

# FOLIA FORESTALIA 629

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1985

---

---

MIKKO MOILANEN

LANNOITUKSEN JA HARVENNUKSEN  
VAIKUTUS HIESKOIVUN KASVUUN  
OHUTTURPEISILLA OJITETUILLA RÄMEILLÄ

EFFECT OF FERTILIZATION AND THINNING  
ON THE GROWTH OF BIRCH  
(*BETULA PUBESCENS*) ON THE DRAINED  
MIRES WITH THIN PEATLAYER



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
*THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*

Osoite: Unioninkatu 40 A  
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401  
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Aarne Nyssönen
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Olli Kiiskinen
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonen
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	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 yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen 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 nine 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 629

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1985

Mikko Moilanen

## LANNOITUKSEN JA HARVENNUKSEN VAIKUTUS HIESKOIVUN KASVUUN OHUTTURPEISILLA OJITETUILLA RÄMEILLÄ

Effect of fertilization and thinning on the growth of birch  
(*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer

Approved on 28.6.1985

### SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	3
2. KOKEIDEN PERUSTAMINEN JA MITTAUKSET .....	4
21. Oksansuo 145 .....	4
22. Oksansuo 152 .....	4
23. Oisavansuo 165 .....	5
3. TULOKSET .....	5
31. OKSANSUO 145 .....	5
311. Pituuskasvu .....	5
312. Latvusraja .....	6
313. Koepuiden keskiläpimitan ja pohjapinta-alan kehitys .....	7
314. Koepuiden tilavuuskasvun kehitys .....	7
315. Muotosuhteet ja muotoluku .....	7
316. Metsikön runkopuun tuotos .....	9
317. Koivun runkokäyrämallien tarkkuus .....	13
318. Turpeen ravinteisuus .....	15
32. OKSANSUO 152 .....	16
33. OISAVANSUO 165 .....	17
4. TULOSTEN TARKASTELU .....	18
41. Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys .....	18
42. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus .....	18
5. TIIVISTELMÄ .....	20
KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	21
SUMMARY .....	22
LIITTEET — APPENDICES .....	23

MOILANEN, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Summary: Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer. *Folia For.* 629: 1—29.

Tutkimuksessa selvitettiin lannoituksen ja harvennuksen vaikutusta hieskoivun kasvuun rehevöpohjaisella vanhalla ojitusalueella. Samalla arvioitiin yleisten koivun runkokäyrämallien soveltuvuutta turvemaan hieskoivikon tilavuuden laskentaan.

Tutkimusmetsikköinä olivat kolme Muhoksella Pyhäkosken kokeilualueessa sijaitsevaa, 1970-luvun alkupuolella lannoitettua hieskoivikkoa. Kaikilla kohteilla peruskuiivatus oli 1930-luvulta. Alkuperäinen suotyyppi on ollut varsinainen tai ruohoinen sararäme. Puuston mittaushetkellä 1980-luvun alussa turpeen paksuus vaihteli välillä 30—50 cm. Kokeita perustettaessa puuston valtipituus oli 9—12 m ja ikä 30—40 vuotta.

Lannoitus (suometsien PK-lannos, urea ja oulunsalpietari) lisäsi hieskoivun kasvua vain vähän tai ei ollenkaan. Lannoitteiden yliannostus harvennuksen yhteydessä heikensi puuston tilavuuskasvua. Lannoituksen ei havaittu aiheuttaneen rungon muotosuhteiden enempää kuin muotoluvunkaan muutoksia. Saadut tulokset tukevat aiempia kokemuksia koivun heikosta reagoimisesta lannoitukseen.

Harvennus nopeutti puuston järeyskehitystä. Lievän harvennuksen (poistuma 30 % tilavuudesta) jälkeinen hehtaarikohmainen kasvutappio jäi harvennusta seuranneena kymmenvuotisjaksona alle 10 %. Voimakkaan harvennuksen (poistuma 50 %) aiheuttama tuotoksen aleneminen (yli 30 %) näkyi sen sijaan koko tutkimusjakson ajan. Harvennus muutti rungon kasvusuhteita tyviosan hyväksi. Rinnankorkeusmuotoluvussa muutokset eivät kuitenkaan näkyneet.

Simultaanimallilla saatua koepuiden tarkkaa tilavuutta verrattiin Laasasenahon (1982) esittämällä kahden (d1.3, h) ja kolmen (d1.3, d6.0, h) tunnuksen polynomirunkokäyrillä saatua tilavuusarvioon. Yksittäisen puun tilavuuden virhe kahta tunnusta käytettäessä oli keskimäärin 3,6 % (aliarvio) ja kolmea tunnusta käytettäessä 0,6 % (yliarvio). Runkokäyrämallien katsottiin soveltuvan hyvin turvemaan hieskoivun tilavuuden laskentaan.

The effect of fertilization and thinning on the growth of the pubescent birch (*Betula pubescens*) was studied in three sedgerich, thin peatlayered drained mire at Muhos (64° 52'N, 26° 07'E). The usefulness of the general taper curve equations of the birch (Laasasenaho 1982) were also examined.

The studied areas have been drained in the 1930's and fertilized in the beginning of the 1970's. The dominant height of the trees varied from 9 to 12 meters and the age was 30—40 years in the beginning of the experiment.

The fertilization (PK fertilizer for peatland forests, urea and oulu saltpetre dosed as normally in the field) had only a little effect upon the growth of the pubescent birch. Overdosing the fertilizers combined with thinning weakened the growth of the tree stand. The breast height form factor and the stem form didn't change due to the fertilization. These results support the previous experiences of the weak reaction of the birch on the fertilization.

The thinning accelerated the development of the stoutness of the remained trees and changed the growth relations of the stem slightly for the base. The increment loss per hectare after slight thinning (30 % of the growing stock) was less than 10 % during the next ten years after thinning. A heavy thinning weakened the yield over 30 %.

The exact volume obtained by a simultaneous model was compared with the volume estimate obtained by the polynomial taper curve equations based on two (d1.3, h) or three (d1.3, d6.0, h) characters of the tree. The estimation error calculated with two characters was 3,6 % (underestimate) and with three characters 0,6 % (overestimate). The taper curve equations of Laasasenaho (1982) were accepted to be used in birch stands like in this study.

ODC 176.1 *Betula pubescens* +2--114.444+237.2+237.4+242+562.2  
ISBN 951-40-0712-3  
ISSN 0015-5543

Helsinki 1985. Valtion painatuskeskus

## 1. JOHDANTO

Havupuita vähempiarvoisena puulajina ei hieskoivu ole kovinkaan suosittu käytännön metsänhoidossa. Lähes poikkeuksetta metsänuudistamisen tai vajaatuottoisen alueen kunnostamisen tavoitteena on saada havupuuvaltainen metsikkö, joten lehtipuuta hyödynnetään yleensä vain verhopuustona. Puulajisuhteita ohjataankin männyn ja kuusen hyväksi alueilla, joille hieskoivu ja muut lehtipuut ovat voimakkaimmin levinneet. Tällaisia ovat erityisesti reheväpohjaiset muokatut uudistusalat ja ojitetut suot.

Hieskoivu on kuitenkin biologisesti voimakkaana pitänyt sitkeästi puoliaan, eikä sen osuutta puuston määrästä tai kasvusta ole saatu toivotulle tasolle. Valtakunnan metsien seitsemännen inventoinnin mukaan esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla on hieskoivuvaltaisia metsiä koko metsämaan pinta-alasta 11,5 %. Puuston kokonaistilavuudesta hieskoivun osuus on 23,3 % ja vuotuisesta kasvusta peräti 30,8 %. Pohjois-Pohjanmaan laajamittainen ojitustoiminta on luonut koivun voimistumiselle hyvät edellytykset.

Viime aikoina on koivun käyttömahdollisuuksia alettu uudelleen arvioida ja sen biologisia etuja korostaa (Keltikangas & Seppälä 1977, Saramäki 1977, Oikarinen & Pyykkönen 1981, Saramäki 1981, Kärkkäinen 1984). Myös energiametsätutkimuksissa koivu on ollut keskeisesti esillä (Björklund & Ferm 1982, Ferm & Kaunisto 1983).

Metsänhoitotoimenpiteiden vaikutuksista hieskoivun kasvuun on tietoa varsin niukalti. Oikarinen & Pyykkönen (1981) toteavat, että voimakkaan harvennuksen aiheuttama kasvutappio on turvemaalla pienempi kuin kivennäismaalla, ja että yksi voimakas harvennus kiertoaikaa kohti on turvemaan hieskoivikossa riittävä. Lannoitus ei heidän tutki-

muksessaan sanottavasti lisännyt hieskoivun kasvua reheväpohjaisella ohutturpeisella ojitusalueella.

Kangasmailla tehdyt hieskoivun lannoituskokeet osoittavat koivun reagoivan havupuuta heikommin lannoitteisiin (Viro 1974, Jonsson & Möller 1976, Puro 1982). Syiksi tähän on esitetty koivun tuhlailevaa ravinteiden käyttöä, suurta ravinnetarvetta, syväjuurisuuksia ja kasvupaikan valoisuutta, mistä johtuen pintakasvillisuuteen joutuu annetuista ravinteista huomattava osa (Viro 1974, Mälkönen 1977).

Tämän työn tarkoituksena on esitellä lannoituksen vaikutusta hieskoivun kasvuun ja tuotokseen eräillä reheväpohjaisilla, ohutturpeisilla muuttumavaiheen ojitusalueilla. Hieskoivun harvennusreaktiota tarkastellaan yhdellä koekentällä. Samoin selvitetään mahdollisen lannoitusvaikutuksen jakaantumista rungon eri osiin ja puiden muotoluvun kehitystä tutkimuskaudella. Lisäksi arvioidaan käytössä olevien runkokäyrämallien tarkkuutta turvemaakoivikon tilavuuden laskennassa.

Kokeiden suunnittelussa ja perustamisessa MML Kalevi Karsisto ja etenkin mt. Jorma Issakainen ovat olleet keskeisesti mukana. Mt. Jorma Issakainen on ollut suunnittelemassa puustonmittausmenetelmiä ja valvomassa aineiston keruuta. Maastotyöt on tehty kenttämestari Kauko Kylmäsen johdolla. Professorit Eero Paavilainen ja Yrjö Vuokila, MMK Ari Ferm ja LuK Heikki Veijalainen ovat lukeneet käsikirjoituksen ja tehneet siihen varteenotettuja huomautuksia ja korjauksia. Aineiston ATK-käsittelyssä ovat suuresti avustaneet VTK Jaakko Heinonen, FM Carl-Gustaf Snellman ja MMT Jouko Laasasenaho. Englanninkielinen tiivistelmä on maisteri Timo Hokkasen käsialaa. Piirrokset ovat piirtäjä Irene Murtovaaran ja tutkimusapulainen Tuula Väärän tekemiä. Puhtaaksikirjoitustyöt on tehnyt Merja Mustonen. Kaikille edellämaituille samoin kuin muille tutkimuksessa mukanaolleille esitän lämpimät kiitokseni.

## 2. KOKEIDEN PERUSTAMINEN JA MITTAUKSET

Tutkitut kolme hieskoivukoetta sijaitsevat Metsän-tutkimuslaitoksen Pyhäkosken kokeilualueen mailla (64° 52'N, 26° 07'E). Kohteet ovat ohutturpeisia (turvekerroksen vahvuus alle 50 cm) ja alkuperäiseltä suotyypiltään ruohoisia tai varsinaisia sararämeitä. Kaikki kohteet on perusojitettu jo 1930-luvulla ja edustavat kuivatusasteeltaan muuttuma-turvekangasvaihetta. Kasvualustan ravinnepitoisuudet ovat verraten korkeat (liite 1).

### 21. Oksansuo 145

Oksansuo 145:n puusto oli koetta perustettaessa täystiheää, harventamatonta riukuvaiheen hieskoivikkoa (valtapiisuus 9—10 m). Alkuperäinen suotyyppi lie-nee ollut lähinnä vähäpuustoista ruohoista sararämettä, paikoin jopa nevaa. Peruskuivatus oli tehty 1930-luvulla kaivamalla alueen ympäri piiriojat, jonka seurauksena kuvio oli metsittynyt luontaisesti. Harvasta ojaverkosta johtuen kohteen kuivatustehoa tutkimuskaudella on pidettävä riittämättömänä. Tälle n. kahden hehtaarin alueelle rajattiin keväällä 1971 kuusikymmentä koelaa (ä 0,04 ha) joille satunnaistettiin seuraavat harvennus-käsittelyt:

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 1. harventamaton      | noin 3000 runkoa/ha                                 |
| 2. lievä harvennus    | noin 2000 runkoa/ha<br>(poistuma 30 % tilavuudesta) |
| 3. voimakas harvennus | noin 1000 runkoa/ha<br>(poistuma 50 % tilavuudesta) |

Harvennuskäsittelyistä ensimmäinen edustanee lähinnä energiapuun, toinen kuitupuun ja kolmas vaneripuun kasvatuksen vaihtoehtoa. Kokeen perustamishetkellä puuston tilavuus oli noin 70 m<sup>3</sup>/ha.

Kullekin harvennuskäsittelylle satunnaistettiin kah-tena toistona seuraavat lannoituskäsittelyt:

- |  |           |
|--|-----------|
| 0. lannoittamaton  |           |
| 1. suometsien PK-lannos (10,5 % P, 12,5 % K)<br>jauheisena | 500 kg/ha |
| 2. —"—   | 1000 "    |
| 3. —"—   | 1500 "    |
| 4. käsittely 1 + oulunsalpietari (26 % N)                  | 500 kg/ha |
| 5. käsittely 2 + —"—                                       | 1000 "    |
| 6. käsittely 3 + —"—                                       | 1500 "    |
| 7. käsittely 1 + urea (46 % N)                             | 300 kg/ha |
| 8. käsittely 2 + —"—                                       | 600 kg/ha |
| 9. käsittely 3 + —"—                                       | 900 kg/ha |

Harvennus- ja lannoituskäsittelyt tehtiin 24.—26.5. 1971. Kokeen perustamisen yhteydessä koalojen rajoile kaivettiin navero-ojat.

Mittaukset puuston tarkan tilavuuden ja tilavuuskas-vun selvittämiseksi tehtiin syksyllä 1981. Kunkin koel-an kaikkien puiden (d1.3 >3 cm) rinnankorkeuslä-

pimitta luettiin 1 mm:n tarkkuudella. Lämpimittajakau-man selvittämisen jälkeen valittiin kuitakin koelalta tasavälein eri läpimittaluokista kahdeksan koepuuta, jotka kaadettiin maanpinnan tasosta. Kaatokoepuista mitattiin maastossa pituus (dm) ja latvusraja (dm maasta) sekä sahattiin viisi kiekkoa rungon eri osista: 2,5 %:n, 10 %:n, 30 %:n, 50 %:n ja 75 %:n suhteellisilta korkeuksilta. Pituuskasvun selvittämiseksi otettiin jokaisen kaatokoepuun latvasta lähtien 50 cm:n välein rungonkappale. Yhteensä kaatokoepuista kertyi 480 kpl. Jokaiselta koelalta mitattiin lisäksi viidestä pisteestä turpeen paksuus (cm). Osalta koetta kerättiin turve-näytteet heinäkuussa 1983 ja toukokuussa 1984. Näyte koostui viidestä koelalan pisteestä otetusta osanäytteestä (erikseen 0—10 cm:n ja 10—20 cm:n turvekerrokset). Turveanalyysit tehtiin Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa standardimenetelmin (Halonen & Tulkki 1981). Turpeesta analysoitiin happamuus, totaalityppi, ammonium- ja nitraattityppi, kokonais- ja liukoinen fosfori, kokonais- ja vaihtuva kalium, kokonais- ja liukoinen magnesium, kalsium, mangaani, rauta, sinkki, kupari ja boori.

Kaatokoepuista sahatuista kiekkoista selvitettiin sisä-työnä läpimitta kahdelta suunnalta (mm), kuorenpak-suus (mm) ja vuosien 1968—81 sädekasvut (0.01 mm). Latvakappaleista tutkittiin vuotuiset pituuskasvut samalta ajanjaksolta 5 cm:n tarkkuudella.

Suhteellisten mittauskorkeuksien läpimittojen, säde-kasvujen ja pituuskasvujen perusteella laadittiin tila-vuuden ja tilavuuskasvun laskemiseksi runkokäyrät ja tilavuusyhtälöt mittaavuodelle ja sitä edeltäneille 13 vuodelle. Laskennassa käytettiin polynomiyhtälöiden ohessa spline-funktioihin perustuvaa runkokäyrää ja simultaanimallilla laadittua runkokäyrää (Kilkki ym. 1978, Laasasano 1982). Kannonkorkeus laskettiin puulajiin, läpimittaan ja puun pituuteen perustuvalla kannonkorkeusyhtälöllä. Tilavuus saatiin runkokäyrän pyörähdysintegraalina kannosta latvaan.

