta oksaa. Pienimmät arvot edustivat karuja ja suurimmat viljavuuden kasvupaikkoja. Kasvupaikan viljavuuden lisäksi puun suuri koko lisäsi syntyvien oksien määrää (taulukko 2), sillä neulasten typpipitoisuudella, maan hienolajitteiden osuudella ja puun läpimitalla (puun ikä vakioitu) oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus ylimmän oksakiehkuran oksien määrään ($p < 0,01$).

312. Oksien kuoleminen

Kuolleita oksia esiintyi jo ylimmissä oksakiehkuroissa. Kuitenkin vasta viidennestä oksakiehkurasta lähtien kuolleiden oksien määrä runsastui (kuva 2). Erityisesti viljavilla kasvupaikoilla (OMT) oksat kuolivat nopeasti; elävät oksat olivat harvoin 10—12 vuotta vanhempia. Karuilla kasvupaikoilla oksat elivät tuntuvasti pitempään: kanervatyypin kasvupaikoilla eläviä oksia oli vielä oksakiehkuroissa 20—24. Puolukkatyyppin ja mustikkatyypin kasvupaikat sijoituivat näiden ääriarvojen väliin.

Oksien kuoleminen alkoi erityisen varhain viljavilla kasvupaikoilla. Myös puun vallittu asema ja puuston suuri tiheys nopeuttivat kuolemista (taulukko 3) samalla, kun kookkaissa puissa oksat elivät keskimääräistä pitempään puuston ja kasvupaikan muista ominaisuuksista riippumatta. Oksien kuoleminen ei kuitenkaan kytkeytynyt puuston rakenteeseen ja kasvupaikan viljavuuteen yhtä kiinteästi kuin elävien oksien esiintyminen alalatuksessa. Eläviä oksia sisältävä alin oksakiehkura (oksakiehkuran numero latvasta lukien) oli karujen kasvupaikkojen kookkaissa puissa tuntuvasti alempana kuin muilla kasvupaikoilla puuston tiheydestä riippumatta: latvukset olivat suhteellisesti pitempiä karuilla kuin viljavilla kasvupaikoilla (taulukko 4).

313. Oksien karsiutumisen

Oksat alkoivat karsiutua välittömästi kuoleamisen jälkeen, mutta karsiutuminen oli suhteellisen vähäistä niin kauan kuin oksakiehkurassa oli eläviä oksia (kuva 2). Kuolleiden oksien määrä väheni selvästi nopeimmin viljavien kasvupaikkojen valtuissa, kun puuston tiheys oli pieni (taulukko 3). Karujen kasvupaikkojen tiheissä puustoissa kuolleiden oksien karsiutuminen on hidasta varsinkin vallituissa latvuserroksissa.

314. Oksien kokonaismäärä

Puun metsikköaseman parantuessa elävien oksien määrä lisääntyi (taulukko 5). Puuston tiheyden ja kasvupaikan viljavuuden lisääntyessä elävien oksien määrä väheni selväpiirteisesti, joskin puun metsikköasemaan verrattuna näiden tekijöiden vaikutus oli edellistä vähäisempi. Etenkin karujen kasvu-

Taulukko 2. Ylimmän oksakiehkuran oksien lukumäärän riippuvuus neulasten typpipitoisuudesta (Typpi = neulasten typpipitoisuus) ja maan lajitekoostumuksesta (Maa = maan hienolajitteiden osuus) sekä puun läpimitasta (Lpm) ja puun metsikköasemasta (Asema = d/\bar{d} , missä d tarkoittaa puun läpimittaa ja \bar{d} metsikön puiden keskiläpimittaa) sekä puuston tiheydestä (Tiheys).

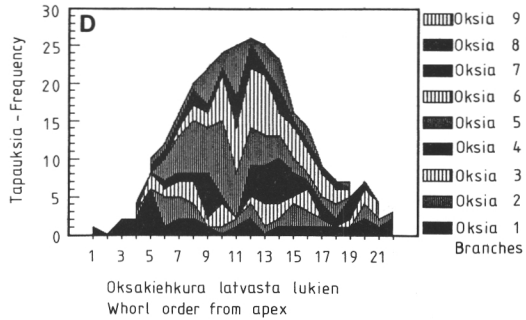
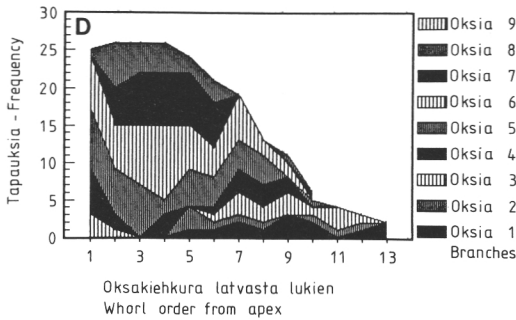
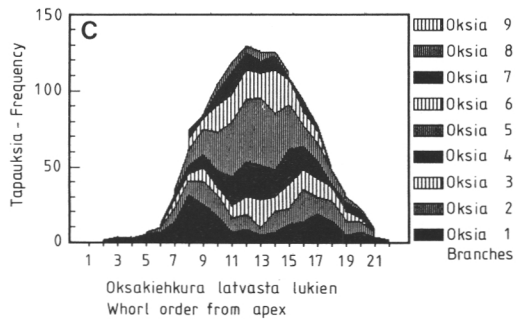
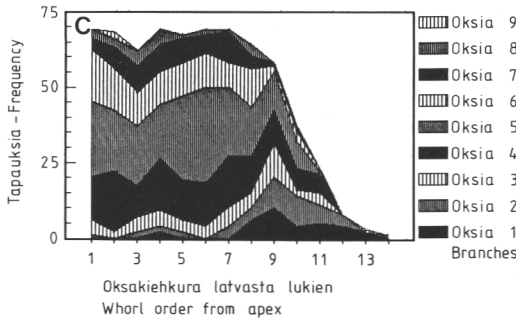
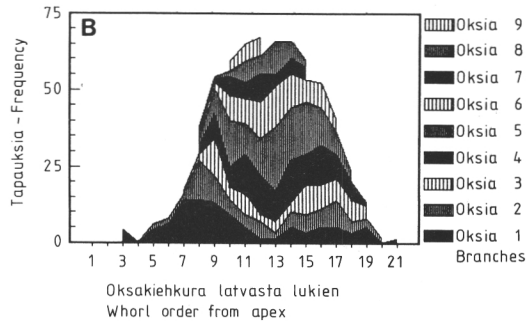
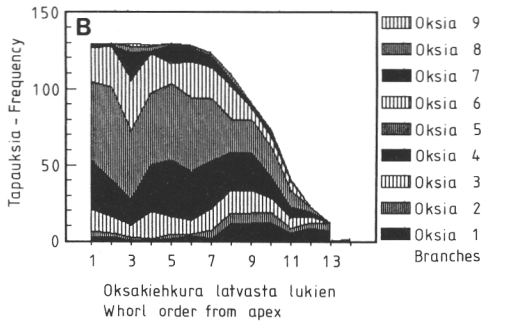
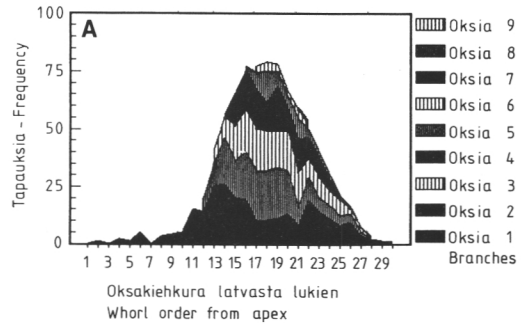
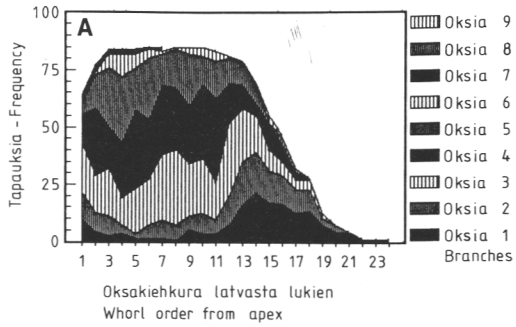
Table 2. Number of branches in the uppermost whorl as related to nitrogen concentration of needles (Typpi = nitrogen concentration of needles), soil composition (Maa = fine soil fraction), diameter of trees (Lpm) and position of a tree (Asema = d/\bar{d} , where d is the diameter of a tree and \bar{d} the mean diameter of trees in a stand) and stand density (Tiheys). Vakio = Constant

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Typpi	2,800	0,532	0,317	5,264	0,000
Lpm	0,105	0,024	0,243	4,283	0,000
Maa	0,022	0,008	0,145	2,548	0,011
Asema					
Tiheys					
Vakio	0,051	0,486		0,103	0,918

$R^2 = 0,301$.

Selitykset: R^2 = selityssaste, B = regressiokerroin, SE B = regressiokertoimen hajonta, Beta = standardoitu regressiokerroin, t = t-testin testiarvo, p = riskitaso.

