



# FOLIA FORESTALIA

METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE  
HELSINKI 1993

821

Tapio Rantala & Mikko Moilanen

NUORTEN SUOMÄNNIKÖIDEN LANNOITUKSEN  
KANNATTAVUUS POHJOIS-POHJANMAALLA

Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia

# FOLIA FORESTALIA

---

## **Julkaisija — *Publisher***

Metsäntutkimuslaitos

*The Finnish Forest Research Institute*

## **Toimitus — *Editors***

Päätoimittaja — *Editor in chief:*

Erkki Annila

Toimittaja — *Editor:*

Seppo Oja

Toimittaja — *Editor:*

Tommi Salonen

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland

tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308

## **Toimituskunta — *Editorial Board***

Erkki Annila (pj. — *chairman*), Pentti Hakkila, Seppo Kaunisto, Jari Kuuluvainen, Juha Lappi, Eino Mälkönen

## **Tavoitteet ja tarkoitus — *Aim and Scope***

Sarjassa julkaistaan tutkimuksia, tilastoja ja kirjallisuuskatsauksia, joilla on ensisijaisesti kotimaista merkitystä. Julkaisukielenä on kotimainen kieli, mutta julkaisut sisältävät englanninkielisen selosteen tärkeimmistä tutkimustuloksista.

*Folia Forestalia publishes research reports, statistics and literature reviews relevant to Finnish forestry.*

## **Tilaukset — *Subscriptions***

Tilaukset ja tiedustelut pyydetään osoittamaan Metsäntutkimuslaitoksen kirjastolle. *Subscriptions and orders for back issues should be addressed to the Library of the Institute.*

# FOLIA FORESTALIA 821

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1993

---

Tapio Rantala & Mikko Moilanen

## NUORTEN SUOMÄNNIKÖIDEN LANNOITUKSEN KANNATTAVUUS POHJOIS-POHJANMAALLA

Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia

Approved on 31.12.1993

### SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	3
1.1	Yleistä .....	3
1.2	Tutkimustehtävä .....	4
2	AINEISTO JA MENETELMÄT .....	4
2.1	Tutkimusmetsiköt ja koejärjestelyt .....	4
2.2	Puustomittaukset ja kasvujen määrittäminen .....	5
2.3	Kannattavuuden laskentamenetelmä .....	8
2.4	Lannoitustuotot .....	9
2.5	Lannoituskustannukset .....	9
3	TULOKSET .....	10
3.1	Lannoituksella aikaansaatu puuston kasvunlisäys .....	10
3.2	Lannoituksen erilliskannattavuus .....	10
3.2.1	Sisäiset korot .....	10
3.2.2	Nettotuottojen nykyarvot .....	11
3.2.3	Metsänparannustuen vaikutus kannattavuuteen .....	11
3.2.4	Hintamuutosten vaikutus kannattavuuteen .....	12
4	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	13
4.1	Aineiston edustavuus ja tulosten luotettavuus .....	13
4.2	Puuston lannoitusreaktio ja lannoituksen edullisuus .....	15
4.3	Johtopäätökset .....	15
	KIRJALLISUUS — REFERENCES .....	16
	SUMMARY .....	18
	Liitteet — Appendices .....	19

Rantala, T. & Moilanen, M. 1993. Nuorten suomänniköiden lannoituksen kannattavuus Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia. *Folia Forestalia* 821. 20 p.

Tutkimuksessa selvitettiin nuorten kasvatusmetsien PK- ja NPK-lannoituksen kannattavuutta Pohjois-Pohjanmaan ojitetuilla sararämeillä. Lannoituksen liikeloudellista edullisuutta tarkasteltiin sekä ensi- että toiskertaisen lannoituksen osalta. Tutkimusaineistona käytettiin kahdeksaa suomännikön lannoituskoetta.

Paksuturpeisilla rämeillä omarahoituksena tehty PK-lannoitus osoittautui sekä kerta- että jatkolannoitetuissa kohteissa kohtuullisen kannattavaksi toimenpiteeksi: laskentajakson (11 vuotta) sisäiset korot olivat 6–7 %. Lannoitusinvestoinnin optimaalista pitoaikaa ei omarahoitusvaihtoehdossa ollut mahdollista määrittää laskentajakson puiteissa. 3 %:n korkokannalla määritettyjen nettotuottojen nykyarvoksi saatiin suurimmillaan 450 mk/ha. Typen käyttö (NPK-lannoitus) lisäsi puuston kasvureaktiota, mutta lisäkasvu ei kuitenkaan riittänyt peittämään kohonneita kustannuksia. Ohutturpeisten soiden ensikertainen lannoitus ei ollut omarahoituksella kannattavaa puuston heikon kasvureaktion vuoksi.

Metsänparannusavustus kohotti merkittävästi kaikkien lannoituskohteiden ja -käsittelyjen kannattavuutta. Myös investoinnin optimaaliset pitoajat lyhenivät. Sisäiset korot nousivat keskimäärin 10,6 %-yksikköä. Eniten kohosi NPK-lannoituksen kannattavuus. Ohutturpeisten rämeiden kertalannoitus ei kuitenkaan ollut taloudellisesti kannattavaa metsänparannusrahoituksellakaan. Lannoituskustannusten ja kantohintojen kohtuullisissa rajoissa tapahtuvat muutokset eivät merkittävästi lisänneet kannattamattomuusriskiä.

The profitability of PK and NPK fertilization in Scots pine stands on ditched peatlands was investigated. The aim was to determine the private profitability of a single and repeated fertilization separately. The data (site and stand parameters) was collected from 8 fertilization experiments established during the 1960's and 1970's in northern Ostrobothnia.

In thick-peated sites self-financed PK treatment turned out to be rather profitable both in the first and the second fertilization. The real internal rate of return was 6–7 % at the end of the calculation period (11 years). It was not possible to determine the optimal duration for the self-financed fertilization investment within the calculation period. The maximum net present value with the 3 % interest rate was 450 FIM/ha. The use of nitrogen (NPK treatment) increased the stand growth response, but the increment was not big enough to cover the higher cost. In thin-peated sites the first fertilization was not profitable when self-financed because of the poor increment.

The state forest improvement subsidies increased considerably the private profitability of all the fertilization treatments. Real internal rates of return increased by 10.6 % on the average consequently shortening the optimal duration for investment. Profitability of the NPK treatments increased most. The first fertilization on thin-peated sites was not profitable even if subsidized. Reasonable changes in the fertilization costs and stump prices did not significantly increase the risk of running a loss, especially if the investment was financed with the state forest improvement subsidies.

Keywords: *Pinus sylvestris*, Scots pine, peatland, nutrients, nitrogen, phosphorus, potassium, single fertilization, repeated fertilization, tree growth, profitability, internal rate of return, net present value. FDC 237+174.7 *Pinus sylvestris*

Authors' addresses: *Tapio Rantala*, The Finnish Forest Research Institute, Department of Forest Resources, Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland; *Mikko Moilanen*, The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, Kirkkosaaarentie, FIN-91500 Muhos, Finland.

ISBN 951-40-1342-5  
ISSN 0015-5543

Tampere 1993. Tammer-Paino Oy

# 1 Johdanto

## 1.1 Yleistä

Suomännikön ravinnetalous on puuntuotannon kannalta usein epätydyttävä; käyttökelpoista fosforia ja kaliumia on niukasti (Huikari 1973, Paavilainen 1979a, Moilanen & Penttilä 1988). Sen sijaan tyypeä turvemaiden kasvupaikat sisältävät runsaasti, mutta sen saatavuus vaihtelee. Runsasravinteisilla soilla puut saavat tyypeä riittävästi, jopa liikaakin muihin ravinteisiin nähden. Karummilla suotyypeillä typen saatavuus jää heikoksi (Paavilainen 1979a, Moilanen & Issakainen 1990). Pohjois-Suomessa typen puute näyttää kuitenkin olevan lähes riippumaton suon viljavuudesta (Seppälä & Westman 1976, Starr & Westman 1978, Moilanen 1984, Penttilä 1984). Turvemaan hivenravinnevarat ovat myös niukat. Etenkin boorin merkitystä on korostettu (Huikari 1974, Braekke 1977, Kolari 1979, 1988, Veijalainen ym. 1984).

Soiden ravinnetilaa ja puuston kasvua voidaan parantaa lannoituksella. Lannoituskokeiden perusteella fosfori-kaliumlisäys näkyy runsastypipisen rämeen puustossa 15–25 vuotta (Paavilainen 1979b, Penttilä 1984, Penttilä & Moilanen 1987). Lannoituksen aiheuttama vuotuinen tilavuuskasvun lisäys Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun rämepuustoissa on keskimäärin 1,5 m<sup>3</sup>/ha (Moilanen 1993). Niukkatypisillä soilla ravinnetilan korjaamisessa tarvitaan fosforin ja kaliumin lisäksi tyypeä, ja lannoituksen vaikutusaika on selvästi lyhyempi kuin runsastypisillä soilla (Paavilainen 1972, 1977, Karsisto 1974, Kaunisto 1977, 1985, Moilanen & Issakainen 1990). Vuotuinen kasvunlisäys jää alle 1 m<sup>3</sup>/ha/v, ja lannoitusvaikutus on ohi 10 vuodessa (Moilanen 1993). Kuusi ja hieskoivu reagoivat lannoituksen mäntyä heikommin (Paarlahti & Paavilainen 1985).

Jatkolannoituksessa maan ravinnetila poikkeaa ensimmäistä lannoitusta edeltäneestä tilanteesta. Yleensä fosforia on edelleen riittävästi, mutta kaliumista ja usein myös tyypeä on puutetta (Moilanen 1984, Penttilä 1984, Kaunisto 1989). Kaliumia turpeessa on hyvin vähän (Kaunisto & Finér 1988, Kaunisto & Paavilainen 1988, Finér 1991). Vesiliukoisena ja heikosti maahan sitoutuvana kalium lisäksi huuhtoutuu herkästi suoekosysteemin ulkopuolelle (Kaila & Kivekäs

1956, Paarlahti 1976, Ahti 1983, Malcolm & Cuttle 1983, Kaunisto & Tukeva 1984). Lannoitefosfori sitoutuu turpeeseen huomattavasti kaliumia tehokkaammin ja vaikuttaa näin myös puustoon kauemmin. Jatkolannoituksella kasvureaktioita onkin saatu lähinnä kalium- ja typpikäsittelyillä (Moilanen 1984, Paavilainen 1984, Penttilä 1984, Kaunisto 1989, Moilanen 1993). Typen tarpeen on arveltu lisääntyvän ojitusiän ja metsikön varttumisen myötä (Paavilainen 1984) sekä pohjoiseen siirryttäessä (Moilanen & Penttilä 1988).

Turvemaiden metsänlannoitus käynnistyi laajassa mitassa 1960-luvun lopulla, jolloin metsänlannoitus otettiin valtion metsänparannustuen piiriin. 1970-luvun puolivälissä toiminta oli laajimmillaan ja soita lannoitettiin vuosittain yli 100 000 ha (Metsätilastollinen...1992). Lannoitus tehtiin yleensä jauheisella suometsien PK-lannoksella ojituksen yhteydessä. Rakeista boori- ja kaliumlisäystä PK-lannosta on käytetty 1970-luvun lopulta alkaen. Viime vuosikymmenellä vuosittainen lannoitusala alkoi selvästi vähentyä. Vuonna 1990 ojitusalueita lannoitettiin koko maassa alle 8000 ha, mikä on selvästi asetettuja tavoitteita (esim. Metsä 2000-ohjelma 1985) vähemmän.

Taantuva kehitys on ollut seurausta lannoitukseen osoitettujen metsänparannusvarojen vähäisyydestä, osittain myös metsänomistajien yleisestä epätietoisuudesta ja -luulosta lannoitusta kohtaan (Tapion vuosikatsaus 1989). Lisäksi lannoitustoiminnan perusteluissa korostetaan aiempaa painokkaammin kannattavuusnäkökohtia. Vaikka puuntuotannolliset perustelut lannoitukselle ovat ainakin joksikin aikaa väistyneet, lieenee ravinteiden lisäyksellä myös tulevaisuuden metsänhoidossa oma paikkansa. Metsien yleisen terveydentilan ja puuntuotantokyvyn ylläpitämisen tarve lisäävät ns. terveyslannoituksia ilman epäpuhtauksista kärsivillä alueilla ja muillakin ravinnetaloudeltaan epätasapainoisilla kasvupaikoilla.

Lannoitusinvestointien kannattavuuslaskelmia on tehty etenkin kivennäismaiden varttuneille kasvatusmetsille. Niissä on tarkasteltu sekä kertalannoituksen että toistuvan lannoituksen kannattavuutta (Keipi & Kekkonen 1970, Keipi & Laakkonen 1980, Laakkonen ym. 1983, Hämäläinen ym. 1989, Laakkonen 1989).