Lannoitus- ja harvennusreaktion suuruuden tilastol-linen testaus suoritettiin varianssi- ja kovarianssianalyy-seillä BMDP-ohjelmistoja käyttäen. Turpeen ravinne-suhteita ja ravinteiden ja puuston kasvun välisiä yhteyksiä tarkasteltiin korrelaatio- ja regressioanalyysillä (REKO).

### 22. Oksansuo 152

Toinen tutkimuskohde, Oksansuo 152, käsitti kaksi-kymmentä 0.0625 ha:n suuruista koelaa. Puusto oli hieman varttuneempaa kuin edellisellä kohteella: valta-pituus lannoitushetkellä 12—13 m ja ikä noin 40 vuotta. Puuston tilavuudesta 20 % oli mäntyä. Ensiharvennus tehtiin kohteella arviolta kymmenen vuotta ennen ko-keen perustamista. 1930-luvun perusojitusta täydennetiin ja puustoa harvennettiin osalla koaloista koetta perustettaessa. Kohde luokiteltiin puolukaturvekan-kaaksi. Harvakseltaan esiintyvien jouhisaran (*C. lasio-*

*carpa*) ja pullosaran (*C. rostrata*) perusteella kohde lie-  
nee ojitettaessa ollut varsinaista sararämettä.

Lannoituskäsittelyt (28.4.—2.5.1972) olivat:

- lannoittamaton
- suometsien PK-lannos (10,5 % P, 12,5 % K)  
400 kg/ha
- —”— 800 kg/ha
- —”— 400 kg/ha + urea (46 % N) 200 kg/ha
- —”— 400 kg/ha + oulunsalpietari (26 % N)  
300 kg/ha

Kukin lannoituskäsittely toistettiin neljästi. Vuonna  
1979 tehtiin kahdella toistolla uusintalannoitus puolta  
pienemmillä lannoiteannoksilla.

Puuston mittauksessa 29.8.—2.9.1983 luettiin kunkin  
koalan kaikkien puiden rinnankorkeusläpimitta (d1.3,  
mm) ja pituus (dm). Koalan kaikista hieskoivuista  
otettiin kairanlastu sädekasvun selvittämiseksi. Koe-  
puiden määrä koelalla vaihteli 17—36:een. Touko-  
kuussa 1984 otettiin lannoittamattomilta koaloilta tur-  
venäytteet ravinteisuuden selvittämiseksi. Lannoitus-  
vaikutusta puuston pohjapinta-alan kasvuun testattiin  
varianssianalyysillä.

### 23. Oisavansuo 165

Kolmannen koeöntän, Oisavansuo 165, puusto oli  
tasakokoista ja teknisesti hyvälaatuista hieskoivikkoa,  
jossa sekapuuna oli mäntyä 25 % tilavuudesta. Puuston

valtapiuus lannoitushetkellä oli 13—14 m ja ikä noin  
40 vuotta. Perusojitus on vuodelta 1932, joten kohde on  
jo turvekangasasteella. Alkuaan suotyyppi lieene tällä-  
kin kuviolla ollut varsinaista sararämettä. Puustoa har-  
vennettiin viimeksi kymmenen vuotta ennen kokeen pe-  
rustamista.

Koe koostui 12 koelasta (à 0,10 ha), jotka saivat  
14.6.1976 kolmena toistona neljä eri käsittelyä:

- lannoittamaton
- suometsien PK-lannos (9 % P, 17 % K) 500 kg/ha
- oulunsalpietari (27,5 % N) 400 kg/ha
- suometsien PK-lannos 500 kg/ha + oulunsalpietari  
400 kg/ha

Puustonmittaukset tehtiin lokakuussa 1983. Kultakin  
koelalta valittiin puidenluvun yhteydessä KUPO-  
summainta käyttäen 25—30 koepuuta, joista mitattiin  
läpimitta rinnankorkeudelta (d1.3, mm) ja pituus (dm).  
Koepuista otettiin myös kairanlastut. Hehtaarikohtai-  
nen pohjapinta-ala ja sen menneen kauden kasvu las-  
kettiin matemaattisen osaston kehittämällä KPL- perus-  
laskentaohjelmistolla. Lannoituksen vaikutusta pohja-  
pinta-alaan tutkittiin kovarianssianalyysillä. Turpeen  
ravinteisuuden selvittämiseksi otettiin toukokuussa 1984  
näytteet lannoittamattomien koalojen turpeen pinta-  
kerroksesta (0—10 cm).

## 3. TULOKSET

### 31. Oksansuo 145

Hieskoivun reagoimista harvennus- ja lan-  
noituskäsittelyihin selvitettiin sekä koepuu-  
että metsikkökohtaisesti. Käsittelyjen vaiku-  
tusta rungon eri osien tilavuuskasvuun tut-  
kittiin muotosuhteiden muutosten avulla  
käyttämällä peruskorkeutena 10 %:n suhteel-  
lista mittauskorkeutta. Myös muotoluvun  
( $f = V/GH$ ) kehitystä tarkasteltiin.

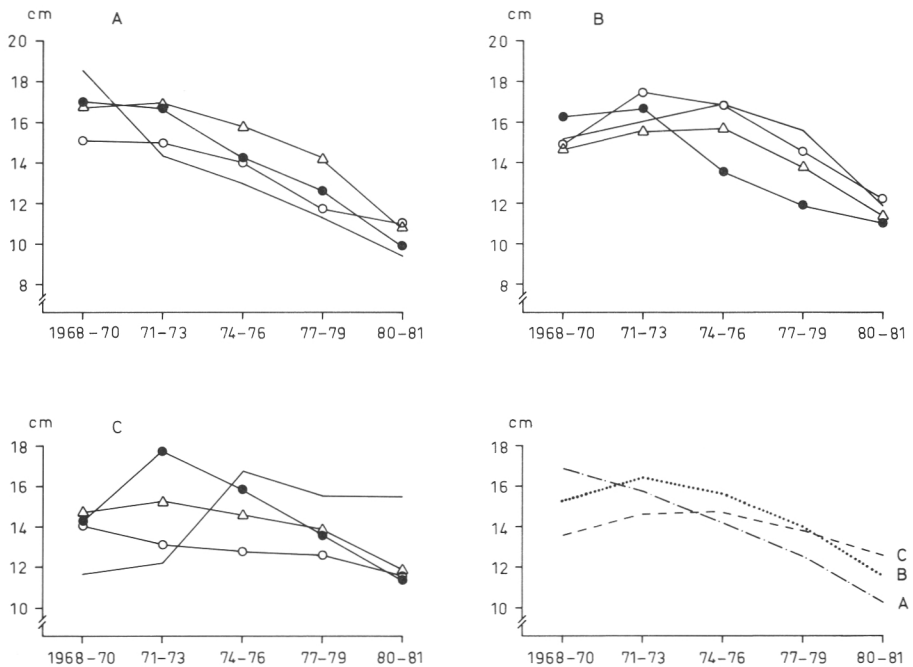
Kaatokoepuiden tarkan tilavuuden las-  
kennassa käytettiin aluksi spline-funktioihin  
pohjautuvaa runkokäyrämallia. Spline-funk-  
tioissa runkokäyrä muodostetaan useasta  
toisiinsa liittyvästä osakäyrästä. Käyrät muo-  
dostettiin edellä mainittujen viiden osakor-  
keuden läpimittojen avulla. Mittauskorkeuk-  
sien vähyys ja alimpien mittauskohtien epä-  
tasainen väli (2,5 %, 5 %, 10 %) aiheuttivat  
kuitenkin runkokäyrään vääristymää, mikä  
etenkin pienillä koepuilla johti harhaiseen ti-  
lavuusestimaattiin. Sen takia lopullinen  
”tarkka” tilavuus johdettiin simultaaniyhtä-

löiden avulla. Kunkin mitatun läpimitan  
avulla estimoitii lähin simultaanimallissa  
mukana olevista suhteellisen korkeuden lä-  
pimitoista. Käytetty simultaanimalli sisältää  
14 osakorkeuden läpimitan estimaatin (Laa-  
sasenaho 1982).

Tilavuuden kehitys tutkimusjaksolla saa-  
tiin kairaustiedoista, jotka mahdollistivat  
runkokäyrän laadinnan koepuille joka vuo-  
delle erikseen. Hehtaarikohtaiset tilavuuden  
ja tilavuuskasvun arviot saatiin normaaliin  
tapaan runkolukusarjalta.

#### 311. Pituuskasvu

Puuston pituuskasvun kehityksen suunta  
oli tutkimuskaudella aleneva. Pituuskasvun  
heikkeneminen oli voimakkainta harventa-  
mattomilla koaloilla ja hitainta voimak-  
kaasti harvennetuilla koaloilla (kuva 1).  
Lannoittamattomilla koaloilla harvennus  
näytti lisäävän pituuskasvua. Kasvun lähtö-  
tasoerot käsittelyjen välillä ja pituuskasvu-



Kuva 1. Pituuskasvun kehitys tutkimuskaudella harvennus- ja lannoituskäsittelyittäin Oksansuon kokeella 145. A = harventamaton, B = lievä harvennus, C = voimakas harvennus, — lannoittamaton,  $\Delta$ — $\Delta$  suometsien PK-lannos,  $\circ$ — $\circ$  suometsien PK-lannos + oulunsalpietari,  $\bullet$ — $\bullet$  suometsien PK-lannos + urea. Eri käyttötasot yhdistetty.

Figure 1. Development of height growth after thinning and fertilization at Oksansuon 145. A = no thinning, B = light thinning, C = heavy thinning, — unfertilized,  $\Delta$ — $\Delta$  PK fertilizer for peatland forests,  $\circ$ — $\circ$  PK fertilizer for peatland forests and Oulu saltpetre,  $\bullet$ — $\bullet$  PK fertilizer for peatland forests and urea. All doses combined.

mittaukseen liittyvät epävarmuustekijät (mm. 5 cm:n luokitus) tosin heikentävät päätelmien luotettavuutta. Tutkimusjakson keskimääräinen pituuskasvu oli hyvin samanlainen eri harvennuskäsittelyjen välillä: harventamaton 13,6 cm, lievä harvennus 14,4 cm ja voimakas harvennus 14,0 cm/vuosi.

Kuvassa 1 näkyy eri tavoin lannoitettujen puiden pituuskasvun kehitys. Käsittelyjen eri tasot esitetään yhdistettynä. Lannoitus hidasti pituuskasvun taantumista tiheällä kasvatusasennolla. Sen sijaan harvennukseen yhdistettynä lannoitus näytti heikentävän kasvua. Eri lannoituskäsittelyjen väliset erot olivat satunnaisia.

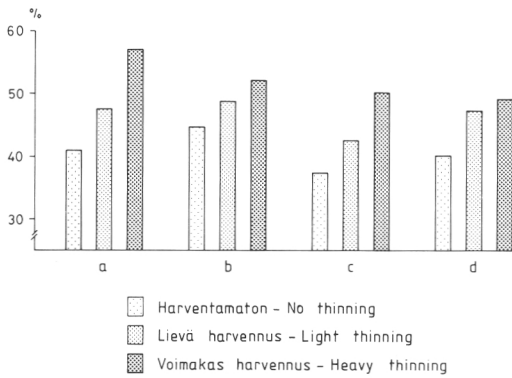
Todetuista vähäisistä eroista huolimatta vuosien 1971—81 keskipituiset eri harvennustapojen välillä poikkesivat varianssianalyysin mukaan toisistaan (F-testin p-arvo 0.0245). Lannoituskäsittelyjen välille eroja ei saatu.

Harvennuksen ja lannoituksen välinen yhdysvaikutus todettiin kuitenkin merkitseväksi (p-arvo 0.0018).

### 312. Latvusraja

Harvennuksesta johtuva metsikön sisäisen valaistuksen lisääntyminen näkyi selvästi latvuksen kehittymisessä (kuva 2). Harventamattomien koalojen koivujen latvusraja maasta mitattuna oli vuonna 1981 keskimäärin 7,5 metrin, lievästi harvennettujen 6,4 metrin ja voimakkaasti harvennettujen 5,9 metrin korkeudella. Vihreän latvuksen osuus puun pituudesta oli vastaavasti eri harvennuskäsittelyittäin 41 %, 47 % ja 52 %. Vaikutus oli selvin lannoittamattomassa puustossa. Tässäkin näkyi epäsuorasti lannoituksesta johtuva pituuskasvun heikkeneminen: vihreää latvusta oli eniten lannoittamattomilla





Kuva 2. Vihreän latituksen osuus puun pituudesta harvennus- ja lannoituskäsittelyittäin vuonna 1981 Oksansuon kokeella 145. a = lannoittamaton, b = suometsien PK-lannos, c = suometsien PK-lannos + oulunsalpietari, d = suometsien PK-lannos + urea.

Figure 2. Crown ratio at Oksansuo 145 ten years after thinning and fertilization. a = unfertilized, b = PK fertilizer for peatland forests, c = PK fertilizer for peatland forests and Oulu saltpetre, d = PK fertilizer for peatland forests and urea.

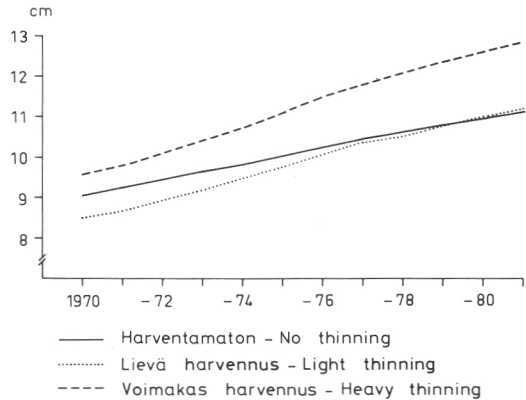
puilla ja vähiten NPK-lannoitetuilla koepuilla. Varianssianalyysin F-testin p-arvot olivat merkitseviä sekä harvennuksen (p-arvo 0.0000) että lannoituksen (p-arvo 0.001) osalta.

### 313. Koepuiden keskiläpimitan ja pohjapinta-alan kehitys

Kokeen perustamishetkellä puuston keskiläpimita (d1.3 m) vaihteli 8,5—9,5 cm:n välillä. Voimakas harvennus järeytti selvästi puustoa tutkimuskaudella (kuva 3). Koepuiden rinnankorkeudelta mitatun poikkileikkauspinta-alan kasvu vuosina 1971—81 oli harventamattomalla 2,6 cm<sup>2</sup>/vuosi, lievästi harvennetulla 3,3 cm<sup>2</sup>/vuosi ja voimakkaasti harvennetulla puustonosalla 4,5 cm<sup>2</sup>/vuosi. Läpimitan kehitys voimakkaasti harvennetuilla koaloilla erosi tilastollisesti harventamattoman puustonosan läpimitan kehityksestä.

### 314. Koepuiden tilavuuskasvun kehitys

Eri latvuserrosten käyttäytymisen tarkastelemiseksi koepuuaineisto jaettiin kahtia: ”isot puut”, joiden tilavuus kokeen alkaessa oli vähintään 30 litraa ja ”pienet puut” (tilavuus alle 30 litraa). Suhteellinen tilavuuskasvureaktio oli samaa suuruusluokkaa eri kookoisilla puilla (kuva 4). Absoluuttinen kasvu-



Kuva 3. Puuston keskiläpimitan kehitys harvennuskäsittelyittäin Oksansuon kokeella 145.

Figure 3. Development of mean diameter of growing stock after thinning at Oksansuo 145.

reaktio oli isoilla puilla kuitenkin suurempi kuin pienillä. Isojen puiden harvennusreaktio myös kulmineoiti kahdesta kolmeen vuotta aikaisemmin kuin pienten puiden. Eniten koepuiden tilavuuskasvu lisääntyi voimakkaan harvennuksen jälkeen.