Legend: R^2 = coefficient of determination, B = coefficient of regression, SE B = standard deviation of regression coefficient, Beta = standardized coefficient of regression, t = value of t-test, p = level of risk.



Kuva 1. Elävien oksien lukumäärä oksakiehkuroissa metsätyypeittäin. A: kanervatyypin, B: puolukka-tyypin, C: mustikkatyypin, D: käenkaali-mustikka-tyypin. Yli yhdeksän oksaa edustavat tapaukset on sisällytetty luokkaan yhdeksän.

Figure 1. Number of living branches per whorls in stands of varying site fertility. A: *Calluna* type, B: *Vaccinium* type, C: *Myrtillus* type, D: *Oxalis-Myrtillus* type. The whorls with more than nine branches are included in the whorls with nine branches.

Kuva 2. Kuolleiden oksien lukumäärä oksakiehkuroissa metsätyypeittäin. A: kanervatyypin, B: puolukka-tyypin, C: mustikkatyypin, D: käenkaali-mustikka-tyypin. Yli yhdeksän oksaa edustavat tapaukset on sisällytetty luokkaan yhdeksän.

Figure 2. Number of dead branches per whorls in stands of varying site fertility. A: *Calluna* type, B: *Vaccinium* type, C: *Myrtillus* type, D: *Oxalis-Myrtillus* type. The whorls with more than nine branches are included in the whorls with nine branches.

Taulukko 3. Kuolleiden oksien lukumäärän riippuvuus oksakiehkuroittain puuston rakenteesta. Merkintöjen selitykset annettu taulukossa 2.

Table 3. The number of dead branches per whorl as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Oksakiehkura — Whorl 5, R ² = 0,215					
Asema	-2,873	0,117	-0,464	-2,344	0,029
Vakio	4,633	0,092		3,796	0,001
Oksakiehkura — Whorl 6, R ² = 0,338					
Asema					
Typpi	5,830	1,471	0,564	3,963	0,000
Lpm	-0,181	0,087	-0,294	-2,071	0,046
Vakio	-3,099	1,739		-1,782	0,083
Oksakiehkura — Whorl 7, R ² = 0,258					
Asema					
Typpi	6,991	1,722	0,486	4,059	0,000
Lpm	-0,229	0,063	-0,431	-3,598	0,000
Vakio	-4,071	1,950		-2,087	0,041
Oksakiehkura — Whorl 8, R ² = 0,345					
Asema	-1,659	0,574	-0,212	-2,886	0,046
Typpi	6,658	1,210	0,408	5,502	0,000
Tiheys	6,458 · 10 ⁻⁴	1,397 · 10 ⁻⁴	0,341	4,623	0,000
Lpm					
Vakio	-4,979	1,470		-3,385	0,001
Oksakiehkura — Whorl 9, R ² = 0,324					
Asema	-1,175	0,477	-0,164	-2,461	0,015
Typpi	7,510	1,048	0,484	7,160	0,000
Tiheys	3,570 · 10 ⁻⁴	1,216 · 10 ⁻⁴	0,198	2,936	0,003
Lpm					
Vakio	-5,112	1,281		-3,991	0,000
Oksakiehkura — Whorl 10, R ² = 0,150					
Asema	-1,333	0,548	-0,167	-2,432	0,000
Typpi	4,721	1,199	0,272	3,935	0,002
Tiheys	4,446 · 10 ⁻⁴	1,439 · 10 ⁻⁴	0,214	3,088	0,002
Lpm					
Vakio	-0,845	1,461		-0,579	0,563

Taulukko 4. Alimman eläviä oksia sisältävän oksakiehkuran järjestysnumeron riippuvuus puuston rakenteesta. Merkintöjen selitykset annettu taulukossa 2.

Table 4. Order of the lowest whorl having living branches as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Asema	3,924	0,394	0,311	9,949	0,000
Tiheys	-5,195 · 10 ⁻⁴	1,183 · 10 ⁻⁴	-0,141	-4,392	0,000
Typpi	-12,075	0,792	-0,554	-15,244	0,000
Maa	-0,115	0,013	-0,299	-8,391	0,000
Vakio	23,561	0,859		27,426	0,000

R² = 0,720

paikkojen harvoissa puustoissa elävien oksien määrä oli suuri.

Puuston rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden vaikutus kuolleiden oksien kokonaismäärään oli osittain käänteinen elävien oksien määrälle (taulukko 5): tiheä puusto ja viljava kasvupaikka lisäsivät kuolleita oksia etenkin kookkaissa puissa. Tulos oli odotet-

tavissa, sillä elävien oksien suuri määrä ennakoi myös kuolleiden oksien runsautta. Kuolleiden oksien kertymistä tehosti oksien hidas karsiutuminen tiheissä puustoissa (taulukko 3), joskin puiden suuri koko ja kasvupaikan viljavuus vastaavasti nopeuttivat oksien karsiutumista.

Taulukko 5. Elävien ja kuolleiden oksien kokonaismäärän riippuvuus puuston rakenteesta. Merkkien selitykset annettu taulukossa 2.

Table 5. Total number of living and dead branches in trees as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Elävät oksat — Living branches, $R^2 = 0,652$					
Asema	21,533	2,974	0,519	7,239	0,000
Tiheys	-0,002	$5,372 \cdot 10^{-4}$	-0,239	-5,395	0,000
Typpi	-20,796	4,100	-0,290	-5,072	0,000
Maa	-0,169	0,053	-0,134	-3,150	0,001
Lpm	0,764	0,309	0,216	2,472	0,014
Vakio	50,495	3,980		12,685	0,000
Kuolleet oksat — Dead branches, $R^2 = 0,503$					
Typpi	24,634	4,284	0,291	5,750	0,000
Lpm	1,840	0,208	0,441	8,809	0,000
Tiheys	0,004	$6,469 \cdot 10^{-4}$	0,330	7,302	0,000
Vakio	-19,251	3,848		-5,002	0,000

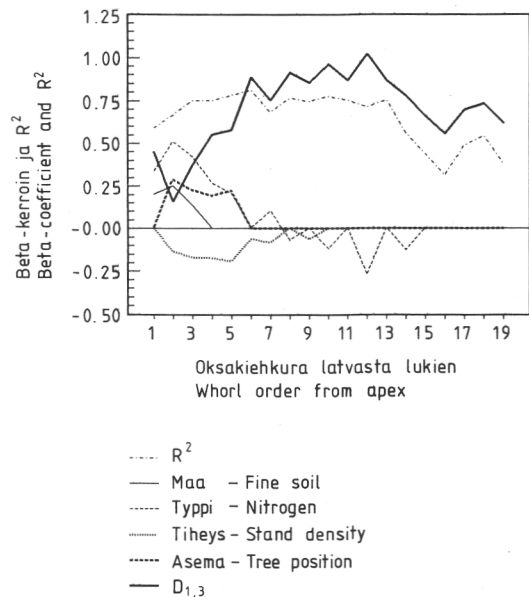
32. Paksuimman elävän oksan paksuus

321. Oksakiehkurat

Ylimmän oksakiehkuran paksuimman oksan läpimitta kasvoi puun varttuessa (taulukko 6). Oksan paksuus kasvoi myös, kun neulasten tyypipitoisuus ja maan hienolajitteiden osuus kasvoivat. Puun metsikköasemalla ja puuston tiheydellä ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ylimmän oksakiehkuran paksuimman oksan paksuuteen. Puun läpimitta vaikutti myös toiseksi ylimmän oksakiehkuran paksuimman oksan paksuuteen samoin kuin neulasten tyypipitoisuus ja maan hienolajitteiden määrä. Myös puiden metsikköasema ja puuston tiheys vaikuttivat selkeästi toiseksi ylimmän oksan paksuuteen, edellinen oksan paksuutta kasvattaen ja jälkimmäinen vähentäen.

Maan hienolajitteiden vaikutus rajoittui neljään ylimpään oksakiehkuraan. Myös tyyppien vaikutus keskittyi selkeimmin ylälatvukseen (oksakiehkurat 1–5). Puuston tiheyden vaikutus voimistui viidenteen oksakiehkuraan saakka. Tämän jälkeen puuston tiheys vähensi vain vähän oksan paksuutta. Myös puun metsikköaseman vaikutus rajoittui kuudennen oksakiehkuran yläpuolelle (kuva 3).

Alalatuksessa (oksakiehkurasta kuusi alaspäin) paksuimman oksan paksuus oli selvimmän yhteydessä puun läpimittaan, jonka vaikutus kasvoi johdonmukaisesti toisesta oksakiehkurasta yhdenteentoista oksakiehkuraan. Tätä vanhemmissa oksakiehkuroissa myös puun läpimittaan vaikutus heikkeni samalla, kun regressiomallin selityskyky (R^2)



Kuva 3. Kiehkuran paksuimman elävän oksan läpimittaan riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta. Oksan paksuuden yhteyttä eri tekijöihin on kuvattu vastaavan regressioanalyysin beta-kertoimilla, joiden positiiviset arvot ilmaisevat lisäävää ja negatiiviset arvot pienentävää vaikutusta. Tekijä, joka ei edes suuntaa antavasti ($p > 0,10$) vaikuttanut oksan paksuuteen on kuvan laadinnassa saanut arvon nolla.

