

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 656, 1997



# **Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus nuorten kylvömänniköiden ulkoiseen laatuun**

Olli Uusvaara ja Timo Saukkonen

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS





# **Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus nuorten kylvömänniköiden ulkoiseen laatuun**

Olli Uusvaara ja Timo Saukkonen

VANTAAN TUTKIMUSKESKUS

Uusvaara, O. ja Saukkonen, T. 1997. Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus nuorten kylvömänniköiden ulkoiseen laatuun. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 656. 25 s. ISBN 951-40-1584-3, ISSN 0358-4283.

Tutkimuksessa selvitettiin nuorten kylvömänniköiden laadun kehitystä ja laadun riippuvuutta kasvatustiheydestä ja lannoituksesta. Tarkasteltu ajanjakso alkoi 20-vuotiaasta varttuneesta taimikosta ja kesti noin 35 vuoden ikään eli ensiharvennusvaiheeseen asti. Tutkimusaineistona oli kolme Valkealassa, Sonkajärvellä ja Kajaanissa sijaitsevaa koetta, joissa kussakin oli 46 koealaa. Koealojen tiheydet vaihtelivat välillä 1500—3700 runkoa/ha. Kullakin kokeella oli seuraavat lannoituskäsittelyt: 100 kg N/ha, 150 kg N/ha, 150 kg N/ha + 47 kg P/ha + 56 kg K/ha sekä lannoittamaton vertailukoeala. Lannoitus oli tehty kerran harvennuksen yhteydessä tarkastelujakson alussa.

Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutusta mitattuihin laatutunnuksiin (oksikkuus, runkomuoto, runkojen pituus ja läpimitta, runkomutkat ja lenkous) tutkittiin regressioanalyysillä kullakin kokeella erikseen. Kokeiden välisiä eroja vertailtiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Lisäksi tarkasteltiin silmävaraisesti arvioitujen laatutunnusten riippuvuutta tiheydestä ja lannoituksesta.

Kasvatustiheys vaikutti laatutunnuksiin enemmän kuin lannoitus. Näiden tekijöiden vaikutukset olivat lisäksi vastakkaissuuntaiset lähes kaikkien mitattujen laatutunnusten osalta. Kuivaoksainen rungonosa piteni ja latvussuhde vastaavasti pieneni tiheyden kasvaessa. Tiheyden kasvu pienensi ja lannoitus suurensi sekä paksuimman elävän että paksuimman kuivan oksan läpimittaa. Oksakulma pieneni oksan läpimitan kasvaessa ja oli sitä pienempi, mitä ylempänä kiehkura sijaitti. Runkomuoto heikkeni selvästi puuston tiheyden pienentyessä ja lievästi lannoituksen vaikutuksesta. Puuston laatu oli silmävaraisesti arvioituna heikoin harvimmilla ja voimakkaimmin lannoitetuilla koealoilla.

Monessa eri yhteydessä havaittiin hyvän laadun riippuvuus puun koosta: pienet rungot olivat suuria laadukkaampia. Tiheys ja lannoitus vaikuttivat laatuun kasvun voimakkuutta säätelemällä. Laatu heikkeni, kun kasvu parani joko puuston harvuuden tai lisääntyneen typpimäärän vuoksi. Tulokset osoittivat, että lievinkin lannoituskäsittely on haitallinen nuoren männikön laadun kannalta.

*Avainsanat:* mänty, puun laatu, kasvatustiheys, lannoitus

*Kirjoittajien yhteystiedot:*

Olli Uusvaara, Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, puhelin (09) 857 051;

Timo Saukkonen, Änkiläntie 881, 56800 Simpele, puhelin (05) 437 1138

*Julkaisija:* Metsäntutkimuslaitos, hanke 3211. Hyväksynyt: tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 15.10.1997.

*Tilaukset:* Metsäntutkimuslaitos, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki, puhelin (09) 857 051, fax (09) 625 308



## Sisällys

1 Johdanto .....	5
1.1 Metsikön tiheys ja puun laatu .....	5
1.2 Maaperän viljavuus, lannoitus ja puun laatu .....	5
1.3 Tutkimuksen tavoitteet .....	6
2 Tutkimusaineisto ja menetelmät .....	7
2.1 Koealat .....	7
2.2 Koepuiden valinta ja mittaus .....	8
2.3 Analyysimenetelmät .....	9
3 Tulokset .....	12
3.1 Oksikkuus .....	12
3.1.1 Oksaton ja kuivaoksainen rungonosa sekä latvus .....	12
3.1.2 Oksien läpimitta .....	14
3.1.3 Paksuimpien oksien etäisyys maanpinnasta .....	16
3.1.4 Oksakulma .....	17
3.1.5 Runkojen oksikkuus silmävaraisen arvion mukaan .....	18
3.2 Runkojen laatu .....	18
3.2.1 Runkomuoto .....	14
3.2.2 Runkojen pituus ja läpimitta .....	19
3.2.3 Runkomutkat ja lenkous .....	19
3.2.4 Laadun silmävarainen arviointi .....	20
4 Tulosten tarkastelu .....	21
5 Johtopäätökset .....	23
Kirjallisuus .....	24

### *Kansikuva:*

Pystykarsinnan jälkeen tehty lannoitus edistää nuoren männikön oksien kyljestymistä (E. Oksanen).

ISBN 951-40-1584-3  
ISSN 0358-4283

Hakapaino Oy, Helsinki 1997



## 1 Johdanto

### 1.1 Metsikön tiheys ja puun laatu

Oksien paksuuskasvun hidastumiseen ja oksien varhaiseen kuolemiseen vaikuttavat eniten nuoruusvaiheen kasvatustiheys (esim. Varmola 1980, Kellomäki ja Tuimala 1981, Jokinen ja Kellomäki 1982, Kärkkäinen ja Uusvaara 1982, Huuri ym. 1987, Turkia ja Kellomäki 1987). Oksien paksuuskasvun rajoittaminen on tarpeen vain metsikön tässä kehitysvaiheessa, jolloin taimikon on oltava mahdollisimman tiheä (Kellomäki ym. 1988). Myöhemmät, voimakkaat harvennukset edistävät laatukehitystä. Oksikkuuden väheneminen on suurimmillaan, kun viljelytiheys kasvaa 1000 rungosta 2500 runkoon hehtaarilla (Kellomäki ja Väisänen 1986). Nuorten istutusmänniköiden puiden paksuimpien kuivien ja elävien oksien paksuus pienenee merkittävästi aina tiheyteen 10 000 kpl/ha asti (Huuri ym. 1984).

Harvennuksen ajankohdalla on selvä vaikutus oksien paksuuden kehittymiseen: mitä aikaisemmin taimikko harvennetaan sitä paksummiksi oksat kehittyvät. Laadun kannalta 5—6 metrin valtapituusvaihe on otollinen harvennusajankohta, mikäli alkutiheys on ollut suuri, 4000—5000 kpl/ha (Kellomäki ym. 1992). Sitä myöhempi harventaminen ei enää pienennä merkittävästi paksuimman oksan läpimittaa (Varmola 1982).

Kellomäen ja Tuimalan (1981) mukaan elävien oksakiehkuroiden lukumäärä latvusta kohti laskee selvästi metsikön tiheyden kasvaessa. Tällöin tiheydeltään alle 4000 rungon metsiköissä on 3—4 elävää oksakiehkuraa enemmän kuin tätä tiheimmissä metsiköissä. Oksien lukumäärä kiehkuraa kohti vähenee hieman metsikön tihentyessä. Myös päinvastaisia tuloksia on saatu, ja oksien lukumäärä latvukseen syntyvässä kiehkurassa onkin selvästi perinnöllisten tekijöiden säätelemää (Velling 1978).

Oksakulma on voimakkaasti periytyvä ominaisuus, mutta alkuperäinen oksakulma voi muuttua selvästi ympäristön olosuhteiden mukaan (Velling 1988). Oksakulma kasvaa iän mukana, mutta ei kuitenkaan tiheissä metsiköissä yhtä selvästi kuin harvoissa metsiköissä. Puun laatua ajatellen oksakulma muodostuu metsiköissä, joissa tiheys on alle 4000 runkoa/ha, paremmaksi kuin alkuperäisen oksakulman ja oksan paksuuden perusteella on pääteltävissä (Kellomäki ja Tuimala 1981).

Runkomuoto on istutus- ja kylvömänniköissä yleensä huonompi kuin luontaisesti syntyneissä männiköissä (Uusvaara 1974, Kärkkäinen ja Uusvaara 1982). Varmolan (1982) mukaan tärkeimmät puiden runkomuotoon vaikuttavat tekijät ovat puun latvussuhde, metsikön tiheys ja metsätyyppi. Nuoret istutusmännityt ovat vähemmän solakkoja kuin luonnon- ja kylvömannityt keskimäärin. Niiden solakkuus ei kuitenkaan eroa merkittävästi aikaisessa vaiheessa harvennettujen kylvömäntytien solakkuudesta.

### 1.2 Maaperän viljavuus, lannoitus ja puun laatu

Kellomäen ym. (1992) tutkimusten perusteella laadukkaan mäntysahapuun kasvatus on mahdollista vain karuhkoilla kasvupaikoilla (huono mustikkatyyppi ja sitä karummat metsätyypit). Oksien paksuuden rajoittamiseksi tietyn suuruiseksi tarvitaan sitä suurempi perustamistiheys, mitä viljavampi kasvupaikka on. Perustamistiheyden lisäys ei kuitenkaan kompensoi täysin kasvupaikan viljavuuden aiheuttamaa laadun

heikkenemistä. Lämsä ym. (1990) suosittelevat sen vuoksi viljely- ja kasvatustiheyksien selvää porrastamista metsätyypeittäin.

Lannoitus kuten muukin ravinteiden lisäys lisää oksien paksuuskasvun ohella myös neulasten ja oksien lukumäärää ja rehevöittää latvusta (Tuimala 1988). Bialyn (1983) mukaan NPK-lannoitus lisää männyntaimien oksakiehkuraan kehittyvien oksien määrää 3—4 kpl lannoitusta seuraavana vuonna.