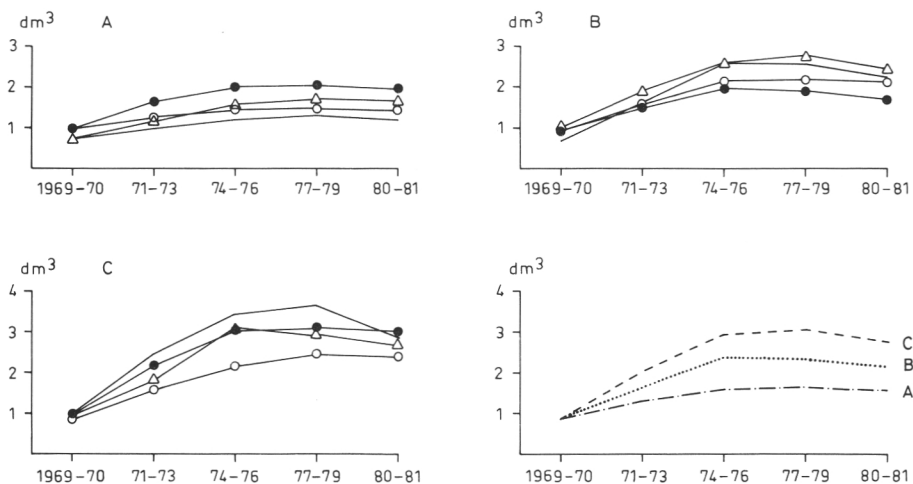
Lannoituksella ei ollut vaikutusta harventamattoman puuston kasvuun. Lievästi harvennetussa puustossa lannoitus näytti hieman heikentävän kasvua. Voimakkaasti harvennetussa puustossa lannoituksen kasvua heikentävä vaikutus näkyi selvästi, etenkin isoilla puilla. Eri lannoituskäsittelyt käyttäytyivät verraten yhtenäisesti.

Harvennuskäsittelyt poikkesivat toisistaan tilastollisesti vuosina 1974—1981 (sekä isot että pienet koepuut). Lannoituksen merkitsevyys jäi heikommaksi. Vain vuosina 1977—81 ilmeni eroja isojen koepuiden kasvussa eri käsittelyjen välillä.

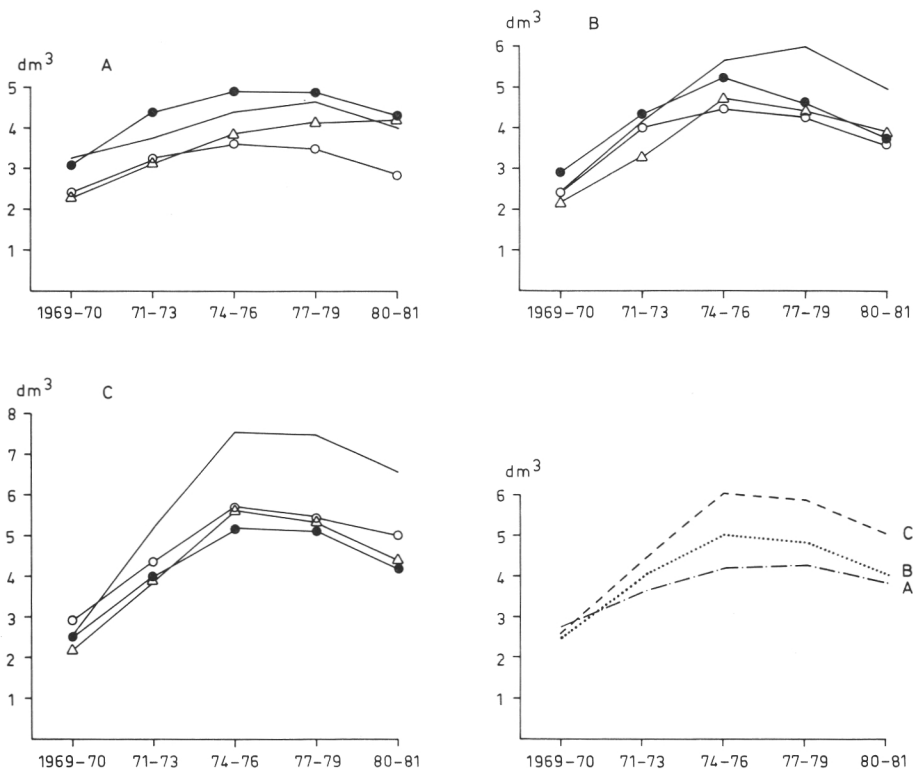
### 315. Muotosuhteet ja muotoluku

Usean mittauskorkeuden käytöllä pyrittiin mahdollisimman eksaktiin koepuiden tilavuuden selvittämiseen, jotta yleisiä koivun runkokäyrämalleja (Laasasenaho 1982) voitaisiin testata. Samalla oltiin kiinnostuneita harvennuksen ja lannoituksen jälkeisestä kasvun jakaantumisesta rungon eri osiin. Kiinteänä vertailukohtana oli koepuun 10 % korkeuden poikkileikkauspinta-alan kasvu.

Pienet puut ( $\leq 30 \text{ dm}^3$  v.1970) - Small trees



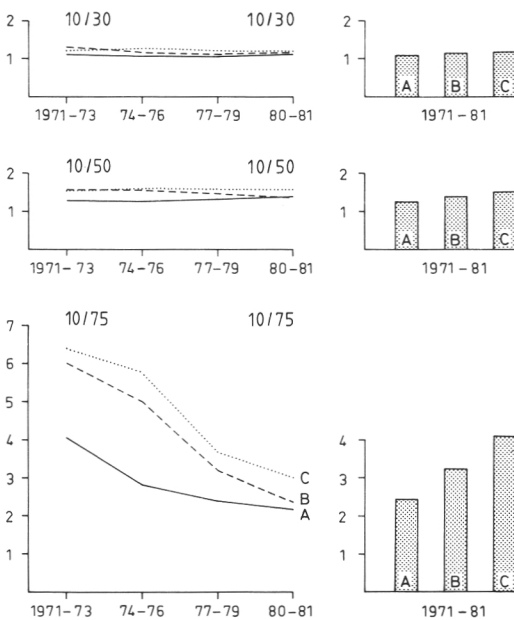
Suuret puut ( $\geq 30 \text{ dm}^3$  v.1970) - Big trees



Kuva 4. Koepuiden tilavuuskasvun kehitys Oksansuon kokeella 145. Harvennukset (A—C) ja lannoitukset kuten kuvassa 1.  
 Figure 4. Volume growth of sample trees at Oksansuo 145. Thinning (A—C) and fertilization treatments as in figure 1.

Harvennuksen jälkeisinä vuosina runkopuun kasvu painottui puun tyviosaan (kuva 5). Jos harventamattomalla koealalla puiden 10 % suhteellisen korkeuden ja 50 % suhteellisen korkeuden läpimitan kasvujen suhdetta merkitään 100:lla, niin lievästi harvennetussa puustossa se oli 121 ja voimakkaasti harvennetussa 133. Vastaavat luvut 10 % ja 75 % kasvujen suhteessa olivat vielä suuremmat: lievästi harvennettu 155 ja voimakkaasti harvennettu 241. Lannoituksen vaikutuksesta ei saatu selvää kuvaa. Voimakkaan harvennuksen yhteydessä annettu NPK-lannoitus tosin näytti painottavan kasvua rungon yläosaan, mutta päätelmän luotettavuutta heikentää se, että samansuuntainen kasvun painottuminen ilmeni puustossa jo lannoitushetkellä.

Varianssianalyysi vahvisti havainnot harvennuksen runkomuotoa muuttavasta vaikutuksesta. Merkitsevät erot harvennustapojen



Kuva 5. Muotosuhteiden muutokset harvennuksen jälkeen. Peruskorkeutena rungon 10 % suhteellinen korkeus. 10/30, 10/50 ja 10/75 = peruskorkeuden poikkileikkausalan kasvun suhde 30 %:n, 50 %:n ja 75 %:n suhteellisten korkeuksien vastaaviin kasvuihin. A = harventamaton, B = lievä harvennus, C = voimakas harvennus. Oksansuon koe 145.

Figure 5. Changes in stem form quotients after thinning. 10 % of tree height is the comparison height. 10/30, 10/50 and 10/75 = ratios between cross-sectional area growth of basic height and cross-sectional area growth of relative height 0.3, 0.5 and 0.75, respectively. A = no thinning, B = light thinning, C = heavy thinning. Oksansuo 145.

välillä todettiin suhteen 10 %/50 % ja etenkin suhteen 10 %/75 % kohdalla (taulukko 1).

Harvennuksen ja lannoituksen välillä (muotosuhde 10/75) oli yhdysvaikutusta vuosina 1974—76. Lannoituksen vaikutus kasvuun jäi vähäiseksi. Lähtötasoerojen vaikutus otettiin huomioon kovarianssianalyysissä käyttämällä kovariaattina muotosuhteiden arvoja vuosina 1968—70. Harvennus muutti muotosuhdetta 10/75 merkitsevästi vuosina 1971—81 ja muotosuhdetta 10/50 vuosina 1971—79 (riskitaso 5 %). Muotosuhteeseen 10/30 harvennuksella ei ollut vaikutusta.

Rinnankorkeusmuotoluvun laskennassa käytettiin kaavaa

$$f = \frac{V}{G \cdot HM} \text{ jossa } \begin{array}{l} V = \text{runkotilavuus} \\ G = \text{pohjapinta-ala} \\ HM = \text{keskipituus} \end{array}$$

ts. muotolukuna käytettiin puun tilavuuden suhdetta pituuden ja rinnankorkeuspoikkileikkausalan tuloon (sylinteriin). Harvennuksella ja lannoituksella ei ollut vaikutusta muotoluvun kehitykseen (taulukko 2). Käsittelyjä ennen vallinneet muotolukuerot säilyivät samoina myös käsittelyjen jälkeen. Myöskään yhdysvaikutuksia harvennuksen ja lannoituksen välillä ei havaittu.

### 316. Metsikön runkopuun tuotos

Puuston vuotuinen runkopuun tilavuuskasvu oli koetta perustettaessa 3—4 m<sup>3</sup>/ha. Harventamattomilla koealoilla kasvun suunta oli 1970-luvulla yleensä kohoava. Lievä

Taulukko 1. Rungon eri osien suhteellinen kasvu tutkimuskaudella. Vertailuna 10 % korkeuden poikkileikkauspinta-alan kasvu. Muotosuhde 10/30 = peruskorkeuden kasvun suhde 30 % korkeuden kasvuun jne.

Table 1. Relative growth of cross-sectional area in different parts of the stem in the years 1971–81. 10 % of tree height is the comparison height. Form quotient 10/30 = ratio of the growth of comparison height to the growth of relative height 0.3 etc.

	10/30	10/50	10/75
Harventamaton No thinning	1.11	1.29	2.51
Lievä harvennus Light thinning	1.15	1.39	3.27
Voimakas harvennus Heavy thinning	1.16	1.48	3.88

Taulukko 2. Rinnankorkeusmuotoluvun kehitys eri harvennus- ja lannoituskäsittelyillä. Harvennus ja lannoitus v. 1971. Oksansuo 145.

Table 2. Development of breast height form factor (i.e. relationship between volume and a cylinder determined by height and cross-sectional area at breast height) after thinning and fertilization at Oksansuo 145.

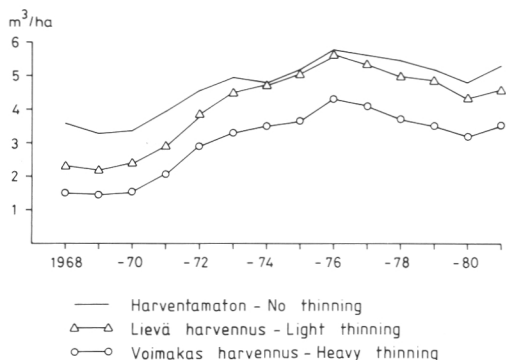
	n	1968—70	1971—73	1974—76	1977—79	1980—81
Harventamaton <i>No thinning</i>	141	0,452	0,456	0,466	0,476	0,480
Lievä harvennus <i>Light thinning</i>	140	0,456	0,463	0,471	0,479	0,482
Voimakas harvennus <i>Heavy thinning</i>	142	0,460	0,470	0,479	0,485	0,487
Lannoittamaton <i>Unfertilized</i>	39	0,448	0,459	0,467	0,474	0,476
Suometsien PK-lannos <i>PK-fertilizer for peatland forests</i>	124	0,446	0,454	0,465	0,476	0,480
Suometsien PK-lannos + oulunsalpietari <i>PK-fertilizer for peatland forests and oulu saltpetre</i>	134	0,464	0,471	0,479	0,485	0,487
Suometsien PK-lannos + urea <i>PK-fertilizer for peatland forests and urea</i>	126	0,464	0,466	0,476	0,485	0,488

harvennus pudotti kasvun 2—3 m<sup>3</sup>:iin hehtaarilla ja voimakas harvennus vastaavasti 1—2 m<sup>3</sup>:iin hehtaarilla. Nopeimmin puut elpyivät lievästä harvennuksesta: käsittelemättömän puuston kasvun taso saavutettiin 4—5 vuoden kuluessa. Voimakkaasti harvennetun puuston kasvu jäi selvästi alemmalle tasolle koko tutkimuskauden ajaksi (kuva 6). Sen sijaan kasvu puuston tilavuusyksikköä kohti

laskettuna oli suurinta voimakkaan käsittelyn jälkeen. Kun harventamattoman puuston tilavuuskasvua merkitään 100:lla, niin lievässä harvennuksessa se oli 11 vuoden aikana keskimäärin 149 ja voimakkaassa 157 (vrt. Oikarinen & Pyykkönen 1981).

Puuston runkotilavuuden hehtaarikohtainen kehitys 5-vuotisjaksoittain harvennuksen jälkeen esitetään kuvassa 7. Voimakkaan harvennuksen aiheuttama kasvutappio ensimmäisenä 5-vuotisjaksona oli 31,8 % ja toisena 5-vuotisjaksona 30,7 %. Vastaavat prosenttiluvut lievän harvennuksen osalta olivat huomattavasti pienemmät: ensimmäinen jakso 4,5 % ja toinen 3,8 %.

Toistojen vähyys ja kasvun suuri vaihtelu kokeen perustamishetkellä vaikeuttivat huomattavasti lannoituksen merkityksen selvittämistä. Eri harvennus- ja lannoituskäsittelyillä saatu tilavuuskasvun kehitys esitetään kuvassa 8. Suometsien PK-lannosta käytetäessä korkein kasvu saatiin suurilla annoksilla (lähinnä 1000 kg/ha). Kun fosforin ja kaliumin ohella käytettiin typpilannoitteena ureaa, niin lannoitetuista puista parhaiten kasvoivat alhaisimman typpitason saaneet puut. Oulunsalpietarin ollessa urean tilalla jäivät eri käyttötasojen erot vähäisiksi. Merkittävää on havaita lannoittamattomien pui-



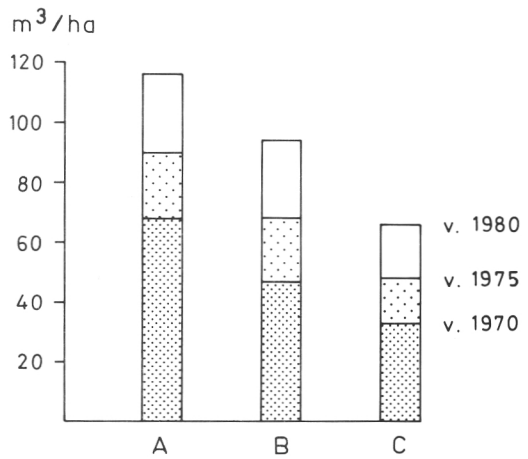
Kuva 6. Puuston tilavuuskasvu harvennuskäsittelyittäin Oksansuon kokeella 145.

Figure 6. Volume growth (m<sup>3</sup> per hectare) of growing stock after thinning at Oksansuo 145.

den kasvaneen tutkimuskaudella yleensä lannoitettuja paremmin.