Kertalannoituksen kannattavuutta on selvitetty myös ojitettujen turvemaiden osalta (Keltikangas & Seppälä 1968, 1973a, 1973b, Hämäläinen & Laakkonen 1983, Hämäläinen ym. 1985). PK-lannoitus on todettu niin varttuneissa korpi-kuusikoissa kuin varttuneissa männiköissäkin selvästi NPK-lannoitusta edullisemmaksi toimenpiteeksi. Varttuneiden suopuustojen lannoitus on todettu soveliaissa kohteissa omarahoituksella toteutettuna varsin kannattavaksi investoinniksi (Hämäläinen & Laakkonen 1983, Hämäläinen ym. 1985).

Pohjois-Suomen osalta turvemaiden lannoituksen kannattavuuslaskelmia ei ole Keltikankaan ja Seppälän tutkimuksia (1968, 1973a) lukuunottamatta tehty. Selvityksiä ei ole olemassa myöskään ojitusaluepuustojen jatkolannoituksen kannattavuudesta. Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun alueella arvioidaan olevan puuston ja kasvupaikkatyypin puolesta PK-lannoitukseen soveltuvia meso-oligotrofisia ojitettuja soita kaikkiaan noin 350 000 ha (Penttilä & Moilanen 1987), mikä on lähes neljännes koko ojitusalasta. NPK-lannoitukseen soveltuvia rämeojjikoita ja -muuttumia on vastaavasti noin 375 000 ha.

## 1.2 Tutkimustehtävä

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää PK (= fosfori-kalium)- ja NPK (=typpi-fosfori-kalium)-

lannoituksen metsikkökohtainen kannattavuus ja keskinäinen edullisuus Pohjois-Pohjanmaan ojitusaluiden nuorissa männiköissä. Näkökulma on yksityistaloudellinen. Kannattavuus määritetään sekä kerta- että jatkolannoitukselle. Rahoitusvaihtoehtoja on kaksi: rahoitus metsänomistajan omalla pääomalla tai edellisen lisäksi valtion metsänparannusavustuksella. Lannoitusinvestoinnin kannattavuuteen liittyviä riskejä analysoidaan laskemalla useita vaihtoehtoja eri pannonen ja tuotosten hintasuhteilla.

Tutkimuksessa käytettyjen lannoituskokeiden valinta, puustomittausaineiston keruu ja peruslaskenta tehtiin Mikko Moilasan johdolla. Tapio Rantala laati mallin lannoituskäsittelyjen vaikutuksesta puuston kasvuun ja suoritti kannattavuuslaskelmat. Mikko Moilanen vastasi suomensien ravinnetalouden perusteita ja lannoitusvaikutuksen tulkintaa koskevasta käsikirjoituksen osasta, Tapio Rantala puolestaan lannoituksen ekonomiaan liittyvistä luvuista. Tämä työ on jatkoa hänen samasta aineistosta tekemälleen opinnäytetyölle. Muhoksen tutkimusaseman henkilökunnasta aineiston keruussa ja käsittelyssä olivat mukana Jorma Issakainen, Heikki Vesala ja Tuula Väärä sekä ravinneanalyysien teossa Timo Mikkonen ja Anna-Liisa Mertaniemi. Käsikirjoituksen lukivat MMK, VTK Jukka Aarnio ja MMK Olli Salminen. Tutkimusraportin englanninkielisen tekstin tarkastuksessa avusti M.Sc. Paula Horne.

Kaikille edellä mainituille sekä muille työn toteuttamisessa avustaneille esitämme parhaat kiitokset.

# 2 Aineisto ja menetelmät

## 2.1 Tutkimusmetsiköt ja koejärjestelyt

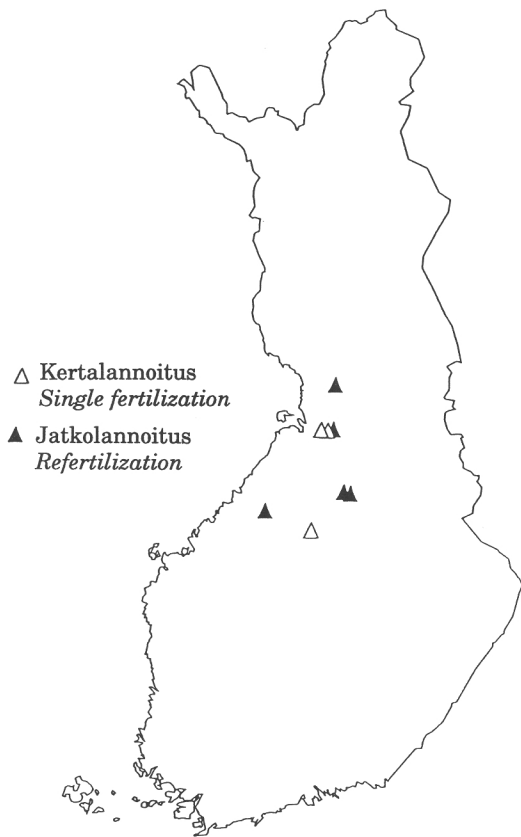
Puuston määrää ja kehitystä koskeva maastoaineisto kerättiin Pohjois-Pohjanmaan ojitetuilta turvemailta. Tutkimuksen perusjoukon muodostivat Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusaseman toimesta 1960–70-luvulla perustetut lannoituskokeet. Kohteet valittiin seuraavilla perusteilla:

- kohte oli kasvupaikkatyypiltään suursaraista tai ruohoista ja siirtynyt ojituksen seurauksena muuttumatai turvekangasvaiheeseen
- puusto oli puhdasta tai lähes puhdasta männikköä ja puuston kehitysluokka oli mittaushetkellä vähintään nuorta kasvatusmetsää
- kohteessa oli yhtä paljon PK- ja NPK-lannoitettuja koeruutuja sekä käsittelemättömiä vertailuruutuja
- kohte oli lannoitettu kerran tai kahdesti ja lannoite-

annostus ei poikennut merkittävästi nykysuosituksesta

- harvennushakkuuta ei oltu tehty lannoituskokeiden perustamisen jälkeen
- lannoituksesta oli kulunut vähintään kymmenen kasvukautta

Tutkimukseen valituista kahdeksasta lannoituskokeesta kolme sijaitsi Muhoksella, kaksi Pyhännällä ja yksi Pyhjärvellä, Sievissä ja Yli-Iissä (kuva 1). Ensimmäiset vaikutukset alueilla oli tehty jo 1920- ja 1930-luvuilla (taulukko 1). Ojastoja täydennettiin ja perattiin kokeiden perustamisen yhteydessä. Yleisin suotyyppi oli varsinainen sararäme. Neljä kohdetta oli entisiä nevoja, jotka metsitettiin ojituksen jälkeen kylvämällä. Turve- ja neulasanalyysien mukaan koealojen puuston tyyppitalous oli hyvä tai tyydyttävä (taulukko 2). Neulasanalyysin perusteella puusto kärsi selvää fosforin puutetta kertalannoituskokeilla



Kuva 1. Lannoituskokeiden sijainti.  
*Figure 1. Location of the fertilization experiments.*

ennen lannoitusta (katso Paarlahti ym. 1971). Jatkolannoitushetkellä puiden fosforitila oli keskimäärin parempi kuin ennen ensimmäistä lannoitusta. Muhoksen Oksansuon koetta 185 lukuunottamatta kaliumin puute oli yleinen kaikilla tutkimuskohteilla.

Koejärjestelyt toteutettiin satunnaistettujen lohkojen periaatteita noudattaen. Toistoja oli kokeesta riippuen 2–6 (taulukko 3). Pyhäjärven Rehulan koe oli poikkeuksellisen laaja (31 toistoa). Koealakoko vaihteli kokeesta riippuen välillä 0,05–0,15 ha. Käytetyt ravinnemäärät olivat yleensä lähellä nykysuosituksia. Jatkolannoituskohdeiden peruskäsittelyssä fosforia oli kuitenkin käytetty nykykäytäntöä runsaammin. Jatkolannoitukset tehtiin 9–15 vuoden kuluttua ensimmäisestä lannoituksesta.

Aineistoon tuli kolme kertalannoitus- ja viisi jatkolannoituskohdetta. Jatkolannoituskokeiden peruskäsittelyssä 1960-luvun alussa metsiköt lannoitettiin kauttaaltaan jättämättä lannoittamatonta vertailualaa. Tämän vuoksi peruskäsittelyn vaikutusta puuston kasvuun ei jatkolannoituskohdeilla voida selvittää, eikä myöskään verrata

kerta- ja jatkolannoituksen kannattavuutta toisiinsa samoilla kohteilla. Verrattaessa jatkolannoituksen kannattavuutta kertalannoitukseen oletuksena on, että jatkolannoituskokeiden puusto on ennen ensimmäistä lannoitusta ollut kasvultaan kertalannoituskokeiden puustoa vastaava. Lisäksi oletetaan, että perus- ja jatkolannoituskohdet ovat kasvualustaltaan vertailukelpoisia.

Typpekäsittelyissä lannoitteina olivat kokeesta riippuen urea tai oulunsalpietari (taulukko 3). Fosfori ja kalium annettiin suurimmalla osalla kokeista jauheisena suomettien PK-lannoksena. 1970-luvun loppupuolen kokeissa käytetty PK-lannos oli rakeistettua ja sisälsi myös booria. Jatkolannoituskokeiden PK-peruskäsittelyt 1960-luvulla tehtiin raakafosfaatilla ja kaliumkloridilla tai -sulfaatilla.

## 2.2 Puustomittaukset ja kasvujen määritys

Puustomittausten tavoitteena oli selvittää koelakokoitaisesti puuston pituus-, paksuus- ja tilavuuskasvun vuotuinen kehitys lannoituksen jälkeen. Mittausjakson pituus oli kokeesta riippuen 11–15 vuotta. Koeput valittiin puuston kaikista läpimittaluokista suurten puiden saadessa enemmän painoarvoa. Valinta tapahtui arpomalla tai nk. Kuposummaina (Laasasenaho 1974) käyttäen. Koealaa kohti tuli 20–30 koemäntyä. Sekapuuna esiintyvä hieskoivu jätettiin laskennasta pois. Muita puulajeja ei esiintynyt.

Koeputa mitattiin läpimitta ( $d_{1,3}$  mm,  $d_{6,0}$  cm), pituus (h dm) ja lannoituskauden pituuskasvu vuosijakoittain (hi dm) sekä sädekasvun vuotuinen kehitys taannehtivasti lannoitusta edeltäneeseen (3 vuotta) kauteen. Sädekasvut määritettiin koeputa 1,3 m:n korkeudelta otetuista kairanlastuista lustomikroskoopilla 0,01 mm:n tarkkuudella. Puustotunnukset laskettiin koalojen peruslaskentaohjelmistolla (Heinonen 1981).

Kasvut määritettiin vuotuisina koko laskenta-ajalle, joka oli kaikissa tapauksissa 11 vuotta. Köhisevän ja Vesikko-suon kokeilta oli mitattu tarkastelujakson loppuosalta 6 vuoden ja Sammakosuon kokeelta 5 vuoden kokonaiskasvut. Vuotuiset kasvut määritettiin näistä lineaarisella tasoituksella.

Aineisto jakautui kahteen ositteeseen: kerran ja kahdesti lannoitetut metsiköt. Kertaalleen lannoitetut metsiköt jaettiin edelleen ohut- ja paksuturpeisiin. Lannoituksen tuottamaa kasvunlisäystä ja kannattavuutta laskettaessa kokeet yhdistettiin kunkin ositteen sisällä lukuunottamatta paksuturpeisten rämeitten kertalannoitusta, joka koostui vain yhdestä laajasta kokeesta. Kokeiden yhdistämisellä pyrittiin tulosten luotettavuuden parantamiseen, koska toistojen määrän lisääntyessä mahdolliset poikkeavat havainnot puutavaralajeitaisten kasvujen tasoissa saivat pienemmän painoarvon. Menettelystä seurasi, että osa selittämättömän vaihtelun analyysimahdollisuuksista ja yksittäisen kokeen onnistumistodennäköisyyden arvi-

Taulukko 1. Lannoituskokeiden yleistiedot.

Table 1. Basic information on fertilization experiments

Kokeen nimi <i>Experiment</i>	Yhtenäiskoord. Pohj. <i>North lat.</i>	Itä <i>East long.</i>	Suotyyppi <i>Peatland site type <sup>1)</sup></i>	Ojitusvuosi <i>Drainage year</i>	Turpeen paksuus <i>Peat thickness cm</i>	Puulajisuhteet <i>Prop. distr. of tree sp. mä pine / hiesk. birch</i>
<b>Kertalannoituskokeet — Single fertilization experiments</b>						
Muhos, Oksansuo	7196	458	VSRmu	1932, 1975	35	9/1
Muhos, Itkusuo	7197	455	VSNmu	1932, 1971	35	10/0
Pyhäjärvi, Rehula	7060	435	LkR-VSR	1972	>150	9/1
<b>Jatkolannoituskokeet — Refertilization experiments</b>						
Muhos, Oisava	7198	458	VSNmu	1932, 1970	130	10/0
Sievi, Nevajärvi	7087	370	VSN- RhSNmu	1920, 1963	>100	8/2
Yli-li, Sammakkosuo	7260	461	VSNmu- RhSNmu	1928, 1965	>100	9/1
Pyhäntä, Köhisevä	7112	481	VSRmu- Ptkg	1935, 1950	60– >100	9/1
Pyhäntä, Vesikkosuo	7110	484	VSRmu- Mtkg	1930, 1975	>100	9/1

<sup>1)</sup> According to Laine & Vasander 1990: VSR = tall-sedge pine fen, VSN = tall-sedge fen, LkR = low-sedge *S. papillosum* pine fen, RhSN = herb-rich sedge fen, Ptkg = vitis-ideae transformed mire, Mtkg = myrtillus transformed mire, mu = site at transforming stage

Taulukko 2. Turpeen (5–10 cm:n syvyys) ja puuston ravinnetunnuksat sekä puuston tilavuus ja valtapituus lannoitus-hetkellä.