Oksien läpimitan kasvu on hyvillä kasvupaikoilla suurempi kuin vähäravinteisilla paikoilla, mutta toisaalta oksien kuoleminen nopeutuminen rajoittaa niiden paksuutta (Uusvaara 1981). Karsiutumisenopeus riippuu kuitenkin etupäässä oksien paksuudesta, joten viljavien kasvupaikkojen männyillä on pitempi kuivaoksinen rungonosa ja vähemmän karsiutunutta runkoa kuin karuhkon kasvupaikan männyillä (Uusvaara 1974). Tätä tutkimustulosta tukee myös Heiskasen (1965) päätelmä, että mäntyrunkojen oksaton osa on kaikissa läpimittaluokissa sitä lyhyempi, mitä nopeammin puu on nuorena kasvanut paksuutta.

Mäkinen ja Uusvaara (1992) tutkivat varhaisessa kehitysvaiheessa aloitetun ja toistetun lannoituksen vaikutusta keski-ikäisen männikön oksikkuuteen. Typpilannoitus nopeutti oksien kuolemista. Oksan koko riippui lähinnä sen iästä ja rungon koosta, mutta lannoituksen aiheuttama paksuuskasvu lisäsi myös oksien paksuutta. Saramäen ja Silanderin (1982) mukaan ensiharvennuksen ja lannoituksen jälkeen oksiston kasvu lisääntyy lähinnä latvuksen yläosassa Metsikön harvennus edistää toisaalta rungon alaosan paksuuskasvua, jolloin runkomuoto paranee (Saramäki 1980, Valinger 1992). Runгон tilavuuskasvu lisääntyi Saramäen ja Silanderin (1982) mukaan eniten voimakkaasti lannoitetulla (300 N - 65 P - 124 K kg/ha) ja voimakkaasti harvennetulla (kasvatustiheys 920 runkoa/ha) koealalla, kun taas oksiston tilavuuskasvu lisääntyi eniten lievästi harvennetulla (kasvatustiheys 1840 runkoa/ha) ja voimakkaasti lannoitetulla koealalla. Suurin pituuskasvun lisäys saatiin lievällä harvennuksella ja lievällä lannoituksella (150 N - 33 P - 62 K kg/ha).

### 1.3 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimus perustuu kolmeen pysyvään kokeeseen, joiden tavoitteena on selvittää typpimäärän vaikutusta nuorten männiköiden kasvureaktioon sekä fosforin ja kaliumin ja typen yhteisvaikutusta. Lisäksi jäävän puuston runkolukua säätelemällä tutkitaan puustopääoman vaikutuksia kasvuun, lannoituksen aiheuttamaan kasvureaktioon ja tekniseen laatuun.

Nikkola (1985) teki samojen kokeiden perusteella opinnäytetyön kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutuksesta kylvömännikön laatuun sekä Lampola (1991) männikön tuotokseen ensiharvennuksen mennessä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää kasvatustiheyden sekä N- ja NKP-lannoituksen vaikutuksia puiden ulkoiseen laatuun kuivahkon kankaan kylvömänniköissä ensiharvennuksen mennessä. Ulkoista laatua kuvaavia tunnuksia (oksikkuus, runkomuoto, runkojen pituus ja läpimitta, mutkat ja lenkous) tarkastellaan etupäässä teoreettisen tyvitukkiaihion alueella. Perinteisesti ravinteisuuden vaikutuksia nuorten mäntyjen laatuun on tutkittu vertailemalla viljavuudeltaan erilaisia



kasvupaikkoja keskenään. Tässä tutkimuksessa on kysymyksessä ravinteisuuden säätely lannoittamalla.

Tutkimusaineiston hankinnassa avustivat Tehdaspuu Oy työvoiman ja Kemira Oy rahallisen tuen muodossa. Aineiston keräsivät Jukka Lehtimäki, Juha Metros ja Tapio Järvinen apulaisineen. Tutkimusaineiston tallensivat Juha Metros ja Katri Koski. Käsikirjoitusta kommentoivat tutkijat Mikko Kukkola, Aili Tuimala ja Erkki Verkasalo. Timo Saukkonen teki tutkimusaiheesta Joensuun yliopistossa opinnäytetyön, jota ohjasivat professorit Pertti Harstela ja Olli Uusvaara. MMK Jari Varjo avusti aineiston laskentaan liittyvissä kysymyksissä.

Kirjoittajista Olli Uusvaara suunnitteli tutkimuksen ja johti sen eri vaiheiden toteuttamista, Timo Saukkonen laski tulokset ja teki opinnäytetyön, jonka Joensuun yliopiston puolesta tarkastivat professorit Heikki Hänninen ja Veli Pohjonen. Olli Uusvaara muokkasi työn pohjalta käsillä olevan tutkimusraportin.

## 2 Tutkimusaineisto ja menetelmät

### 2.1 Koealat

Lannoitus-harvennuskokeet sijaitsivat Tehdaspuu Oy:n mailla kolmella eri paikkakunnalla: Valkealassa, Sonkajärvellä ja Kajaanin maalaiskunnassa. Kokeiden sijaintia kuvaavat koordinaatit olivat:

Koe 536, Valkeala	61° 8′ 48″
	26° 48′ 25″
Koe 537, Sonkajärvi	63° 35′ 5″
	27° 50′ 45″
Koe 538, Kajaani	63° 56′ 36″
	27° 52′ 37″

Mänty kylvettiin VT-kankaille kulotuksen jälkeen Valkealassa ja Sonkajärvellä vuonna 1954 sekä Kajaanin maalaiskunnassa vuonna 1955. Taimikot perattiin ja harvennettiin n. 10—15 vuotiaina. Mäntyjen seassa kasvoi yksittäisiä koivuja ja kuusia.

Kokeet perustettiin vuonna 1974 pääasiassa kolmea eri kasvatustiheyttä käyttäen: 2500, 2000 ja 1500 kpl/ha. Lisäksi 4 koealaa kultakin kokeelta jätettiin harventamatta. Kokeet lannoitettiin keväällä 1975 oulunsalpietarilla ja suometsien PK-lannoksella. Lannoituksessa käytettiin neljää tasoa (lannoittamaton, tyypeä 100 kg/ha, tyypeä 150 kg/ha ja tyypeä 150 kg/ha + fosforia 47 kg/ha + kaliumia 56 kg/ha). Toistojen määrä eri käsittelyissä vaihteli taulukon 1 mukaan. Käsittelyt olivat kaikilla kolmella paikkakunnalla samat.

Kolmen kokeen koesarjassa oli koealoja alunperin 3 \* 46 eli 138 kappaletta. Valkealan kokeen läheisyydestä mitattiin lisäaineistoksi 3 harventamatonta ja lannoittamatonta koealaa eli kaikkiaan 141 koealaa. Yhden koealan koko oli 20 m \* 20 m (400 m<sup>2</sup>) ja koealaa ympäröi 2,5 metriä leveä vaippa-alue, joka oli käsitelty kuten varsinainen koealakin. Koealat sijaitsivat varsin usein vain 5 m:n päässä toisistaan.

Taulukko 1. Koealojen jakautuminen käsittelyihin.

Lannoitus kg/ha	Runkoluku harvennuksen jälkeen/ha			
	Harventamaton <sup>1)</sup>	2500 <sup>2)</sup>	2000	1500
Ei lannoitusta	2	5	5	5
100 kg N/ha	-	4	4	4
150 kg N/ha	2	4	4	4
150/47/56 kg NPK/ha	-	1	1	1
Yhteensä	4	14	14	14

<sup>1)</sup> Harventamattomien koealojen runkoluvut olivat 2700—3700 kpl/ha.

<sup>2)</sup> Kajaanin kokeella on käytetty tiheyttä 2200 kpl/ha.

Valkealan kokeella jätettiin alunperin harventamattomat koealat edelleen harventamatta ja niitä pidetään edelleen eräänlaisina perusvertailukoealoina. Muilta koealoilta poistettiin alaharvennuksella 750 puuta hehtaaria kohti. Pientä typpiannosta (365 kg Os/ha eli 100 kg N/ha) ei enää käytetty, vaan näin lannoitetut koealat jätettiin lannoittamatta. Sonkajärven ja Kajaanin kokeilla harvennuksot ja lannoitukset toteutettiin kuten Valkealassa. Niistä koealoista, joille aiemmin oli annettu pieni typpiannos (100 kg N/ha), käsiteltiin kuitenkin tiheysasteittain kaksi koealaa alaharvennuksin ja kaksi ylaharvennuksin siten, että jäävän puuston pohjapinta-ala oli sama kuin vastaavan tiheysasteen muilla lannoittamattomilla koealoilla.

## 2.2 Koepuiden valinta ja mittaus

Kokeiden puusto on mitattu kolme kertaa. Ensimmäinen mittaus tehtiin koetta perustettaessa v. 1974, jolloin mitattiin kaikkien puiden rinnankorkeusläpimitta yhden cm:n ja pituus yhden dm:n tarkkuudella. Toisella mittauskerralla v. 1979 mitattiin kaikista puista rinnankorkeusläpimitta samalla menetelmällä. Koepuita mitattiin 20—30 kpl/koeala siten, että keskiläpimittaa paksummista puista valittiin koepuiksi joka kolmas ja ohuemmista puista joka kuudes. Paksuimmat puut valittiin kaikki koepuiksi. Koepuiden pituus mitattiin mittakepillä tai hypsometrilla 2 dm:n tarkkuudella ja yläläpimittakaulaimella 1 cm:n tarkkuudella.

Kolmas mittaus tehtiin Valkealassa syksyllä 1987 ja keväällä 1988, Kajaanissa syksyllä 1988 ja keväällä 1989 ja Sonkajärvellä syksyllä 1989 ja keväällä 1990. Kaikista puista mitattiin läpimitta rinnankorkeudelta 1 mm:n tarkkuudella ristiin. Valkealan kokeella mitattiin myös kaadettujen puiden läpimitta ristikkäin kannonkorkeudella.

Ennen koepuupalintaa puusto jaettiin viiteen keskenään yhtäsuureen pohjapinta-alaositteeseen, joista ensimmäiseen tulivat pienimmät puut ja viidenteen suurimmat puut. Kustakin ositteesta arvottiin kuusi puuta koepuiksi. Koepuista mitattiin pituus ja latvusrajan korkeus maanpinnasta 1 dm:n tarkkuudella sekä läpimitta kuuden metrin korkeudelta ristikkäin 1 mm:n tarkkuudella.