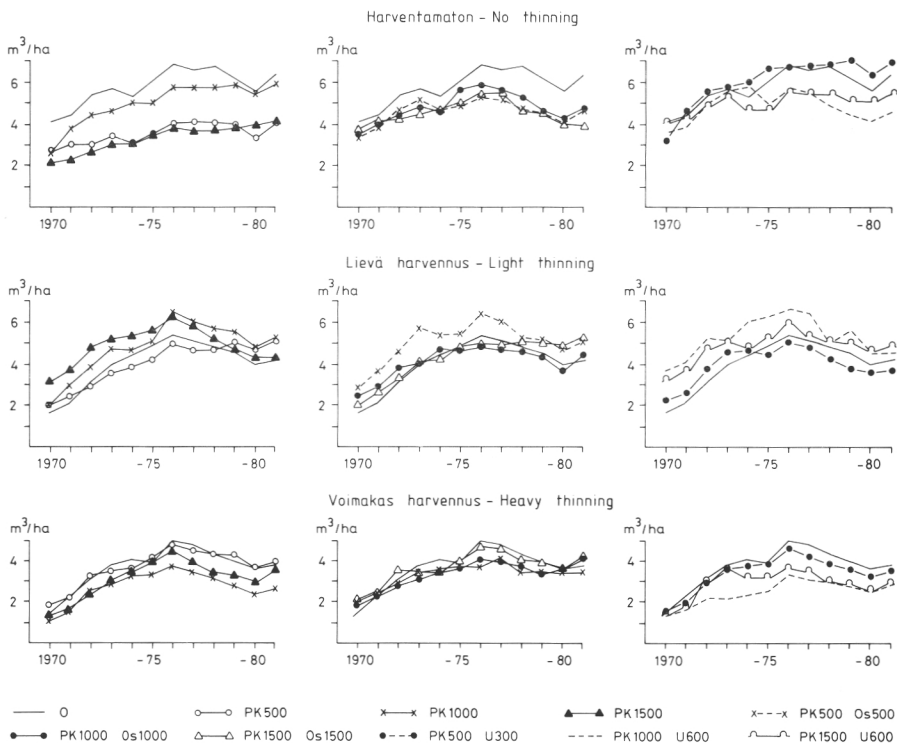
Lannoitteiden käyttömäärien välillä ei havaittu johdonmukaisia eroja. Eri käyttömäärien yhdistäminen toistojen lisäämiseksi katsottiinkin jatkossa perustelluksi. Kovariansianalyysin mukaan lannoitus ei vaikuttanut puuston kasvuun harventamattomilla koelaloilla, mutta heikensi kasvua molemmilla harvennustavoilla (kuva 9). NPK-lannoituilla voimakkaasti harvennetuilla koelaloilla puusto tuotti vuosina 1973—80 merkitsevästi vähemmän kuin ilman lannoitusta. Myös lievästi harvennetulla kokeen osalla lannoittamaton puusto kasvoi parhaiten, joskin tilastollisia eroja todettiin vähemmän. Vuosina 1975—78 lannoittamattomat puut kasvoivat merkitsevästi paremmin kuin suometsien PK:ta ja ureaa saaneet puut.

Kullekin tutkimusjakson vuodelle erikseen tehdyssä varianssianalysissä eri harvennustavat poikkesivat säännöllisesti toisistaan.



Kuva 7. Puuston runkotilavuus 5-vuotijaksottain harvennuksen jälkeen Oksansuo kokeella 145. A = harventamaton, B = lievä harvennus, C = voimakas harvennus.

Figure 7. Stem volume of growing stock ( $m^3$  per hectare) in the year 1970, 1975 and 1980 at Oksansuo 145. A = no thinning, B = light thinning, C = heavy thinning.

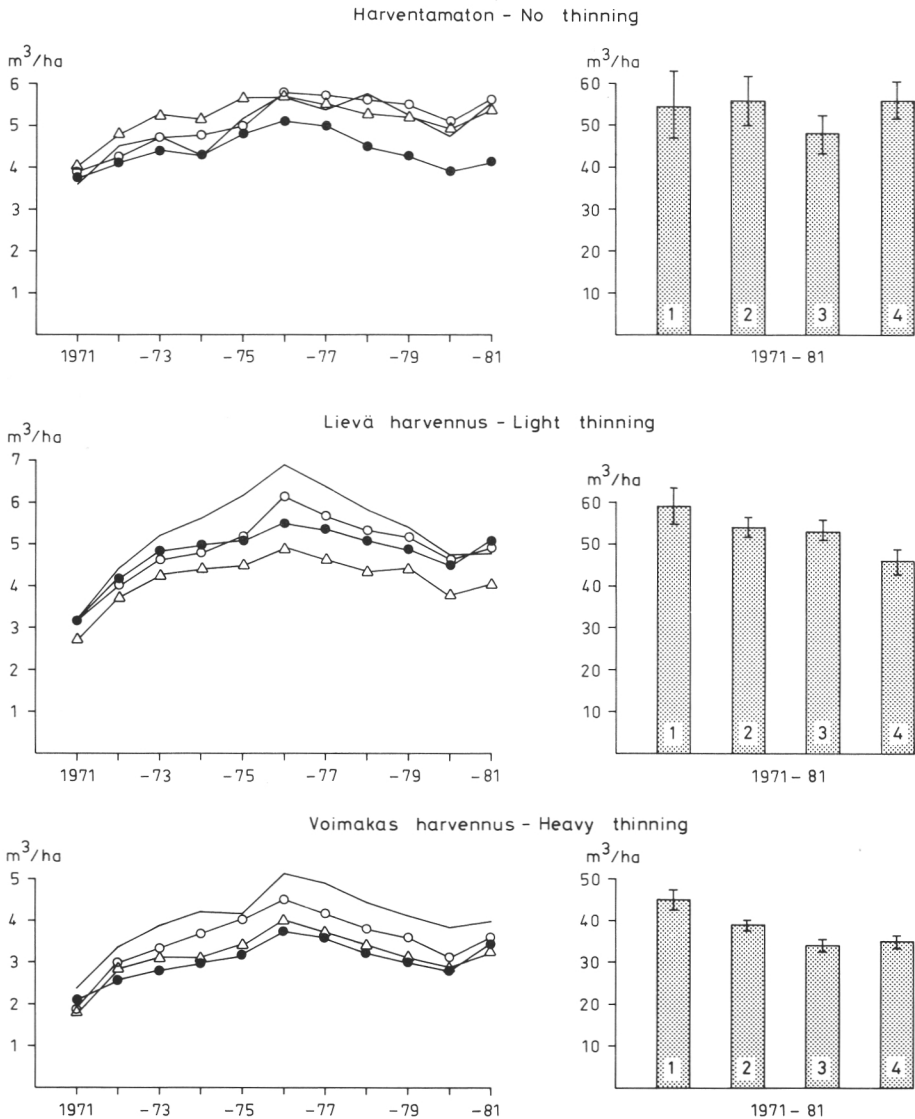


Kuva 8. Puuston tilavuuskasvu harvennus- ja lannoituskäsittelyittäin. PK = suometsien PK-lannoitus, Os = oulunsalpietri, U = urea. Oksansuo koe 145.

Figure 8. Volume growth of growing stock ( $m^3$  per hectare) after thinning and fertilization at Oksansuo 145. PK = PK fertilizer for peatland forests, Os = Oulu saltpetre, U = urea.

Sen sijaan lannoitteiden välisiä eroja näkyi vain muutamana kokeen perustamista seuranneena vuotena. Harvennuksen ja lannoituksen välillä ei todettu yhdysvaikutuksia,

vaikka lannoituksen kasvua alentava vaikutus näkyi selvimmin harvennuksen yhteydessä (liite 2).



Kuva 9. Puuston kovarianssikorjattu tilavuuskasvu ja kasvuarvion keskivirhe (= jana) harvennus- ja lannoituskäsittelyittäin. 1 — lannoittamaton, 2 ○—○ suometsien PK-lannos, 3 ●—● suometsien PK-lannos + oulunsalpietari, 4 △—△ suometsien PK-lannos + urea. Oksansuon koe 145.

Figure 9. Volume growth of growing stock (adjusted by covariance analysis) and standard error of increment in different thinning and fertilizing treatments at Oksansuo 145. 1 — unfertilized, 2 ○—○ PK fertilizer for peatland forests, 3 ●—● PK fertilizer for peatland forests and Oulu saltpetre, 4 △—△ PK fertilizer for peatland forests and urea.

Usean mittauskorkeuden käyttö tilavuuden laskennassa mahdollisti yleisten hieskoivun runkokäyrien soveltuvuuden testauksen. Rungon viideltä suhteelliselta mittausvuoden korkeudelta mitattujen läpimitta- ja sädekasvutietojen pohjalta laadittiin kullekin tutkimusjakson vuodelle runkokäyrä simultaanilyhtälöillä. Simultaanimalli saatiin estimoimalla kunkin mitatun läpimitan avulla lähin simultaanimalliin mukaan tulevista 14:stä suhteellisen korkeuden läpimitoista. Simuloimalla saatuja läpimitan estimaatteja verrattiin sekä kahden (d1.3, h) että kolmen (d1.3, d6.0, h) tunnuksen polynomirunkokäyrillä arvioituun läpimitaan. Samoin verrattiin tilavuuksia. Polynomikäyrän ennustevirhe saatiin vähentämällä runkokäyrällä saadusta tilavuudesta simultaanimallin ”todellinen” tilavuus ja jakamalla erotus ”todellisella” tilavuudella.

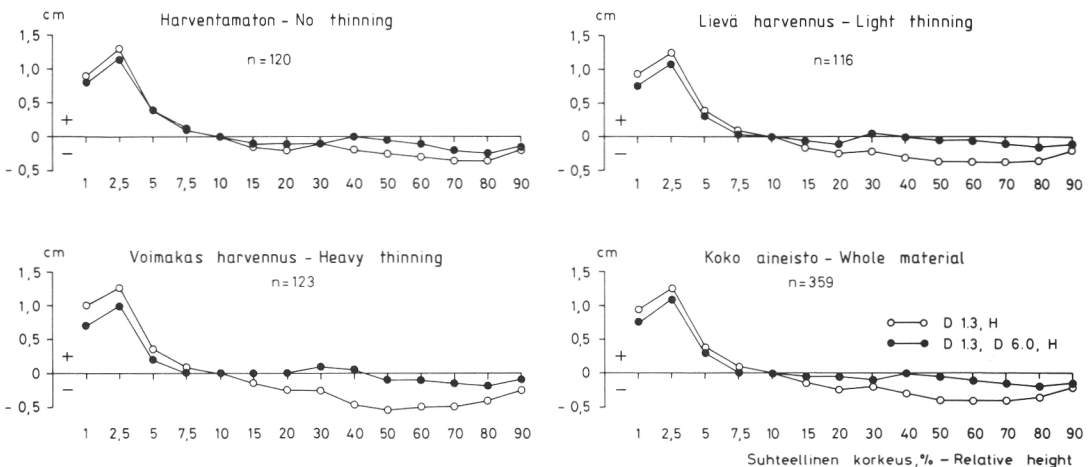
Rungon tyviosalla (1—7,5 %) todettiin kahden ja kolmen tunnuksen yhtälöiden antavan säännöllisesti noin yhden cm:n yliarvion läpimitaan (kuva 10). 7,5 % suhteelliselta korkeudelta ylöspäin tilanne oli päinvastoin: yleisillä runkokäyrämalleilla saatiin lievä aliarvio. Kahta tunnusta käytettäessä se oli 3—5 mm, kolmea tunnusta käytettäessä 2—3 mm mittauskorkeudesta riippuen.

Yksittäisen puun tilavuusestimaattiin kahden tunnuksen malli toi 2—4 % aliarvion. Yläläpimitan mukaanotto vähensi virheen (lievä yliarvio) jo alle yhden prosentin (taulukko 3).

Harvennus- ja lannoituskäsitteilyillä ei ollut suurta vaikutusta runkokäyrän tarkkuuteen mittausvuonna 1981. Tosin voimakkaasti harvennetulla ja lannoitetulla kokeen osalla todettiin suurin tilavuuden aliarvio. Olettamusta, onko tulos tulkittava viitteeksi lannoitetun puun kasvun painottumisesta rungon yläosaan, ei voitu kuitenkaan varmentaa. Puun koolla ei ollut sanottavaa merkitystä virheen prosentuaaliseen suuruuteen (kuva 11).

Yksittäisen koivurungon tilavuusarvion tarkkuus nähdään taulukosta 4, jossa on esitetty virheiden jakauma prosenttiluokittain. Lisäksi taulukkoon on merkitty summafrekvenssi. 50,4 %:lla koepuista virhe oli viisi prosenttia tai pienempi, kun käytettiin kahden tunnuksen mallia. Kolmen tunnuksen mallilla se oli vastaavasti 89,4 %. Harvennus- tai lannoitustavoittain tarkasteltuna tulos oli lähes samanlainen. Suurimmillaan virhe yksittäisellä puulla oli kuitenkin yli 20 %.

Edellä tehdyt vertailut koskevat mittausvuotta 1981 eli tilannetta 11 kasvukauden jälkeen kokeen perustamishetkestä. Edellä kuvatun mukaisesti konstruointi sädekasvu-



Kuva 10. Tilavuusyhtälöiden läpimitaestimaattien virhe rungon eri osissa. Tarkka tilavuus laskettu simultaanimallilla. + = yliarvio, - = aliarvio.

Figure 10. Differences between the diameters obtained by the polynomial taper curves and the exact diameters obtained by the simultaneous equations, in different parts of the stem. Diameter at breast height (d1.3), diameter at a height of 6 m (d 6.0) and height (h) are known in polynomial taper curves. + = overestimate, - = underestimate, n = number of sample trees.

Taulukko 3. Tilavuusyhtälöiden virheprosentti harvennus- ja lannoituskäsitellyitäin v. 1981. 2 tunn = d1.3, h, 3 tunn = d1.3, d6.0, h. Oksansuo 145.

Table 3. The means of the percentage differences between the exact volume obtained by the simultaneous equations and estimates obtained by polynomial taper curve equations. 2 and 3 characters = equations based on breast height diameter and height, or breast height diameter, diameter at the height of 6 m and height, respectively. - = underestimate, + = overestimate.

	Harventamaton No thinning		Lievä harvennus Light thinning		Voimakas harv. Heavy thinning		Keskim. On the aver.	
	2 tunn 2 char.	3 tunn 3 char.	2 tunn 2 char.	3 tunn 3 char.	2 tunn 2 char.	3 tunn 3 char.	2 tunn 2 char.	3 tunn 3 char.
Lannoittamaton Unfertilized	-3,6	-0,2	-0,4	2,7	-3,0	0,3	-2,7	0,7
Suometsien PK-lannos PK-fertilizer for peatland forests	0,6	2,2	-3,5	0,4	-4,2	0,6	-2,8	0,1
Suometsien PK- lannos + urea PK-fertilizer for peatland forests and urea	-3,8	0,4	-5,3	0,1	-5,0	0,6	-4,7	0,4
Suometsien PK-lan- nos + oulunsalpietari PK-fertilizer for peatland forests and oulu saltpetre	-1,8	-0,5	-3,1	1,3	-4,7	0,8	-3,3	0,5
Keskimäärin On the average	-2,2	0,3	-3,7	0,7	-4,7	0,7		
					KOKO AINEISTO WHOLE MATERIAL		-3,6	0,6

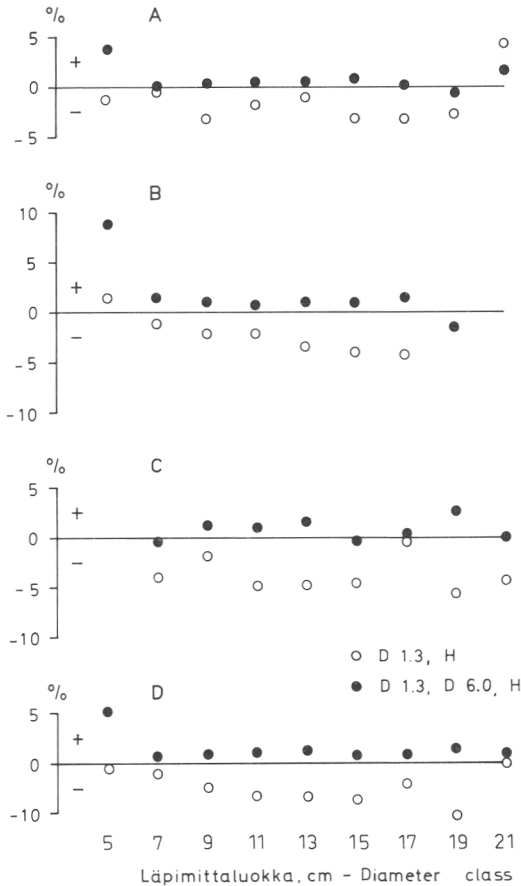
Taulukko 4. Puiden lukumäärä (N) ja suhteellinen summafrequenssi (SF) virheprosenttiluokittain.

Table 4. The number of sample trees (N) and relative sum frequency (SF) by classes of error percent. The volume estimates obtained by taper curve equations (d1.3, h or d1.3, d6.0, h) have been compared to the growth estimates obtained by exact simultaneous equations.