Figure 3. The diameter of the thickest living branch per whorl as related to the stand structure and site fertility. The relationship between the branch diameter and controlling factors is indicated by the beta-coefficients yielded by the respective analysis of regression, the positive values indicating the increase and the negative values the decrease in the branch diameter. The values not being statistically significant ($p > 0,10$) have the value zero.

Taulukko 6. Kiehkuran paksuimman elävän oksan läpimitan riippuvuus puuston rakenteesta. Merkintöjen selitykset annettu taulukossa 2.

Table 6. The thickness of the thickest living branch in the whorls 1-7 from the stem apex as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Kiehkura — Whorl 1, R ² = 0,586					
Lpm	0,420	0,040	0,453	10,389	0,000
Asema					
Tiheys					
Typpi	6,267	0,872	0,333	7,188	0,000
Maa	0,066	0,143	0,202	4,621	0,000
Vakio	-1,386	0,817		-1,697	0,090
Kiehkura — Whorl 2, R ² = 0,666					
Lpm	0,221	0,119	0,158	0,858	0,064
Asema	4,723	1,172	0,288	4,028	0,000
Tiheys	-6,441 · 10 ⁻⁴	2,078 · 10 ⁻⁴	-0,137	-3,100	0,002
Typpi	14,460	1,603	0,510	9,018	0,000
Maa	0,123	0,020	0,249	5,938	0,000
Vakio	-9,104	1,615		-5,636	0,090
Kiehkura — Whorl 3, R ² = 0,754					
Lpm	0,643	0,126	0,374	5,088	0,000
Asema	4,559	1,220	0,225	3,737	0,000
Tiheys	-0,001	2,200 · 10 ⁻⁴	-0,170	-4,556	0,000
Typpi	14,604	1,676	0,420	8,710	0,000
Maa	0,082	0,022	0,134	3,745	0,000
Vakio	-7,843	1,632		-4,806	0,000
Kiehkura — Whorl 4, R ² = 0,749					
Lpm	1,029	0,129	0,553	7,971	0,000
Asema	4,219	1,266	0,192	3,332	0,001
Tiheys	-0,001	2,332 · 10 ⁻⁴	-0,174	-4,725	0,001
Typpi	10,118	1,821	0,270	5,554	0,000
Maa					
Vakio	-3,331	1,774		-1,877	0,061
Kiehkura — Whorl 5, R ² = 0,782					
Lpm	1,142	0,129	0,577	8,850	0,000
Asema	5,190	1,255	0,222	4,134	0,000
Tiheys	-0,001	2,323 · 10 ⁻⁴	-0,192	-5,574	0,000
Typpi	8,317	1,838	0,206	4,524	0,000
Maa					
Vakio	-1,939	1,769		-1,096	0,274
Kiehkura — Whorl 6, R ² = 0,811					
Lpm	1,996	0,059	0,888	33,816	0,000
Asema					
Tiheys	-4,765 · 10 ⁻⁴	2,004 · 10 ⁻⁴	-0,062	-2,378	0,018
Typpi					
Maa					
Vakio	2,690	0,821		3,275	0,001

aleni. Yhdeksännestätoista oksakiehkurasta alaspäin oli havaintoja niin vähän, ettei täsmälliseen analyysiin ollut mahdollisuutta.

Yllä kuvatut tulokset selittynevät seuraavasti. Kasvupaikan viljavuus vaikuttaa tuntuvimmin ylälatvuksen (oksakiehkurat 1—3) oksien kasvuun, sillä puuston tiheydestä aiheutuva varjostus ei ulotu ylälatvukseseen. Näin on erityisesti silloin, kun puun asema on vallitseva. Oksat kasvavat ensimmäisenä vuonna sitä paksummiksi mitä suuremmas-

ta puusta on kysymys. Puuston tiheydestä aiheutuva varjostus voimistuu keskilatvuksen alueella, jolloin kasvupaikan viljavuuden vaikutus heikkenee. Myös vallitsevien puiden oksat joutuvat varjoon. Alalatus edustaa sulkeutunutta latvusta, jossa oksat eivät enää kasva sanottavasti. Tämän vuoksi sekä kasvupaikan viljavuuden että puuston rakenteen vaikutus heikkenevät ratkaisevasti. Alalatusuksessa oksan paksuus korreloituu entistä kiinteämmin puun läpimitaan, jolloin tämä

Taulukko 7. Oksakiehkuroiden paksuimman elävän oksan läpimitan riippuvuus puuston rakenteesta. Merkintöjen selitykset annettu taulukossa 2.

Table 7. The diameter of the thickest living branch per whorls as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Lpm	1,234	0,059	0,576	20,606	0,000
Kiehkura	0,471	0,020	0,264	22,521	0,000
Typpi	7,042	0,831	0,163	8,467	0,000
Tiheys	$-7,040 \cdot 10^{-4}$	$1,047 \cdot 10^{-4}$	-0,096	-7,067	0,000
Maa	0,072	0,010	0,097	6,773	0,000
Asema	1,965	0,550	0,078	3,572	0,000
Vakio	-5,266	0,805		-6,536	0,000

$R^2 = 0,624$

Taulukko 8. Puun paksuimman elävän oksan paksuuden riippuvuus puuston rakenteesta. Merkintöjen selitykset annettu taulukossa 2.

Table 8. The thickness of the thickest living branch in the tree as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Lpm	0,060	0,007	0,540	8,607	0,000
Asema	0,449	0,068	0,341	6,533	0,000
Tiheys	$-7,680 \cdot 10^{-5}$	$1,270 \cdot 10^{-5}$	-0,199	-6,045	0,000
Typpi	0,213	0,099	0,093	2,145	0,032
Vakio	2,065	0,096		21,417	0,000

$R^2 = 0,796$

suhde ilmaisee puun kasvuhistorian vaikutusta oksien paksuuteen.

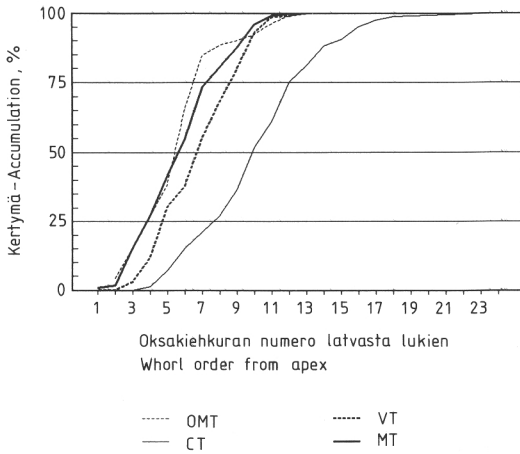
Tulokset osoittavat puuston rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden vaikutuksen oksakiehkuran paksuimman elävän oksan paksuuteen riippuvan oksan iästä. Jos oksan ikää ilmaistaan oksakiehkuran numerolla latvasta lukien, osoittautuvat puun koko ja oksan ikä tärkeimmiksi oksan paksuutta selittäviksi tekijöiksi, jos kohta kasvupaikan viljavuuden sekä puuston tiheyden ja puiden aseman vaikutukset säilyvät edelleen (taulukko 7). Tämän tuloksen perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset.

- Ylälatvuksen (oksakiehkurat 1—3) oksien paksuuteen vaikuttaa tuntuvimmin kasvupaikan viljavuus ja puun asema siten, että syntyvien oksien paksuus riippuu puun koosta.
- Keskilatvuksen (oksakiehkurat 4—7) alueella kasvupaikan ja puun aseman vaikutus vähennee samalla, kun puuston tiheyden ja puunkoon vaikutus voimistuu.
- Alalattvuksessa (oksakiehkurat seitsemännestä alaspäin) puun koko vaikuttaa oksien paksuuteen.

Kasvupaikan viljavuudella ja puuston tiheydellä oli täten oletettu vaikutus oksien kasvuun: kasvupaikan viljavuus lisäsi ja puuston tiheys vähensi oksien paksuutta.

322. Puut

Puun paksuin oksa löytyi keskimäärin oksakiehkuroista 5—7. Tämän vuoksi oli oksakiehkuroihin kohdistuneen analyysin perusteella odotettavissa, että puun paksuimman oksan paksuus riippui kasvupaikan viljavuudesta ja puuston rakenteesta keskilatvukselle tyypillisellä tavalla. Itse asiassa tulos on likimain sama kuin viidennen oksakiehkuran paksuimman oksan antama tulos (taulukko 8): puun läpimitan ja puun aseman vaikutus oli tuntuvasti suurempi kuin neulasten typpipitoisuuden, mutta maan lajitekoostumuksella ei ollut vaikutusta. Puuston rakenne ja puiden ominaisuudet vaikuttivat täten kasvupaikan viljavuutta voimakkaammin puun paksuimman oksan paksuuteen eli tekijöiden järjestys muuttui verrattuna oksakiehkuroitain tehtyihin laskelmiin.