Kunkin pohjapinta-alaositteeseen koepuista arvottiin kolme laatukoepuuta. Näin ollen laatukoepuita kertyi koealalta 15 kpl ja 141:ltä koealalta kaikkiaan 2115 kappaletta. Koepuita otettiin siis 20—30 kpl/koeala, joista arvottiin kuusi puuta tarkempaan

mittauksiin kuutiointia varten ja kolme puuta laadun tutkimuksia varten. Runkojen kelpoisuutta tukkipuuna arvioitiin laatukoepuista silmävaraisesti siten, että puu luokiteltiin joko tukkipuun aihioiksi tai poistuvaksi rungoksi. Laatukoepuiden yleisoksaus arvioitiin silmävaraisesti etupäässä oksien paksuuden mutta myös oksien pituuden ja oksakulman perusteella. Yleislaatua tarkasteltaessa puu luokiteltiin joko erittäin hyväksi, hyväksi, keskinkertaiseksi tai erittäin heikoksi sekä runko- ja latvusmuodon että oksikkuuden perusteella.

Tyvitukin teknistä laatua arvioitiin silmävaraisesti luokittelemalla koepuu joko lengoksi, mutkaiseksi, normaaliksi, pystyoksaiseksi, haaraiseksi tai koroiseksi. Runkomuotoa tutkittiin solakkuudella, jolla tarkoitetaan puun pituuden (dm) ja rinnankorkeusläpimitan (cm) suhdetta.

Mutkan laatua heikentävä vaikutus mitattiin joko keskinkertaisena (mutkan syvyys 30—59 mm) tai voimakkaana (mutkan syvyys  $\geq 60$  mm) mutkan syvimmän kohdan etäisyytenä mittakeppiin nähden mutkan pituudella.

Laatukoepuissa olleista mutkista mitattiin mutkan alkukorkeus, mutkan päättymiskorkeus ja mutkan syvimmän kohdan korkeus maasta sekä mutkan syvyys 1 cm:n tarkkuudella.

Koepuiden oksista mitattiin viiden metrin korkeudella kiehkuroittain kiehkuran järjestysnumero, etäisyys maasta, paksuimman oksan läpimitta ( $>5$  mm) ja oksakulma (tarkkuus 5 astetta). Koko rungosta mitattiin lisäksi rungon paksuimman kuivan ja elävän oksan läpimitta ja etäisyys maasta.

### 2.3 Analyysimenetelmät

Puuston tiheyden ja lannoituksen vaikutusta mitattuihin tunnuksiin tutkittiin regressioanalyysillä. Aluksi samalla tavalla käsitellyt koealat yhdistettiin. NPK-lannoitetut koealat, joita oli ainoastaan yksi toisto käsittelyä kohti, jätettiin analyysistä pois. Tiheytenä harvennetuilla koealoilla käytettiin niiden nimellistiheyttä ja harventamattomilla koealoilla niiden todellista runkolukua hehtaaria kohti kokeen perustamishetkellä. Näin tiheyttä ja lannoitustasoa voitiin käsitellä jatkuvina muuttujina. Runkomuotoa tutkittiin solakkuudella, jolla tarkoitetaan puun pituuden (dm) ja rinnankorkeusläpimitan (cm) suhdetta. Selittäjinä käytettiin vaihtoehtoisesti myös puun kokoa (rinnankorkeusläpimitta  $d_{1,3}$ ) tai sen metsikköasemaa ( $d_{1,3}/\bar{d}$ ) riippuen siitä kummalla saatiin parempi selitysaste. Oksakulman selittäjinä käytettiin myös kiehkuran järjestysnumeroa maasta ja kiehkuran paksuimman oksan läpimittaa. Merkitsevyyden rajana käytettiin 1 %:n riskitasoa, ellei toisin ole mainittu. Regressioyhtälöiden parametrit on esitetty taulukossa 2.

Kokeiden välisiä tasoeroja vertailtiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (taulukko 3). Näin voitiin tutkia maantieteellisen sijainnin vaikutusta. Lisäksi regressiomallista tuli yksinkertaisempi ja helpommin tulkittava. Kunkin kokeen kaikki 46 koealaa yhdistettiin ja kulloinkin halutun muuttujan keskiarvoa verrattiin kahden muun kokeen vastaavaan keskiarvoon. Pareittaisessa vertailussa käytettiin LSD-testisuureta ja 5 %:n riskitasoa merkitsevyyden rajana. Valkealan kokeen kolme ylimääräistä koealaa jätettiin pois tarkastelusta, jolloin kullekin alueelle ja käsittelylle saatiin sama määrä koepuita.

Runkojen kelpoisuus tukkipuuna, yleisoksaus, yleislaatu, tyvitukin laatu ja mutkaisuus laskettiin mitattujen laatu-koepuiden perusteella. Samalla tavalla käsitellyiltä koelohjalta mitatut puut yhdistettiin ja tutkittavan ominaisuuden osuus runkoluvusta määritettiin sen sisältäneiden koepuiden ja kaikkien samaan käsittelyyn kuuluneiden koepuiden suhteena.

*Taulukko 2. Regressioyhtälöiden estimoidut parametrit ( $\beta_{1-3}$ , vakio) tunnuksittain ja paikkakunnittain.*

Paikkakunta	$x_1$	$x_2$	$x_3$	vakio
Karsiutuneisuus	Tiheys	Lannoitus	Puun asema	
Valkeala	0,00032		-3,96	7,36
Sonkajärvi	0,00034		-2,57	6,82
Kajaani		0,0035	-2,38	6,66
Kuivaoksaainen rungonosa	Tiheys	Puun koko		
Valkeala	0,0052	0,0822		30,48
Sonkajärvi	0,0044	0,0471		45,56
Kajaani		0,0547		37,81
Latvussuhde	Tiheys	Puun asema		
Valkeala	-0,0038	12,183		48,44
Sonkajärvi	-0,0035	13,50		41,45
Kajaani	-0,0011	9,24		47,56
Paksuin elävä oksa	Tiheys	Lannoitus		
Valkeala	-0,0030	0,0187		32,20
Sonkajärvi	-0,0037	0,0119		34,90
Kajaani	-0,0011	9,24		47,56
Paksuin kuiva oksa	Tiheys	Lannoitus		
Valkeala	-0,0011	0,0129		22,09
Sonkajärvi	-0,0023	0,0238		26,83
Kajaani	-0,0038	0,0183		30,40
Paksuimman elävän oksan korkeus	Tiheys	Lannoitus	Puun koko	
Valkeala	0,0034	-0,0229	0,1302	43,00
Sonkajärvi	0,0020			68,70
Kajaani		-0,0149	0,1223	43,70
Paksuimman kuivan oksan korkeus	Tiheys	Lannoitus	Puun koko	
Valkeala	0,0028	0,0294		37,32
Sonkajärvi	0,0025		0,0884	36,13
Kajaani		0,0145		39,52
Oksakulma	Kiehkuran korkeus	Oksan paksuus	Puun koko	
Valkeala	-0,1623	-1,3744	0,1150	76,93
Sonkajärvi	-0,1242	-1,5718	0,0988	79,25
Kajaani	-0,2355	-1,0645	0,0533	86,21
Solakkuusaste	Tiheys	Lannoitus		
Valkeala	0,0009	-0,0018		7,21
Sonkajärvi	0,0009	-0,0024		8,08
Kajaani	0,0008	-0,0011		7,05
Rinnankorkeus-läpimitta	Tiheys			
Valkeala	-0,0162			177,34
Sonkajärvi	-0,0162			170,68
Kajaani	-0,0217			179,70

*Taulukko 3. Varianssianalyysin tulokset. Varianssitaulun alla koekohtaiset keskiarvot parittaisessa vertailussa ja LSD-testisuure. Vertailukohtainen riskitaso 5 %.*

<b>Karsiutuneisuus</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	164,74	82,37	14,9	0,0001
Virhe	1628	9449,90	5,80	Selityssaste 1,7 %	
Kokonaisvaihtelu	1630	9614,6	Yleiskeskiarvo 4,39 dm		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 0,288	
Keskiarvo, dm	4,02	4,78	4,36		
<b>Kuivaoksaisten rungonosan pituus</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	63002,83	31501,41	514,57	0,0001
Virhe	1628	99664,45	61,21	Selityssaste 38,7 %	
Kokonaisvaihtelu	1630	162667,28	Yleiskeskiarvo 53,57 dm		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 0,935	
Keskiarvo, dm	52,47	61,12	45,67		
<b>Paksuimman elävän oksan läpimitta</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	2469,49	1234,74	22,47	0,0001
Virhe	1921	105580,76	54,96	Selityssaste 2,2 %	
Kokonaisvaihtelu	1923	108050,26	Yleiskeskiarvo 28,14 mm		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 0,815	
Keskiarvo, mm	27,04	27,87	29,82		
<b>Paksuimman kuivan oksan läpimitta</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	4628,76	2314,38	76,67	0,0001
Virhe	1922	58018,32	30,18	Selityssaste 7,4 %	
Kokonaisvaihtelu	1924	62647,08	Yleiskeskiarvo 22,82 mm		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 0,604	
Keskiarvo, mm	20,74	23,88	24,08		
<b>Paksuimman elävän oksan etäisyys maanpinnasta</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	28885,42	14442,71	117,69	0,0001
Virhe	1161	142470,17	122,71	Selityssaste 16,8 %	
Kokonaisvaihtelu	1163	171355,60	Yleiskeskiarvo 66,23 dm		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 1,57	
Keskiarvo, dm	65,05	72,31	59,98		
<b>Paksuimman kuivan oksan etäisyys maanpinnasta</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	32972,76	16486,38	142,72	0,0001
Virhe	1165	134576,45	115,51	Selityssaste 19,6 %	
Kokonaisvaihtelu	1167	167549,21	Yleiskeskiarvo 46,42 dm		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 1,52	
Keskiarvo, dm	44,22	53,24	40,53		
<b>Oksakulma</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	43954,02	21977,01	120,18	0,0001
Virhe	26229	4796271,03	182,86	Selityssaste 0,9 %	
Kokonaisvaihtelu			Yleiskeskiarvo 69,71°		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 0,40	
Keskiarvo	69,84	71,44	68,16		
<b>Solakkuusaste</b>					
Vaihtelun lähde	DF	SS	MS	F	p<
Malli	2	265,83	132,91	99,42	0,0001
Virhe	1170	1564,24	1,33	Selityssaste 14,5 %	
Kokonaisvaihtelu	1172	1830,08	Yleiskeskiarvo 8,60 dm		
Alue	Valkeala	Sonkajärvi	Kajaani	LSD 0,16	
Keskiarvo	8,58	9,14	7,95		



### 3 Tulokset

#### 3.1 Oksikkuus

##### 3.1.1 Oksaton ja kuivaoksainen rungonosa sekä latvus

Karsiutuneisuudella tarkoitetaan oksattoman rungonosan pituutta. Sen keskiarvo oli kaikilla kokeilla 4—5 dm, joka oli vain alle 4 % kokeen puuston keskipituudesta. Karsiutuneisuus vaihteli puiden välillä 0—19 dm tai 0—10 % siten, että rungon läpimitan kasvaessa oksaton rungonosa (%) pieneni.