Virhe Error %	d 1.3, h		d 1.3, d 6.0, h	
	N	SF	N	SF
1	23	6,4	50	13,9
2	43	18,4	129	49,9
3	36	28,4	65	68,0
4	49	42,1	38	78,6
5	30	50,4	39	89,4
6	37	60,7	19	94,7
7	24	67,4	12	98,1
8	25	74,4	1	98,3
9	28	82,2	1	98,6
10	15	86,4	1	98,9
11	17	91,1	1	99,2
12	8	93,4	2	99,7
13	8	95,5	—	—
14	7	97,5	1	100,0
15	3	98,3		
16	2	98,9		
18	1	99,2		
19	1	99,4		
20	1	99,7		
23	1	100,0		

tietojen perusteella kullekin tutkimusjakson vuodelle sekä simultaanimallilla että polynomirunkokäyriä käyttäen tilavuusestimaatit, joita verrattiin keskenään (kuva 12). Ajassa taaksepäin mentäessä näytti tilavuusestimaatin virheprosentti kasvavan kahta tunnusta käytettäessä yliarvion suuntaan: vuonna 1981 todettu aliarvio muuttui yliarvioksi. Kolmea tunnusta käytettäessä virhe säilyi samansuuruisena koko tutkitun kauden ajan. Harvennusreaktion ajalliseen kulkuun nähden saatu tulos tuntuu luonnolliselta. Ensimmäisinä vuosina harvennuksen jälkeen pelkkä läpimitan ja pituuden yhdistelmä tilavuuden laskennassa antaa yliarvion, koska kasvu suuntautuu puun tyvelle. Kasvunlaskentaan liittyvien epävarmuustekijöiden vuoksi on virheprosentin ajallisesta muuttumisesta saatuja havaintoja pidettävä vain suuntaa-antavana.



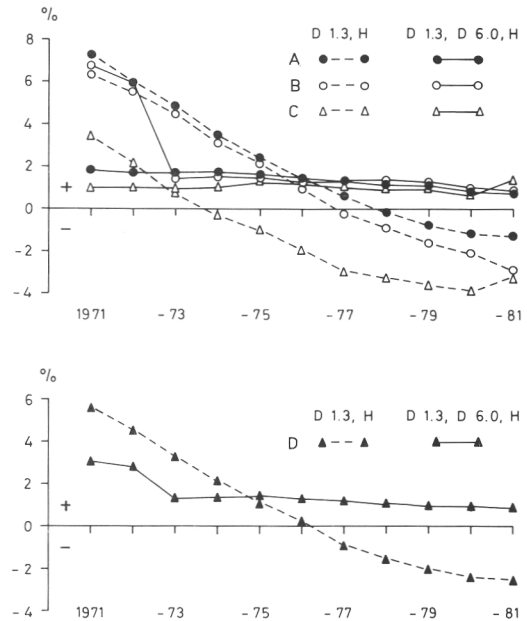


Kuva 11. Tilavuussyhtälöiden virheprosentti eri kokoisilla puilla. + = yliarvio, - = aliarvio. A = harventamaton, B = lievä harvennus, C = voimakas harvennus, D = koko aineisto.

Figure 11. The means of the percentage differences between the exact volumes and estimates obtained by volume equations (d1.3, h and d1.3, d6.0, h) in different diameter classes. + = overestimate, - = underestimate, A = no thinning, B = light thinning, C = heavy thinning, D = all sample trees.

### 318. Turpeen ravinteisuus

Kesällä 1983 kerättiin osalta koetta turvenäytteet. Tällä haluttiin katsoa, näkyisivätkö etenkin voimakkaan lannoituksen myötä tulleet ravinteet vielä 12 vuoden jälkeen kasvu- alustassa. Analysoiduista ravinteista tehty testi osoitti eri ravinteiden pitoisuuksien ja happamuuden poikkeavan varsin vähän toisistaan eri tavoin lannoitetuilla koaloilla (liite 3). Lannoitetun koalan ravinnepitoisuudet suhteessa lannoittamattoman koalan vastaaviin olivat kuitenkin korkeammat pintaturpeessa (0—10 cm) kuin syvemmällä



Kuva 12. Polynomiyhtälöiden tilavuusarvion virhe tutkimusjakson eri vuosina. A = harventamaton, B = lievä harvennus, C = voimakas harvennus, D = koko aineisto.

Figure 12. The means of the percentage differences between the exact volumes obtained by the simultaneous equations and estimates obtained by volume equations (d1.3, h and d1.3, d6.0, h) in the years 1971–81. A = no thinning, B = light thinning, C = heavy thinning, D = all sample trees.

(10—20 cm), mikä saattaa viitata lannoituksen vaikutuksen painottuneen lähelle maanpintaa. Havaittua suuntausta ei voitu kuitenkaan tilastollisesti varmentaa. Selvimät erot todettiin turpeen kokonaistypen kohdalla. Typpipitoisuuden vaihtelun nähtiin kuitenkin suureksi osaksi johtuvan turpeen paksuseroista: turvekerroksen paksuuntuessa typpipitoisuus kohosi.

Yllättävää oli havaita lannoittamattoman ja PK-lannoitetun turpeen sisältävän enemmän typpeä kuin voimakkaasti typpellä lannoitettu turve. Pintaturpeen osalta ero osoitautui varianssianalysissä merkitseväksi. Liukoisten ravinteiden, etenkin ammoniumtyypen pitoisuudet jäivät alhaisiksi ilmeisesti näytteenottoajankohdasta (heinäkuun puoli-väli) johtuen.

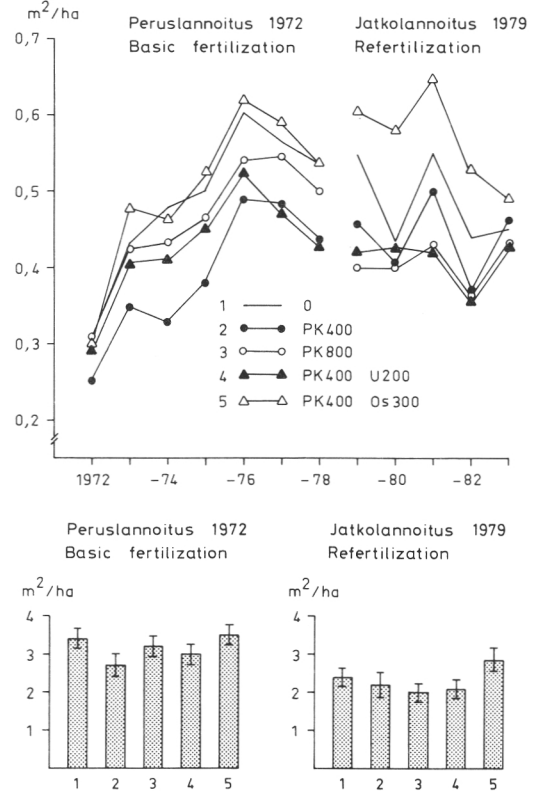
Turpeen paksuus vaikutti voimakkaasti syvemmän näytteenottoeroksen (10—20 cm) ravinnesuhteisiin. Mainitussa syvyydessä turpeen paksuus korreloi positiivisesti kokonaistypen, -fosforin, -kalsiumin, -raudan, -kupa-

rin ja -boorin kanssa. Magnesium- ja sinkki-pitoisuudet puolestaan alenivat turvekerroksen vahventuessa. Kokonaiskalium ei korreloinut turpeen paksuuden kanssa. Turpeen pintakerroksessa (0—10 cm) ainoastaan kokonaistypen ja turpeen paksuuden välillä todettiin positiivinen korrelaatio. Ylemmän näytteenottokerroksen ravinnesuhteet eivät näyttäneet kovin paljon riippuvan turpeen paksuudesta, ts. pohjamaan vaikutus ei saattavasti näkynyt 0—10 cm:n pintaturpeessa. Pintakerroksessa ainoastaan kokonaistypen ja turpeen paksuuden välillä todettiin positiivinen korrelaatio. Koepuiden vuoden 1981 tilavuuskasvu korreloi pintaturpeen ravinteiden kanssa yleensä negatiivisesti ja syvemmän turvekerroksen ravinteiden kanssa positiivisesti, joskaan ei kovin voimakkaasti. Tilavuuskasvu ei näyttänyt riippuvan turpeen paksuudesta (liite 4).

Pintaturpeen ravinteisuus osoittautui heikoksi tilavuuskasvun selittäjäksi. Regressiomalli, jossa selittävinä muuttujina olivat kokonaistyyppi, -fosfori ja -kalium, selitti kasvun vaihtelusta 15 %. Syvemmän (10—20 cm:n) turvekerroksen ravinteilla ja kasvulla oli kiinteämpi yhteys. Edellämainittua analyysia kokeiltaessa kaikki pääravinteet osoittautuivat merkitseviksi tai lähes merkitseviksi selittäjiksi ja mallin selitysasteeksi saatiin 34 %. Paras ja samalla harhattomin malli kokeiluista saatiin yhdistelmällä, jossa selittäjinä olivat turpeen paksuus, kokonaistyyppi, -fosfori, -kalium, -mangaani ja kokonaisfosforin neliötermi (selitysaste 65 %) (liite 5). Tulos vahvistaa olettamusta hieskoivun ravinteidenoton painottuneen enemmän 10—20 cm:n kuin 0—10 cm:n kerrokseen.

### 32. Oksansuo 152

Puusto Oksansuon kokeella 152 ei ollut puhdasta koivikkoa, vaan sisälsi mäntyä sekapuuna. Lannoitusreaktion selvittämisessä tyydyttiin puuston pohjapinta-alan antamaan informaatioon. Puuston tilavuuden ja kasvun suuren vaihtelun vuoksi saatuja tuloksia on pidettävä vain suuntaa-antavina. Kovarianssianalyysin kovariaattina käytettiin lannoitusta edeltäneen kolmen vuoden (1969—71) pohjapinta-alan kasvun keskiarvoa. Kovariaatin käyttö ei kuitenkaan tuonut oleellista muutosta tulokseen.



Kuva 13. Puuston pohjapinta-alan ( $m^2/ha$ ) kasvu perus- ja jatkolannoituksen jälkeen Oksansuon kokeella 152. PK = suometsien PK-lannos, U = urea, Os = oulunsalpietari.

Figure 13. The basal area growth of growing stock ( $m^2$  per hectare) after basic and refertilization at Oksansuo 152. PK = PK fertilizer for peatland forests, U = urea, Os = Oulu saltpetre.

Vuoden 1971 lannoituksen ei voitu havaita vaikuttaneen puuston kasvuun (kuva 13). Lievä positiivinen kasvureaktio tosin ilmeni yhdistetyn typin (oulunsalpietari 300 kg/ha) ja fosfori-kalium-käsittelyn (suometsien PK-lannos 400 kg/ha) jälkeen. Pelkän PK-lannoituksen saaneet puut taas kasvoivat heikommin kuin lannoittamattomat. Tilastollisia eroja ei todettu (liite 6).

Jatkolannoitus vuonna 1979 antoi samansuuntaisen tuloksen. Oulunsalpietari yhdessä suometsien PK-lannoksen kanssa näytti hiukan lisäävän kasvua; muilla käsittelyillä vaikutusta ei havaittu.

Kokeen lannoittamattomilta koelaita tehty kasvualueen kemiallinen analyysi osoitti ravinteisuuden samankaltaiseksi kuin muillakin tutkituilla kohteilla (liite 1).

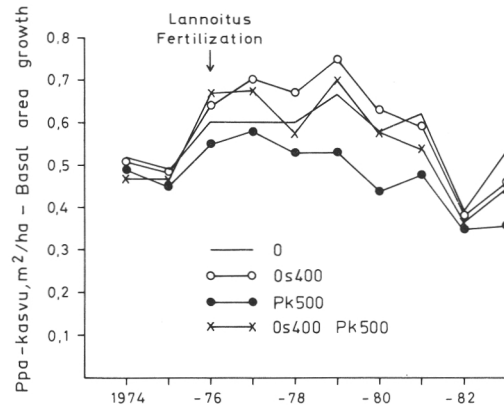
### 33. Oisavansuo 165

Ravinteisuudeltaan ja turpeen paksuudeltaan Oisavansuon koekenttä muistutti edellä kuvattua Oksansuon koetta 145. Puusto sen sijaan oli järeämpää ja siinä oli neljäsosa mäntyä. Hieskoivu oli tekniseltä laadultaan korkealaatuista: suoraa ja vähäoksaista. Edellinen harvennushakkuu tehtiin kohteella kymmenisen vuotta ennen kokeen perustamista.

Puustotunnuksista tällä kokeella seurattiin vain pohjapinta-alan kehitystä. Pohjapinta-alan kasvu oli samansuuntainen kaikilla lannoituskäsittelyillä (kuva 14). PK-lannoitetuilla koelaitteilla se tosin jäi selvästi muita alem-

malle tasolle. Typpilannoitus sekä yksin että fosforin ja kaliumin kanssa yhdessä annettuna näytti lisäävän puuston kasvua vuosina 1976—77. Erot olivat kuitenkin merkitseviä vain vuonna 1976, jolloin suometsien PK-lannosta ja oulunsalpietaria saaneiden puiden kasvu poikkesi lannoittamattomien ja PK-lannosta saaneiden puiden kasvusta (liite 7).

Lannoittamattomilta koelaitteilla touko-kuussa 1984 tehty turpeen ravinneanalyysi osoitti kasvupaikan turpeen verraten ravin-nerikkaaksi. Turpeen kokonaistyyppipitoisuus oli keskimäärin 2,43 %, fosforin 1,62 mg/g ja kaliumin 0,54 mg/g (liite 1).



Kuva 14. Kovarianssikorjattu puuston pohjapinta-alan kehitys lannoituskäsittelyittäin Oisavansuon kokeella 165. Kovariaattina vuosien 1974—75 pohjapinta-alan kasvu. Os = oulunsalpietari, PK = suometsien PK-lannos.

Figure 14. The basal area growth of growing stock ( $m^2$  per hectare) after fertilization at Oisavansuo 165. Os = Oulu saltpetre, PK = PK fertilizer for peatland forests.

## 4. TULOSTEN TARKASTELU

### 41. Tulosten luotettavuus ja yleistettävyys

Lannoituksen vaikutusta hieskoivikon kasvuun on tässä työssä tarkasteltu kolmella koekentällä, jotka ravinteisuudeltaan ja turpeen paksuudeltaan olivat likipitään vertailukelpoisia. Myöskään puuston ikä- ja kehitysluokkaerot eivät olleet suuria. Mäntysekoituksen osuus kuitenkin vaihteli kokeiden välillä.

Puustomittausten tarkkuus vaihteli eri kokeilla. Kun Oksansuo 145:lla käytettiin tarkkaa tilavuuden laskentatapaa — useat kairauskorkeudet ja simultaanimallitus —, niin muilla kokeilla jouduttiin tyytymään hehtaarikohtaisen pohjapinta-alan kehityksen selvittämiseen.

Oksansuo 145:llakin on tulosten yleistettävyyden suhteen omat rajoituksensa. Ehkä suurimman epävarmuustekijän tuloksiin tuo koelakoon pienuus (0,04 ha) ja siitä johtuvat vaippavaikutukset. Niinpä esimerkiksi valaistusolot ovat tasoittuneet harvennuskäsittelyjen välillä harventamattoman koalan saadessa ”ylimääräistä” valoa viereiseltä harvennetulta koeralta. Harvennettu koala ei puolestaan ole päässyt täysimääräisesti hyötymään harvennuksesta viereisten harventamattomien koalojen puuston sivuvartojen takia.

Samoin jokasyksyisen lehtikarikkeen sekoittuminen koalojen välillä on mahdollisesti tasoittanut ravinnetilaa ja siirtänyt lannoitteena annettuja ravinteita koeralta toiselle. Vaippavaikutuksia tosin pyrittiin pienentämään koalojen rajoille kaivetuilla navero-ojilla ja siten, ettei koepuita valittu kolmea metriä lähempää koalan rajaa. Muiden koekenttien, Oksansuo 152 ja Oisavansuo 165, koelakokoa voi pitää riittävänä.

Oksansuo 145:lla testattiin yleisiä koivun tilavuuden laskentaan käytettyjä polynomirunkokäyriä ja niiden todettiin soveltuvan hyvin ko. tyyppisten turvemaan hieskoivikoiden tilavuuden laskentaan. Kahta puutunnusta (d1.3, h) käytettäessä tilavuusar-

vion virhe oli keskimäärin -3,6 % ja kolmea tunnusta (d1.3, d6.0, h) käytettäessä vain 0,6 %. Laasasenahon (1982) julkaisussa polynomirunkokäyrien antamien ja oikeiden tilavuuksien prosentuaaliset erot koivulla olivat 0,53 % (2 tunnusta) ja 0,61 % (3 tunnusta). Erojen vertailu eri aineistoissa on tosin tehtävä varoen, sillä rungon voimakkaasta kapenemisesta tyvellä seuraa, että pienikin ero maanpinnan tason eli mittauksen alkupisteen määrittämisessä vaikuttaa tyven läpimittaan ja puun tilavuuteen (ks. Vuokila, Laasasenaho ja Ihalainen 1984). Joka tapauksessa tässä aineistossa saatu tulos tukee hypoteesia siitä, että yleisiä runkokäyrämallia voidaan käyttää myös turvemaan koivikon tilavuuden laskennassa.

### 42. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus

Harvennus Oksansuo 145:lla nopeutti jäljelle jääneen puuston järeytymistä tuntuvasti. 30 %:n poistuma (runkoluku 3000:sta 2000:een) ei juuri alentanut hehtaarikohtaista tuotosta. Yli 50 %:n harvennuspoistuma (runkoluku 3000:sta 1000:een) sen sijaan johti hehtaarikohtaisen tuotoksen alenemiseen koko tutkimuskauden ajaksi. Mainittakoon, että Fermin (1983) hieskoivun harvennusta koskevassa selvityksessä voimakas harvennus aiheutti viiden vuoden aikana 25 %:n kasvutappion. Myös Vuokila (1962) totesi kangasmaan koivikon tilavuuskasvun heikkenevän harvennuksen jälkeen voimakkaasti ja elpymisen olevan hitaampaa kuin männynllä. Toisaalta Oikarinen ja Pyykkönen (1981) päätyivät tulokseen, jonka mukaan turvemaan hieskoivikon harvennuksessa poistuma voi kohota 40 %:iin puuston tilavuudesta ja kuitenkin selvittää 10 %:n kasvutappiolla.

Oksansuon kokeella 152 ja Oisavansuon kokeella 165 lannoitus vaikutti hieskoivun kasvuun vain vähän tai ei ollenkaan. Oksansuon kokeella 145 käytännön lannoitusosuudesta selvästi suuremmat annokset etenkin

typeä käytettäessä heikensivät kasvua. Ulkoisesti havaittavia kasvuhäiriöiden oireita ei puustossa kuitenkaan tavattu (ks. esim. Raitio & Rantala 1977).

Koivun heikkohoito lannoitusreaktio on tullut aiemminkin esille. Viro (1974) toteaa puhtaana kangasmaakoivikon hyötyneen lannoituksesta vain kolmen vuoden ajan — sekäpuuna havupuiden joukossa ollessaan koivun lannoitusreaktio oli pitkäaikaisempi. Ruotsalaisten tutkimusten (Jonsson & Möller 1976) mukaan koivun lannoitusreaktio kangasmaalla oli 160 kg typpiannoksella vain 35 % männyn vastaavasta. Rosvall (1980) puolestaan esitti koivun lannoitustuloksen olevan noin 50 % männyllä saadusta. Koivun reagointi lannoitukseen heikkeni Rosvallin (1980) mukaan parhailla kasvupaikoilla pintakasvillisuuden lisääntymisen johdosta. Turvemaan hieskoivikossa tehty kotimainen selvitys osoitti hieskoivun lannoitusvaikutuksen jokseenkin olemattomaksi (Oikarinen & Pyykkönen 1981).

Lannoituksen vaatimattoman vaikutuksen eräänä syynä voi olla valoisan koivikon alla tehokkaasti ravinteista kilpaileva runsas pintakasvillisuus, joka käyttää huomattavan osan lannoituksessa annetuista ravinteista (Viro 1974). Koivikolle tyypillinen heinä- ja ruohokasvillisuus käyttää erittäin runsaasti typpeä ja kaliumia ja ottaa metsikön kasvilisäyteen vuosittain sitoutuneista ravinneistä 20—40 % (Mälkönen 1977). Sekä typpi että kalium on molemmat todettu tärkeiksi ravinteiksi koivun kasvuun (Penningsfeld 1964, Junack 1966, Trillmich & Uebel 1970). Syväjuurisena puulajina koivu ei ennätkä käyttää hyväkseen verraten lyhytaikaista runsaan ravinteisuuden kautta.

On myös viitattu koivun ”tuhlailevan” ravinteiden käyttöön — pudottaahan se joka vuosi lehtikarikkeen mukana huomattavan osan ravinteistaan eikä siirrä niitä runkopuuhun yhtä tehokkaasti kuin havupuut (Viro 1955). Ravinteiden sisäinen kierto on ”tehotonta” etenkin nuorissa koivikoissa (ks. Ferm & Markkola 1985). Toisaalta ravinteiden kierron tehottomuus tuskin selittää lan-

noituksen heikkoa vaikutusta, sillä koivua ”tuhlailevammilla” poppelilla ja pajulla saadaan — ehkä juuri ravinteiden kierron tehottomuuden takia — selviä lannoitusefektejä tietyillä kasvupaikoilla.

Pintaturpeen verraten korkea ravinteisuus sekä turvekerroksen ohuus selittänevät myös osaltaan heikkoa lannoitustulosta tutkituilla kohteilla. Kun tyyntä luontainen mobilisaatio turpeessa lienee riittävän nopeaa ja kun koivu syväjuurisena puuna saa kaliumin ja fosforin ohuen turvekerroksen alta pohjamaasta, tulevat koivun ravinnetarpeet suurelta osin tyydytetyiksi. Hieskoivu on etenkin turvemaalla biologialtaan varsin kilpailukykyinen puulaji. Juuriston mykoritsämäärät syväjuurisella turpeella ovat korkeammat kuin havupuiden (Heikurainen 1958) ja juuristo tulee toimeen vähähappisessa maassa (Huihari 1954). Näin ollen koivun kyky käyttää ravinteita hyväkseen lienee suurempi kuin männyn tai kuusen.

Gustavsenin ja Mielikäisen (1984) laatimia luonnonmetsien koivikoiden pituusboniteetti-luokkia hyväksikäyttäen selvitettiin kohteiden kasvupaikkaluokka. Oisavansuo 165:lla puuston valtapituus 50 vuoden rinnankorkeusikäällä on 16 m (H50 = 16), Oksansuo 145:lla samoin 16 m ja Oksansuo 152:lläkin 14 m. Metsätyyppeihin rinnastettuna puuston kehitys vastaa Etelä-Suomen mustikka- ja puolukka-tyypin koivikon kehitystä. Tämäkin tulos vahvistaa oletusta kohteiden verraten korkeasta luontaisesta kasvupotentiaalista.

Koivun suuremman ravinnetarpeeseen ja pintakasvillisuuskilpailuun viitaten on esitetty, ettei nykyisillä lannoitussuosituksilla koivua saada paljoa reagoimaan lannoitukseen. Nykysuosituksia suuremmilla annostuksilla ei tulos tässä selvityksessä olleet rohkaisevia. Päinvastoin, kolminkertainen määrä lannoitetta suositukseen nähden pikemminkin heikensi koivikon kasvua. Negatiivinen vaikutus näkyi etenkin voimakkaan harvennuksen yhteydessä. Oikarisen & Pyykkösen (1981) selvityksessäkin lannoitus näytti lisäävän kasvua eniten suurimman puustopääoman säilyttäneillä koaloilla.

## 5. TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin lannoituksen vaikutusta hieskoivun kasvuun kolmannella ohutturpeisella, reheväpohjaisella muuttumaturvekangasvaiheen ojitusalueella. Yhdellä kohteella tarkasteltiin myös harvennuksen vaikutusta hieskoivikon kehitykseen. Samalla arvioitiin yleisten koivun runkokäyrämallien soveltuvuutta turvemaan hieskoivikon tilavuuden laskentaan. Turveanalyysien avulla tutkittiin kohteiden kasvualustan ravinteisuutta ja lannoituksen vaikutusta siihen.

Tutkimusmetsikköinä olivat kolme Pyhäkosken kokeilualueessa Muhoksella sijaitsevaa, 1970-luvun alkupuolella lannoitettua hieskoivikkoa: Oksansuo 145, Oisavansuo 165, Oksansuo 152. Kaikilla kohteilla peruskuivatus oli 1930-luvulta. Kokeiden ravinteisuustaso on alkuun ollut lähinnä suursaratasoa. Puuston mittaushetkellä 1980-luvun alussa turpeen paksuus vaihteli 30—50 cm. Kokeita perustettaessa puuston valtapituus oli 9—12 m ja ikä 30—40 vuotta.

Puustomittaukset tehtiin syksyllä 1981 ja -83 sekä turveanalyysit kesällä 1983 ja keväällä 1984. Oksansuo 145:lla puuston tilavuus ja 1970-luvun tilavuuskasvu selvitettiin tarkasti rungon viiden suhteellisen korkeuden läpimittojen ja vuotuisten pituuskasvujen avulla. Oksansuo 145:lla voitiin tutkia myös harvennuksen vaikutusta kasvuun. Kasvun jakaantumista rungon eri korkeuksille lannoituksen ja harvennuksen jälkeen selvitettiin muotosuhteiden ja rinnankorkeusmuotoluvun muutoksien avulla. Oisavansuo 165:lla ja Oksansuo 152:lla puustotunnuksista mitattiin pohjapinta-ala ja sädekasvu. Kasvualustan turpeesta analysoitiin pääravinteet typpi, fosfori ja kalium (erikseen totaalit ja liukoiset) sekä joukko hivenravinteita.

Oksansuo 145:lla lannoitus (suometsien PK-lannos, urea ja oulunsalpietari eri yhdistelminä ja määrinä) ei vaikuttanut hieskoivun tilavuuskasvuun tutkimuskaudella 1971—81. Ainoastaan käytännön suosituksen mukainen PK-käsittely (suometsien PK-lannos 500 kg/ha) yhdessä urean (300 kg/ha) kanssa näytti hieman lisänneen kasvua muutamana lannoitusta seuranneena vuonna. Ylisuurten lannoiteannosten (suometsien PK-

lannos 1000—1500 kg/ha, oulunsalpietari 1000—1500 kg/ha tai urea 600—900 kg/ha) käyttö harvennuksen yhteydessä heikensi puuston tilavuuskasvua. Lannoituksen ei havaittu aiheuttaneen runkomuodon enempää kuin rinnankorkeusmuotoluvunkaan muutoksia.

Harvennus Oksansuo 145:lla nopeutti jäljelle jääneen puuston järeyskehitystä. Lievän harvennuksen (poistuma noin 30 % kasvusta) jälkeinen hehtaariohtainen kasvutappio jäi harvennusta seuranneena kymmenvuotisjaksona alle 10 %. Voimakkaan harvennuksen (poistuma noin 50 % kasvusta) aiheuttama tuotoksen aleneminen (yli 30 %) näkyi sen sijaan koko tutkimuskauden ajan. Harvennus muutti rungon kasvusuhteita tyviosan hyväksi. Latvussuhde oli suurin voimakkaasti harvennetulla puuston osalla. Muotoluvussa muutokset eivät kuitenkaan näkyneet.

Koepuiden tarkka tilavus muodostettiin simultaanimallilla (Laasasenaho 1982), joka estimoii rungon 14 suhteellisen osakorkeuden läpimitat mitattujen viiden osakorkeuden avulla. Tarkkaa tilavuutta verrattiin Laasasenahon (1982) esittämällä kahden (d1.3, h) ja kolmen (d1.3, d6.0, h) tunnuksen polynomirunkokäyrillä saatuun tilavuuden estimaattiin. Yksittäisen puun tilavuuden virhe kahta tunnusta käytettäessä todettiin keskimäärin 3,6 % suuruiseksi (aliarvio) ja kolmea tunnusta käytettäessä vastaavasti 0,6 % suuruiseksi (yliarvio). Puun koolla ei ollut vaikutusta virheen prosentuaaliseen suuruuteen. Polynomirunkokäyrien katsottiinkin soveltuvan hyvin tutkitunkaltaisen turvemaan hieskoivikon tilavuuden laskentaan.

Voimakkaakaan ravinnelisäyksen jälkiä ei nähty Oksansuo 145:n kasvualustassa enää 13 vuoden jälkeen lannoituksesta. Syvemmän näytteenottokerroksen (10—20 cm) ravinnepitoisuuksien ja puuston kasvun välillä oli selvästi kiinteämpi yhteys kuin turpeen pintakerroksen (0—10 cm) ravinteiden ja kasvun välillä.

Oksansuo 152:lla pääravinnelannoitus (suometsien PK-lannos 400 ja 800 kg/ha yksin tai yhdessä urean (200 kg/ha)/oulunsalpietarin (300 kg/ha) kanssa ei vaikuttanut

puuston sädekasvuun. Oisavansuo 165:lla puuston kasvu lisääntyi NPK-käsittelyn (suometsien PK-lannos 500 kg/ha ja oulunsalpietari 400 kg/ha) ja typpilannoituksen (oulunsalpietari 400 kg/ha) seurauksena

muutaman vuoden ajaksi. Pelkkä PK-lannoitus ei aiheuttanut muutoksia pohjapinta-alan kehitykseen. Saadut tulokset tukevat aiempia kokemuksia koivun heikosta reagoimisesta lannoitukseen.

## KIRJALLISUUS — REFERENCES

- Björklund T. & Ferm, A. 1982. Pienikokoisen koivun ja harmaalepän biomass ja tekniset ominaisuudet. Abstract: Biomass and technical properties of small-sized birch and grey alder. *Folia For.* 500: 1—37.
- Ferm, A. 1983. Tuloksia koivun kasvatuskokeesta sekä männyn ja koivun sekakasvatuskokeesta turvemaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 120: 13—17.
- & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeenostalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. *Folia For.* 558: 1—32.
- & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Abstract: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia For.* 613: 1—28.
- Gustavsen, H. G. & Mielikäinen, K. 1984. Luontaisesti syntyneiden koivikoiden kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Abstract: Site index curves for natural birch stands in Finland. *Folia For.* 597: 1—20.
- Halonen, O. & Tulkki, H. 1981. Ravinneanalyysojen työohjeet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 36: 1—23.
- Heikurainen, L. 1958. Sekametsiköiden juuristoista ojitetulla suolla. Referat: Der Wurzelaufbau in Mischwäldern auf entwässerten Moorböden. *Acta For. Fenn.* 67(2): 1—32.
- Huikari, O. 1954. Experiments of the effect of anaerobic media upon birch, pine and spruce seedlings. Seloste: Kokeita kasvualustan anaerobisuuden vaikutuksesta koivun, männyn ja kuusen taimiin. *Commun. Inst. For. Fenn.* 42(5): 1—13.
- Jonsson, S. & Möller, G. 1976. Björkens reaktion på kvävegödsling. Föreningen Skogsträdsförändling. *Inst. för skogsförbättring. Årsbok 1975: 103—144.*
- Junack, H. 1966. Ergebnisse von Kulturdüngungsversuchen des forstlichen Versuchsringes Niedersachsen. Aus dem Walde, H. 11.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatus taloudellisena vaihtoehona. *Silva Fenn.* 11(1): 49—68.
- Kilkki, P., Saramäki, M. & Varmola, M. 1978. A simultaneous equation model to determine taper curve. Seloste: Runkokäyrän määrittäminen simultaanisen moniyhtälömallin avulla. *Silva Fenn.* 12(2): 120—125.
- Kärkkäinen, M. 1984. Miten koivuun tulisi suhtautua metsätaloudessa? Summary: The proper attitude towards birch in forestry. *Silva Fenn.* 18(1): 71—100.
- Laasasenaho, J. 1982. Taper curve and volume functions for pine, spruce and birch. Seloste: Männyn, kuusen ja koivun runkokäyrä- ja tilavuusyhtälöt. *Commun. Inst. For. Fenn.* 108: 1—74. Metsätillastollinen vuosikirja 1983. *Folia For.* 590: 1—224.
- Mälkönen, E. 1977. Annual primary production and nutrient cycle in a birch stand. Seloste: Vuotuinen primäärituotos ja ravinteiden kiertokulku eräässä koivikossa. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(5): 1—35.
- Oikarinen, M. & Pyykkönen, J. 1981. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla. Abstract: The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtilusswamp in Ostrobothnia. *Folia For.* 486: 1—15.
- Penningsfeld, F. 1964. Nährstoffmangelerscheinungen bei Baumschulgehölzen. *Die Phosphorusäure* 24, 3/4.
- Puro, T. 1982. Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa. Summary: Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species. *Folia For.* 507: 1—14.
- Raitio, H. & Rantala, E-M. 1977. Männyn kasvuhäiriön makro- ja mikroskooppisia oireita. Oireiden kuvaus ja tulkinta. Summary: Macroscopic and microscopic symptoms of a growth disturbance in Scots pine. Description and interpretation. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(1): 1—30.
- Rosvall, O. 1980. Prognosfunktioner för beräkning av gödslingseffekter. Föreningen Skogsträdsförändling. *Inst. för skogsförbättring. Årsbok 1979.*
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91(2): 1—59.
- 1981. Hieskoivun kasvu ja kasvatus Pohjanmaalla ja Kainuussa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 3: 1—37.
- Trillmich, H.-D. & Uebel, E. 1970. Ein düngungstest zu Birke. *Arch. Forstw.* 19.
- Viro, P. J. 1955. Investigations on forest litter. Seloste: Metsäkariketutkimuksia. *Commun. Inst. For. Fenn.* 45(6): 1—65.
- 1974. Fertilization of birch. Selostus: Koivun lannoitus. *Commun. Inst. For. Fenn.* 81(4): 1—38.
- Vuokila, Y. 1962. The effect of thinnings on the yield of pine and birch stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 55(12): 1—12.
- , Laasasenaho, J. & Ihalainen, A. 1984. Luonnonmetsien puiden runkokäyrämallien tarkkuus viljelykuusikoissa. Summary: The accuracy of stem taper curve functions for natural trees in spruce plantations. *Folia For.* 596: 1—16.

Total of 27 references

## SUMMARY

The effect of fertilization on the growth of the pubescent birch (*Betula pubescens*) was studied in three sedge-rich, thin peat layered drained mire. On one stand also the effect of thinning on the development of a birch stand was followed. The usefulness of the general polynomial taper curve equations of the birch were also examined if they are suitable to be used to calculate the volume of a birch stand which grows on a peaty soil. The nutrient contents of the soils and the effect of fertilization on the study areas were examined with peat analyses.

The pubescent birch stand in this study are situated in the Pyhäkoski experimental area at Muhos (64°52'N, 26°07'E). The areas (Oksansuo 145, Oksansuo 152, Oisavansuo 165) have been fertilized in the beginning of the 1970's. The basic drainage has occurred in the 1930's. On these areas the peatland site type was ordinary sedge pine swamp at that time. When the tree stands were measured in the beginning of the 1980's the thickness of the peat layer varied from 30 to 50 cm. The dominant height of the trees varied from 9 to 12 meters and the age was 30–40 years in the beginning of the experiment (Appendix 1).

The tree stands were measured in the autumns of 1981 and 1983 and the peat was analyzed in the summers of 1983 and 1984. The volume of the stand and the volume growth in the 1970's at Oksansuo 145 were estimated accurately with the five relative height diameters of the stem and with the annual shoot growth. At Oksansuo 145 also the effect of thinning on the growth was to be examined. The division of the growth to the different heights of the stem were calculated with the changes in the form-quotients and breast height form factors.

At Oksansuo 152 and Oisavansuo 165 the basal area growth was measured. The main nutrients (nitrogen, phosphorus, potassium) were analyzed from the peat, soluble and total amounts separately. Some micro-nutrients were analyzed, too.

At Oksansuo 145 the fertilization (PK fertilizer for peatland forests, urea and oulu saltpetre dosed as normally in the field) didn't have an effect on the volume growth of the pubescent birch in 1971–81. Only the PK-treatment (500 kg/ha) combined with urea (300 kg/ha) seemed to increase the growth slightly during some few years after the fertilization (Figures 1, 4 and 8).

Overdozing the fertilizers (1000–1500 kg/ha of PK fertilizer for peatland forests; 1000–1500 kg/ha of oulu saltpetre or 600–900 kg/ha of urea) combined with thinning weakened the volume growth of the tree stand (Figure 9). The breast height form factor and the stem form could not be showed to have changed due to the fertilization (Table 2).

The thinning at Oksansuo 145 made more rapid the development of the stoutness of the remained trees (Figure 3). The increment loss per hectare after slight thinning (30 per cent of the growing stock was removed) was less than 10 % during the next 10 years after thinning. Heavy thinning (about 50 per cent of the growing stock was removed) weakened the yield over 30 %, which was to be seen during the whole duration of the experiment (Figures 6 and 7, Appendix 2). The thinning changed the growth relations of the stem for the base. Especially the ratio of the cross-sectional area growth of relative height 0.1 to the cross-sectional area growth of relative height 0.75 increased (Figure 5, Table 1). Thinning also changed the crown ratio of the tree stand (Figure 2). However, the changes were not to be seen in the form factor (Table 2).

The exact volume of the sample trees was obtained by a simultaneous model, which estimated the diameters of the 14 relative subheights of the stem with the diameters of the five subheights that were measured. The exact volume was compared with the volume estimate that was obtained by the polynomial taper curve equations based on two (d1.3, h) or three (d1.3, d6.0, h) characters of the tree (Laasasenaho 1982). The estimation error of the volume of a single tree, calculated with two characters, was in the year 1981 on the average 3,6 % (underestimate) and with three characters 0,6 % (overestimate) (Tables 3 and 4, Figures 10, 11 and 12). The polynomial taper curves were accepted to be used in calculations of the volume of the birch stands like in this study.

No traces of the fertilization were to be detected from the peat after 13 years from the fertilization (Appendix 3). The connection with the nutrient contents of the deeper soil layer (10–20 cm) and the growth of the tree stand was firmer than the connection with the growth and the nutrients in the soil surface layer (0–10 cm) (Appendix 5).

At Oksansuo 152 the macro nutrient fertilization (400 kg/ha and 800 kg/ha of PK fertilizer for peatland forests alone and combined with urea (200 kg/ha) or oulu saltpetre (300 kg/ha) didn't have an effect on the basal area growth of the trees (Figure 14, Appendix 7).

The growth of the tree stand at Oisavansuo 165 increased after the NPK-treatment (500 kg/ha of PK fertilizer for peatland forests and 400 kg/ha of oulu saltpetre) and after the N-treatment (400 kg/ha of oulu saltpetre) for some years. Mere PK-fertilizer didn't change the development of the basal area (Figure 13, Appendix 6).

These results support the previous experiences of the weak reaction of the birch on the fertilization on peatlands.



Liite 1. Yleistietoja tutkittujen kohteiden puustosta ja kasvupaikasta vuonna 1984.  
Appendix 1. Characteristics of the studied birch stands in the year 1984.

	OKSANSUO 145	OKSANSUO 152	OISAVANSUO 165
Suotyyppi <i>Peatland site type</i>	Mtkg <i>Myrtillus</i> <i>heathy peatland</i>	Ptkg <i>Vitis-ideae</i> <i>heathy peatland</i>	Mtkg <i>Myrtillus</i> <i>heathy peatland</i>
Pituusboniteetti (H50) <i>Site index (H50)</i>	16	14	16
Turpeen paksuus, cm <i>Peat depth, cm</i>	30—40	40—50	40
Puuston runkotilavuus, m <sup>3</sup> /ha <i>Stem volume of growing</i> <i>stock, m<sup>3</sup>/ha</i>	80—130	105	150
Puuston ikä, v. <i>Age of the stand, y.</i>	46	55	49
Puuston keskiläpimitta (D1.3), cm <i>Mean diameter of the</i> <i>stand (D1.3), cm</i>	12	14	15
Puulajisuhteet (koivu/mänty) <i>Proportional distribution</i> <i>of tree species</i> <i>(pine/birch)</i>	100/0	80/20	75/25
Runkoluku, kpl/ha <i>Number of stems per</i> <i>hectare</i>	1000—3000	1000	1600
<i>Turpeen ravinteisuus:</i> <i>Peat characteristics:</i>			
Happamuus, pH <i>Acidity, pH</i>	4,14	4,11	4,11
Typpipitoisuus, % <i>Nitrogen content, %</i> <i>from dry matter</i>	2,30	2,30	2,40
Fosforipitoisuus, mg/g <i>Phosphorus content,</i> <i>mg/g</i>	1,67	1,98	1,64
Kaliumpitoisuus, mg/g <i>Potassium content, mg/g</i>	0,60	0,58	0,54
Kalsiumpitoisuus, mg/g <i>Calcium content, mg/g</i>	1,75	2,89	2,70
Magnesiumpitoisuus, mg/g <i>Magnesium content,</i> <i>mg/g</i>	0,36	0,54	0,43

Liite 2. Kovariansikorjattu tilavuuskasvun kehitys harvennus- ja lannoituskäsittelyittäin sekä F-testin p-arvot. Kovariaattina vuosien 1968–79 keskikasvu, lannoitustasot yhdistetty. Lannoituskäsittelyjen väliset erot merkitseviä, kun  $p$ -arvo  $< 0,05$  (riski alle 5 %). Oksansuo 145.

Appendix 2. Development of the volume growth of the growing stock after thinning and fertilization at Oksansuo 145. P-value shows the significance of variance analysis (when 0.05 differences are statistical).

Vuosi Year	Kontrolli <i>Unfertilized</i>		PK		PK + Os		PK + U		p-arvo p-value
	m <sup>3</sup> /ha stand.err.	keskv. stand.err.	m <sup>3</sup> /ha stand.err.	keskv. stand.err.	m <sup>3</sup> /ha stand.err.	keskv. stand.err.	m <sup>3</sup> /ha stand.err.	keskv. stand.err.	
HARVENTAMATON NO THINNING									
1971	3,63	0,47	3,86	0,32	3,70	0,26	3,95	0,26	0,880
1972	4,50	0,59	4,25	0,39	4,13	0,32	4,82	0,33	0,479
1973	0,73	0,61	4,67	0,41	4,44	0,33	5,23	0,34	0,422
1974	4,34	0,74	4,70	0,50	4,30	0,41	5,14	0,41	0,497
1975	5,12	0,89	4,92	0,59	4,79	0,49	5,11	0,49	0,966
1976	5,70	0,84	5,73	0,56	5,10	0,46	5,60	0,46	0,781
1977	5,42	0,83	5,70	0,55	4,98	0,45	5,51	0,46	0,757
1978	5,69	0,90	5,57	0,60	4,50	0,49	5,34	0,50	0,427
1979	5,23	0,97	5,53	0,64	4,25	0,53	5,18	0,53	0,433
1980	4,75	0,87	5,10	0,58	3,91	0,48	4,91	0,48	0,366
1981	5,52	0,90	5,61	0,60	4,19	0,49	5,37	0,50	0,188
1971— 1981	54,64	8,23	55,65	5,47	48,21	4,52	56,16	4,55	0,590
LIEVÄ HARVENNUS LIGHT THINNING									
1971	3,17	0,15	3,20	0,08	3,19	0,08	2,76	0,09	0,009
1972	4,39	0,20	4,04	0,11	4,10	0,11	3,78	0,12	0,139
1973	5,15	0,46	4,66	0,24	4,79	0,24	4,17	0,27	0,330
1974	5,69	0,32	4,80	0,17	4,96	0,17	4,36	0,19	0,035
1975	6,19	0,37	5,19	0,19	5,16	0,19	4,50	0,22	0,020
1976	6,86	0,57	6,13	0,30	5,60	0,30	4,96	0,34	0,062
1977	6,39	0,49	5,71	0,25	5,41	0,25	4,72	0,29	0,065
1978	5,77	0,52	5,37	0,27	5,14	0,27	4,21	0,31	0,069
1979	5,47	0,60	5,24	0,31	4,95	0,31	4,22	0,36	0,243
1980	4,75	0,57	4,69	0,30	4,49	0,30	3,80	0,34	0,318
1981	4,83	0,64	4,96	0,33	5,02	0,33	3,98	0,38	0,236
1971— 1981	58,66	4,25	54,00	2,21	52,81	2,21	45,47	2,52	0,084
VOIMAKAS HARVENNUS HEAVY THINNING									
1971	2,35	0,10	1,93	0,06	2,09	0,07	1,92	0,06	0,010
1972	3,34	0,27	2,91	0,16	2,66	0,17	2,86	0,16	0,279
1973	3,96	0,30	3,33	0,18	2,83	0,19	3,25	0,17	0,048
1974	4,19	0,28	3,65	0,17	3,02	0,18	3,24	0,16	0,015
1975	4,10	0,26	4,03	0,15	3,25	0,16	3,40	0,15	0,008
1976	5,06	0,30	4,54	0,18	3,78	0,19	4,03	0,17	0,010
1977	4,98	0,25	4,18	0,15	3,66	0,16	3,76	0,15	0,002
1978	4,49	0,22	3,88	0,13	3,26	0,14	3,45	0,13	0,002
1979	4,20	0,24	3,65	0,14	3,10	0,15	3,23	0,14	0,006
1980	3,81	0,20	3,16	0,12	2,97	0,13	2,92	0,11	0,009
1981	3,94	0,24	3,56	0,14	3,47	0,15	3,26	0,14	0,125
1971— 1981	44,41	2,12	38,73	1,25	34,09	1,36	35,32	1,23	0,005

Liite 3. Turpeen ravinnepitoisuudet 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n kerroksissa kokeella Oksansuo 145.  
Appendix 3. Nutrient content in different peat layers (0–10 and 10–20 cm) at Oksansuo 145.

	LANNOITUSKÄSITTELY FERTILIZING TREATMENT																							
	Kontrolli Control		PK 500		PK 1 500		PK 500 OS 500		PK 1 500 OS 1 500		PK 1 000 OS 1 000		PK 1 500 OS 1 500		PK 1 500 U 900		Varianssi- analyysin p-arvo variance analysis		Varianssi- analyysin p-arvo variance analysis					
	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm	0– 10 cm	10– 20 cm		
N, %	2,5	2,3	2,2	1,2	2,1	1,2	2,1	1,5	2,1	2,5	2,1	1,8	0,8	1,9	1,2	2,0	1,3	1,6	0,9	0,0125*	0,2112	0,2112		
P, mg/g	1,5	1,25	1,6	0,80	1,7	1,05	1,7	1,10	1,8	1,15	1,6	0,65	1,9	0,80	1,8	1,00	2,2	0,70	0,3657	0,3850	0,3850			
K, mg/g	0,38	0,37	0,42	0,33	0,43	0,33	0,62	0,31	0,37	0,22	0,44	0,39	0,37	0,34	0,41	0,34	0,51	0,36	0,4231	0,9833	0,9833			
Ca, mg/g	1,40	0,71	1,35	0,52	2,10	0,47	1,65	0,63	2,00	0,70	2,00	0,31	1,65	0,34	2,25	0,42	2,25	0,26	0,6617	0,5406	0,5406			
Mg, mg/g	0,30	0,18	0,33	0,66	0,32	0,32	0,44	0,45	0,33	0,15	0,37	0,48	0,29	0,36	0,40	0,40	0,31	0,6564	0,0720	0,0720	0,0720			
Fe, mg/g	16,0	11,8	16,0	11,1	19,5	11,9	17,5	14,4	17,0	12,8	14,5	7,3	19,5	10,4	15,5	12,6	19,0	9,2	0,6365	0,2702	0,2702			
Zn, ppm	8,0	5,2	8,5	9,8	11,5	10,9	9,5	7,5	8,5	4,9	7,5	5,8	7,0	7,1	9,0	5,8	8,0	8,1	0,5758	0,0354*	0,0354*			
Mn, ppm	13,5	6,5	16,5	19,5	20,0	10,5	19,0	15,0	16,0	33,0	15,0	13,0	13,5	10,5	14,0	13,0	19,0	8,5	0,4208	0,4389	0,4389			
Cu, ppm	5,8	4,8	6,5	3,9	6,9	4,1	6,9	5,3	6,3	4,5	5,3	2,8	5,4	3,3	6,4	5,7	6,9	2,7	0,8939	0,7635	0,7635			
B, ppm	2,5	2,5	1,2	1,0	3,2	1,0	2,7	2,2	2,1	4,3	1,4	1,1	2,7	1,2	2,8	1,3	1,7	0,9	0,6433	0,5172	0,5172			
NH <sub>4</sub> -N, mg/g	0,43	0,24	0,44	0,09	0,54	0,16	0,41	0,20	0,54	0,36	0,33	0,11	0,34	0,12	0,56	0,14	0,34	0,11	0,1450	0,1939	0,1939			
liuk. P, mg/g	0,59	0,28	0,50	0,28	0,80	0,24	0,56	0,22	0,77	0,28	0,58	0,30	0,59	0,31	0,59	0,30	0,61	0,20	0,2043	0,8767	0,8767			
vaiht. K, mg/g	0,35	0,12	0,32	0,07	0,20	0,09	0,45	0,09	0,29	0,09	0,27	0,05	0,24	0,06	0,30	0,08	0,31	0,06	0,2499	0,3562	0,3562			
vaiht. Ca, mg/g	0,97	0,37	0,75	0,28	1,14	0,31	1,04	0,37	1,09	0,44	0,78	0,17	0,85	0,21	0,99	0,23	1,29	0,19	0,5049	0,4663	0,4663			
vaiht. Mg, mg/g	0,22	0,07	0,17	0,04	0,21	0,05	0,24	0,06	0,21	0,06	0,14	0,03	0,15	0,03	0,21	0,04	0,17	0,03	0,1613	0,1998	0,1998			

\* = Merkittävä ero 5 %:n riskillä  
\* = Significant difference with 5 % risk

Liite 4. Puuston tilavuuskasvun (v. 1981) ja turpeen ravinnepitoisuuksien (v. 1983) väliset korrelaatiot. Pintaturve (0—10 cm) ja syvempi turve (10—20 cm) erikseen. Oksansuo 145.