Kuva 4. Paksuimman elävän oksan sijainti latvuksessa. Paikkaa osoittava kertymä ilmaisee prosentteina metsätuotepkohtaisesta koepuiden määrästä, kuinka monessa tapauksessa paksuin oksa on käyrän osoittaman oksakiehkuran yläpuolella ko. oksakiehkura mukaan lukien.

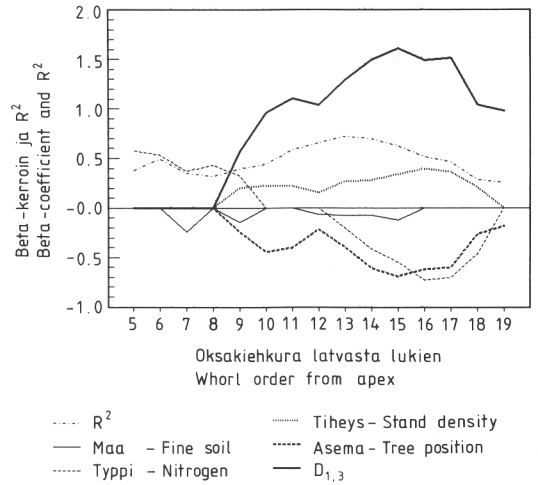
Figure 4. The location of the thickest living branch in the crown as indicated by the accumulative percentage from the total number of sample trees per the site type. The curve indicates the relative number of case where the thickest branch is located above the particular whorl including this one.

Puun paksuin elävä oksa sijaitsi viljavilla kasvupaikoilla selvästi korkeammalla kuin karuilla (kuva 4). Käenkaali-mustikkatyypin ja mustikkatyypin metsiköissä paksuin oksa sijaitsi puolelta koepuista viidennessä oksakiehkurassa tai sen yläpuolella, puolukka-tyypin ja kanervatyypin kasvupaikoilla seitsemännän ja kymmenennen oksakiehkuran yläpuolella. Kanervatyypin metsiköissä paksuimpia oksia esiintyi joskus oksakiehkuroihin 17–19 saakka.

33. Paksuimman kuolleen oksan paksuus

331. Oksakiehkurat

Kuolleita oksia esiintyi puissa ylimmäisiä oksakiehkuroita myöten. Näiden oksien läpimitta ei korreloitunut puuston rakenteeseen ja/tai kasvupaikan viljavuuteen (taulukko 9, kuva 5). Vasta keskilatvuksessa, viidennessä oksakiehkurasta alaspäin paksuimpien kuolleiden oksien läpimitalla oli yhteyttä puuston rakenteeseen ja kasvupaikan viljavuuteen:



Kuva 5. Kiehkuran paksuimman kuolleen oksan läpimitan riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta. Oksan paksuuden yhteyttä eri tekijöihin on kuvattu vastaavan regressioanalyysin beta-kertoimilla, joiden positiiviset arvot ilmaisevat lisäävää ja negatiiviset arvot pienentävää vaikutusta. Tekijä, joka ei edes suuntaa antavasti ($p > 0,10$) vaikuttanut oksan paksuuteen on kuvan laadinnassa saanut arvon nolla.

Figure 5. The diameter of the thickest dead branch per whorl as related to the stand structure and site fertility. The relationship between the branch diameter and controlling factors is indicated by the beta-coefficients yielded by the respective analysis of regression, the positive values indicating the increase and the negative values the decrease in the branch diameter. The values not being statistically significant ($p > 0,10$) have the value zero.

kookkaan, vallitsevan puun kuolleet oksat olivat viljavalla kasvupaikalla keskimääräistä paksampia.

Alatvuksessa puun koon vaikutus voimistui edelleen samalla, kun vallitsevien puiden kuolleiden oksien paksuus pieneni tiheissä kasvustoissa. Kuvatut piirteet korostuivat alimmissa oksakiehkuroissa siten, että kuolleet oksat olivat hentoja myös viljavilla kasvupaikoilla. Ylälatvukseen verrattuna kasvupaikan viljavuuden ja puun aseman vaikutus muuttui päinvastaiseksi: viljavalla kasvupaikalla kookkaissa ja vallitsevissakin puissa oksia kuolee jo suhteellisen ylhäällä. Alatvuksen kuolleet oksat olivat jo aikoja kuolleet, ja edustivat siten vuosia sitten vallinneita olosuhteita.

Kiehkuroittainen tarkastelu osoittaa, että kuolleen oksan asema (oksan ikä) määrää, millä tavoin sen läpimitta riippuu puuston

Taulukko 9. Oksakiehkuroiden paksuimman kuolleen oksan läpimitan riippuvuus puuston rakenteesta. Merkitöjen selitykset annettu taulukossa 2.

Table 9. The thickness of the thickest dead branch per whorls as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Kiehkura — Whorl 5, R ² = 0,313					
Lpm					
Asema	8,036	4,197	0,388	1,915	0,0716
Tiheys	0,004	0,002	0,432	1,990	0,062
Typpi	21,184	9,660	0,463	2,193	0,041
Maa					
Vakio	-34,957	16,132		-2,167	0,043
Kiehkura — Whorl 6, R ² = 0,469					
Lpm	0,883	0,242	0,464	3,643	0,009
Asema					
Tiheys					
Typpi	13,397	4,074	0,419	3,288	0,002
Maa					
Vakio	-11,146	4,817		-2,314	0,026
Kiehkura — Whorl 7, R ² = 0,336					
Lpm					
Asema					
Tiheys					
Typpi	21,908	6,071	0,415	3,608	0,006
Maa	-0,227	0,098	-0,265	-2,310	0,024
Vakio	-11,137	8,480		-1,313	0,194
Kiehkura — Whorl 8, R ² = 0,312					
Lpm	0,474	0,166	0,225	2,854	0,005
Asema					
Tiheys					
Typpi	22,383	3,988	0,443	5,615	0,000
Maa					
Vakio	-18,707	4,427		-4,225	0,000
Kiehkura — Whorl 9, R ² = 0,394					
Lpm	1,256	0,320	0,568	3,918	0,000
Asema	-5,902	3,290	-0,240	-1,794	0,074
Tiheys	0,001	4,977 · 10 ⁻⁴	0,197	2,452	0,015
Typpi	17,444	4,181	0,326	4,172	0,000
Vakio	-13,147	4,814		-2,731	0,007
Kiehkura — Whorl 10, R ² = 0,380					
Lpm	1,008	0,122	0,509	8,266	0,000
Asema					
Tiheys					
Typpi	10,984	3,047	0,222	3,605	0,000
Vakio	-6,340	3,322		-1,908	0,058

rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta. Kun oksan ikää ilmaistiin oksakiehkuran numerolla latvasta lukien, osoittautui puun koko edelleen tärkeimmäksi paksuimman kuolleen oksan läpimittaa selittäväksi tekijäksi. Tosin kasvupaikan, oksan iän ja kasvupaikan viljavuuden sekä puuston tiheyden ja puiden aseman vaikutukset säilyivät edelleen (taulukko 10, kuva 4): aiemmin kuollut oksa oli keskimäärin ohuempi kuin hiljan kuollut oksa. Näin oli erityisesti viljavien kasvupaikkojen vallitsevissa puissa. Puuston tiheyden kasvaessa myös paksuimman kuolleen oksan paksuus kasvoi.

332. Puut

Puun paksuimman kuolleen oksan läpimittaa selitti vain puun läpimitta ja neulasten typpipitoisuus (taulukko 11): mitä kookkaampi puu oli ja mitä suurempi oli neulasten typpipitoisuus sitä paksumpi oli puun paksuun kuollut oksa. Puun läpimitta selitti yksin 72 % paksuimman kuolleen oksan läpimitan vaihtelusta. Neulasten typpipitoisuuden lisääminen malliin nosti selitetyn vaihtelun osuuden 74 %:iin kokonaisvaihtelusta. Muiden tekijöiden (puuston tiheys, puun asema, hienomaan (< 0,06 mm) osuus) vaikutus pak-

Taulukko 10. Oksakiehkuran paksuimman kuolleen oksan läpimitan riippuvuus puuston rakenteesta. Merkintöjen selitykset annettu taulukossa 2.
 Table 10. The diameter of the thickest dead branch as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Lpm	1,534	0,066	0,852	23,132	0,000
Kiehkura	-0,271	0,024	-0,190	-10,962	0,000
Asema	-5,271	0,633	-0,246	-8,317	0,000
Tiheys	$8,759 \cdot 10^{-4}$	$1,143 \cdot 10^{-4}$	0,147	7,661	0,000
Maa	-0,065	0,012	-0,102	-5,402	0,000
Typpi	-3,570	0,954	-0,096	-3,741	0,000
Vakio	10,424	1,091		9,551	0,000

$R^2 = 0,399$

Taulukko 11. Puun paksuimman kuolleen oksan läpimitan riippuvuus puuston rakenteesta. Merkintöjen selitykset annettu taulukossa 2.
 Table 11. The thickness of the thickest dead branch in the tree as related to the stand structure. Explanation of the symbols given in Table 2.