Puusto oli karsiutunut parhaiten Sonkajärven ja huonoimmin Valkealan kokeilla. Erot olivat hyvin pieniä mutta tilastollisesti merkitseviä. Keskiarvot vaihtelivat käsittelyittäin 2,6—6,1 dm, joka oli 2—5 % kunkin käsittelyn puuston keskipituudesta. Valkealassa puut olivat karsiutuneet parhaiten tiheys-lannoitus-yhdistelmällä 1500 r/NPK ja huonoimmin yhdistelmällä 1500 r/150 N. Sonkajärvellä paras tulos oli yhdistelmällä >3000r/ei lannoitusta ja huonoin tulos yhdistelmällä 2000 r/150 N. Myös Kajaanissa paras tulos saatiin yhdistelmällä >3000 r/ei lannoitusta, mutta huonoin yhdistelmällä 1500 r/NPK. Tulokset osoittavat, että männiköt ovat ensiharvennusvaiheessa hyvin matalalle karsiutuneita ja erot käsittelyjen välillä pieniä.

Lannoitus ja tiheys selittivät huonosti karsiutuneisuutta. Parempia selittäjiä (5 %:n riskitasolla) olivat Valkealassa ja Sonkajärvellä tiheys ja puun metsikköasema ja Kajaanissa lannoitus ja puun metsikköasema (taulukko 2).

Karsiutuneisuutta kuvaa yhtälö, jossa  $y_i = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon_i$

$y_i$	= puun ( $i$ ) karsiutuneisuus, dm
$\alpha, \beta_{1-3}$	= estimoitavat parametrit
$x_1$	= tiheys, r/ha
$x_2$	= lannoitus, kg/ha
$x_3$	= $d_{1,3}/\bar{d}$ , mm
$\varepsilon_i$	= virhetermi

Mallin selityssaste vaihteli paikkakunnittain 4,6—9,4 %, jäännöshajonta 2,3—2,5 dm ja vapausasteet 2,526—2,688.

Kuivaoksaisten rungonosan pituus vaihteli rajoissa 32—53 % eri tavoin käsiteltyjen metsiköiden keskipituudesta (kuva 1). Kaikki koepaikkakunnat erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tämän laatuennuksen suhteen. Kuivaoksaisten rungonosan suhteellinen osuus oli suurin Sonkajärvellä, missä myös puuston keskipituus oli suurin. Kuivaoksainen rungonosa ja keskipituus olivat lyhyimmät Kajaanissa.

Kasvatustiheyden lisääntyminen lisäsi kuivaoksaisten rungonosan pituutta (kuva 1). Se oli suurimmillaan harventamattomilla käsittelyillä (tiheys >3000 r/ha) Kajaanissa lukuun ottamatta. Sielläkin kuivaoksainen osuus oli sitä lyhyempi mitä harvempi puusto oli. Rinnankorkeusläpimitan kasvu pienensi kuivaoksaisten rungonosan suhteellista pituutta kaikissa tiheysluokissa (kuva 1). Kuivaoksaisten rungonosan absoluuttinen pituus sen sijaan lisääntyi, kun läpimitta kasvoi. Lannoitus lisäsi kuivaoksaisten rungonosan suhteellista pituutta erityisesti NPK-lannoitusta

käytettäessä. Kuivaoksainen rungonosa oli lyhin voimakkaimmin käsitellyillä (1500 r/ha) koealoilla.

Valkealassa ja Sonkajärvellä kuivaoksaisten rungonosan pituutta selittivät merkitsevästi tiheys ja rinnankorkeusläpimita mutta Kajaanissa ainoastaan rinnankorkeusläpimita. Molemmat selittäjät vaikuttivat samansuuntaisesti siten, että niiden kasvaessa myös kuivaoksaus lisääntyi.

$$Yhtälössä y_i = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon_i$$

$y_i$  = puun ( $i$ ) kuivaoksaisten rungonosan pituus, dm

$\alpha, \beta_{1-2}$  = estimoitavat parametrit

$x_1$  = tiheys, r/ha

$x_2$  =  $d_{1,3}$ , mm

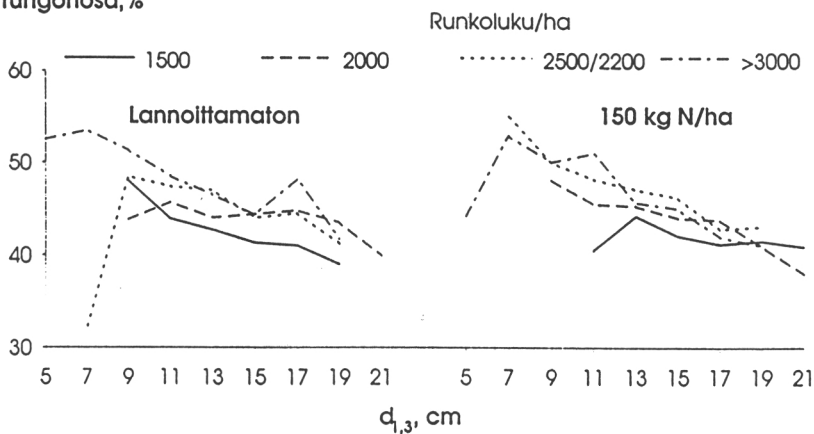
$\varepsilon_i$  = virhetermi

Yhtälön selitysaste vaihteli paikkakunnittain välillä 3,5—16,8 %, jäännöshajonta 7,2—8,2 dm ja vapausaste 1,524—2,685.

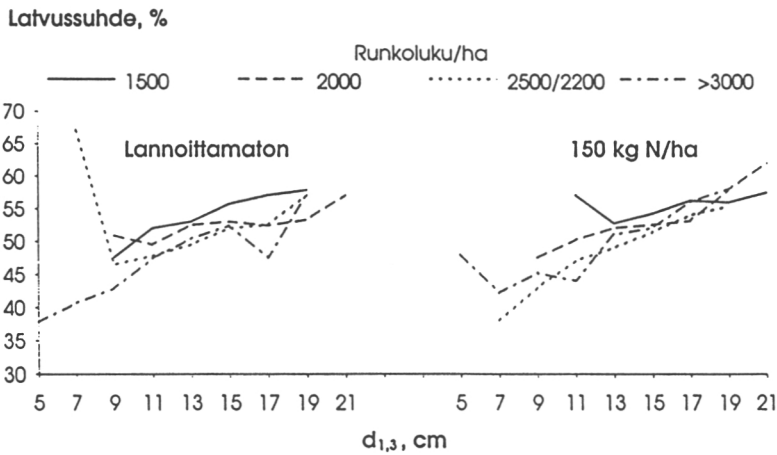
Päinvastoin kuin kuivaoksainen osuus, elävän latvuksen osuus kasvoi rinnankorkeusläpimitan kasvaessa ja runkoluvun pienentyessä (kuva 2). Kajaanin koetta lukuun ottamatta latvuksen pituuden kasvu oli lähes suoraviivainen. Latvussuhteet eli elävän latvuksen ja puun pituuden suhde erosivat eri kokeilla toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Latvussuhde oli keskimäärin suurin Kajaanissa ja pienin Sonkajärvellä.

Lannoitus pienensi latvussuhdetta, mutta typpilannoitetuissa kokeissa vaikutus hävisi tiheimmillä koealoilla. Erityisesti NPK-lannoitus pienensi latvussuhdetta samalla kun se lisäsi kuivaoksaisten rungonosan pituutta. Regressioanalyysissä latvussuhdetta selittivät tiheys ja puun metsikköasema. Kajaanissa tiheys oli selvästi huonompi selittäjä kuin muualla, mutta se oli kuitenkin merkitsevä 5 %:n riskitasolla.

Kuivaoksainen  
rungonosa, %



Kuva 1. Kuivaoksaisten rungonosan pituuden riippuvuus puun rinnankorkeusläpimitasta metsikön tiheyden ja kahden lannoitustason mukaan.



Kuva 2. Latvussuhteen riippuvuus puun rinnankorkeusläpimitasta metsikön tiheyden ja kahden lannoitustason mukaan.

Latvussuhdetta kuvasi sama yhtälömalli kuin kuivaoksaisten rungonosan pituuttakin, mutta estimoidut parametrit olivat tiheys ja puun metsikköasema.

Yhtälön selitysaste vaihteli paikkakunnittain välillä 9,0—35,3 %, jäännöshajonta 4,9—5,5 dm ja vapausasteet 2,524—2,685.