Table 2. Some peat (5–10 cm depth) and tree stand characteristics at fertilization time.

Koe <i>Exp.</i>	Ravinnepitoisuudet — Nutrient contents				Puustotunnuksat — Tree stand characteristics		
	Turve — Peat N, %	Neulasen — Needles N, %	P, mg/g	K, mg/g	Tilavuus <i>V, m<sup>3</sup>/ha</i>	Valtapituus <i>H<sub>dom</sub>, m</i>	Syntytyyppi <i>Origin <sup>1)</sup></i>
<b>Kertalannoituskokeet — Basic fertilization experiments</b>							
Muhos, Oksansuo	1,75	1,27	1,51	4,95	44	10	luontainen
Muhos, Itkusuo	2,40	1,32	1,11	3,40	2	3	mä-kylvö
Pyhäjärvi, Rehula	2,06	1,60	1,34	3,65	17	5	luontainen
<b>Jatkolannoituskokeet — Refertilization experiments</b>							
Muhos, Oisava	3,15	1,73	1,21	3,40	13	5	mä-kylvö
Sievi, Nevajärvi	2,40	1,32	1,89	3,65	30	7	mä-kylvö
Yli-li, Sammakkosuo	2,55	1,28	1,89	3,00	25	5	mä-kylvö
Pyhäntä, Köhisevä	2,48	1,34	1,63	3,72	109	14	luontainen
Pyhäntä, Vesikkosuo	2,36	1,28	1,53	3,42	102	12	luontainen

<sup>1)</sup> luontainen = rämelähtöinen luontaisesti syntynyt metsikkö — natural-born tree stand  
mä-kylvö = entinen neva, metsitetty männyn hajakylvöllä — afforested peatland (pine broadcast sowing)



Taulukko 3. Tutkimusmetsiköiden perus- ja jatkolannoituskäsittelyt sekä käytetyt ravinmäärät. Käsittelyt: 0, PK, NPK.

Table 3. Treatment scheme and time of fertilization applications. Treatments: 0, PK, NPK.

Koe Exp.	Ajan kohta Month/Year	Toistoja Replicates	Ravinmäärä, kg/ha — Nutrient amount			Lannoitteet <sup>1)</sup> Fertilizers
			N	P	K	
<b>Kertalannoituskokeet — Basic fertilization experiments</b>						
Muhos, Oksansuo	6/1977	4	93	57	220	Ur, PK1
Muhos, Itkusuo	6/1972	3	92	52	62	Ur, PK1
Pyhäjärvi, Rehula	5/1974	31	92	42	50	Ur, PK1
<b>Jatkolannoituskokeet — Refertilization experiments</b>						
Muhos,	1961,	2–3	–	48	83	Hf, K1
Oisava	25.6.1972	2	105	45	85	Os, Rf, K1
Sievi,	1965,	2	–	70–100	100	Hf, K1
Nevajärvi	20.9.1974	2	93	42	50	Ur, PK1
Yli-li,	1961,	2	–	86	83	Hf, K2
Sammakosuo	19.6.1975	2	93	42	50	Ur, PK1
Pyhäntä,	1961–63,	4	98	83–134	75–142	Hf, K2, SuoY
Köhisevä	kesäk.1978	4	100	44	83	Os, PK2
Pyhäntä,	1962–65,	6	–	83	84	Hf, K2
Vesikkosuo	kesäk.1978	6	100	44	83	Os, PK2

<sup>1)</sup> Ur = Urea (46,3% N)

Os = Oulunsalpietari (26% N) — Ammonium nitrate with lime

PK1 = Suometsien jauheinen PK-lannos (10,5% P, 12,5% K) — Powdered PK fertilizer

PK2 = Suometsien rakeinen PK-lannos (8,7 % P, 16,6 % K, 0,2% B) — Granular PK fertilizer

Hf = hienofosfaatti (13,8% P) — Renophosphate (finely ground rockphosphate)

Rf = raakafosfaatti (13,8% P) — Rockphosphate

K1 = kaliumkloridi (50 % K) — Potassium chloride

K2 = kaliumsulfaatti (42% K) — Potassium sulphate

SuoY = SuoY-lannos (14% N, 7,3% P, 8,3% K) — NPK-fertilizer for peatlands

oinnin mahdollisuus kadotettiin. Toistojen määrä oli pääosassa aineistoa kuitenkin niin pieni, ettei yksittäisille kokeille katsottu voitavan laatia riittävän luotettavasti puuston kasvun lähtötasokorjausta, jota tarvittiin lannoitusreaktion suuruuden määrittämisessä. Näin ollen ei erillisten kokeiden taloudelliseen analyysiin olisi ollut luotettava. Kokeitaisten kasvureaktioiden erojen selvittämiseksi kokonaiskasvu määritettiin jokaiselta koalueelta erikseen.

Lannoituksen aiheuttaman kasvunlisäyksen selvittämisessä ongelma on, millä tavalla eri koalojen väliset erot kasvupaikan tuotoskyvyssä sekä puuston määrässä ja kehityksasteessa otetaan huomioon. Lannoitusta edeltävä puuston kasvu korreloi voimakkaasti lannoitusta seuraavien vuosien kasvujen kanssa (esim. Keltikangas ja Sepälä 1973b, Lipas 1979, Laakkonen ym. 1983). Tavoitteeksi asetettiin, että lähtötasokorjaus voidaan taloudellista analyysiä varten tehdä puutavaralajeittain, koska lannoituksen kannattavuuteen vaikuttavat tilavuuskasvun ohella voimakkaasti muutokset puutavaralajiosuuksissa.

Puuston lähtötasokorjaus on mahdollista tehdä useilla

vaihtoehtoisilla menetelmillä. Suomalaisissa lannoitus-tutkimuksissa yleisimmin käytettyjä ovat olleet kovarianssianalyysi (Snedecor 1962), regressioanalyysi ja erilaiset suhdekorjaukset (Lipas 1979). Lannoituksella aikaansaatua kasvunlisäystä voidaan määrittää myös Kukkolan ja Saramäen (1983) tilavuuskasvumalleihin pohjautuvalla menetelmällä.

Aikaisemman tutkimuksen perusteella kovarianssianalyysin katsottiin antavan luotettavimmat tulokset koeyhteistön lähtötasokorjauksessa. Yhdistettyjen aineistojen kasvut korjattiin puutavaralajeittain käyttämällä kovariantteina samanaikaisesti kolmen lannoitusta edeltävän vuoden kunkin puutavaralajin tilavuuskasvua ja puutavaralajin kokonaistilavuutta lannoitushetkellä. Puutavaralajeja olivat tukki-, kuitu- ja hukkapuu. Tukki- ja kuitupuun määrän lisäysten ohessa korjattiin vielä erikseen yhdistettyjen aineistojen kokonaiskasvu. Varsinkin kertalannoituksissa tukki- ja hukkapuun kasvujen korjaus onnistui jonkin verran kokonaiskasvun ja kuitupuun kasvun korjausta heikommin, koska tukki- ja hukkapuun osuus oli vähäinen. Korjattujen kasvujen katsottiin kui-

tenkin olevan kaikissa tapauksissa korjaamattomia kasvuja selvästi luotettavampia, koska F-arvot olivat pääasiassa hyviä ja heikommisakin tapauksissa kovarianssikorjaus oli oikean suuntainen.

Kovarianssikorjauksen jälkeen tehtiin vielä suhdekorjaus. Kovarianssianalyysin tulkinna perusteella voitiin olettaa, että korjattu kokonaiskasvu on luotettavampi kuin erikseen puutavaralajeittain korjattujen kasvu summa eli lannoituskäsittelyn vaikutus kasvun tasoon näkyy luotettavimmin kokonaiskasvussa.

Mallin 1 mukaisesti laskettiin yhteen lannoituskäsittelyittäin korjatut vuotuiset tukki-, kuitu- ja hukkapuun kasvut, jotka sitten vähennettiin korjatusta kokonaiskasvusta.

$$\text{Malli 1: } A_L = \sum_{v=1}^{v_e} P_{(L,v)} - S_{(L,v)}$$

jossa:

$$S_{(L,v)} = \sum_{v=1}^{v_e} T_{(L,v)} + \sum_{v=1}^{v_e} K_{(L,v)} + \sum_{v=1}^{v_e} H_{(L,v)}$$

$A_L$  = kahdella eri korjausmenetellyllä saatujen kokonaiskasvu erotus, m<sup>3</sup>

$P_{(L,v)}$  = vuotuinen kokonaiskasvu lannoituskäsittelyittäin, m<sup>3</sup>

$S_{(L,v)}$  = vuotuinen kokonaiskasvu lannoituskäsittelyittäin määritettynä puutavaralajeittaisten kasvu summana, m<sup>3</sup>

$T_{(L,v)}$  = vuotuinen tukkipuun määrän lisäys lannoituskäsittelyittäin, m<sup>3</sup>

$K_{(L,v)}$  = vuotuinen kuitupuun määrän lisäys lannoituskäsittelyittäin, m<sup>3</sup>

$H_{(L,v)}$  = vuotuinen hukkapuun määrän lisäys lannoituskäsittelyittäin, m<sup>3</sup>

$v$  = vuotta lannoitushetkestä

$v_e$  = laskennan viimeinen vuosi (kaikissa tapauksissa 11)

$L$  = lannoituskäsittely (0,PK,NPK)

Suure  $A_L$  ilmaisee eron puutavaralajeittain korjattujen kasvu summan ja korjatun kokonaiskasvun välillä. Lopulliset puuston korjatut kasvuluvut saatiin siten, että kunkin lannoituskäsittelyn vuotuinen kasvu korjattiin puutavaralajeittain em. eron ( $A_L$ ) ja puutavaralajeittain kovarianssikorjattujen kokonaiskasvu summan suhteella (prosenttipiikkeama  $a_L$ , malli 2). Suhdekorjauksen prosenttiarvot on esitetty taulukossa 4.

$$\text{Malli 2: } a_L = (A_L / \sum_{v=1}^{v_e} S_{(L,v)}) \times 100$$

Taulukko 4. Tilavuuskasvu suhdekorjaukset, %.

Table 4. The quotient correction ratios of volume increments, %.

Osite Strata	Käsittelemätön No treatments	PK-lannoitus PK-treatment	NPK-lannoitus NPK-treatment
1a	-0,73	-2,27	2,76
1b	8,62	-3,95	-1,61
2	-2,53	2,55	-0,52

1a = Ensikertainen lannoitus, paksuturpeiset sararämeet  
First fertilization, thick-peated pine fens

1b = Ensikertainen lannoitus, ohutturpeiset sararämeet  
First fertilization, thin-peated pine fens

2 = Jatkolannoitus — Refertilization

## 2.3 Kannattavuuden laskentamenetelmä

Lannoituksen kannattavuus määritettiin metsikkökohtaisena. Lannoitusinvestointia tarkasteltiin yksittäisenä, metsänomistajan kokonaistaloudesta irrallisena investointina, koska tällöin tulokset ovat helpommin yleistettävissä tavoitteiltaan erilaisille metsätalouksyksiköille. Investointiin sitoutuvan pääoman tuotto metsänomistajan vaihtoehtoisissa sijoituskohteissa otettiin huomioon tekemällä laskelmat useilla eri korkokannoilla.

Lannoitustuottojen selvittämisessä Suomessa käytetyt tutkimusmenetelmät eroavat toisistaan lähinnä tuottojen määrittämistavan suhteen (Keipi & Kekkonen 1970, Keipi 1972, Keltikangas & Seppälä 1973b). Hakkuiden lisääntymismenetelmissä tuotot ovat lisäkuutiometrejä ja lisämarkkoja. Hakkuiden ajoittumismenetelmissä lannoitustuotot aikaistuvat ja ovat siten odotusajan lyhenemistä vastaavia korkokustannusten säästöjä.