Tekijä — Factor	B	SE B	Beta	t	p <
Lpm	2,141	0,084	1,066	25,295	0,000
Asema	-6,443	0,978	-0,273	-6,586	0,000
Tiheys	$7,383 \cdot 10^{-5}$	$2,026 \cdot 10^{-5}$	0,107	3,643	0,000
Vakio	3,943	0,882		4,467	0,000

$R^2 = 0,766$

suimman kuolleen oksan paksuuteen ei ollut tilastollisesti merkitsevä, ei edes suuntaa antavasti ($p < 0,10$).

Puun paksuimman kuolleen oksan sijoittuminen noudatti paksuimman elävän oksan sijoittumista: paksuin kuollut oksa sijaitsi sitä alempana mitä karummasta kasvupaikasta oli kysymys (kuva 6). Käenkaali-mustikka-tyypin metsiköissä paksuin kuollut oksa sijaitsi 50 %:ssa tapauksista oksakiehkuroiden seitsemän ja kahdeksan yläpuolella. Mustikatyyppin ja puolukkatyyppin kasvupaikoilla sama kertymäfunktion arvo saavutettiin kymmenennessä oksakiehkurassa, mutta kanervatyypin kasvupaikalla vasta seitsemännessätoista oksakiehkurassa. Puiden paksuimmat kuolleet oksat sijaitsivat yleensä oksakiehkuroiden 12—14 yläpuolella lukuun ottamatta kanervatyypin metsiköitä, joissa paksuimpien kuolleiden oksien kertyminen päättyi vasta oksakiehkuroissa 24—26.

34. Nuorten mäntyjen oksikkuus

Nuorten mäntyjen oksikkuudella on selkeä yhteys puuston rakenteeseen ja kasvupaikan viljavuuteen: riippuvuus on sekä suora että

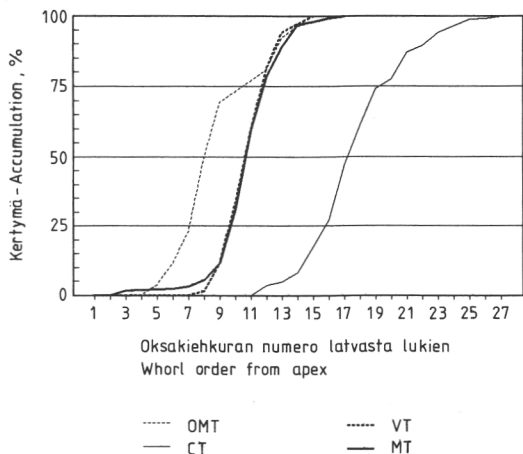
Taulukko 12. Männyn neulasten keskimääräinen typpipitoisuus tutkimusaineiston perusteella laskettuna.
 Table 12. The nitrogen concentration of Scots pine needles per site types as computed from the present material.

Metsätyyppi Site type	Typpipitoisuus, % Nitrogen	
	\bar{x}	s
CT	0,82	0,07
VT	1,09	0,09
MT	1,16	0,12
OMT	1,28	0,11

Legend: Typpipitoisuus = nitrogen concentration of needles. \bar{x} = mean value, s = standard deviation.

epäsuora siten, että puun koko ja täten puuston tiheydestä ja kasvupaikan viljavuudesta riippuva kasvunopeus vaikuttavat oksien syntymiseen, kasvuun, kuolemiseen ja karsiuutumiseen. Tämän vuoksi poikkileikkaustilannetta kuvaava aineisto, kuten nyt käytetty, voi vain osittain kuvata oksikkuuteen vaikuttavaa, ajan suhteen muuttuvaa kehitystä. Tämän vuoksi tulokset ilmaisevat vain, miten oksikkuus vaihteli puuston rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden mukaan.

Seuraavassa puiden paksuimman elävän oksan läpimittaa käytetään oksikkuuden tunnuksena. Paksuimman elävän oksan läpimit-

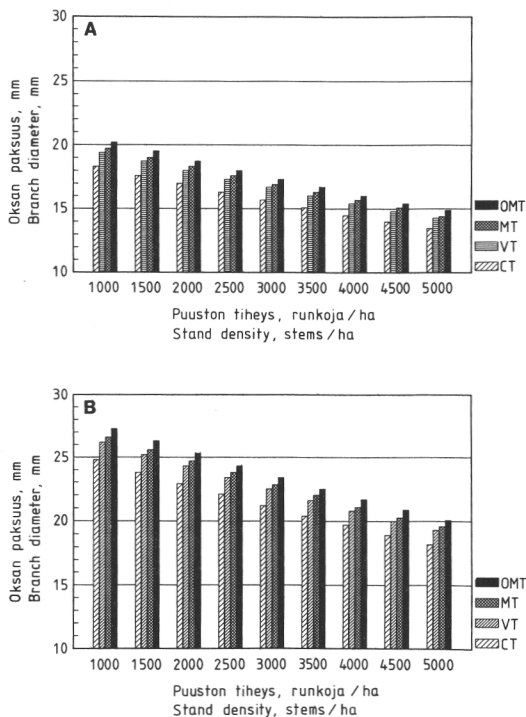


Kuva 6. Paksuimman kuolleen oksan sijainti latvuses-
sa. Paikkaa osoittava kertymä ilmaisee prosentteina
metsätuotteen koepuiden määrästä, kuin-
ka monessa tapauksessa paksuin oksa on käyrän
osoittaman oksakiehkuran yläpuolella ko. oksakie-
hura mukaan lukien.

Figure 6. The location of the thickest dead branch in the
crown as indicated by the accumulative percentage
from the total number of sample trees per the site
type. The curve indicates the relative number of case
where the thickest branch is located above the par-
ticular whorl including this one.

tavaihtelu edusti käytetyssä aineistossa puus-
ton tiheyttä 1000—5000 ha⁻¹, joskaan puus-
ton tiheys kaikilla metsätuotteen ei kattanut
koko aluetta (taulukko 1). Samalla aineis-
to edusti neulasten typpipitoisuuden arvoja
0,8—1,3 %. Kasvupaikan viljavuus voidaan
ilmaista myös metsätuotteenä siten, että neu-
lasten typpipitoisuutta käytetään metsätuot-
teen osoittajana taulukon 12 ilmaistulla taval-
la. Näiden arvojen avulla laskettiin (taulu-
kossa 8 esitetty regressiomalli) puiden pak-
suimman oksan paksuus nuorten mänty-
jen oksikkuusvaihtelun havainnollistamiseksi.
Laskelmat tehtiin läpimitoille 5 ja 10 cm
siten, että puun asema sai arvon 1 ($d/d = 1$)
eli tulokset laskettiin metsikön keskiläpimit-
taa edustavalle puulle metsätuotteenä.

Mallilaskelmat (kuva 7) kertaavat aiem-
min saatuja tuloksia: mitä viljavammasta kas-
vupaikasta ja harvemmasta puustosta oli ky-
symys, sitä paksumpia nuorten mäntyjen
paksuimmat oksat olivat. Selvimmin erottui-
vat toisistaan kanerva- ja käenkaali-mustik-
katyyppi. Puolukka- ja mustikkatyyppien väli-
nen ero oli sen sijaan pieni. Varsinkin metsä-
tyyppien reuna-alueilla läpimitat voivat olla
likimain yhtäsuuret, sillä esimerkiksi karuilla
mustikkatyyppien ja viljavilla puolukkatyyppien



Kuva 7. Laskettuja tuloksia puun paksuimman elä-
vän oksan läpimitan suuruudesta eri metsätuotteen
puuston tiheyden ja maan lajitekoostumuksen funk-
tiona. Laskelmat tehty taulukossa 8 esitetyllä yhtä-
löllä siten, että metsätuotteenä on indikoitu taulukos-
sa 12 esitetyillä metsätuotteenä neulasten typpi-
pitoisuuksilla. A: rungon läpimita 5 cm, B: rungon
läpimita 10 cm.

Figure 7. Computed results on the diameter of the thick-
ness of the thickest living branch per tree as a func-
tion of the site type and stand density. The regression
model used in calculations is given in Table 8. The site
type is indicated by the values of the nitrogen con-
centration of needles as given in Table 12. A: Stem
diameter 5 cm, B: stem diameter 10 cm.

kasvupaikoilla neulasten typpipitoisuus voi
olla likimain yhtä suuri (taulukko 12).