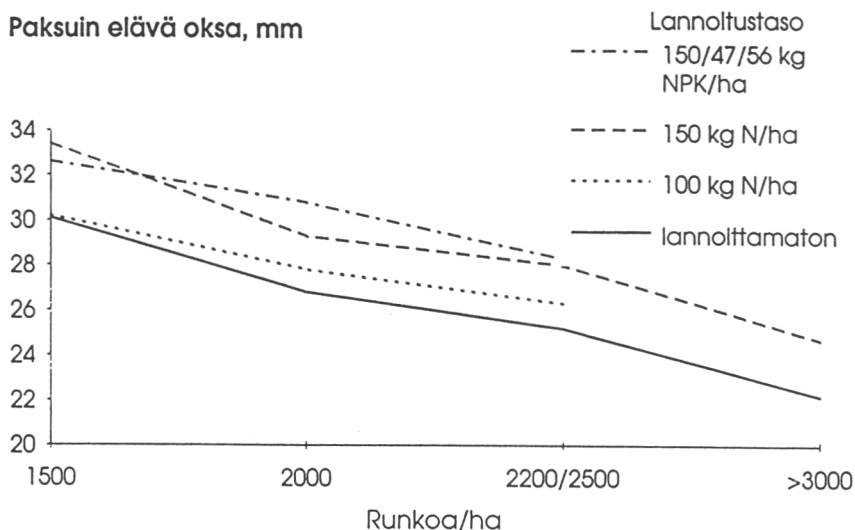
### 3.1.2 Oksien läpimitta

Lannoituksen ja metsikön tiheyden vaikutus paksuimman elävän oksan läpimittaan oli kaikilla kolmella kokeella samansuuntainen. Lannoitus lisäsi oksan läpimittaa ja tiheyden kasvu pienensi sitä (kuva 3). Typellä (150 kg/ha) lannoitetuilla koelajoilla paksuimman elävän oksan läpimitta oli Valkealassa 2,7 mm, Sonkajärvellä 2,2 mm ja Kajaanissa 3,2 mm suurempi kuin lannoittamattomilla. Oksan paksuus kasvoi selvästi käytetyn lannoitemäärän lisääntyessä. Tiheys vaikutti kuitenkin paksuimman elävän oksan läpimittaan lannoitusta selvemmin. Läpimittojen ero harvimman ja tiheimmän käsittelyn välillä oli suurimmillaan lähes 10 mm ja pienimmilläänkin yli 6 mm. Oksan paksuusero lannoitettujen ja lannoittamattomien koelajojen välillä pysyi tiheyden muuttuessa lähes vakiona.

Paksuimman elävän oksan läpimitta oli Kajaanissa keskimäärin 29,8 mm, Sonkajärvellä 27,8 mm ja Valkealassa 27,0 mm. Kajaanin tulos erosi tilastollisesti merkitsevästi kahdesta muusta ( $p < 0,0001$ ).

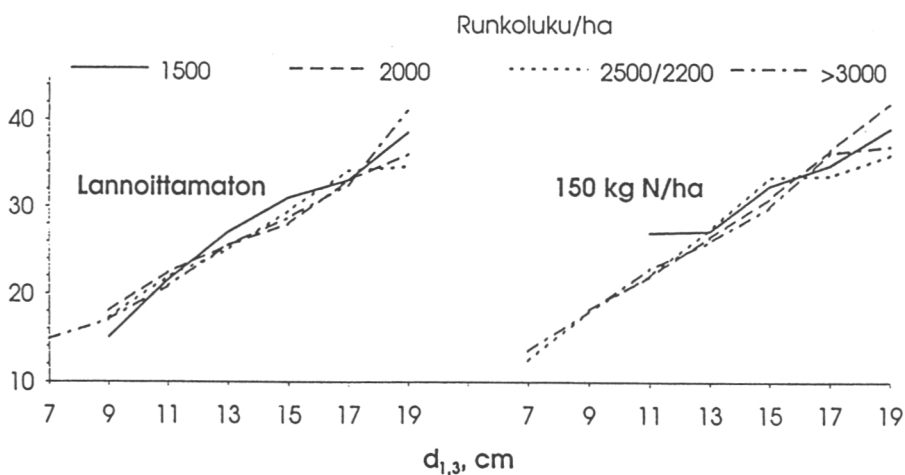
Puun rinnankorkeusläpimitan ja paksuimman elävän oksan läpimitan välillä oli selvä positiivinen riippuvuus (kuva 4). Tiheys vaikutti vain vähän oksan paksuuteen, kun puun rinnankorkeusläpimitta oli vakio. Tiheys selitti parhaiten oksan paksuutta Valkealassa ja huonoimmin Kajaanissa. Myös lannoitus selitti oksan paksuutta parhaiten Valkealassa, mutta huonoimmin Sonkajärvellä.

## Paksuin elävä oksa, mm



Kuva 3. Metsikön tiheyden ja lannoitustason vaikutus paksuimman elävän oksan läpimittaan.

## Paksuin elävä oksa, mm



Kuva 4. Paksuimman elävän oksan läpimitan riippuvuus puun rinnankorkeusläpimitasta metsikön tiheyden ja kahden lannoitustason mukaan.

Paksuimman elävän oksan läpimittaa kuvasi sama yhtälömalli kuin edellä, mutta estimoidut parametrit olivat metsikkötiheys ja lannoitus. Yhtälön selitysaste vaihteli paikkakunnittain 10,4—17,1 %, jäännöshajonta 6,1—7,6 mm ja vapausasteet 2,522—2,686.

Paksuimman kuivan oksan läpimitan riippuvuus tiheydestä ja lannoituksesta oli samansuuntainen kuin paksuimman elävän oksan läpimitalla: tiheyden lisääntyminen vaikutti läpimittaa pienentävästi ja lannoitus lisäävästi. Paksuimman kuivan oksan läpimitta vaihteli kuitenkin huomattavasti vähemmän kuin elävän oksan läpimitta. Lannoittamattomien ja typellä (150 kg/ha) lannoitettujen koealojen vertailun mukaan

lannoitus lisäsi paksuimman kuivan oksan keskiläpimittaa enemmän kuin paksuimman elävän oksan läpimittaa, Valkealassa 2 mm, Sonkajärvellä 3,7 mm ja Kajaanissa 4,6 mm. Paksuimman kuivan oksan keskiläpimittojen ero vaihteli tiheimmän ja harvimman käsittelyn välillä 2,6—6,6 mm.

Paksuimman kuivan oksan läpimitta oli Valkealassa keskimäärin 20,7 mm, Sonkajärvellä 23,8 mm ja Kajaanissa 24,0 mm. Vain Valkealaa koskevat tulokset erosivat muista tilastollisesti merkitsevästi. Harvennettujen koalojen puiden rinnankorkeusläpimitta oli Valkealassa selvästi pienempi kuin Sonkajärvellä ja Kajaanissa. Tiheys selitti paksuimman kuivan oksan läpimittaa parhaiten Kajaanissa ja lannoitus Sonkajärvellä.

Paksuimman kuivan oksan läpimittaa kuvasi sama yhtälömalli kuin edellä ja myös parametrit olivat samat. Yhtälössä selitysaste vaihteli 7,1—14,6 %, jäännöshajonta 4,7—5,5 mm ja vapausasteet 2,522—2,687.

### 3.1.3 Paksuimpien oksien etäisyys maanpinnasta

Paksuimman elävän oksan etäisyys maanpinnasta kasvoi hieman metsikön tihentyessä. Valkealassa tiheyden vaikutus paksuimman oksan keskimääräiseen sijaintikorkeuteen oli merkitsevä 1 %:n ja Sonkajärvellä 5 %:n riskitasolla. Kajaanissa etäisyys paksuimpaan oksaan lyheni tiheyden lisääntyessä, mutta vaikutus ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Lannoituksen vaikutuksesta etäisyys maasta paksuimpaan oksaan lyheni. Vaikutus oli merkitsevä Valkealassa 1 %:n ja Kajaanissa 5 %:n riskitasolla. Kun selittäjänä käytettiin lisäksi rinnankorkeusläpimittaa, myös paksuimman elävän oksan etäisyys maanpinnasta kasvoi. Vaikutus oli merkitsevä 1 %:n riskitasolla Sonkajärven koetta lukuunottamatta.

Yhtälömalli oli kuten karsiutuneisuutta kuvaava yhtälö (s. 12), ja estimoidut parametrit tiheys, lannoitus ja puun läpimitta. Yhtälön selitysaste vaihteli paikkakunnittain 0,8—14,5 %, jäännöshajonta 8,7—13,2 dm sekä vapausasteet 1,636—3,684.

Paksuimman elävän oksan keskimääräiset etäisyydet maanpinnasta erosivat merkitsevästi kokeittain. Paksuimmat elävät oksat sijaitsivat Sonkajärvellä 72,3 dm:n, Valkealassa 65,0 dm:n ja Kajaanissa 60,0 dm:n korkeudella. Paksuin oksa sijaitsi Valkealassa ja Sonkajärvellä vain alle 5 prosentissa mutta Kajaanissa 25 prosentissa koepuista 5 m:n pituisen tyvitukin alueella.

Metsikön tiheyden kasvu lisäsi paksuimman kuivan oksan etäisyyttä maanpinnasta Valkealassa ja Sonkajärvellä, joissa vaikutus oli tilastollisesti merkitsevä 1 %:n riskitasolla. Lannoitus vaikutti Sonkajärven koetta lukuunottamatta samansuuntaisesti. Kajaanissa lannoituksen vaikutus oli merkitsevä 5 %:n riskillä. Sonkajärvellä myös rinnankorkeusläpimitta oli merkitsevä kuivan oksan etäisyyden selittäjä 1 %:n riskillä.

Yhtälömalli oli kuten karsiutuneisuutta kuvaava yhtälö (s. 12) ja estimoidut parametrit tiheys, lannoitus ja puun läpimitta. Yhtälön selitysaste vaihteli paikkakunnittain 1,0—5,4 %, jäännöshajonta 10,6—11,3 dm ja vapausasteet 1,523—2,687.



Paksuimman kuivan oksan keskimääräinen etäisyys maanpinnasta oli Sonkajärvellä 53,2 dm, Valkealassa 44,2 dm ja Kajaanissa 40,5 dm. Keskiarvot erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Kajaanissa paksuin kuiva oksa sijaitsi lähes 90 prosentissa ja Valkealassa 62 prosentissa koepuista tyvitukin alueella, mutta Sonkajärvellä vain noin 30 prosentissa. Paksuin kuiva oksa sijaitsi korkeimmalla NPK-lannoitetuilla koealoilla.