Koska tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää myös lannoituskäsittelyiden keskinäinen edullisuusjärjestys, määritettiin lannoitustuotot hakkuiden lisääntymismenetelmällä. Tällöin oletetaan, että puuston hakkuuarvon kasvu kuvastaa lannoituksen edullisuutta, vaikkei lannoituksella saatua kasvunlisäystä käytännössä useimmiten voida realisoida kokonaisuudessaan välittömästi lannoitusreaktion loppumisen jälkeen. Nuorissa metsiköissä hakkuiden lisääntymismenetelmä yllärvioi lannoituksen kannattavuuden, joten saatuja kannattavuuden lukuaroja ei voi verrata suoraan esim. vaihtoehtoisin sijoituskohteisiin.

Lannoituksen kannattavuus määritettiin sekä nettotuottojen nykyarvomenetelmällä että sisäisen korkokannan menetelmällä. Molemmilla menetelmillä on vahvat ja heikot puolensa ja ne täydentävät toisiaan. Lannoitusinvestoinnista saatavien nettotuottojen nykyarvolla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa lannoituksella aikaansaadun lannoitushetken diskontatun hakkuuarvon lisäyksen ja lannoitusmenon erotusta. Lannoitusinvestoinnin sisäisellä korolla tarkoitetaan puolestaan suhteellista, reaalia, korkona ilmaistua nettotuottoa, joka lannoitukseen sijoitetulle pääomalle saadaan kohonneen hakkuuarvon seurauksena.

Nettotuottojen nykyarvot määritettiin erikseen laskenta-ajan jokaiselle vuodelle 1, 3 ja 5 % reaalisilla korkokannoilla. Sisäinen korko laskettiin niin ikään joka vuodelle kannattavuusoptimin löytämiseksi. Lisäksi tarkasteltiin valtion metsänparannustuen mahdollistamien rahoitusvaihtoehtojen ja verotuksen vaikutusta kannattavuuteen. Investointivaihtoehtojen edullisuusjärjestyksen pysyvyyttä analysoitiin vaihtelemalla panosten ja tuotosten hintoja.

## 2.4 Lannoitustuotot

Lannoitustuotot muodostuvat kuutiovaikutuksesta ja järeysvaikutuksesta, sekä näiden yhteisvaikutuksesta. Leimikon-keskijäreiden kohoaminen otettiin huomioon pelkästään puutavaralajisiirtymän osalta. Lannoitustuotoilla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa lannoitetun ja sitä vastaavan lannoittamattoman metsikön hakkuuarvojen ero hinnoiteltuna vuoden 1992 kantohinnoilla.

Suomalaisissa lannoitustutkimuksissa kantohinnat on usein määritetty erilaisten hintakehitystä ennustavien lineaariseen trendiin perustuvien mallien avulla (katso esim. Keipi & Laakkonen 1980, Hämäläinen ym. 1985). Laskentahetkellä vallitsi tilanne, jossa puun kantohinnat olivat laskeneet melko voimakkaasti parin vuoden ajan. Koska raakapuumarkkinoiden rakenteellisissa tekijöissä oli tapahtunut muutoksia, ei aiemmin käytettyjen mallien ennustuskykyä muuttuneessa tilanteessa voitu pitää erityisen hyvänä. Parhaaksi vaihtoehdoksi katsottiin tuoreimpien saatavilla olevien raakapuun toteutuneitten kauppahintojen käyttäminen. Vuoden 1992 aikana tehtyjen kauppojen lukumäärällä painotettu keskimääräinen hinta Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunnan toimialueella oli mäntytuokeilla 178,4 mk ja mäntykuidulla 77,7 mk (Yksityismetsien...1993). Hintamuutosten vaikutusta kannattavuuteen analysoitiin vaihtelemalla peruskantohintoja 10 %, 20 % ja 30 % molempiin suuntiin.

## 2.5 Lannoituskustannukset

Lannoituskustannukset muodostuvat lannoite-, suunnittelu ja työnjohtokustannuksista, lähi- ja kaukukuljetuskustannuksista sekä levityskustannuksista.

Suurimman kustannuserän muodostavat lannoitekustannukset. Lannoitteiden hinnat vuonna 1992 saatiin Kemiran hinnastosta. Laskelmissa käytettiin perushintoja eli lannoitteen hintaa piensäkissä. Jos lannoitteen hinta vaihteli vuoden mittaan, käytettiin joulukuun hintoja, jotka vastaavat vuoden 1992 keskiahintaa. Hintoista vähennettiin ravinnevero, josta metsänlannoitteet on vapautettu. Käytöstä poistetut lannoitteet muunnettiin alkuaineiksi nykyhintojen määrittämiseksi. Verottomat hinnat olivat seuraavat:

Metsän PK	1,36 mk/kg
Urea	0,68 mk/kg
Oulunsalpietari	0,91 mk/kg
Apatiitti	0,82 mk/kg
Kalisuola	1,59 mk/kg

Suunnittelu- ja työnjohtokustannukset määritettiin Metsäkeskus Tapion metsänhoitoyhdistyksiltä keräämien tietojen perusteella. Yhteensä nämä olivat Pohjois-Pohjanmaalla 145,5 mk/ha, kun lannoitettavan alan koon oletettiin olevan alle 6 hehtaaria.

Lannoitteiden kaukukuljetuskustannuksia ei otettu huomioon, koska lannoitteet toimitetaan pääsääntöisesti lannoituskohteelle edellämaintuilla hinnoilla. Lähikuljetuskustannukset oletettiin alle 600 m, jolloin lähikuljetuskustannuksiksi saatiin 0,16 mk/kg.

Lannoitteiden levityskustannukset määritettiin olettaen levitys tapahtuvaksi miestyönä. Lentolevityksen kustannukset eivät kuitenkaan oleellisesti poikenneet käsinlevityksestä vuonna 1991. Metsä- ja uittoalan työehtosopimuksen metsätyöpalkkojen taulukoista (1991) saatiin perustuntipalkaksi 28 mk. Kun tähän lisättiin 20 % urakkakorotus ja lannoitteiden käsinlevityslisä, nousi tuntipalkka 40,4 mk:aan. Sosiaalikuluneen palkkakustannukset nousivat tästä vielä 60 prosenttia 64,6 mk:aan tunnissa.

Työmenekki määritettiin Metsähallituksen Etelä-Suomen piirikunnan alueelta kerättyjen PK-lannoitusten toteutuneitten työntuotostietojen perusteella. Keväällä tehdyn hankilevityksen tuotos vaihteli neljässä työvaikeusluokassa välillä 1240–2610 kg / 8 tuntia. Tässä tutkimuksessa käytetty päivätuotos (1900 kg) määritettiin kaikkien työvaikeusluokkien keskiarvona. Kaikkiaan levityskustannukset ilman lähikuljetusta olivat 0,27 mk/kg.

Lannoitemäärät vaihtelivat eri ositteissa jossain määrin (ks. taulukko 3), joten kustannuksetkin erosivat toisistaan (taulukko 5). Erityisesti Oksansuon kokeen muita suurempi PK-lannoitteen määrä nosti ohutturpeisilla rä-

Taulukko 5. Lannoituskustannukset, mk/ha.  
Table 5. Fertilization costs, FIM/ha.

Osite <i>Strata</i>	Käsittely <i>Treatment</i>	Lannoite- kustannukset <i>Cost of fertilizers</i>	Levitys- kustannukset <i>Cost of spreading of fertilizers</i>	Yhteensä <i>Total</i>
1a	PK	488	173	661
	NPK	624	259	884
1b	PK	754	251	1005
	NPK	890	337	1227
2	PK	592	199	791
	NPK	854	332	1186

1a = Ensikertainen lannoitus, paksuturpeiset sararämeet

*First fertilization, thick-peated pine fens*

1b = Ensikertainen lannoitus, ohutturpeiset sararämeet

*First fertilization, thin-peated pine fens*

2 = Jatkolannoitus — *Refertilization*

meillä tehtyjen kertalannoitusten kustannukset muita ositteita suuremmiksi. Jatkolannoituksessa eräillä kokeilla käytettiin urean sijasta oulunsalpietaria, jolloin levitys-

kustannukset muodostuivat korkeammiksi suuremman lannoitemäärän vuoksi.

## 3 Tulokset

### 3.1 Lannoituksella aikaansaatu puuston kasvunlisäys

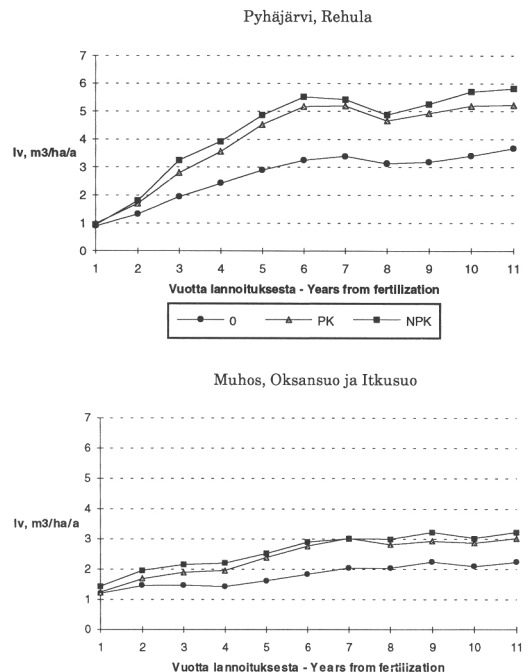
Lannoituksella saadut kasvunlisäykset määritettiin lannoitettujen ja lannoittamattomien puustojen lähtötasokorjattujen vuotuisten kasvujen erotuksena. Ensikertaiset PK- ja NPK-lannoitukset lisäsivät männyn tilavuuskasvua selvästi kaikissa tapauksissa (kuva 2, liite 1). Erot ositteiden välillä olivat kuitenkin huomattavat. Puuston kasvureaktio oli sekä PK- että NPK-käsittelyillä noin kaksi kertaa voimakkaampi paksuturpeisilla soilla kuin ohutturpeisilla. Vaikutus alkoi näkyä tilastollisesti merkitsevästä toisesta lannoituksen jälkeisestä kasvukaudesta alkaen ja saavutti korkeimman tasonsa 6–7 vuoden kuluttua lannoituksesta. Laskentajakson lopussa 11 vuoden kuluttua ravinnelisäyksestä vaikutus oli edelleen selvästi näkyvissä. Lannoitus lisäsi vuotuista tilavuuskasvua parhaimmillaan keskimäärin 1,6 m<sup>3</sup>/ha/v. NPK-käsittelyllä kasvunlisäys oli keskimäärin 0,25 m<sup>3</sup>/ha/v suurempi kuin PK-käsittelyllä.

Jatkolannoitetut puustot reagoivat ravinnelisäykseen hyvin vaihtelevasti. PK-jatkolannoituksella oli selvä vaikutus Yli-Iin Sammakosuolla ja Pyhännän Köhisevällä, NPK-jatkolannoituksella puolestaan Sievin Nevajärvellä ja Pyhännän Vesikkosuolla. Vaihtelevan lannoitusreaktion syynä on pidettävä kokeiden välisiä suuria ravinne-eroja, jotka ovat osittain luontaisia ja osittain peruslannoituksen synnyttämiä (taulukko 2). Yhdistetystä mittausaineistosta määritettiin PK-käsittelyllä jatkolannoitusten kasvunlisäykseksi vuosittain keskimäärin 1,4 m<sup>3</sup>/ha/a (kuva 3, liite 1). Typen lisäys kohotti vielä vuotuista kasvua 0,2 m<sup>3</sup>/ha. Typpikäsittely voimisti fosforilla ja kaliumilla saatua kasvunlisäystä lähinnä tarkastelujakson alussa.

### 3.2 Lannoituksen erilliskannattavuus

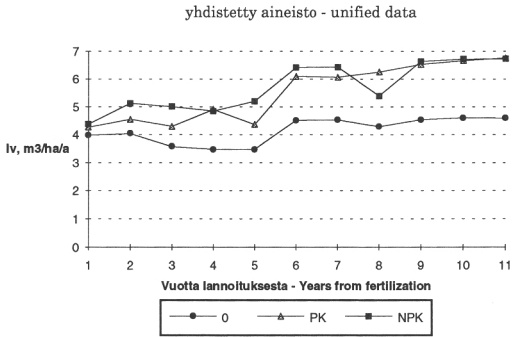
#### 3.2.1 Sisäiset korot

Rahoitettaessa lannoitusinvestointi ilman valtion metsänparannusavustusta saatiin positiiviset sisäiset korot neljässä tapauksessa kuudesta (kuva 4, liite 2). Vain ohutturpeisten soiden kertalannoituksessa korot jäivät koko tarkastelujaksolla negatiivisiksi. Jatkolannoituksilla ja paksuturpeisen suon kertalannoituksilla korko ylitti nollan ensimmäisen kerran kahdeksantena vuonna lannoitushetkestä, ja laskentajakson lopussa korot

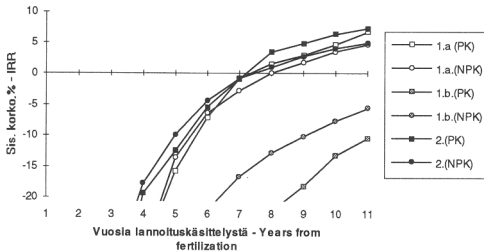


Kuva 2. Kovarianssi- ja suhdekorjattu puuston runkotilavuuden kasvu kertalannoitetuilla paksuturpeisilla (yllä) ja ohutturpeisilla (alla) sararämeillä.