Myös puiden koon vaikutus oksikkuuteen
tulee selvästi näkyviin. Puiden läpimitan kak-
sinkertaistuminen puolitoistakertaistaa pak-
suimman elävän oksan läpimitan. Läpimital-
taan 5 cm:n puissa paksuimpien oksien läpi-
mita jää alle 20 mm:n kaikkein viljavimmil-
lakin kasvupaikoilla, jos puuston tiheys on
vähintään 1500 ha⁻¹. Läpimitaltaan 10 cm
puissa oksan paksuus jäi alle 20 mm:n, kun
puuston tiheys oli noin 5000 ha⁻¹ ja kaik-
kein karuimmilla kasvupaikoilla noin 3500
ha⁻¹. Tämän vuoksi puuston kehitysvaihe
kasvupaikan viljavuudesta riippumatta vai-
kuttaa ratkaisevasti oksien paksuuteen.

4. Tarkastelu ja päätelmät

41. Tulosten yleistettävyys

Tämän työn tavoitteena oli selvittää kasvupaikan viljavuuden ja kasvatustiheyden vaikutusta nuorten mäntyjen oksikkuuteen. Nuorten mäntyjen ulkoisen laadun perusteella ei voida kuitenkaan tehdä lopullisia päätelmiä aikanaan saatavien tukkien laadusta. Kun oksikkuuden tunnuksena käytetään esimerkiksi vielä kasvavien, elävien oksien läpimittaa, oksien vaikutus puun laatuun ei ole vielä loppunut eikä tyvitukin oksikkuus täysin määrätynyt. Tämä ei kuitenkaan kumoa sitä tosiasiaa, että nuorten puiden oksat ovat osa tulevan tyvitukin puuainetta ja että tyvitukin lopullinen laatu muotoutuu suureksi osaksi taimikko- ja riukuvaiheen aikana vaikuttaen siten puista saatavan sahatavaran laatuun (Kärkkäinen & Uusvaara 1982).

Tutkimusaineisto kerättiin Etelä- ja Keski-Suomen alueelta, joten tulosten perusteella ei voida päätellä, miten nuorten männiköiden oksikkuus suhtautuu puuston rakenteeseen ja kasvupaikan viljavuuteen pohjoisempana. Myös Etelä- ja Keski-Suomea koskevat päätelmät on tehtävä varoen pienen aineiston vuoksi. Aineiston edustama perusjoukko on tuntematon, joten tulosten perusteella ei voida päätellä esimerkiksi paksimpien oksien keskimääräistä paksuutta ko. alueella. Tämä ei kuitenkaan estä tutkimasta, miten nuorten mäntyjen oksikkuus vaihtelee suhteessa puuston rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden vaihteluun. Samalla saadaan arvokasta tietoa metsän käsittelyn (esim. taimikonhoito) vaikutuksesta nuorten mäntyjen oksikkuuteen.

Puolukka- ja kanervatyypin aineistojen tiheysvaihtelu oli varsin kattava toisin kuin mustikkatyypin aineisto, josta puuttuivat kaikkein tiheimmät metsiköt (tiheys $> 3\ 500\ ha^{-1}$). Käenkaali-mustikkatyypin aineisto oli pieni (kolme metsikköä), mutta vertailuaineistona se erosi kuitenkin tilastollisesti merkitsevästi (riskitaso 5–10 %) muista metsätyypeistä lähes kaikkien tarkasteltujen oksatunnusten suhteen. Aineisto edusti pelkästään istutusmänniköitä lukuunottamatta kanervatyypin aineistoa, johon sisältyi myös

luontaisesti uudistettuja metsiköitä. Nämä metsiköt oli kuitenkin harvennettu jo varhain, joten ne rakenteeltaan vastasivat muiden metsätyyppien puustoja. Nämä taimikoiden syntytapoihin ja kehityshistoriaan liittyvät erot on kuitenkin pidettävä mielessä vertailtaessa puiden oksikkuutta eri kasvupaikoilla, vaikka esimerkiksi Kärkkäinen & Uusvaara (1982) eivät havainneetkaan mäntyjen syntyttävän vaikuttavan oksikkuuteen.

Kaikki metsiköt edustivat perinnöllisiltä ominaisuuksiltaan tuntematonta materiaalia. Tämä on selvä puute tulosten yleistettävyyden kannalta, sillä esimerkiksi Velling (1978, 1981) on osoittanut mm. männyn karsiutumisen ja oksakulman olevan voimakkaasti periytyviä ominaisuuksia. Tämän tutkimuksen keskeisiin oksikkuustunnuksiin (oksien paksuus, lukumäärä kiehkuroissa) on perimän vaikutus kuitenkin pienehkö verrattuna kasvuympäristön vaikutuksiin (Tigerstedt & Velling 1985). Tämän vuoksi on luultavaa, että käytetty tutkimusaineisto antaa näistä puutteista huolimatta mahdollisuuden tunnistaa, miten puuston rakenne ja kasvupaikan viljavuus vaikuttavat nuorten mäntyjen oksikkuuteen.

Kasvupaikan viljavuutta kuvattiin puiden yläoksien neulasten ja maan pintakerroksen ravinnepitoisuuksilla. Parhaiten elävien oksien läpimitat korreloivat neulasten typpipitoisuuden kanssa, joka oli mustikkatyypillä keskimäärin 1,1 %, puolukkatyypillä 1,09 % ja kanervatyypillä 0,83 %. Neulasten typpipitoisuus käytetyssä aineistossa vastasi likimain vaihtelua, joka oli odotettavissa aiempien tutkimusten perusteella (Mälkönen 1974, Lehtonen ym. 1976, Derome ym. 1986). Myös maan ravinteisuusvaihtelu oli odotusten mukaista verrattuna aiempiin tutkimuksiin (Viro 1952, Mälkönen 1974, Urvas & Erviö 1974, Lehtonen ym. 1976).

Maalajikoostumuksen erilaisuus eri tutkimusaineistoissa saattaa tosin vaikeuttaa eri tutkimusten vertailua: maalajin vaikutus oksien paksuuteen on luultavasti yhteydessä kasvupaikkojen ravinteisuusvaihteluun, sillä maan hienojen lajitteiden osuuden kasvaessa maan typpipitoisuus kasvaa (Viro 1952,

Kuusipalo 1984). Tämän vuoksi oksien paksuuntuminen hienojen laitteiden osuuden kasvaessa ilmaisee typen saatavuuden paranemista ja neulasten korkeaa typpipitoisuutta. Tähän viittaa mm. se, että maan ja neulasten typpipitoisuuden välillä vallitsi tilastollisesti merkitsevä korrelaatio ($r = 0,58$, $p < 0,01$). Täten maalaji ei yksin selitä oksien paksuusvaihtelua, vaikka sillä voi olla merkitystä männyn laatuksivatukseen sopivien kasvupaikkojen valinnassa.

42. Tulosten tarkastelu

Puiden oksikkuuden oletettiin olevan yhteydessä oksien muodostumiseen (syntymiseen), kasvuun, kuolemiseen ja karsiutumiseen. Oksikkuus riippuu näin oksien koko elinkaaresta. Tämän vuoksi poikkileikkausaineiston analyysi voi vain osittain ilmaista, miten oksien paksuutena ilmaistu oksikkuus riippuu puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta. Puiden oksat muodostavat kuitenkin aikasarjan, jonka avulla em. tekijöiden vaikutuksia voidaan hämmöittää. Tässäkin tapauksessa latvuksen muuttuva kehitysprosessi tuottaa vaikeuksia, koska nuoreen (pieneen) puuhun oksat syntyvät pienempinä kuin vanhaan (suureen). Näin myös oksan paksuus elävänä ja kuolleena riippuu puun kehitysvaiheesta. Tämän vuoksi tarvitaan puun kokonaiskasvuun mukautettuja dynaamisia malleja, ennen kuin voidaan saada täysin yksiselitteinen kuva puiden oksikkuuden kytkeytymisestä puuston rakenteeseen ja kasvupaikan viljavuuteen. Erään esimerkin tällaisesta lähestymistavasta tarjoaa Oker-Blomin ym. (1988) laatima malli männyn latvuksen kehitysdynamiikasta.

Analysoidussa aineistossa oksien syntymisen kytkeytyi selvimmän kasvupaikan viljavuuteen ja puun kokoon, joiden molempien kasvu lisäsi oksikkuutta ja oksien paksuuskasvua. Oksien nopea kasvu ylälatvuksessa on ilmeisesti yhteydessä hyviin valaistusoloihin (Kellomäki 1981). Tähän viittaa mm. se, että keskilatvuksen alueella kasvupaikan viljavuuden vaikutus katosi ja puuston tiheys yhdessä puun koon kanssa määräsi oksien paksuuden. Samalla oksia alkoi kuolla siten, että puiden suuri koko sekä puuston tiheys ja kasvupaikan viljavuus voimistivat kuolemista. Esimerkiksi Oker-Blom & Kellomäki (1982) ovat osoittaneet teoreettisesti, että puun koko vaikuttaa suuresti latvuksen sisä-

seen varjostukseen ja siten latvuksen kehitykseen: suuresta puusta oksat näyttävät kuolevan suhteellisesti nopeammin kuin pienestä puusta.