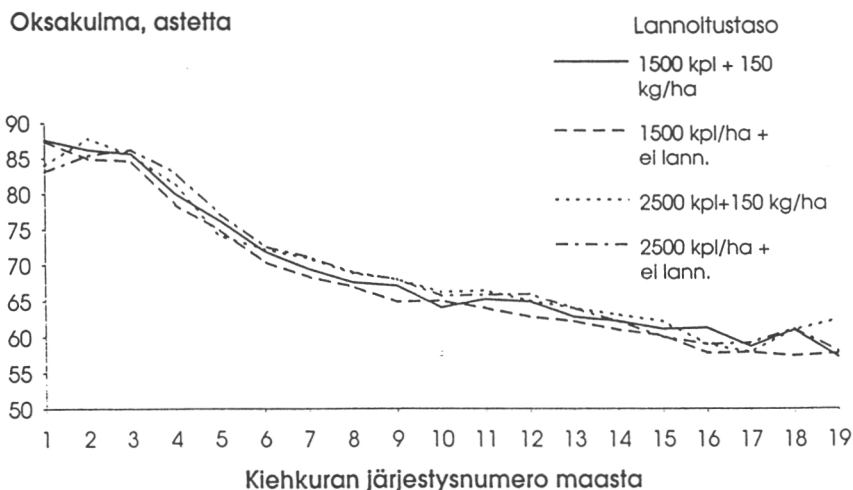
### 3.1.4 Oksakulma

Tyvitukkien paksuimman oksan oksakulmaa selitettiin regressioanalyysissä kiehkuran etäisyydellä maasta, kiehkuran paksuimman oksan läpimitalla ja puun rinnankorkeusläpimitalla. Oksakulmaan vaikutti eniten oksan läpimitta: oksan paksuuden lisääntyessä oksakulma pieneni. Kulma pieneni myös kiehkuran etäisyyden maanpinnasta kasvaessa (kuva 5). Puun rinnankorkeusläpimitan kasvaessa oksakulma sen sijaan kasvoi ja muuttui siten edullisemmaksi puun laadun kannalta.

Yhtälömalli oli kuten karsiutuneisuutta kuvaava yhtälö (s. 12) ja estimoidut parametrit kiehkuran etäisyys maasta, sen paksuimman oksan läpimitta ja puun läpimitta. Yhtälön selitysaste vaihteli 41,4—47,8 %, jäännöshajonta 9,23—10,80 dm sekä vapausasteet 3,741—3,979.

Myös tiheyden ja lannoituksen vaikutusta oksakulmaan tutkittiin regressioanalyysillä. Niiden suora vaikutus oli hyvin vähäinen ja epäselvä. Kun niitä käytettiin ainoina selittäjinä, tiheys vaikutti Valkealassa ja Sonkajärvellä oksakulmaa pienentävästi ja Kajaanissa suurentavasti. Sonkajärvellä tiheyden tai lannoituksen vaikutus oksakulmaan ei ollut merkitsevää. Lannoitus vaikutti oksakulmaa suurentavasti Kajaanissa ja Sonkajärvellä, mutta vain Kajaanissa se oli merkitsevää 5 %:n riskitasolla.

Eri paikkakuntien väliset paksuimpien oksien keskimääräisten oksakulmien erot olivat pienet, mutta erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan. Oksakulma oli Kajaanissa 71,4 astetta, Valkealassa 69,8 astetta ja Sonkajärvellä 68,2 astetta.



Kuva 5. Oksakulman riippuvuus kiehkuran järjestyksestä kahdella tiheydellä ja lannoitustasolla.

### 3.1.5 Runkojen oksikkuus silmävaraisen arvion mukaan

Puuston harvetessa ohutoksaiksi luokiteltujen puiden osuus väheni ja normaalipaksuisten ja paksuoksaisten puiden osuus lisääntyi vastaavasti. Lannoitettujen koelajojen puut luokiteltiin harvemmin ohutoksaiksi samalla kun normaalioksaisten ja paksuoksaisten määrä kasvoi lannoitusvoimakkuuden kasvaessa. Alhaisimmilla tiheyksillä lannoitus ei enää sanottavasti vaikuttanut oksan paksuuteen. Erittäin paksuoksaisten puiden osuus vaihteli selvästi satunnaisemmin kuin muiden oksikkuusluokkien puiden osuus käsittelystä riippumatta.

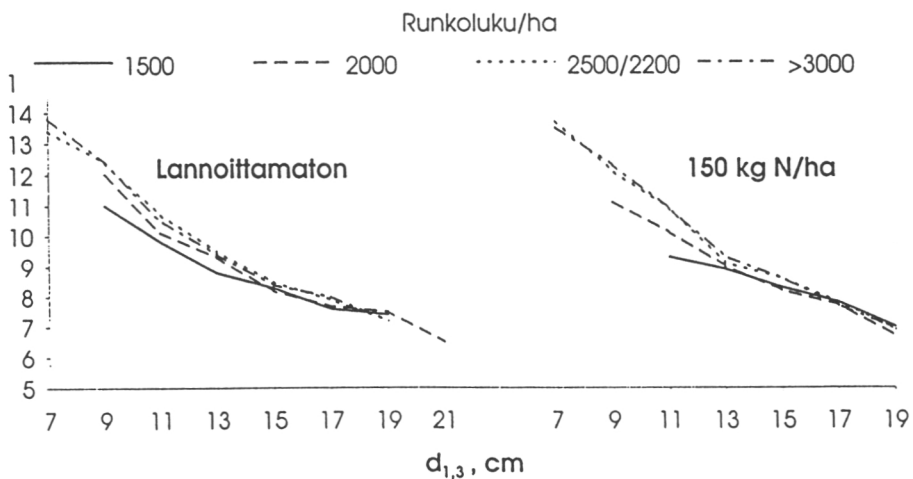
## 3.2 Runkojen laatu

### 3.2.1 Runkomuoto

Sekä tiheys että lannoitus vaikuttivat puiden solakkuuteen kaikilla kokeilla samansuuntaisesti: tiheys kasvatti ja lannoitus pienensi solakkuutta. Tiheyden vaikutus oli kuitenkin lannoituksen vaikutusta huomattavasti merkittävämpi ja selvempi. Varsinkin tiheyden lisääntyminen 2500 rungosta 3000 runkoon hehtaarilla paransi solakkuutta huomattavasti. Huonoin solakkuus oli voimakkaimmin harvennetuilla ja lannoitetuilla koelajoilla. Pienimmät puut olivat kaikkein solakimpia. Solakkuusaste pieneni lisäksi hidastuvalla nopeudella läpimitan kasvaessa (kuva 6).

Kasvatustiheyden ja lannoitusvoimakkuuden vaikutus solakkuusasteeseen oli suurin Valkealassa ja pienin Kajaanissa. Tiheys vaikutti kaikkialla merkittävästi 1 %:n riskitasolla. Tiheyden lannoitusvoimakkuutta parempi selityskyky Valkealassa johtui ilmeisesti kolmesta harventamattomasta lisäkoelajasta, jotka lisäsivät tiheysvaihtelua (vrt. s. 14). Lannoituksen vaikutus solakkuusasteeseen oli merkitsevä 1 %:n riskitasolla muualla paitsi Kajaanissa, jossa vaikutus oli merkitsevä 5 %:n riskitasolla.

### Solakkuus $h/d_{1,3}$ , dm/cm



Kuva 6. Solakkuusasteen riippuvuus rinnankorkeusläpimitasta kahdella lannoitus- ja neljällä harvennustasolla.

Yhtälömalli oli kuten kuivaoksaisten rungonosan pituutta kuvaava malli (s. 13) ja estimoidut parametrit tiheys ja lannoitus. Yhtälön selitysaste vaihteli paikkakunnittain 6,7—24,2 %, jäännöshajonta 1,2—1,6 ja vapausasteet 2,145—2,160.

Kaikki solakkuusasteen alueelliset erot olivat tilastollisesti merkitseviä. Solakkuusaste oli Sonkajärvellä keskimäärin 9,1, Valkealassa 8,6 ja Kajaanissa 8,0.

### 3.2.2 Runkojen pituus ja läpimitta

Tiheyden ja lannoituksen vaikutus puuston keskipituuteen ei ollut selvä. Koko aineistossa tiheyden ja pituuden välinen korrelaatio oli negatiivinen mutta lannoituksen ja pituuden välillä positiivinen. Koekohtaisesti tarkasteltuna riippuvuudet Sonkajärvellä ja Kajaanissa olivat kuten koko aineistossa, mutta Valkealassa ne olivat vastakkaisuuntaiset. Sielläkään riippuvuudet eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä, kuten ei myöskään tiheyden ja lannoituksen välinen riippuvuus Sonkajärvellä. Tiheys ja lannoitus olivat hyvin heikkoja keskipituuden selittäjiä, ja selitysmalleilla ei Kajaania lukuunottamatta ollut tilastollista merkitsevyyttä. Kokeiden väliset erot olivat hyvin selvät. Puusto oli keskimäärin pisin Sonkajärvellä, 128 dm, Valkealassa keskipituus oli 119 dm ja Kajaanissa 111 dm.

Puuston rinnankorkeusläpimitta pieneni kaikilla kokeilla tiheyden kasvaessa. Tämä riippuvuus oli voimakkain Kajaanissa ja heikoin Sonkajärvellä. Lannoitus ei selittänyt läpimittaa tilastollisesti merkitsevästi millään kokeella, mutta sen vaikutus oli voimakkain Sonkajärvellä, jossa lannoitus vaikutti läpimittaa lisäävästi yli 6 %:n riskillä.

Puun rinnankorkeusläpimittaa kuvasi seuraava yhtälö, jossa  $y_i = \alpha + \beta_1 x_1 + \varepsilon_i$

$y_i$  = puun ( $i$ ) rinnankorkeusläpimitta, mm  
 $\alpha, \beta_1$  = estimoitavat parametrit  
 $x_1$  = tiheys, r/ha  
 $\varepsilon_i$  = virhetermi

Yhtälön selitysaste vaihteli paikkakunnittain 7,1—15,6 %, jäännöshajonta 23,6—26,5 mm ja vapausasteet 1,563—1,734.

### 3.2.3 Runkomutkat ja lenkous

Laatukoeputia mitattiin yhteensä 2114, joista 57 % oli mutkaisia. Tähän luokkaan kuuluivat mutkaiset, lengot ja moniväärät rungot, joilla mutkan syvyys oli suurimmillaan yli 3 cm. Mutkaisten runkojen osuus oli pienin Valkealassa, 39 %, sekä Sonkajärvellä ja Kajaanissa kummassakin 66 %. Tiheimmillä koealoilla mutkaisia runkoja oli vähiten, ja mutkien osuus kasvoi puuston harvetessa. Lannoituksen ja mutkien esiintymisen välillä ei voitu havaita mitään selvää yhteyttä. Sonkajärvellä ja Kajaanissa mitattiin myös rungoissa mahdollisesti ollut toinen mutka. Niiden runkojen osuus, joissa oli kaksi mutkaa, vaihteli satunnaisesti 0—15 %:n välillä käsittelystä riippumatta.

Taulukko 4. Mutkan korkeus, pituus ja syvyys lannoituskäsittelyittäin.