Figure 2. Adjusted stand volume growth after first fertilization in thick-peated pine fens (above) and thin-peated pine fens (below).



Kuva 3. Kovarianssi- ja suhdekorjattu puuston runkotiilavuuden kasvu jatkolannoitetuilla sararämeillä.  
Figure 3. Adjusted stand volume growth after second fertilization.



1 = Ensikertainen lannoitus - First fertilization  
a = Paksurpeiset sararämeet - Thick-peated pine fens  
b = Ohutturpeiset sararämeet - Thin-peated pine fens  
2 = Jatkolannoitus - Refertilization

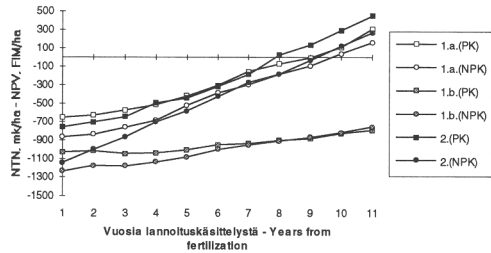
Kuva 4. Sisäiset korot käytettäessä omarahoitusta.  
Figure 4. Internal rates of return, self-financed.

vaihtelivat 4,6–7,3 % välillä. Kaikissa vaihtoehdoissa korot nousivat selvästi vielä jakson loppupuolella ja maksimiarvot saavutettiin vasta viimeisenä vuonna.

Omarahoitusvaihtoehdossa PK-lannoitusten sisäiset korot olivat NPK-käsittelyitä suurempia lukuunottamatta ohutturpeisten rämeitten kertalannoitusta. Lannoituskäsittelyiden väliset erot sisäisissä koroissa vaihtelivat 2,1 ja 4,9 prosenttiyksikön välillä (liite 2). Tasoeroja lukuunottamatta korkojen kehitys oli hyvin samantapainen molemmilla käsittelyillä.

### 3.2.2 Nettotuottojen nykyarvot

Jatkolannoituksilla ja paksurpeisten rämeiden kertalannoituksilla saatiin 3 % korkokannalla 164–451 mk nettotuotot hehtaarille (kuva 5). Sen sijaan ohutturpeisten rämeiden kertalannoituk-



1 = Ensikertainen lannoitus - First fertilization  
a = Paksurpeiset sararämeet - Thick-peated pine fens  
b = Ohutturpeiset sararämeet - Thin-peated pine fens  
2 = Jatkolannoitus - Refertilization

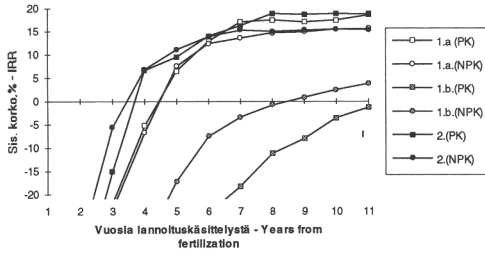
Kuva 5. Nettotuottojen nykyarvot määritettynä 3 % korkokannalla, omarahoitus.  
Figure 5. Net present values with 3 % calculative rate of interest, self-financed.

sisä nettotuotot jäivät yli 700 mk/ha negatiiviseksi eikä tappio oleellisesti muuttunut tästä korkokannan kahden prosenttiyksikön muutoksilla (liite 3). Edullisuusjärjestys oli 3 % korkokannalla määritetyillä nettotuottojen nykyarvoilla sama kuin käytettäessä investointikriteerinä sisäisiä korkoja, mutta muuttui laskentakorkoa alennettaessa siten, että NPK-käsittelyiden suhteellinen edullisuus kohosi.

### 3.2.3 Metsänparannustuen vaikutus kannattavuuteen

Nykyisen metsänparannuslain ja -asetuksen mukaan yksityiset metsänomistajat voivat saada metsän terveyslannoituksiin valtion avustusta, mutta metsänparannuslainoja ei vuonna 1993 enää myönnetty uusille hankkeille. Avustuksen määrä oli Pohjois-Pohjanmaan metsälautakunnassa eli 4. rahoitusvyöhykkeessä 60 %. Suunnittelu ja työnjohto ovat hankkeissa aina ilmaisia. Metsänparannusrahoitus suunnattiin laskentahetken tilanteessa lähinnä terveyslannoituksiin. Tässä tutkimuksessa käytettyjen aineistojen osalta kysymykseen tulee lähinnä turvemaiden ravinne-epätasapainon korjaaminen PK-lannoituksella.

Jos lannoitusinvestoinnin rahoitukseen käytetään metsänparannusavustusta, on puustoa metsänparannuslain mukaan mahdollista hakata aikaisintaan kahdeksan vuoden kuluttua lannoitushetkestä. Tämä ei muodostunut ongelmaksi tämän tutkimuksen koearneistossa, koska aineisto on koottu nuorista kasvatusmetsistä ja koska turvemaiden puustot reagoivat ylipäätäänkin lannoituksiin melko hitaasti.



1 = Ensikertainen lannoitus - First fertilization  
 a = Paksuturpeiset sararämeet - Thick-peated pine fens  
 b = Ohutturpeiset sararämeet - Thin-peated pine fens  
 2 = Jatkolannoitus - Refertilization

Kuva 6. Sisäiset korot käytettäessä metsänparannusavustusta.

Figure 6. Internal rates of return, financed with state forest improvement subsidies.

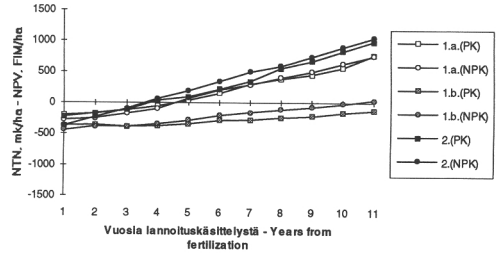
Metsänparannusavustus kohotti sisäisiä korkoja keskimäärin 10,6 prosenttiyksikköä verrattuna omarahoitusvaihtoehtoon (kuva 6). PK-käsittelyllä saatiin jatkolannoituksissa ja paksuturpeisten soiden kertalannoituksissa enimmillään yli 18 % korko. Sen sijaan ohutturpeisten soitten ensikertainen PK-lannoitus jäi metsänparannusavustuksellakin kannattamattomaksi. Nettotuottojen nykyarvot kohosivat PK-käsittelyillä keskimäärin 550 mk/ha ja NPK-käsittelyillä 718 mk/ha verrattuna omarahoitusvaihtoehtoon (kuva 7).

Metsänparannusavustusta käyttäen saavutettiin sisäisillä koroilla tarkastellen kannattavuusoptimi eräissä tapauksissa jo ennen laskentajakson loppua (liite 2). Jatkolannoitusten PK-käsittelyllä maksimi-arvo 18,9 % saatiin jo kahdeksantena vuonna lannoituskäsittelystä. Kuitenkaan sisäiset korot eivät missään vaihtoehdossa merkittävästi laskeneet tarkastelujakson loppua kohti, vaan pikemminkin vain vakiintuivat maksimitasolle.

### 3.2.4 Hintamuutosten vaikutus kannattavuuteen

Kannattavuuden herkkyyttä tuotosten ja panosten hintojen muutoksille analysoitiin käyttäen kriteerinä sisäistä korkoa. Nettotuottojen nykyarvo on vaikeammin tulkittavissa, koska metsänomistajien käyttämiä laskentakorkokantoja ei ole mahdollista yksiselitteisesti määrittää (Hämäläinen 1973).

Raakapuun hintaan liittyvät riskit ovat vaikeasti arvioitavissa, koska lannoitusvaikutuksen realisointi tapahtuu aikaisimmillaankin vajaan kym-



1 = Ensikertainen lannoitus - First fertilization  
 a = Paksuturpeiset sararämeet - Thick-peated pine fens  
 b = Ohutturpeiset sararämeet - Thin-peated pine fens  
 2 = Jatkolannoitus - Refertilization

Kuva 7. Nettotuottojen nykyarvot määritettynä 3 % korkokannalla, metsänparannusavustus.

Figure 7. Net present values with 3 % calculative rate of interest, financed with state forest improvement subsidies.

menen vuoden kuluttua lannoitushetkestä ja tällöin vallitseva hintataso ei ole tiedossa. Laskentahetkeä edeltävinä vuosina oli raakapuun hinta alentunut tuntuvasti eikä hintasoa voitu pitää vakiintuneena. Näin katsottiin perustelluksi analysoida puun hintamuutoksista johtuvia lannoitusinvestointien riskejä.

Kantohintoja muutettiin perustasosta  $\pm 10$ ,  $\pm 20$  ja  $\pm 30$  % (taulukko 6). Sekä tukki- että kuitupuun hintaa muutettiin kussakin tapauksessa samalla tavoin. 10 % lasku kantohinnoissa alensi sisäisiä korkoja tarkastelualueella keskimäärin yhden prosenttiyksikön. Kantohintojen nousu puolestaan kohotti sisäisiä korkoja keskimäärin 0,85 prosenttiyksikköä 10 % muutosta kohti. PK- ja NPK-käsittelyiden välillä ei voitu havaita merkittäviä eroja muutoksissa. Myös lannoituskokeiden väliset erot olivat vähäisiä; ohutturpeisten rämeiden kertalannoituksissa muutokset olivat hieman vähäisempiä johtuen puuston muita kokeita heikommasta lannoitusreaktiosta. Tukki- ja kuitupuun hintasuhteita ei muutettu. Hintasuhteiden muutoksilla olisi tarkastelujaksolla ollut vaikutusta lähinnä jatkolannoitetuissa metsiköissä, joissa tukkipuuston osuus oli kertalannoitujia metsiköitä suurempi.

Eräiden metsälannoitelajien hinnat ovat niinkään alentuneet edellisvuosista. Lannoitteiden hintoihin vaikuttavat eniten kunakin vuonna tehtävät valtiovallan päätökset metsälannoitteiden verokohtelusta. Levityskustannuksiin vaikuttavat miestyönä tehtävässä lannoituksessa eniten metsätyövoiman tuntiansioiden ja tuottavuuden kehitys ja toisaalta lähikuljetuskustannuksissa tapahtuvat muutokset. Jos tarkastellaan lannoitusinvestointia päätöksenä siitä, lannoittaako vai

Taulukko 6. Sisäisten korkojen muutokset prosenttiyksikköinä kantohintojen muuttuessa 10–30 % perustasosta (omarahoitus).  
 Table 6. Percentage changes in real internal rates of return when stumpage prices change 10–30 %, percent units (self-financed).

Osite Strata	Käsittely Treatment	Muutokset kantohinnoissa — Changes in stumpage prices					
		-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%
1a	PK	-3,4	-2,2	-1,0	0,9	1,7	2,6
	NPK	-3,3	-2,1	-1,0	0,9	1,7	2,5
1b	PK	-2,8	-1,8	-0,8	0,8	1,5	2,2
	NPK	-3,0	-1,9	-0,9	0,9	1,6	2,3
2	PK	-3,4	-2,1	-1,0	0,9	1,8	2,6
	NPK	-3,3	-2,1	-1,0	1,0	1,8	2,6

1a = Ensikertainen lannoitus, paksurpeiset sararämeet — First fertilization, thick-peated pine fens  
 1b = Ensikertainen lannoitus, ohutturpeiset sararämeet — First fertilization, thin-peated pine fens  
 2 = Jatkolannoitus — Refertilization

Taulukko 7. Sisäisten korkojen muutokset prosenttiyksikköinä lannoituskustannusten muuttuessa 10–30 % perustasosta (omarahoitus).  
 Table 7. Percentage changes in real internal rates of return when fertilization costs change 10–30 %, percent units (self-financed).

Osite Strata	Käsittely Treatment	Muutokset lannoituskustannuksissa — Changes in fertilization costs					
		-30%	-20%	-10%	10%	20%	30%
1a	PK	3,5	2,2	1,0	-0,9	-1,8	-2,5
	NPK	3,5	2,2	1,0	-0,9	-1,7	-2,5
1b	PK	3,0	1,9	0,9	-0,7	-1,4	-2,1
	NPK	3,2	2,0	1,0	-0,8	-1,5	-2,2
2	PK	3,5	2,2	1,0	-0,9	-1,8	-2,5
	NPK	3,5	2,2	1,1	-0,9	-1,7	-2,4

1a = Ensikertainen lannoitus, paksurpeiset sararämeet — First fertilization, thick-peated pine fens  
 1b = Ensikertainen lannoitus, ohutturpeiset sararämeet — First fertilization, thin-peated pine fens  
 2 = Jatkolannoitus — Refertilization

eikö tietyllä hetkellä, lannoitteiden ja levitystyön hintamuutokset eivät sinänsä lisää investoinnin riskiä, koska täsmälliset lannoitekustannukset ovat määritettävissä päätöksentekohetkellä.