Tämän tutkimuksen mukaan oksikkuuden sekä puuston rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden väliset suhteet riippuivat eri suuntiin vaikuttavista tapahtumista: puiden koko ja kasvupaikan viljavuus lisäsivät oksien paksuutta samalla, kun ne nopeuttivat oksien kuolemista ja lyhensivät oksien elinikää ja pienensivät siten niiden paksuutta. Oksien kokonaiselinikä saattaakin olla kasvunopeuden lisäksi eräs kaikkein keskeisimmistä oksien paksuuteen vaikuttavista tekijöistä. Tähän mahdollisuuteen viittaa se, että oksan ikä oli puun koon ohella tärkeä oksan paksuuteen vaikuttava tekijä kasvupaikan viljavuudesta ja puuston tiheydestä riippumatta.

Oksien varhainen kuoleminen ennakoii samalla niiden varhaista karsiutumista. Tämän vuoksi viljavilla kasvupaikoilla oksattoman runkopuun kehitys näyttää pääsevän alkuun tuntuvasti varhemmin kuin karuilla kasvupaikoilla. Varsinkin harvahkojen puustojen vallitsevien puiden rungot näyttävät puhdistuvan kuolleista oksista nopeammin kuin tiheiden puustojen vallitut rungot, kuten Heikinheimo (1953) on aiemmin osoittanut. Oksien hidas kuoleminen ja viivästynyt karsiutuminen mitätöi osittain hyvän oksikkuuslaadun, joka karujen kasvupaikkojen puustoihin muutoin näyttää liittyvän.

Metsikön rakenne ja kasvupaikan viljavuus vaikuttavat nuorten mäntyjen oksikkuuteen myös epäsuorasti: runkojen kasvunopeus kytkeytyy kiinteästi metsikön rakenteeseen ja kasvupaikan viljavuuteen, jolloin nopeasti järeytyvä runko muodostuu paksu-oksaiseksi ja hitaasti järeytyvä runko ohut-oksaiseksi. Itse asiassa metsikön rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden epäsuorat vaikutukset näyttävät olevan suoraa vaikutuksia suuremmat, kuten puun koon (rungon läpimitan) suuri vaikutus oksikkuuteen osoittaa. Puuston rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden vaikutukset puun kokoon ovat likimain samanlaiset kuin tässä työssä analysoidut suorat vaikutukset. Esimerkiksi viljavien kasvupaikkojen harvoissa metsiköissä rungot järeytyvät nopeasti ja karujen kasvupaikkojen tiheissä metsiköissä hitaasti. Tässä työssä ei kuitenkaan paneuduttu lähemmin siihen, miten puuston rakenne ja kasvupaikka vaikuttavat epäsuorasti nuorten mäntyjen oksikkuuteen.

43. Päätelmät

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat väitteitä, että mäntyjen laatuongelma on sitä suurempi mitä viljavammasta kasvupaikasta on kysymys. Esimerkiksi Vuokila (1982) suosittelee männyn viljelemistä hyvän laadun saamiseksi vain sen luontaisilla kasvupaikoilla. Myös tämän tutkimuksen perusteella laadukkaana mäntysahapuun kasvatus on mahdollista vain suhteellisen karuilla kasvupaikoilla (huono mustikkatyypit ja sitä karummat metsätyypit). Kasvun hidastuessa puut kehittyvät jo luontaisesti hyvälaatuisiksi (Varmola 1980, Kärkkäinen & Uusvaara 1982), jolloin myös todellisen huippulaadun tavoittelu on realistista mm. pystykarsintaa hyväksi käyttäen.

Nuorten mäntyjen oksikkuutta koskevat tutkimukset (mm. Heikinheimo 1953, Heiskanen 1954, 1965, Eklund 1956, Nylinder 1959, Uusvaara 1974, 1983, 1985, Persson 1975, 1976, 1977, Varmola 1980, Kellomäki & Tuimala 1981, Jokinen & Kellomäki 1982, Kärkkäinen & Uusvaara 1982, Kellomäki 1984, Lähde 1985, Kellomäki & Väisänen 1986, Huuri ym. 1987, Turkia & Kellomäki 1987) osoittavat yhdenmukaisesti, että männyn teknisen laadun kannalta on tärkeää, miten nopeasti taimikko sulkeutuu, oksien paksuskasvu hidastuu ja oksien kuoleminen alkaa. Tähän vaikuttaa eniten metsikön perus-

tamis- ja ennen kaikkea nuoruusvaiheen kasvatusihteys. Laatukehityksen kannalta oksien paksuskasvunopeuden rajoittaminen on siis tarpeen vain metsikön nuoruusvaiheessa, jolloin taimikon tiheyden on oltava mahdollisimman suuri (Vuokila 1972).

Metsikön kasvatusiheyden lisääminen ei näytä poistavan täysin viljavan kasvupaikan tuomia laatuongelmia. Kun paksuimpien oksien paksuus mallilaskelmissa rajoitettiin pienemmäksi tai yhtä suureksi kuin 20 mm, vaadittava kasvatusihteys lisääntyi sitä nopeammin, mitä viljavammalle kasvupaikalle siirryttiin. Tulos riippui kuitenkin suuresti puiden koosta: esimerkiksi 5 cm läpimittaisen puiden oksan paksuus jäi alle 20 mm:n kaikilla kasvupaikoilla, jos puuston tiheys ylitti 1 500 ha⁻¹. Läpimitaltaan 10 cm puissa oksan paksuus jäi alle 20 mm:n kanervatyypillä, jos puuston tiheys ylitti 3 500 ha⁻¹. Puolukka- ja mustikkatyypillä tähän tarvittiin tiheys, joka ylitti 4 500 ha⁻¹. Käenkaalimustikkatyypillä tarvittava tiheys oli yli 5 000 ha⁻¹, jotta paksuimman oksan läpimitta ei olisi ylittänyt 20 mm:ä. Tulos oli likimain sama kuin Huurin ym. (1987) esittämä. Käytännössä tämä tarkoittaa viljely- ja kasvatusihteysien porrastamista metsätyypeittäin entistä selvemmin sekä pidättymistä männyn viljelystä sellaisilla moreenimailla, joilla on tarjolla runsaasti tyyppä mäntyjen tarpeeseen nähden.

Kirjallisuus — References

- Derome, J., Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1986. Forest liming on mineral soils. Results of Finnish experiments. National Swedish Environmental Protection Board. Report 30 84. 107 s.
- Eklund, B. 1956. Ett förbandsförsök i tallskog. Summary: An experiment in sowing and planting pine with different spacing. Meddelser från Statens Skogsförsöksinstitut 46(10). 98 s.
- Flower-Ellis, J., Albrektsson, A & Olsson, L. 1976. Structure and growth of some young Scots pine stands: (1) dimensional and numerical relationships. Swedish Coniferous Project. Technical Report 3/1976. 98 s.
- Halinen, M. 1985. Männyn nuoruusvaiheen kasvunopeuden vaikutus sahatavaran laatuun. Summary: The effect of the growth rate of young pine on the quality of sawn goods. *Silva Fennica* 19(4): 377—385.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.
- Heikinheimo, O. 1953. Puun rungon luontaisesta karsitumisesta. Summary: On natural pruning of tree stems. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 41(5). 39 s.
- Heiskanen, V. 1954. Vuosiluston paksuuden ja sahatukin laadun välisestä riippuvuudesta. Summary: On the interdependence of annual ring width and sawlog quality. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 44(5). 31 s.
- 1965. Puiden paksuuden ja nuoruuden kehityksen sekä oksaisuuden ja sahapuulaadun välisistä suhteista männikössä. Summary: On the relations between the development of the early age and thickness of trees and their branchiness in pine stands. *Acta Forestalia Fennica* 80(2). 62 s.
- Huuri, O. & Lähde, E. 1985. Effect of planting density on the yield, quality and quantity of Scots pine plantations. Teoksessa: Crop physiology of forest trees (toim. P.M.A. Tigerstedt, P. Puttonen & V.