Runkoluku/ha	Lannoitus kg/ha							
	0		100 N		150 N		NPK	
	Mutkan korkeus, cm							
	x	s	x	s	x	s	x	s
>3000	169	51	163	64				
2500	167	61	173	64	173	77	150	48
2000	178	58	176	60	183	79	175	48
1500	165	53	158	52	170	61	174	70
	Mutkan pituus, cm							
>3000		352	85	327	96			
2500	329	102	341	111	330	124	350	86
2000	349	85	341	97	334	104	349	87
1500	342	90	337	94	348	89	334	97
	Mutkan syvyys, cm							
>3000	3,7	1,1	3,7	1,1				
2200	3,8	1,2	3,7	1,2	3,7	1,3	3,8	1,2
2000	3,8	1,1	3,8	1,1	4,1	1,2	3,9	1,4
1500	4,0	1,3	3,8	1,0	3,8	1,0	4,0	1,3

Mutkan korkeuden keskiarvot vaihtelivat käsittelyittäin kapealla alueella 150 cm:stä 183 cm:iin (taulukko 4). Kun mutkan syvimmän kohdan korkeutta verrattiin mutkan pituuteen havaittiin, että varsin usein syvin kohta oli mutkan pituuden puolivälissä. Mutkan syvyyden keskiarvot vaihtelivat enimmillään kussakin metsikön käsittelyssä vain 4 mm, mutta mutkat ovat harvoissa metsiköissä hieman syvempiä kuin tiheissä. Mutkan tai lengon osan korkeudelle, pituudelle ja syvyydelle tehtiin kullekin regressioanalyysi, jossa selittäjinä käytettiin tiheyttä ja lannoitusvoimakkuutta. Koko aineiston analyysissä lannoitus vaikutti lisäävästi ja tiheys pienentävästi kaikkiin kolmeen selitettävään ominaisuuteen alle 1 %:n riskitasolla. Kun analyysi tehtiin paikkakunnittain, lannoitus ja tiheys vaikuttivat samansuuntaisesti, mutta selittäjät olivat vain harvoin tilastollisesti merkitseviä.

### 3.2.4 Laadun silmävarainen arviointi

Käsittelystä riippumatta vähintään 82 % koepuista luokiteltiin tukkipuiksi kelpaaviksi. Poistuvien runkojen osuus oli poikkeuksellisen suuri harventamattomilla koealoilla (>3000 runkoa/ha). Harventamattomissa metsiköissä luonnonpoistuma on luonnollisesti suurempi kuin harvennetuissa metsiköissä. Harvennuksissa oli todennäköisesti myös poistettu kaikkein huonoimmat puut. Kelpoisuus tukki- tai kuitupuuksi vaihteli eri lannoitustasojen välillä vain vähän, mutta NPK-lannoitetuilla koealoilla näytti tukkipuiksi kelpaavien puiden osuus olevan suurempi kuin pelkällä tyypellä lannoitetuilla koealoilla. NPK-koealojen tulokset perustuivat kuitenkin vain 15 koepuun mittausta- tai arviointitietoihin.

Tiheimmillä koealoilla oli eniten laadultaan erittäin hyviä ja hyviä runkoja. Puuston harvetessa niiden osuus väheni ja keskinkertaisten ja heikkojen runkojen osuus vastaavasti lisääntyi (taulukko 5).

*Taulukko 5. Runkojen jakautuminen oksaisuusluokkiin silmävaraisen arvion mukaan käsittelyittäin ja keskimäärin.*

Runko-luku/ha	Oksa	Lannoituskäsittely, kg/ha				Keskim.
		0	100 N	150 N %	NPK	
>3000	Ohut	39	42	40		
	Normaali	47	38	43		
	Paksu	13	17	15		
	Eritt. paksu	1	3	2		
	Yhteensä	100	100	100		
2500	Ohut	36	28	21	22	28
	Normaali	51	54	59	49	54
	Paksu	12	17	18	27	16
	Eritt. paksu	1	1	2	2	2
	Yhteensä	100	100	100	100	100
2000	Ohut	31	23	16	22	23
	Normaali	50	53	52	49	52
	Paksu	18	24	29	27	23
	Eritt. paksu	1	0	3	2	2
	Yhteensä	100	100	100	100	100
1500	Ohut	14	18	6	4	12
	Normaali	53	56	53	57	54
	Paksu	31	24	35	34	31
	Eritt. paksu	2	2	6	5	3
	Yhteensä	100	100	100	100	100

Tyvitukin teknistä laatua arvioitiin silmävaraisesti luokittelemalla koepuu joko lengoksi, mutkaiseksi, normaaliksi, pystyoksaiseksi, haaraiseksi tai koroiseksi. Kaikkiaan 2114:sta puusta vain 2 runkoa luokiteltiin haaraiseksi ja 12 koroiseksi. Lenkoja runkoja oli Valkealassa 34 %, Sonkajärvellä 16 %, Kajaanissa 21 % ja koko aineistossa keskimäärin 23,7 %. Mutkaisten runkojen osuus oli Valkealassa 3 %, Sonkajärvellä 17 %, Kajaanissa 10 % ja koko aineistossa 10 %. Lähes kolme puuta viidestä eli 59 % oli luokiteltu normaaleiksi kun taas pystyoksaista runkoja oli 7 %. Myös tätä luokitusta käytettäessä voitiin havaita lenkouden ja mutkaisuuden lisääntyminen puuston harvetessa.

#### 4 Tulosten tarkastelu

Kokeiden runsaiden koeala- ja toistomäärien ansiosta tulokset olivat luotettavia. Koealan koko (400 m<sup>2</sup>) oli kuitenkin pienehkö, ja koealoja ympäröivä vaippa oli riittämätön estämään täysin viereisen koealan puuston käsittelyn vaikutuksia. Suurimman lannoituskäsittelyn vaikutuksia saatettiin kuitenkin aliarvioida ja lannoittamattomuuden vaikutuksia yliarvioida. Myös puiden latvusten saamaan valon määrään vaikuttaa koealan reunoilla viereisen koealan tiheys. Kokonaisuutena tulokset voitaneen yleistää aineistona käytettyjen kokeiden edustamille alueille ja kasvupaikka-tyypeille.



Aineistona olleissa metsiköissä runkojen karsiutumisen kehitys oli puiden nuoresta iästä johtuen vasta alussa. Uusvaaran (1981) mukaan noin 60 vuoden ikään mennessä viljelymäntyrungoissa ei tapahdu juuri lainkaan oksien kyljestymistä ja oksaton rungonosa on keskimäärin vain 3 % rungon pituudesta. Tässä tutkimuksessa karsiutuneisuus vaihteli välillä 2—5 %. Lannoituskäsittelyjen väliset erot olivat hyvin pieniä ja ristiriitaisia. Puuston tihtyessä ja läpimitan pienentyessä karsiutuneisuus parani jonkin verran.

Kuivaoksaisten rungonosan pituus lisääntyi, kun kasvatustiheys ja puun läpimitta kasvoivat. Samansuuntaisia tuloksia saivat myös Kärkkäinen ja Uusvaara (1982). Heidän mukaansa kuivaoksaisten rungonosan pituutta ei voida käyttää nuorena puustossa laadun tunnuksena. Tämän tutkimuksen metsiköt olivat heidän tutkimiaan metsiköitä selvästi vanhempia ja oksien kuoleminen oli edennyt huomattavasti pidemmälle harvimmissakin puustoissa. Em. tutkimuksessa puun ikä lisäsi kuivaoksaisten rungonosan pituutta. Typpilannoituksella ei havaittu olevan vaikutusta oksien kuivumiseen. Sen sijaan NPK-lannoitus näytti hieman lisäävän kuivaoksaisten rungonosan pituutta. Lannoitus saattoi kuitenkin vaikuttaa epäsuorasti läpimitan kasvun kautta, sillä läpimitan kasvaessa kuivaoksaisten rungonosa piteni. Myös Lampolan (1991) mukaan pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan kasvu oli suurin NPK-lannoitetuilla koaloilla.

Rinnankorkeusläpimitta osoittautui parhaaksi paksuimman elävän ja kuivan oksan läpimitan selittäjäksi (Varmola 1980, Uusvaara 1981, Kärkkäinen ja Uusvaara 1982). Kun rinnankorkeusläpimitaan lisättiin selittäjäksi myös tiheys ja lannoitus saatiin parempia selitysmalleja. Tiheyden ja lannoituksen selityskyky jäi tällöin kuitenkin pieneksi. Lämsän ym. (1990) mukaan metsikön rakenteen ja kasvupaikan viljavuuden epäsuorat vaikutukset näyttävät olevan suoraa vaikutuksia suuremmat. Molemmat selittäjät käyttäytyivät ennako-odotusten mukaisesti: tiheys pienensi ja lannoitus lisäsi oksan läpimittaa. Tiheys vaikutti kaikilla kokeilla lannoitusta voimakkaammin (Kellomäki ym. 1992).

Lannoitus vaikutti tässä tutkimuksessa Sonkajärveä lukuunottamatta paksuimman oksan korkeutta alentavasti. Tulos on ristiriidassa aikaisempien tutkimusten (Varmola 1980, Kellomäki ym. 1992) tulosten kanssa, koska niissä paksuin elävä oksa sijaitsi viljavilla kasvupaikoilla selvästi korkeammalla kuin karuilla kasvupaikoilla. Ero selittynee lannoitusvaikutuksen määräaikaisuudella. Myös Nikkolan (1985) tutkimuksessa paksuin elävä oksa sijaitsi lannoitetuilla koaloilla keskimäärin lannoittamattomia koaloja korkeammalla.

Kasvatustiheys vaikutti paksuimman kuivan oksan läpimitaan vähemmän kuin paksuimman elävän oksan läpimitaan. Lannoitus sen sijaan vaikutti paksuimman kuivan oksan läpimitaan selvästi voimakkaammin kuin paksuimman elävän oksan läpimitaan. Tämä johtui ilmeisesti siitä, että nykyiset eli mittaushetken paksuimmat elävät oksat ovat sijainneet lannoituksen vaikuttaessa puiden ylimmissä tai juuri syntyvissä oksakiehkuroissa. Näin ollen ne eivät olleet ehtineet kasvaa yhtä voimakkaasti kuin vähän alempana sijainneet parhaassa kasvuvaiheessa olleet oksat eli mittaushetken paksuimmat kuivat oksat. Kun mittaushetken kuivat oksat vielä olivat eläviä, metsikkö ei myöskään ollut täysin sulkeutunut. Paksuin kuiva oksa sijaitsi kaikilla koalueilla keskimäärin sitä korkeammalla mitä tiheämpi ja mitä voimakkaammin lannoitettu koala oli. Samaan tulokseen päätyi myös Nikkola (1985).