Lannoituskustannusten muutosten vaikutuksia tarkasteltiin samalla tavalla kuin kantohintoja. Eri kustannuslajien vaikutuksia ei eritelty. Lan-

noituskustannusten 10 % aleneminen tarkastelualueella kohotti sisäisiä korkoja keskimäärin 1,1 prosenttiyksikköä ja samanlainen kustannusnousu alensi korkoja 0,8 prosenttiyksikköä (taulukko 7). Kokeiden väliset erot olivat vähäisiä selityksen lähinnä puuston lannoitusreaktion voimakkuudella.

## 4 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

### 4.1 Aineiston edustavuus ja tulosten luotettavuus

Tutkimukseen valitut ojitusaluet edustivat kasvupaikkatyypiltään suursaraisia ja ruohoisia kasvupaikkoja. Kyseiset kasvupaikkatyypit ovat Pohjois-Pohjanmaalla suhteellisen yleisiä, ja niitä on myös ojitettu runsaasti 1960- ja -70 -luvulla

(Keltikangas ym. 1986). Potentiaalislta puuntuotoskyvyltään ja metsätaloudelliselta painoarvoltaan mainitut kohteet ovat keskimääräistä parempia; ne ovat runsastyypisiä, joskin toisaalta fosforin ja kaliumin saatavuus ovat alhaisia (Westman 1981, Kaunisto & Paavilainen 1988). Kuiva- tuksen vaikutus puuston kasvuun on selvästi suurempi kuin ravinteisuudeltaan heikommilla soilla

(Heikurainen & Seppälä 1973, Keltikangas ym. 1986).

Lannoitusvaikutuksen suuruus yksittäisten kokeiden välillä vaihteli voimakkaasti etenkin jatkolannoitetuilla rämeillä. Tähän vaikuttivat ainakin erot puustojen lannoitusta edeltävässä kehityksessä ja kasvupaikkojen luontaisessa ravinteisuudessa. Lisäksi lannoituskokeiden perustamisvuosissa oli eroja, joten vuotuista kasvun tason vaihtelua ei ollut mahdollista ottaa huomioon. Epävarmuutta kasvunlaskentaan toivat lisäksi käsittelyjen vähäinen toistojen määrä ja ojitusalueille tyypillinen runkojen suuri kokovaihtelu. Kokeita jouduttiin yhdistämään, jotta koealojen väliset puuston kasvun lähtötaasoerot voitiin luotettavasti tasoittaa. Tulokset antavatkin informaatiota ainoastaan lannoituksen keskimääräisestä edullisuusjärjestyksestä kyseisellä alueella eivätkä ole suoraan yleistettävissä tehtäessä päätöstä yksittäisen kohteen lannoittamisesta tai lannoittamatta jättämisestä.

Kerta- ja jatkolannoituksen kannattavuuden keskinäistä vertailua vaikeutti se, ettei lannoituksia voitu tarkastella samoilla kohteilla. Jatkolannoitettujen metsiköiden puustot olivat lannoitushetkellä myös selvästi kertalannoituskohteita vartuneempia. Kertalannoituksen vaikutuksen perusteella on myös pääteltävissä, että jatkolannoitushetkellä puuston kasvuun vaikutti vielä ensimmäinen käsittely. Mikäli jatkolannoitus olisi tehty peruslannoitusvaikutuksen jo päätyttyä, voisivat tulokset olla tässä esitetyistä poikkeavia.

Käytetyissä ravinnemäärissä oli eri kokeiden välillä eroja. Kaliummäärät vaihtelivat nykysuosituksen molemmin puolin ja fosforiannokset olivat tavanomaista korkeampia jatkolannoituskokeiden peruskäsittelyissä. Typen määrä sen sijaan oli lähes vakio. Vaihtelusta huolimatta voi saatujen kasvutulosten olettaa edustavan normaaliannosten aiheuttamia kasvureaktioita. PK-lannoituksen käyttömääriä vertailevissa kokeissa puuston kasvunlisäykset ovat olleet karuhkoilla soilla samaa suuruusluokkaa eri annostuksilla (Moilanen & Issakainen 1990). Mainittavia eroja ei ole saatu myöskään kaliumin eri käyttömäärien antamien tulosten välille (Kaunisto 1992). Mahdollista kuitenkin on, että nyt tutkituilla viljavilla jatkolannoituskohteilla peruskäsittelyjen suuret fosforimäärät ovat näkyneet tavanomaista pitempään puuston kasvussa.

Lannoitemäärien ohella vaihtelivat myös lannoittelajit. Fosfori- ja kaliumlajien osalta tehdyt selvitykset osoittavat eri lannoittelajien vaikuttavan puiden kasvuun hyvin samalla tavoin (Penttilä & Moilanen 1987, Kaunisto 1992). Typpilan-

noitteina käytetyt oulunsalpietari ja urea sen sijaan poikkeavat ominaisuuksiltaan toisistaan ja synnyttävät näin virhemahdollisuuden tuloksiin. Urean tiedetään olevan oulunsalpietaria herkemman levitysjankohdan sääoloille: osa urean typestä voi haihtua ammoniakkaasuna ilmaan, jos levityshetkellä vallitsee lämmin ja kuiva sää (Paavilainen 1973, Derome 1979). Edellytykset typen hävikille ovat suurimmat kevätkesän poutajak-solla tehdyn levityksen jälkeen (Paavilainen 1975). Urean on kangasmailla todettu antavan kevätlevityksissä oulunsalpietaria heikomman tuloksen (Lipas & Levula 1980, Päivinen & Salonen 1981). Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa kertalannoituskokeiden ureakäsittelyt tehtiin keväällä tai alkukesällä ja jatkolannoituskokeiden ureakäsittelyt myöhäissyksyllä. Turvemailedyissä selvityksissä urea ja oulunsalpietari ovat käyttäytyneet kuitenkin hyvin samalla tavoin riippumatta levitysjankohdan sääoloista (Paavilainen 1972, Moilanen & Issakainen 1985, 1990). Myös tämän tutkimuksen kerta- ja jatkolannoitusten vertailussa oletetaan ureatypen hävikin jääneen merkitysettömäksi puuston kasvureaktion kannalta.

Lannoituksella saatu kasvunlisäys oli mahdollista määrittää vain 11 vuoden ajalta. Lannoitusreaktio jatkui kaikissa tapauksissa kuitenkin vielä mittausjakson jälkeen. Typpilannoitusreaktion tiedetään kestävän lyhyemmän aikaa kuin PK-lannoitusreaktion, joka voi kestää 20–25 vuotta (mm. Penttilä & Moilanen 1987, Moilanen 1993). Kannattavuus tulee tämän vuoksi aliarvioiduksi varsinkin PK-lannoitusten omarahoitusvaihtoehdoissa, mutta rahan aika-arvon vaikutuksesta aliarvio ei liene suuri. Metsänparannusrahoituksella kannattavuusoptimit saavutettiin jatkolannoitetuilla rämeillä jo laskentajakson kuluessa.

Hakkuiden lisääntymismenetelmää käytettäessä oletetaan, että lannoituksella aikaansaatu kasvunlisäys voidaan realisoida välittömästi lannoitusvaikutuksen päätyttyä. Käytännössä tämä ei ole mahdollista, koska lannoitus vaikuttaa metsikön kaikkiin puuyksilöihin. Metsikön suurimmat puut reagoivat voimakkaimmin lannoitukseen. Kuitenkin käytännön metsätaloudessa käytetään valtaosin alaharvennuksia, jolloin harvenushakkuiden kertymä on nuorissa metsiköissä lähinnä kuitupuuta. Tässä tutkimuksessa lannoituksella saatu kasvunlisäys on kuitenkin hinnoiteltu sen mukaisesti, mihin puutavaralajeihin se kohdistuu. Menettely johtaa kannattavuuden yliarvioon. Virhe lienee vähäinen tämän tutkimuksen kertalannoituksissa, koska niissä tukkipuun määrän lisäys on vähäistä. Jatkolannoituksissa virhe on suurempi.



## 4.2 Puuston lannoitusreaktio ja lannoituksen edullisuus

Saadut puuston kasvunlisäysarviot olivat samaa suuruusluokkaa kuin Pohjois-Pohjanmaalla aiemmin tehdyissä selvityksissä (Penttilä & Moilanen 1987, Moilanen 1993).

PK-lannoitus antoi kertalannoituskokeilla lähes yhtä suuren puuston kasvunlisäyksen kuin NPK-lannoitus. Tulos vahvistaa yleisesti saadut kokemukset typen tarpeettomuudesta suursaraisien tai sitä parempien kasvupaikkatyyppien lannoituksessa (Paavilainen 1979a, Moilanen 1993). Pintaturpeen typpipitoisuuden ollessa yli 2 % kuiva-aineesta typpilisäyksellä on voitu parantaa nuoren suomännikön kasvua vain vähän PK-käsitellyn yhteydessä (Moilanen 1993).

Typpilisäyksellä saatu kasvunlisäys ei riittänyt peittämään kohonneita kustannuksia paksuturpeisten rämeiden ensikertaisessa lannoituksessa, vaan kannattavuus jäi sekä nettotuottojen nykyarvoja että sisäisiä korkoja investointikriteerinä käytettäessä hieman pelkkää PK-lannoitusta heikommaksi. Kannattavuuden voidaan kuitenkin katsoa olleen tyydyttävä molemmissa tapauksissa omarahoituksellakin edellyttäen, että kasvunlisäystä vastaava puumäärä voidaan realisoida laskentajakson (11 vuotta) lopussa tai pian sen jälkeen.

Ohutturpeisilla soilla typpilisäyksellä saatiin niin ikään lisättyä hiukan kasvua, mutta kokonaisreaktio jäi molemmilla lannoituskäsittelyillä vaatimattomaksi. Kannattavuus oli NPK-käsittelyillä parempi kuin PK-käsittelyillä aloilla johtuen osaltaan myös ensinmainituilla määritetystä suuremmasta tukkipuun kasvusta. Sekä sisäiset korot että nettotuottojen nykyarvot olivat kuitenkin omarahoituksella kaikissa tapauksissa selvästi negatiivisia.

Ohutturpeisilla rämeillä ravinnelisäyksen aiheuttama puuston kasvureaktio jäi pienemmäksi kuin paksuturpeisilla rämeillä. Syynä lienee ollut ohutturpeisuudesta yleensä johtuva puiden heikko typpitalous, jonka katsotaan paljolti määrävän lannoitusreaktion suuruuden ja keston (Paavilainen 1979a). Lannoitusvaikutus on ohutturpeisilla kokeilla jäänyt verraten vaatimattomaksi aiemminkin (Moilanen & Issakainen 1990, Moilanen 1993). Nyt saatujen tulosten mukaan ohut- ja paksuturpeiset kohteet poikkesivatkin toisistaan selvästi neulasten typpipitoisuuden suhteen (taulukko 1). Itkusuoan ohutturpeisella kokeella tosin myös neulasten fosfori- ja kaliumpitoisuudet osoittivat ko. ravinteiden puutosta (Paarlahti ym. 1971). Suurista ravinnevaihteluista joh-

tuen ei ohut- ja paksuturpeisten kokeiden tulosten eroa voi yleistää. Mikäli kyseessä olisivat olleet typpipitoisuudeltaan samanlaiset ryhmät, puuston reaktio lannoitukseen samoin kuin lannoituksen kannattavuuskin olisivat todennäköisesti olleet lähempänä toisiaan.

PK-jatkolannoitus osoittautui kohtalaisen kannattavaksi omarahoituksenakin toteutettuna. Typpilisäyksellä saatiin myös jatkolannoituksessa pienehkö lisäkasvu, joka ei riittänyt peittämään kustannusten nousua. Aikaisemmissa tutkimuksissa on esitetty, että puuston typen tarve kasvaa ensimmäisen lannoituksen jälkeen puuston järeytymiskehityksen seurauksena (esim. Paavilainen 1979, 1984). Lisäksi on arveltu typen tarpeen lisääntyvän etelästä pohjoiseen siirryttäessä rehevilläkin kasvupaikoilla. Tämän tutkimuksen perusteella ei tällaisia johtopäätöksiä voi tehdä. On kuitenkin otettava huomioon, että jatkolannoitettujenkin koalojen puustot olivat pääosin melko nuoria ja pätehakkuikäisten jatkolannoituskohteiden typen tarve voi olla suurempi.

Metsänparannusrahoitus kohotti merkittävästi kaikkien lannoituskohteitten ja -käsittelyitten kannattavuutta. Vaikka ohutturpeisten soiden ensikertainen NPK-käsittely kohosi niukasti positiiviseksi laskentajakson loppupuolella, on kannattamattomuusriski kuitenkin katsottava niin suureksi, ettei vastaavien kohteiden lannoitusta voi pitää mielekkäänä. Muissa osissa aineistoa metsänparannusrahoitus kohotti kannattavuuden tyydyttävästä hyväksi. Metsänparannusrahoitus lyhensi lannoitusinvestoinnin optimaalista pitoaikaa. Kuitenkaan metsänparannusrahoitusta käytettäessä ei ole välttämätöntä aikaistaa harvennushakkuuta, jossa kasvunlisäys realisoidaan, koska pitoajan loppupuolellakaan kannattavuus ei merkittävästi alentunut lannoitusreaktion jatkuessa voimakkaana.