- Koski). Helsinki University Press. Helsinki. s. 295—304.
- , Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen. Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. *Folia Forestalia* 685. 48 s.
- Jokinen, P. & Kellomäki, S. 1982. Havaintoja metsikön kasvatustiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa. Abstract: Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage. *Folia Forestalia* 508. 12 s.
- Kellomäki, S. 1981. Effect of the 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.
- 1982. Growth dynamics of young Scots pine crowns. Seloste: Nuorten mäntyjen latvusten kasvun dynamiikka. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(4). 80 s.
- 1983. Männyn oksien murtolujuus. Summary: Strength of Scots pine branches. *Silva Fennica* 17: 175—182.
- 1984. Havaintoja puuston kasvatustiheyden vaikutuksesta mäntyjen oksikkuuteen. Summary: Observations on the influence of stand density on branchiness of young Scots pines. *Silva Fennica* 18(2): 101—114.
- 1986. A model for the relationship between branch number and biomass in *Pinus sylvestris* crowns and the effect of crown shape and stand density on branch and stem biomass. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 455—472.
- & Tuimala, A. 1981. Puuston tiheyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Summary: Effect of stand density on branchiness of young Scots pines. *Folia Forestalia* 478. 27 s.
- & Väisänen, H. 1986. Kasvatustiheyden ja kasvupaikan hyvyden vaikutus puiden oksikkuuteen taimikko- ja riukuvaiheen männiköissä. Malleihin perustuva tarkastelu. Summary: Effect of stand density and site fertility on the branchiness of Scots pines at pole stage. A study based on models. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 139. 38 s.
- & Väisänen, H. 1988. Dynamics of branch population in the canopy of young Scots pine stands. *Forest Ecology and Management* 24: 67—83.
- Kuusipalo, J. 1984. Diversity pattern of the forest understorey vegetation in relation to some site characteristics. Seloste: Metsän pintakasvillisuuden lajirunsauden suhde eräisiin kasvupaikkatekijöihin. *Silva Fennica* 18(2): 121—131.
- Kärkkäinen, M. 1980. Mäntyrunkojen laatuiluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(5). 152 s.
- & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Abstract: Factors affecting the quality of young pines. *Folia Forestalia* 515. 28 s.
- Lehtonen, J., Westman, C. J. & Kellomäki, S. 1976. Ravinteiden kierto eräässä männikössä I: Kasvillisuuden ja maaperän ravinnepitoisuuksien vaihtelu kasvukauden aikana. Summary: Nutrient cycle in a pine stand I: Seasonal variation in nutrient content of vegetation and soil. *Silva Fennica* 10: 182—197.
- Lähde, E. 1985. Metsikön perustamistiheys — puun määrän ja laadun avain. Teoksessa: Harvennuspuun korjuu ja metsikön tuleva tuotto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 181: 3—5.
- Miettinen, R. & Uusvaara, O. 1983. Pystykarsitun männikön koesahaus. Abstract: Test sawing of pruned pine stand. *Folia Forestalia* 566. 8 s.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(5). 87 s.
- Nylinder, P. 1959. Synpunkter på produktionens kvalitet. Summary: Aspects of quality production. Uppsatser från Institution för Virkeslära i Skogshögskolan. 2. 19 s.
- Oker-Blom, P. & Kellomäki, S. 1982. Metsikön tiheyden vaikutus puun latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Abstract: Effect of stand density on the within crown light regime and dying-off of branches. *Folia Forestalia* 509. 14 s.
- , Kellomäki, S., Valtonen, E. & Väisänen, H. 1988. Structural development of *Pinus sylvestris* stands with varying initial density: a simulation model. *Scandinavian Journal of Forest Research* 3: 185—200.
- 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. Rapporter och Uppsatser från Institution av Skogsproduktion i Skogshögskolan 37. 145 s.
- 1976. Förbandets inverkan på tallens sågtimmerkvalitet. Summary: The influence of spacing on the quality of sawn timber from Scots pine. Rapporter och Uppsatser från Institution av Skogsproduktion i Skogshögskolan 42. 122 s.
- 1977. Kvalitetsutveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Summary: Quality development in young spacing trials with Scots pine. Rapporter och Uppsatser från Institution av Skogsproduktion i Skogshögskolan 45. 152 s.
- Ranta, E., Rita, H., & Kouki, J. 1989. Biometria. Yliopistopaino. Helsinki. 569 s.
- Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K. & Kira, T. 1964a. A quantitative analysis of plant form — the pipe model theory I. Basic analysis. *Japanese Journal of Ecology* 14: 97—105.
- , Yoda, K., Hozumi, K. & Kira, T. 1964b. A quantitative analysis of plant form — the pipe model theory II. The evidence of the theory and its application in forest ecology. *Japanese Journal of Ecology* 14: 133—139.
- Tigerstedt, P. M. A. & Velling, P. 1985. The genetic anatomy of harvest index in Scots pine and some suggestions for applications in breeding and silviculture. Teoksessa: Crown and canopy structure in relation to productivity (toim. T. Fujimori & D. Whitehead), International Union of Forest Research Organizations. Working Group S 1.06—02. Proceedings of an international workshop held in Japan 14.—20. October 1985. s. 49—69.
- Turkia, K. & Kellomäki, S. 1987. Kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimittaan. Abstract: Influence of the site fertility and stand density on the diameter of branches in young Scots pine stands. *Folia Forestalia* 705. 16 s.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määrittäminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. *Maataloustieteellinen Aikakauskirja* 46: 307—319.

- Uusvaara, O. 1974. Wood quality of plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puun laadusta viljelymänniköissä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80(2). 105 s.
- 1983. Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 122. 105 s.
- 1985. The quality and value of sawn goods from plantation-grown Scots pine. *Seloste: Viljelymänniköistä saadun sahatavaran laatu ja arvo. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 130. 53 s.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia Forestalia* 451. 21 s.
- 1989. Laatu puuta kasvattamaan — kasvupaikan valinnallako? *Metsä ja Puu* 1989/3: 29—31.
- Velling, P. 1978. Puun laatu paremmaksi jalostamalla. *Metsä ja Puu* 10: 9—12.
- 1981. Skogsträdsförädlingen som en del i produktionen av kvalitetsvirke. *Skogsbruket* 9: 208—211.
- Vientisahatavaran lajitteluohjeet 1979. Suomen Saha-teollisuusmiesten Yhdistys. Helsinki. 51 s.
- Viro, P. J. 1952. Nutrient status and fertility of forest soil. 1. Pine stands. *Selustus: Metsämaan ravinnesuhteet ja viljavuus. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(4). 52 s.
- Vuokila, Y. 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production. *Folia Forestalia* 141. 36 s.
- 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. *Folia Forestalia* 523. 55 s.

Total of 49 references

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — *Address:* 39700 Parkano, Finland
Puh. — *Phone:* (933) 82 912

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

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

Punkaharjun tutkimusasema
Punkaharju Research Station
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

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

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — *Address:* 95900 Kolari, Finland
Puh. — *Phone:* (9695) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — *Address:* PL 16
96301 Rovaniemi, Finland
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — *Address:* PL 68
80101 Joensuu, Finland
Puh. — *Phone:* (973) 1514 000

Kannuksen tutkimusasema
Kannus Research Station
Os. — *Address:* PL 44
69101 Kannus, Finland
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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



- No 743 Sirén, Matti: Pienet hakkuukoneet varhaisissa harvennushakkuissa.
Small multi-function machines in early thinning operations.
- No 744 Ferm, Ari: Nuorten vesasyntyisten hieskoivikoiden kehitys ja lahoisuus turvemaalla.
Development and decay of young *Betula pubescens* coppice stands on peatland.
- No 745 Rikala, Risto & Huurinainen, Seppo: Lannoituksen vaikutus kaksivuotisten männyn paakkutaimien kasvuun taimitarhalla ja istutuksen jälkeen.
Effect of fertilization on the nursery growth and outplanting success of two-year-old containerized Scots pine seedlings.
- No 746 Lämsä, Pertti, Kellomäki, Seppo & Väisänen, Hannu: Nuorten mäntyjen oksikkuuden riippuvuus puuston rakenteesta ja kasvupaikan viljavuudesta.
Branchiness of young Scots pines as related to stand structure and site fertility.
- No 747 Karppinen, Heimo & Hänninen, Harri: Yksityistilojen hakkuumahdollisuuksien käyttö Etelä-Suomessa.
Actual and allowable cut in nonindustrial private woodlots in southern Finland.
- No 748 Aarnio, Jukka: Voimaperäistämisen vaikutus metsälön puuntuotannon yksityistaloudelliseen kannattavuuteen.
Intensive timber growing and profitability in private forestry.
- No 749 Nieminen, Mika & Pätilä, Antti: Karujen rämeiden luokittelu pintakasvillisuuden ja ravinnetunnusten avulla.
Classification of oligotrophic pine mires on the basis of ground vegetation and fertility parameters.
- No 750 Ihalainen, Ritva: Rakennemuutokset yksityismetsänomistuksessa: Katsaus Suomessa vuosina 1960—89 tehtyihin tutkimuksiin.
Structural changes in Finnish nonindustrial private forest ownership: A survey of the literature 1960—89
- No 751 Kilkki, Pekka & Kujala, Matti: Poistuman arviointi kahden peräkkäisen tilapäiskoealoihin perustuvan inventoinnin avulla.
Estimation of drain on the basis of two successive forest inventories with temporary sample plots.
- No 752 Salminen, Hannu & Varmola, Martti: Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen.
Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning.
- No 753 Saksa, Timo, Nerg, Jukka & Tuovinen, Jussi: Havupuutaimikoiden tila 3—8 vuoden kuluttua istutuksesta tuoreilla kankailla Pohjois-Savossa.
State of 3—8 years old Scots pine and Norway spruce plantations.