*Appendix 4. Correlations between volume growth of the growing stock and nutrient content of the peat at different depths at Oksansuo 145.*

	Kasvu, m <sup>3</sup> /ha Growth, m <sup>3</sup> /ha	
	0—10 cm	10—20 cm
Typpi (N) <i>Nitrogen</i>	0,324	0,344
Fosfori (P) <i>Phosphorus</i>	-0,469*	0,142
Kalium (K) <i>Potassium</i>	-0,300	0,406°
Kalsium (Ca) <i>Calcium</i>	-0,568**	0,458*
Magnesium (Mg) <i>Magnesium</i>	-0,256	0,025
Rauta (Fe) <i>Iron</i>	-0,263	0,118
Sinkki (Zn) <i>Zinc</i>	-0,348	-0,218
Mangaani (Mn) <i>Manganese</i>	-0,466*	0,116
Kupari (Cu) <i>Copper</i>	-0,224	0,000
Boori (B) <i>Boron</i>	-0,098	0,253
Ammon. typpi (NH <sub>4</sub> -N) <i>NH<sub>4</sub> nitrogen</i>	-0,185	0,150
Liukoinen fosfori (P) <i>Soluble phosphorus</i>	-0,282	0,058
Vaihtuva kalium (K) <i>Exchangeable potassium</i>	0,117	0,327
Vaihtuva kalsium (Ca) <i>Exchangeable calcium</i>	-0,229	0,360
Vaihtuva magnesium (Mg) <i>Exchangeable magnesium</i>	-0,050	0,454*
Happamuus, pH <i>Acidity, pH</i>	-0,064	-0,3860

Liite 5. Esimerkkejä puuston kasvun (v. 1981) ja turpeen eräiden ravinteiden (v. 1983) välisistä riippuvuuksista Oksansuon kokeella 145. Ravinteet ilmaistu kokonaispitoisuuksina.

Appendix 5. Examples from dependence of growth of the growing stock on some nutrient content in different peat depths at Oksansuo 145.

Pintaturve 0—10 cm:

0—10 cm peat layer:

Muuttuja Variable	Minimi Minimum	Maksimi Maximum	Vaihteluväli Range	Keskiarvo Mean	Keskiv. Stand.err.	Hav. n
Tilavuuskasvu, m <sup>3</sup> /ha Volume growth, m <sup>3</sup> /ha	2,53	5,89	3,36	3,68	0,19	22
Turpeen paksuus, cm Peat depth, cm	27	60	33,0	39,4	1,82	22
" N-pit., % " N-content, %	1,53	2,88	1,35	2,19	0,08	22
" P-pit., mg/g " P-content, mg/g	1,07	2,23	1,16	1,74	0,07	22
" K-pit., mg/g " K-content, mg/g	0,100	0,760	0,66	0,43	0,03	22
" Mn-pit., ppm " Mn-content, ppm	3,5	21,2	17,7	15,8	0,24	22

Korrelaatiomatriisi:

Correlation matrix:

	Tilavuuskasvu Volume growth				
	1	2	3	4	5
2 Turpeen paksuus Peat depth	0,048				
3 " N-pit. " N-cont.	0,324	0,564**			
4 " P-pit. " P-cont.	-0,469*	-0,156	-0,265		
5 " K-pit. " K-cont.	-0,300	-0,195	-0,306	0,425*	
6 " Mn-pit. " Mn-cont.	-0,466*	-0,098	-0,272	0,516*	0,638**

Selitettävä muuttuja: Tilavuuskasvu

Dependent variable: Volume growth

Selittävät muuttujat:

Independent variables:

Nimi Name	Regressiokerroin Regression coeff.	t-arvo ja merkitsevyys t-value and significance
Vakio Constant	4,56904	0,93 ns
Turpeen paksuus Peat depth	-0,0177645	-0,65 ns
" N-pit. " N-cont.	0,691316	1,03 ns
" P-pit. " P-cont.	-0,0489112	-0,01 ns
" K-pit. " K-cont.	0,469332	0,21 ns
" Mn-pit. " Mn-cont.	-0,0701788	-1,02 ns
" P-pit. <sup>2</sup> " P-cont. <sup>2</sup>	-0,225095	-0,13 ns
Mallin F-arvo (6, 15) F-value of model	0,21	ns

Tod.keskihajonta 0,903299

Actual stand. deviation

Jäännöshajonta 0,866869

Residual variance

Selitysaste 7,9 %

Explanation degree

Syvempi turve 10—20 cm:  
10–20 cm peat layer:

Muuttuja Variable	Minimi Minimum	Maksimi Maximum	Vaihteluväli Range	Keskiarvo Mean	Keskiv. Stand. err.	Hav. n
Tilavuuskasvu, m <sup>3</sup> /ha Volume growth, m <sup>3</sup> /ha	2,53	5,89	3,36	3,68	0,19	22
Turpeen paksuus, cm Peat depth, cm	27	60	33	39,4	1,82	22
" N-pit., % " N-cont., %	0,42	3,04	2,62	1,55	0,18	22
" P-pit., mg/g " P-cont., mg/g	0,45	1,61	1,16	1,01	0,08	22
" K-pit., mg/g " K-cont., mg/g	0,16	0,87	0,71	0,34	0,03	22
" Mn-pit., ppm " Mn-cont., ppm	4,8	61,3	56,5	12,9	2,57	22

Korrelaatiomatriisi:  
Correlation matrix:

	Tilavuuskasvu Volume growth				
	1	2	3	4	5
2 Turpeen paksuus Peat depth	0,048				
3 " N-pit. " N-cont.	0,344	0,778***			
4 " P-pit. " P-cont.	0,142	0,658***	0,818***		
5 " K-pit. " K-cont.	0,4060	-0,052	-0,136	-0,015	
6 " Mn-pit. " Mn-cont.	0,116	-0,202	-0,215	-0,095	-0,063

Selitettävä muuttuja: Tilavuuskasvu  
Dependent variable: Volume growth

Selittävät muuttujat:  
Independent variables:

Nimi Name	Regressiokerroin Reg. coefficient	T-arvo ja merkitsevyys T-value and significance
Vakio Constant	6,22275	4,89 ***
Turpeen paksuus Peat depth	-0,0612674	-2,81 *
" N-pit. " N-cont.	1,59037	5,27 ***
" P-pit. " P-cont.	-6,98933	-3,09 **
" K-pit. " K-cont.	3,32882	3,64 **
" Mn-pit. " Mn-cont.	0,0273137	2,63 *
" P-pit. <sup>2</sup> " P-cont. <sup>2</sup>	2,61246	2,48 *
Mallin F-arvo (6, 15) F-value of model	4,66	**
Tod. keskihajonta 0,903299 Actual stand. deviation		
Jäännöshajonta 0,533817 Residual variance		
Selitysaste 65,1 % Explanation degree		

Liite 6. Puuston pohjapinta-alan kasvu, lannoituskäsittelyjen välisten erojen testaus, kovarianssianalyysin F-arvot (katso kuva 13), Oksansuo 152.  
*Appendix 6. Basal area growth of growing stock after fertilization: F-values of covariance analysis (see figure 13). Oksansuo 152.*

Peruslannoitus 1972 Basic fertilization 1972			
Vuosi Year	F-arvo F-value	p-arvo p-value	(todennäköisyys nollahypoteesin hyväksymiselle) (probability to reject 0-hypothesis)
1972	2,096	0,1397	
1973	1,693	0,2113	
1974	1,244	0,3407	
1975	1,820	0,1853	
1976	1,248	0,3392	
1977	0,875	0,5052	
1978	0,777	0,5597	
1972—78	1,257	0,3357	
Jatkolannoitus 1979 Refertilization 1979			
1979	2,949	0,2004	
1980	3,512	0,1651	
1981	1,772	0,3331	
1982	0,607	0,6866	
1983	0,071	0,9862	
1979—83	0,925	0,5478	

Liite 7. Puuston pohjapinta-alan kasvu lannoituskäsittelyittäin Oisavansuon kokeella 165: kovarianssianalyysin F-arvotaulukko (katso kuva 14).  
*Appendix 7. Basal area growth of the growing stock (m<sup>2</sup> per hectare) after fertilization: F-values of covariance analysis (see figure 14). Oisavansuo 165.*

Vuosi Year	F-arvo F-value	p-arvo p-value	(todennäköisyys nollahypoteesin hyväksymiselle) (probability to reject 0-hypothesis)
1976	5,225	0,0332	* (merk. ero 5 % riskillä) * (significant diff. with 5 % risk)
1977	1,807	0,2336	
1978	1,185	0,3821	
1979	1,750	0,2438	
1980	1,872	0,2225	
1981	0,435	0,7347	
1982	0,032	0,9917	
1983	0,946	0,4683	









ODC 176.1 *Betula pubescens* + 2--114.444+237.2+237.4+242+562.2  
ISBN 951-40-0712-3  
ISSN 0015-5543

MOILANEN, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivuun kasvun ohuturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Summary: Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer. Folia For. 629: 1—29.

PK and NPK fertilization had only a little effect upon the growth of the pubescent birch. Overdosing the fertilizers combined with thinning weakened the growth of the tree stand. The breast height form factor and the stem form didn't change due to the fertilization. Thinning accelerated the development of the stoutness of the remained trees and changed the growth relations of the stem for the base. The increment loss per hectare after slight thinning (30 % of the growing stock) was less than 10 % during the ten years. Heavy thinning (50 % of the growing stock) weakened the yield over 30 %.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, SF-91500 Muhos, Finland.

ODC 176.1 *Betula pubescens* + 2--114.444+237.2+237.4+242+562.2  
ISBN 951-40-0712-3  
ISSN 0015-5543

MOILANEN, M. 1985. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivuun kasvun ohuturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Summary: Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer. Folia For. 629: 1—29.

PK and NPK fertilization had only a little effect upon the growth of the pubescent birch. Overdosing the fertilizers combined with thinning weakened the growth of the tree stand. The breast height form factor and the stem form didn't change due to the fertilization. Thinning accelerated the development of the stoutness of the remained trees and changed the growth relations of the stem for the base. The increment loss per hectare after slight thinning (30 % of the growing stock) was less than 10 % during the ten years. Heavy thinning (50 % of the growing stock) weakened the yield over 30 %.

Author's address: The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, SF-91500 Muhos, Finland.

Tilaa kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

*Please send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).*

Nimi  
Name \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

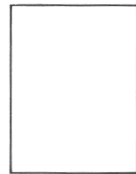
Osoite  
Address \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Metsäntutkimuslaitos  
Kirjasto/Library  
Unioninkatu 40 A  
SF-00170 Helsinki 17  
FINLAND



Folia Forestalia \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Communications Instituti Forestalis Fenniae \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Huomautuksia

Remarks \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

# 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) 2912

Muhoksen tutkimusasema  
*Muhos Research Station*  
Os. — *Address:* 91500 Muhos, 1 kp, Finland  
Puh. — *Phone:* (981) 431 404

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

Punkaharjun jalostuskoeasema  
*Punkaharju Tree Breeding Station*  
Os. — *Address:* 58450 Punkaharju, Finland  
Puh. — *Phone:* (957) 314 241

Ojajoen koeasema  
*Ojajoki Experimental 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:* Eteläranta 55  
96300 Rovaniemi 30, Finland  
Puh. — *Phone:* (960) 15 721

Joensuun tutkimusasema  
*Joensuu Research Station*  
Os. — *Address:* PL 68  
80101 Joensuu 10, Finland  
Puh. — *Phone:* (973) 28 331

Kannuksen tutkimusasema  
*Kannus Research Station*  
Os. — *Address:* Valtakatu 18  
69100 Kannus, Finland  
Puh. — *Phone:* (968) 71 161

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

1984

- No 609 Lehto, Tarja: Kalkituksen vaikutus männyn mykorrhizoihin. The effects of liming on the mycorrhizae of Scots pine.
- No 610 Repo, Tapani, Mela, Martti & Valtanen, Jukka: Männynversosyöväälle alttiiden ja vastustuskykyisten taimi-alkuperien erottaminen neulasten ominaisimpedanssin mittauksella. Separation of susceptible and resistant provenances of Scots pine to *Gremmeniella abietina* by specific needle impedance.

1985

- No 611 Raitio, Hannu: Yksivuotiaiden avomaalla kasvatettujen paljasjuuristen männyntaimien kasvuhäiriön oireet ja esiintyminen. Symptoms and occurrence of a growth disturbance in one-year-old, bare-rooted Scots pine seedlings raised in the open.
- No 612 Långström, Bo: Tukkimiehintäin aiheuttamat tuhot Suomessa vuosina 1970—1971. Yhteispohjoismaisen tutkimuksen Suomea koskevat tulokset. Damage caused by *Hylobius abietis* in Finland in the years 1970—1971. Results from the Finnish part of a joint Nordic study.
- No 613 Ferm, Ari & Markkola, Annamari: Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season.
- No 614 Hytönen, Jyrki: Teollisuuslietteellä lannoitetun vesipajun lehdetön maanpäällinen biomassatuotos. Leafless above-ground biomass production of *Salix 'Aquatika'* fertilized with industrial sludge.
- No 615 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu Keski-Suomen ja Etelä-Pohjanmaan piirimetsälautakunnissa valtakunnan metsien 7. inventoinnin aineiston perusteella. Growth variation in the Forestry Board Districts of Keski-Suomi and Etelä-Pohjanmaa according to the 7th National Forest Inventory.
- No 616 Kaunisto, Seppo: Lannoituksen, ilman lämpösunnan ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemilla. Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands.
- No 617 Paavilainen, Eero & Tiihonen, Paavo: Keski- ja Pohjois-Pohjanmaan sekä Kainuun suometsät vuosina 1951—1983. Peatland forests in Keski-Pohjanmaa, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1951—1983.
- No 618 Lipas, Erkki: Kasvupaikan puuntuotoskyvyn ja lannoitustarpeen arviointi maan ominaisuuksien avulla. Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties.
- No 619 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia metsän tehoviljelykokeista turvemilla. Preliminary results from high efficiency forest regeneration experiments on peatlands.
- No 620 Metsätalastollinen vuosikirja 1984. Yearbook of Forest Statistics, 1984.
- No 621 Salo, Kauko: Luonnonmarjojen ja sienten poiminta Suomussalmella ja eräissä Pohjois-Karjalan kunnissa. Wild-berry and edible-mushroom picking in Suomussalmi and in some North Karelian communes, Eastern Finland.
- No 622 Metsäntutkimuslaitoksen päätös havupuutukkien, lehtipuutukkien, mäntypylväiden ja ratapölkkyaihoiden mittauksessa käytettävistä yksikkötilavuusluvuista. Skogsforskningsinstitutets beslut gällande enhetsvolymtal för användning vid mätning av barrtimmer, lövtimmer, tallstolpar och sliperstimmer.
- No 623 Hämäläinen, Jouko, Paavilainen, Eero, Salminen, Olli & Heinonen, Riitta: Tuloksia ojitettujen korpikuusi-koiden lannoituksesta. The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands.
- No 624 Hakkila, Pentti (toim.-ed.): Metsäenergian mahdollisuudet Suomessa. PERA-projektin väliraportti. The potential of forest energy in Finland. Interim report of PERA project.
- No 625 Kaunisto, Seppo & Päivänen, Juhani: Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Forest regeneration and afforestation on drained peatlands. A literature review.
- No 626 Repo, Seppo & Löyttyniemi, Kari: Lähiympäristön vaikutus männyn viljelytaimikon hirvivahinkoalttiuteen. The effect of immediate environment on moose (*Alces alces*) damage in young Scots pine plantations.
- No 627 Rikala, Risto: Paakkutaimien kastelutarpeen määrittäminen haihdunnan perusteella. Estimating the water requirements of containerized seedlings on the basis of evapotranspiration.
- No 628 Saarsalmi, Anna, Palmgren, Kristina & Levula, Teuvo: Leppäviljelmän biomassan tuotos sekä ravinteiden ja veden käyttö. Biomass production and nutrient and water consumption in an *Alnus incana* plantation.
- No 629 Moilanen, Mikko: Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus hieskoivun kasvuun ohutturpeisilla ojitetuilla rämeillä. Effect of fertilization and thinning on the growth of birch (*Betula pubescens*) on the drained mires with thin peatlayer.

---

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaletilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.  
Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.

Myynti: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10, puh. (90) 17341

ISBN 951-40-0712-3  
ISSN 0015-5543