Kantohintojen muutokset vaikuttivat selvästi lannoitusinvestointien kannattamattomuusriskiin. Kuitenkin pienehköjen hintamuutosten vaikutukset olivat suhteellisen vähäisiä varsinkin, jos investointi oli osittain mahdollista rahoittaa valtion metsänparannusavustuksella. Lannoituskustannusten muutosten vaikutus oli samaa kertaluokkaa kuin kantohintojenkin.

## 4.3 Johtopäätökset

1. Sararämeillä kasvavien nuorten männiköiden ensija toiskertainen PK-lannoitus on Pohjois-Pohjanmaalla kohtuullisen kannattava toimenpide myös omarahoituksella, jos lannoitusreaktiota vastaava

- kasvunlisäys voidaan realisoida 10–15 vuoden kuluttua lannoitushetkestä. Ensisijaisiksi lannoituskohteiksi tulee kuitenkin valita varttuneet metsiköt, koska näissä kasvunlisäyksestä on suurempi osa arvokkaampaa tukkipuuta.
2. Metsänparannusrahoitus parantaa kannattavuutta voimakkaasti ja lyhentää optimaalista pitoaikaa. Yksityisen metsänomistajan on mielekästä valita

lannoituskohteiksi ensin sellaiset metsiköt, joiden lannoitukseen on mahdollista saada metsänparannusrahoitusta.

3. Typpilannoitus ei ole koelaitoksen kaltaisissa metsiköissä järkevää. Typen lisääminen yhdessä fosforin ja kaliumin kasvattaa kannattamattomuusriskiä.

## Kirjallisuus — References

- Aarne, M. (toim. — ed.) 1992. Metsätalastollinen vuosikirja 1990–91. Yearbook of forest statistics, 1990–91. *Folia Forestalia* 790.
- Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 111. 20 s.
- Braekke, F.H. 1977. Fertilization for balanced mineral nutrition of forests on nutrientpoor peatland. *Suo* 28(3): 53–61.
- Derome, J. R. M. 1979. Urea hydrolysis and ammonia volatilization from urea pellets spread on top of the litter layer. Seloste: Urean hydrolysoituminen ja ammoniakkiin haihtuminen karikkekerroksen päälle levitetystä urearakeista. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 97(2). 22 s.
- Finér, L. 1991. Turvemaiden ravinnetaseet. Teoksessa (P. Mäkkeli ja J.-P. Hotanen (toim.): Metsänkasvatuksen perusteet turve- ja kivennäismailla. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1991. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 383: 11–22.
- Heikurainen, L. & Seppälä, K. 1973. Ojitusalueiden puuston kasvun jatkumisesta ja alueellisuudesta. Summary: Regionality and continuity of stand growth in old forest drainage areas. *Acta Forestalia Fennica* 132: 36 s.
- Heinonen, J. 1981. Koelaitosten perustelut. Moniste. Metsäntutkimuslaitos, matemaattinen osasto.
- Huikari, O. 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksista eräiden soiden pieneliöstöön. Summary: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 42(2). 18 s.
- 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. *Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja* 1973(1). 154 s.
- 1974. Hivenravinteet ja puiden kasvu. *Metsä ja Puu* 11/74: 24–25.
- Hämäläinen, J. 1973. Profitability comparisons in timber growing: underlying models and empirical applications. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 77(4). 178 s.
- & Laakkonen, O. 1983. Turvemaan varttuneiden männiköiden lannoituksen edullisuus. Summary: Profitability of fertilization in mature Scots pine stands on peatland. *Folia Forestalia* 570. 32 s.
- , Laakkonen, O. & Kukkola, M. 1989. Toistuvan lannoituksen kannattavuus kangasmailla. Summary: Profitability of repeated fertilization on mineral soils. *Folia forestalia* 740. 20 s.
- , Paavilainen, E., Salminen, O. & Heinonen, R. 1985. Tuloksia ojitettujen korpikuusikoiden lannoituksesta. Summary: The growth response to and profitability of fertilization in drained spruce swamp stands. *Folia Forestalia* 623. 26 s.
- Kaila, A. & Kivekäs, J. 1956. Distribution of extractable calcium, magnesium, potassium and sodium in various depths of some virgin peat soils. *The Journal of Scientific Agricultural Society of Finland* 28(4): 237–247.
- Karsisto, K. 1974. On the duration of fertilization influence in peatland forests. Teoksessa: The international symposium on forests drainage 2nd–6th September, 1974, Jyväskylä-Oulu. s. 309–327.
- Karsisto, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobin aktiivisuuteen suometsissä. Osa I. Pohjaveden etäisyyden ja NPK-lannoituksen vaikutus Vilppulan ja Kivalon rämeellä ja korvessa. Summary: Effect of forest improvement measures on activity of organic matter decomposing micro-organisms in forested peatlands. Part I. Effect of drainage and NPK fertilization in the spruce and pine swamps at Kivalo and Vilppula. *Suo* 30(3): 49–58.
- Kaunisto, S. 1977. Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avosoilla. Summary: Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs. *Folia Forestalia* 317. 31 s.
- 1985. Lannoituksen, ilman lämpösumman ja eräiden kasvualustan ominaisuuksien vaikutus mäntytaimikoiden kasvuun turvemilla. Summary: Effect of fertilization, temperature sum and some peat properties on the height growth of young pine sapling stands on peatlands. *Folia Forestalia* 616. 27 s.
- 1989. Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella. Summary: Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area. *Folia Forestalia* 724. 15 s.
- 1992. Effect of potassium fertilization on the growth and nutrition of Scots pine. Tiivistelmä: Kalilannoituksen vaikutus männyn kasvuun ja ravinnetilaan. *Suo* 43: 45–62.
- & Tukeyva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille

- perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. *Folia Forestalia* 585. 40 s.
- & Finér, L. 1988. Ravinnevarat ja ravinteiden kierto. Teoksessa: Erkki Ahti (toim.): Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suontutkimusosasto 60 vuotta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 56–67.
- & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 145. 39 s.
- Keipi, K. 1972. Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsän lannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa. Summary: The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. *Folia Forestalia* 152. 38 s.
- & Kekkonen, O. 1970. Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Seloste: Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. *Folia Forestalia* 84. 23 s.
- & Laakkonen, O. 1980. Päätehakkuuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia Forestalia* 420. 35 s.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930–1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930–1978: Results from field surveys of drained areas. *Acta Forestalia Fennica* 193. 94 s.
- & Seppälä, K. 1968. Arvioita turvemaiden lannoituksen taloudellisesta edullisuudesta. Summary: Estimates of the profitability of fertilizing drained peatlands. *Suo* 19(1): 1–11.
- & Seppälä, K. 1973a. Metsäojituksen, metsänlannoituksen ja metsityksen edullisuuden alueittainen vaihtelu. Regional Variations in Forest Drainage, Forest Fertilization and Afforestation. Helsingin Yliopiston metsätalouden liiketieteen laitoksen julkaisuja 11.
- & Seppälä, K. 1973b. Metsänlannoituksen edullisuuden vaihtelu. Summary: Variations in the profitability of forest fertilization. *Silva Fennica* 7(3): 192–235
- Kolari, K. K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmio Suomessa — kirjallisuuskatsaus. Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland — a review. *Folia Forestalia* 389. 37 s.
- 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt. Kasvuhäiriöprojektin loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 310. 35 s.
- Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soil. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 114. 55 s.
- Laakkonen, O. 1989. Toistuvan lannoituksen kannattavuus Etelä-Suomen kuivahkon kankaan männiköissä. Summary: The profitability of the repetitive fertilization in pine stands on dryish mineral soil in southern Finland. *Folia Forestalia* 741. 26 s.
- , Keipi, K. ja Lipas, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soils. *Folia Forestalia* 577. 20 s.
- Laasasenaho, J. 1974. KUPO-summain, käyttöohjeet. Kansallis-Osake-Pankki.
- Laine, J. & Vasander, H. 1990. Suotyypit. Kirjayhtymä, Helsinki. 80 s.
- Lipas, E. 1979. Alternative methods for calculating growth response to fertilization. Seloste: Vaihtoehtoisia menetelmiä lannoitusreaktion laskemiseksi. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 97(7). 56 s.
- & Levula, T. 1980. Urealannoitus eri vuodenaikoina. Abstract: Urea fertilization at different times of the year. *Folia Forestalia* 421. 14 s.
- Malcolm, D.C. & Cuttle, S.P. 1983. The application of fertilizers to drained peat. 1. Nutrient losses in drainage. *Forestry* 56(2): 155–174.
- Metsä 2000 -ohjelman pääraportti. 1985. Talousneuvosto, Metsä 2000 ohjelmajaosto.
- Metsä- ja Uittoalan työehtosopimus. Metsätyöpaikkojen taulukot. 1991.
- Moilanen, M. 1984. Tuloksia suursararämeen männikön jatkolannoituksesta Pohjois-Pohjanmaalla ja Kainuussa. Summary: Results on refertilization of large sedge swamp pine stands in the North Ostrobothnia and Kainuu area. *Suo* 35(4–5):102–105.
- 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu. *Folia Forestalia* 820. 37 s.
- & Issakainen, J. 1985. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta nuorissa rämämänniköissä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 204. 32 s.
- & Issakainen, J. 1990. Suometsien PK-lannos ja typpilannoitelajit karuhkojen ojitetujen rämeiden lannoituksessa. Summary: PK fertilizer and different types of N fertilizer in the fertilization of infertile drained pine bogs. *Folia Forestalia* 754. 20 s.
- & Penttilä, T. 1988. Pääravinnelannoitus. Teoksessa: Erkki Ahti (toim.): Soiden käyttö metsänkasvatukseen. Suontutkimusosasto 60 vuotta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 308: 85–101.
- Paarlahti, K. & Vartiovaara, U. 1958. Havaintoja luonnontilaisten ja metsäojitetun soiden pieneliöstöstä. Summary: Observations concerning the microbial populations in virgin and drained bogs. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 50(4). 38 s.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 74(5): 1–58.
- 1976. Ravinteiden ja humuksen huuhtoutumisesta Piipsannevan hydrologisella kokeella. Pyhäkosken tutkimusosaston tiedonantoja 15(7): 43–45.
- & Paavilainen, E. 1985. Turvemaiden varttuneiden kuusikoiden ja koivikoiden lannoitus. Ennakkotuloksia. Summary: The fertilization of mature spruce and birch stands on peat soils. Preliminary results. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 206: 4–18.
- Paavilainen, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoitelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 77(3). 46 s.

- 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by Scots pine using  $^{15}\text{N}$  labelled urea. Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levityssajankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypen ottoon. *Communications Institutii Forestalis Fenniae* 79(2): 1–47.
- 1975. Urea suometsien lannoitteena. *Metsä ja Puu* 12(1975): 26–27.
- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Abstract: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. *Folia Forestalia* 327. 32 s.
- 1979a. Metsänlannoitusopas. Kirjayhtymä. Helsinki. 112 s.
- 1979b. Jatkolannoitus runsastypillisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results. *Folia Forestalia* 414. 23 s.
- 1984. Typpi ja hivenravinteet ojitettujen rämeiden jatkolannoituksessa. Summary: Nitrogen and micro-nutrients in the refertilization of drained pine swamps. *Folia Forestalia* 589. 22 s.
- Penttilä, T. 1984. Jatkolannoitus Lapin viljavilla rämeillä. Summary: Refertilization on mesotrophic pine swamps in northern Finland. *Suo* 35(4–5): 106–110.
- & Moilanen, M. 1987. Fosforilannoitteet suometsien lannoituksessa Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 278: 136–148.
- Päivinen, L. & Salonen, K. 1981. Urea- ja ammoniumnitraattityypen levityssajan vaikutuksesta puiden kasvuun kangasmailla. Metsätutkimuksia 1/1981. Kemira Oy.
- Seppälä, K. & Westman, C. J. 1976. Results of some fertilization experiments in drained peatland forests in North-Eastern Finland. Proceedings of 5th International Peat Congress, Poznan, Poland 1976.
- Snedecor, G. 1962. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. 5th ed. 534 s. Ames, Iowa State University Press.
- Starr, M. & Westman, C. J. 1978. Easily extractable nutrients in the surface peat layer of virgin sedge-pine swamps. Seloste: Helppoliukoiset kasvinravinteet luonnontilaisten sararämeiden pintaturpeessa. *Silva Fennica* 12(2): 65–78.
- Tapion vuosikatsaus 1989. Keskusmetsälautakunta Tampio.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A. & Kolari, K. K. 1984. Metsäpuiden ravinneräinen kasvuhäiriö Suomessa. Summary: Nutritional growth disturbances of forest trees in Finland. Kasvuhäiriöprojektin väliraportti. *Folia Forestalia* 601. 41 s.
- Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyypin ja puuston kasvupotentiaaliin. *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.
- Yksityismetsien raakapuun hintatilasto. Kalenterivuosi 1992. 26.1.1993. Moniste. Metsäntutkimuslaitos, metsien käytön tutkimusosasto.