Tiheyden ja lannoituksen suora vaikutus oksakulmaan oli vähäinen. Kokeen perustamishetkellä pääosa tyvitukin oksista oli jo lopettanut kasvunsa. Kajaanin kokeella puusto oli silloin muita pienempää ja sen vuoksi vaikutus siellä oli hieman selvempi. Tiheyden lisääntyminen näytti Kajaanissa suurentavan oksakulmaa (Persson 1977). Tuloksessa voi olla mukana myös mantieteellisen vaihtelun aiheuttama vaikutus. Valkealassa ja Sonkajärvellä tiheyden aleneminen sen sijaan suurensi oksakulmaa. Saman suuntaisen tuloksen saivat myös Kellomäki ja Tuimala (1981) mäntyrunkojen alimmissa oksakiehkuroissa. Lannoituksen vaikutus oli hyvin heikko, mutta se näytti kuitenkin suurentavan oksakulmaa (Mäkinen ja Uusvaara 1992). Myös elävän latvuksen alapuolella kuolleiden oksien oksakulma kasvoi oksan iän lisääntyessä. Tiheys ja lannoitus vaikuttivat oksakulmaan eniten epäsuorasti oksien läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan kautta; tiheyden aleneminen ja lannoitus kasvattivat rinnankorkeusläpimittaa ja siten myös oksien läpimittaa, mikä pienensi oksakulmaa.

Puiden runkomuoto parani tiheyden kasvaessa ja heikkeni lannoituksen voimistuessa. Tiheyden ja lannoituksen vaikutus runkoluvulla painotettuun keskipituuteen oli hyvin heikko. Lampolan (1991) mukaan harvennus ei vaikuttanut valtapituuden kasvuun. Pohjapinta-alalla painotetun keskipituuden kasvu parani vain Sonkajärven kokeella, jolla kasvu oli paras tiheydessä 2000 kpl/ha. Keskiläpimitan kasvu parani sen sijaan typpimäärän lisääntyessä ja harvennuskäsittelyn voimistuessa. Kokeiden väliset erot solakkuusasteissa selittyvät pääasiassa keskipituuden vaihtelulla, sillä keskiläpimitoissa ei ollut huomattavia eroja.

Tutkimuksessa tehtiin testausten tueksi lukuisia joukko eri laatutunnuksiin kohdistuvia silmävaraisia havaintoja. Menetelmä on varsin subjektiivinen ja luokittelijasta riippuvainen. Luokittelijat olivat kuitenkin koko ajan samat ja tulokset pääpiirteissään johdonmukaisia. Yleinen oksikkuuslaatu parani puuston tihentyessä ja huononi lannoituksen voimistuessa. Kärkkäinen ja Uusvaara (1982) havaitsivat oksaisuuslaadun heikkenevän puuston suuretessa ja paranevan VT-männikössä puuston tihentyessä. Myös tässä tutkimuksessa tiheys paransi ja lannoitus alensi yleislaatua. Tiheyden kasvu vähensi myös lenkoutta, kuten Kärkkäisen ja Uusvaaran (1982) tutkimuksessa, jossa se vaikutti erityisen voimakkaasti VT-kasvupaikoilla.

## 5 Johtopäätökset

Kasvatustiheys ja lannoitus vaikuttivat mitattuihin laatutunnuksiin pääasiassa läpimitan kasvun kautta. Kun kasvu parani joko harvemman kasvatustiheyden tai lannoituksen ansiosta, laatu vastaavasti heikkeni. Pelkästään laadun kannalta katsoen sopivin tiheys oli harventamattomilla koealoilla. Niillä oksien kasvu oli vähäisintä, niiden kuoleminen ja karsiutuminen oli nopeinta, runkomuoto solakampi, lenkoutta ym. teknisiä vikoja vähemmän ja kasvamaan jätettävien puiden valinnassa oli runsaimmin vaihtoehtoja. Suuresta tiheydestä huolimatta latvussuhteet eivät olleet supistuneet liiaksi, vaan olivat edelleen yli 40 %, mikä männyllä riittää vielä maksimikasvuun (Vuokila 1987). Ainoastaan kerran toteutettuna lannoituksen vaikutus ei ollut kovin voimakas, mutta laadun kannalta ehdottomasti kielteinen. Se näkyi voimakkaimmin oksien paksuuskasvun lisääntymisenä. Nuorten mäntyjen lannoitus lisäsi eniten juuri tulevan tyvitukin yläosan oksien paksuuskasvua. Oksien paksuuntuminen hidastaa niiden karsiutumista vielä lannoituksen aiheuttaman kasvureaktion loputtuakin. Tässä tutkimuksessa lannoitus oli erityisen sopimaton pohjoisimmalla kokeella. Siellä pituus kehittyi hitaammin kuin eteläisemmällä

kokeilla, mutta rungon läpimitan ja oksien kasvu oli nopeinta. Näin ollen lannoitusta ei voi missään mielessä suositella männikön hoitotoimenpiteeksi ennen toista harvennusta.

Tiheyden ja lannoituksen vaikutus oksien läpimittaan ja sitä kautta puun laatuun on selvä. Niiden merkitys tulevaisuuden laadun kannalta ei käytännössä kuitenkaan ole välttämättä niin suuri kuin tiheys- ja lannoituskäsittelyiden keskimääräisten erojen perusteella voisi päätellä. Oksan läpimitta riippuu nimittäin ennen kaikkea puun rinnankorkeusläpimitasta. Jos tiheänä kasvaneessa männikössä tehdään ensiharvennus systemaattisena alaharvennuksena, kuten usein on tapana, jää suhteessa eniten kasvamaan metsikön suurimpia ja samalla usein paksuoksisimpia puita (Niemistö 1994). Näin ero oksan paksuudessa pienenee harvana ja tiheänä kasvaneen metsikön välillä. Harvennuksissa tulisikin poistaa etenkin oksaisia valtapuita, ettei tuhlataisi jo saavutettua laatua, joka lisävaltapuissa yleensä on valtapuita parempi.

## Kirjallisuus

- Bialy, K. 1983. Wplyw nawozenia mineralnego na ugalezienie sosny pospolitej. Summary: Influence of mineral fertilization upon branching in Scots pine. *Folia Polonica Seria A*, 25. s. 227 — 234.
- Heiskanen, V. 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 Forestalia Fennica* 66. 58 s.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 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., Lämsä, P., Oker-Blom, P. & Uusvaara O. 1992. Männyn laatukasvatus. Summary: Management of Scots pine for high quality timber. *Silva Carelica* 23. 133 s.
- & 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 hyvyuden 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.
- Kärkkäinen, M. 1980. Mäntyukkirunkojen laatuluokitus. Summary: Grading of pine sawlog stems. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 96(5). 152 s.
- 1985. Puutiede. Hämeenlinna. 415 s.
- & Uusvaara, O. 1982. Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä. Summary: Factors affecting the quality of young pines. *Folia Forestalia* 515. 28 s.
- Lampola, S. 1991. Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus kylvömännikön tuotokseen ensiharvennukseen mennessä. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. 60 s.
- 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 s.

- Mäkinen, H. & Uusvaara, O. 1992. Lannoituksen vaikutus männyn oksikkuuteen ja puuaineen laatuun. Summary: Effect of fertilization on the branchiness and the wood quality of Scots pine. *Folia Forestalia* 801. 23 s.
- Niemistö, P. 1994. Harvennustavat nuoren männikön ensiharvennuksessa. Käsikirjoitus *Folia Forestalia* -sarjaa varten.
- Nikkola, A. 1985. Kasvatustiheyden ja lannoituksen vaikutus riukuvaiheen männiköiden laatuun. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänhoitotieteen laitos. 45 s.
- Persson, A. 1977. Kvalitetsutveckling inom yngre förbandsförsök med tall. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 45. 152 s.
- Salminen, H. & Varmola, M. 1990. Puolukkatyyppin kylvömänniköiden kehitys taimikon myöhäisestä harvennuksesta nuoren metsän ensiharvennukseen. Summary: Development of seeded Scots pine stands from precommercial thinning to first commercial thinning. *Folia Forestalia* 752. 29 s.
- Saramäki, J. 1980. Typpilannoituksen vaikutus männyn runkomuotoon. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(4):1—46.
- & Silander, P. 1982. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus männyn latvukseen. Abstract: The effect of fertilization and thinning on the crown of pines. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 52. 42 s.
- Tuimala, A. 1988. Lannoitus ja puun laatu. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 286: 75—95.
- Turkia, K. & Kellomäki, S. 1987. Kasvupaikan viljavuuden ja puuston tiheyden vaikutus nuorten mäntyjen oksien läpimittaan. Summary: Influence of the site fertility and stand density on the diameter of branches in young Scots pine stands. *Folia Forestalia* 705. 16 s.
- Uusvaara, O. 1974. Wood quality in plantation-grown Scots pine. Lyhennelmä: Puunlaadusta viljelymänniköissä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 80(2). 105 s.
- 1981. Viljelymänniköiden puun tekninen laatu ja arvo. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 28. 47 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.
- 1991. Havainnot nuorten istutusmänniköiden oksikkuudesta ja puuaineen laadusta. Summary: Observations about the branchiness and the wood quality of young plantation-grown Scots pine. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 377. 56 s.
- Valinger, E. 1992. Effects of thinning and nitrogen fertilization on stem growth and form of *Pinus sylvestris* trees. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7(2): 219—228.
- Varmola, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. *Folia Forestalia* 451. 21 s.
- 1982. Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen. Summary: Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning. *Folia Forestalia* 524. 31 s.
- Velling, P. 1978. Puun laatu paremmaksi metsää jalostamalla. *Metsä ja Puu* 10: 9—12.
- 1988. The relationship between yield components in the breeding of Scots pine. University of Helsinki, Department of plant breeding. 25 s.
- Vuokila, Y. 1982. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. *Folia Forestalia* 523. 55 s.
- 1987. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. Porvoo. 258 s.











ISBN 951-40-1584-3