*Total of 68 references*

## Summary

### Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia

The profitability of PK and NPK fertilization in Scots pine stands on ditched peatlands was investigated. The aim was to determine the private profitability of a single and repeated fertilization separately.

The data was collected from 8 fertilization experiments in the northern Ostrobothnia. Five stands were fertilized first in the early 1960's and refertilized in the 1970's. Three stands were fertilized once in the 1970's. Fertility of the sites ranged from the tall-sedge to the herb-rich site types. The experiments were in transforming or transformed stages of the succession following drainage. The stands were primarily in pole or first thinning stages. Ground rock phosphate and potassium chloride were used as the basic fertilizer treatment in the 1960's. Powdered or granular peatland forestry PK fertilizer, urea and ammonium nitrate with lime were used in the refertilization. Powdered PK fertilizer and urea were used in the first fertilization of the 1970's.

The development of stand increment following the fertilization in the 1970's was calculated from the stand measurements over 11 years. The growth response due to

fertilization was determined by subtracting the growth of an unfertilized stand from that of a fertilized stand. Differences in the stand volume and growth rate at the time of fertilization were equalized by covariance- and ratio corrections. Profitability of the fertilization was studied in two cases: a self-financed investment and state-subsidized. Net present value and real internal rate of return were used as profitability criteria. The stumpage prices in 1992 were used. The sensitivity of profitability was analysed by changing the stumpage prices and the costs of fertilization by  $\pm 10$ ,  $\pm 20$  and  $\pm 30\%$ .

Both the first and the second PK and NPK fertilizations resulted in a distinct stand growth response still continuing at the time the stands were measured (11 years after fertilization). A statistically significant effect was observed two years after fertilization. The maximum response appeared 6–7 years after treatment. The annual growth increase varied between 1–2 m<sup>3</sup>/ha/a for PK treatment. With nitrogen, the increments were only 0.2–0.3 m<sup>3</sup>/ha/a greater. The effect of fertilization was clearly stronger in thick-peated sites than in thin-peated sites.

In thick-peated sites self-financed PK treatment turned out to be rather profitable both in the first and the second fertilization. The real internal rate of return was 6–7 % at the end of the calculation period (11 years). It was not possible to determine the optimal duration for the self-financed fertilization investment within the calculation period. The maximum net present value with the 3 % interest rate was 450 FIM/ha. The use of nitrogen increased the stand growth response, but the increment was not big enough to cover the higher cost. In thin-peated sites the first fertilization was not profitable when self-financed because of the poor increment.

The state forest improvement subsidies increased considerably the private profitability of all the fertilization treatments. Real internal rates of return increased by 10.6 % on the average consequently shortening the optimal duration for investment. Profitability of the NPK treatments increased most. The first fertilization in thin-peated sites was not profitable even if subsidized. Reasonable changes in the fertilization costs and stump prices did not significantly increase the risk of running a loss, especially if the investment was financed with state forest improvement subsidies.

**Liite 1.** Tukki- ja kuitupuun määrien lisäykset 11 vuodessa.

**Appendix 1.** Volume increases in non-fertilized and fertilized forest stands in 11 years.

Osite Strata	Käsittämätön — No treatments			PK-lannoitus — PK-treatment			NPK-lannoitus — NPK-treatment		
	Kuitupuu Pulpwood	Tukkipuu Saw-timber	Kaikkiaan Total (*)	Kuitupuu Pulpwood	Tukkipuu Saw-timber	Kaikkiaan Total (*)	Kuitupuu Pulpwood	Tukkipuu Saw-timber	Kaikkiaan Total (*)
Puutavaralajeittaiset määrälisäykset, m <sup>3</sup> /ha — Volume increases of saw-timber and pulpwood									
1a	26,8	1,2	29,5	38,2	3,8	43,9	42,0	2,7	47,3
1b	13,4	4,4	19,7	17,4	4,3	26,6	19,0	5,6	28,7
2	27,3	17,8	45,6	36,9	23,2	60,7	38,3	24,3	62,9
Lannoituksen tuoma kasvunlisäys, m <sup>3</sup> /ha — Increases gained through fertilization									
1a				11,4	2,6	14,5	15,2	1,5	17,9
1b				4,0	-0,1	6,9	5,5	1,3	9,0
2				9,5	5,5	15,1	11,0	6,5	17,3

(\*) Sisältää hukkapuun — Including waste wood

1a = Ensikertainen lannoitus, paksurpeiset sararämeet — First fertilization, thick-peated pine fens

1b = Ensikertainen lannoitus, ohutturpeiset sararämeet — First fertilization, thin-peated pine fens

2 = Jatkolannoitus — Refertilization

**Liite 2.** Lannoitusinvestoinnin reaaliisten sisäisten korkojen kehitys vuosina 6–11 lannoitushetkestä eri rahoitusmuodoilla.

**Appendix 2.** The development of real internal rates of return of the fertilization investment for time periods of 6–11 years following fertilization.

Osite Strata	Lannoituskäsittely Treatment	Vuosia lannoituksesta — Years after fertilization					11
		6	7	8	9	10	
		Sisäinen korko, % — Internal rate of return					
<b>Omarahoitus — Self-financing</b>							
1a	PK	-7,1	-0,8	1,5	2,9	4,6	6,7
	NPK	-6,4	-2,8	0	1,7	3,5	4,6
1b	PK	-36,4	-29,9	-22,4	-18,3	-13,3	-10,5
	NPK	-22,2	-16,7	-12,9	-10,2	-7,7	-5,6
2	PK	-5,4	-0,9	3,4	4,8	6,3	7,3
	NPK	-4,4	-0,8	0,9	2,7	4	4,9
<b>Metsänparannusavustus — State-subsidized</b>							
1a	PK	12,9	17,1	17,5	17,1	17,5	18,6
	NPK	12,4	13,6	14,7	14,9	15,5	15,6
1b	PK	-23,9	-18,2	-11,2	-8	-3,5	-1,3
	NPK	-7,5	-3,4	-0,8	0,9	2,5	3,8
2	PK	14	16,3	18,9	18,7	18,9	18,8
	NPK	13,9	15,3	15	15,3	15,5	15,4

1a = Ensikertainen lannoitus, paksuturpeiset sararämeet — First fertilization, thick-peated pine fens

1b = Ensikertainen lannoitus, ohutturpeiset sararämeet — First fertilization, thin-peated pine fens

2 = Jatkolannoitus — Refertilization

**Liite 3.** 1 %, 3 % ja 5 % korkokannoilla määritetyt nettotuottojen nykyarvot (mk/ha) 11 vuoden kuluttua lannoitushetkestä omarahoituksella ja metsänparannusavustuksella.

**Appendix 3.** The net present values (FIM/ha) with 1 %, 3 % and 5 % interest rates 11 years after fertilization treatment when self-financed and state-subsidized.

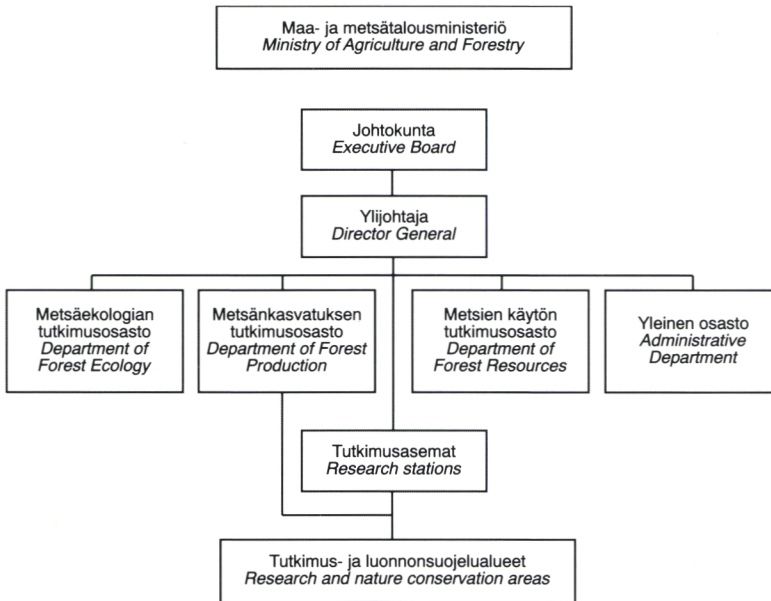
Osite Strata	Käsittely Treatment	Korkokanta — Rate			Korkokanta — Rate		
		1%	3%	5%	1%	3%	5%
		Nettotuottojen nykyarvo omarahoituksella Net present value — financed with own capital			Nettotuottojen nykyarvo mp-rahoituksella Net present value — financed with state subsidies		
1a	PK	546	312	126	1001	767	581
	NPK	417	164	-36	1006	753	553
1b	PK	-738	-790	-831	-76	-128	-169
	NPK	-641	-754	-845	154	40	-50
2	PK	750	451	214	1283	984	747
	NPK	621	270	-7	1391	1040	763

1a = Ensikertainen lannoitus, paksuturpeiset sararämeet — First fertilization, thick-peated pine fens

1b = Ensikertainen lannoitus, ohutturpeiset sararämeet — First fertilization, thin-peated pine fens

2 = Jatkolannoitus — Refertilization

METSÄNTUTKIMUSLAITOS — *THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE*



**Metsäntutkimuslaitos — *The Finnish Forest Research Institute***

Unioninkatu 40 A, FIN-00170 Helsinki, Finland

tel. +358-0-857 051, fax +358-0-625 308, telex 121298 metla sf

Ylijohtaja — *Director General*

Eljas Pohtila

Hallintojohtaja — *Administrative Director*

Tero Oksa

Tiedotuspäällikkö — *Head of Information*

Marja Ruutu

**Metsäekologian tutkimusosasto — *Department of Forest Ecology***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Eero Paavilainen

**Metsänkasvatuksen tutkimusosasto — *Department of Forest Production***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Jari Parviainen

**Metsien käytön tutkimusosasto — *Department of Forest Resources***

Tutkimusjohtaja — *Research Director* Risto Seppälä

**Tutkimusasemat — *Research Stations***

Joensuu

Parkano

Kannus

Punkaharju

Kolari

Rovaniemi

Muhos

Suonenjoki



- No 809 Heikkilä, Risto, Lilja, Arja & Härkönen, Sauli: Rauduskoivuntaimien toipuminen latvan katkeamisen jälkeen.  
Recovery of young *Betula pendula* trees after stem breakage.
- No 810 Kaunisto, Seppo, Moilanen, Mikko & Issakainen, Jorma: Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina suomänniköissä.  
Apatite and phlogopite as phosphorus and potassium fertilizers in peatland pine forests.
- No 811 Kaitera, Juha & Jalkanen, Risto: Surmakka Rikkilehdon männikössä Sallassa.  
*Gremmeniella abietina* on Scots pine in Rikkilehto stand in Salla, northern Finland.
- No 812 Pesonen, Mauno & Hirvelä, Hannu: Harvennusemetsien määrä ja harvennushakkuiden liiketaloudellinen merkitys.  
Amount of thinning forests and profitability of thinnings in Finland.
- No 813 Varmola, Martti: Viljelymänniköiden alkukehitystä kuvaava metsikkömalli.  
A stand model for early development of Scots pine cultures.
- No 814 Nieminen, Mika & Ahti, Erkki: Talvilannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen karulta suolta.  
Leaching of nutrients from an ombrotrophic peatland area after fertilizer application on snow.
- No 815 Heikkilä, Risto: Ravinnon määrän ja puulajikoostumuksen vaikutus hirven ravinnonkäyttöön ja taimituhoihin mäntytaimikoissa.  
Effects of food quantity and tree species composition on moose (*Alces alces*) browsing in Scots pine plantations.
- No 816 Uusvaara, Olli: Pystykarsituista männiköistä valmistetun sahatavaran laatu ja arvo.  
Quality and value of sawn goods from pruned Scots pine stands.
- No 817 Kanninen, Kaija: Sisäisten mallien teoria hakkuutyötaturmien selittäjänä.  
Theory of internal models in explaining logging accidents.
- No 818 Mäkinen, Pekka: Metsäkoneyrittämisen menestystekijät.  
Success factors for forest machine contractors.
- No 819 Tamminen, Pekka: Pituusboniteetin ennustaminen kasvupaikan ominaisuuksien avulla Etelä-Suomen kangasmetsissä.  
Estimation of site index for Scots pine and Norway spruce stands in South Finland using site properties.
- No 820 Moilanen, Mikko: Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla.  
Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu.
- No 821 Rantala, Tapio & Moilanen, Mikko: Nuorten suomänniköiden lannoituksen kannattavuus Pohjois-Pohjanmaalla.  
Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia.