

ODC 651.79  
237.4

# FOLIA FORESTALIA<sup>420</sup>

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1980

---

---

KARI KEIPI JA  
OLAVI LAAKKONEN

PÄÄTEHAKKUUIKÄISTEN METSIKÖIDEN  
UREALANNOITUKSEN KANNATTAVUUS-  
VERTAILUJA

PROFITABILITY COMPARISONS OF UREA  
FERTILIZATION IN OLD STANDS

- 1978 No 353 Päivinen, Risto: Kapenemis- ja kuorimallit männylle, kuuselle ja koivulle.  
Taper and bark thickness models for pine, spruce and birch.
- No 354 Järveläinen, Veli-Pekka: Yksityismetsätalouden seuranta. Metsälöötökseen perustuvan tietojärjestelmän kokeilu.  
Monitoring the development of Finnish private forestry. A test of an information system based on a sample of forest holdings.
- No 355 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Tutkimuksia haapatukkien mittauksesta ja teknisistä ominaisuuksista.  
Studies on the measurement and technical properties of aspen logs.
- No 356 Hyppönen, Mikko & Roiko-Jokela, Pentti: Koepuiden mittauksen tarkkuus ja tehokkuus.  
On the accuracy and effectivity of measuring sample trees.
- No 357 Uusitalo, Matti: Alueittaiset kantorahatulot vuosina 1970—75.  
Regional gross stumpage earnings in Finland in 1970—75.
- No 358 Mattila, Eero & Helle, Timo: Keskisen poronhoitoalueen talvilaidunten inventointi.  
Inventory of winter ranges of semi-domestic reindeer in Finnish Central Lapland.
- No 359 Hannelius, Simo: Istutuskuusikon tiheys — tuotoksen ja edullisuuden tarkastelua.  
Initial tree spacing in Norway spruce timber growing — an appraisal of yield and profitability.
- No 360 Jakkila, Jouko & Pohtila, Eljas: Perkauksen vaikutus taimiston kehitykseen Lapissa.  
Effect of cleaning on development of sapling stands in Lapland.
- No 361 Kyttälä, Timo: Työn organisointimahdollisuudet puunkorjuussa.  
Aspects of work organizing in logging.
- No 362 Kukkola, Mikko: Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyypin kuusikossa.  
Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on *Myrtillus*-site.
- No 363 Mielikäinen, Kari: Puun kasvun ennustettavuus.  
Predictability of tree growth.
- No 364 Koski, Veikko & Tallqvist, Raili: Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla.  
Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees.
- No 365 Tervo, Mikko: Metsänomistajaryhmittäiset hakkuut ja niiden suhdanneherkkyys Etelä- ja Pohjois-Suomessa vuosina 1955—1975.  
The cut of roundwood and its business cycles in Southern and Northern Finland by forest ownership groups, 1955—1975.
- No 366 Ryynänen, Leena: Kotimaisten lehtipuiden siitepölyn laadunmäärittämisestä.  
Determination of quality of pollen from Finnish deciduous tree species.
- No 367 Uusitalo, Matti: Suomen metsätalous MERA-ohjelmakaudella 1965—75. Tilastoihin perustuva tarkastelu.  
Finnish forestry during the MERA Programme period 1965—75. A review based on statistics.
- No 368 Kärkkäinen, Matti: Käytännön tuloksia koivuviilun saannosta.  
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalysillä.  
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittausta.  
Measurement of small spruce logs.
- No 371 Jalkanen, Risto: Maanpinnan rikkomisen vaikutus korvasienen satoisuuteen.  
Effect of breaking soil surface on the yield of *Gyromitra esculenta*.
- No 372 Laitinen, Jorma: Kuormatraktorin tekninen käyttöaste.  
Mechanical availability of forwarders.
- No 373 Petäistö, Raija-Liisa: *Phlebia gigantea* ja *Heterobasidion annosum* männyn kannoissa hakkuualoilla Suomensniemen ja Savitaipaleen kunnissa.  
*Phlebia gigantea* and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomensniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkurilla.  
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- 1979 No 375 Metsätilastollinen vuosikirja 1977—1978.  
Yearbook of Forest Statistics 1977—1978.
- No 376 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1976—78.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1976—78.
- No 377 Kärkkäinen, Matti: Koivutukkien tarkistusmittauksia.  
Control measurements of birch logs.
- No 378 Mäkelä, Markku: Tilasto- ja aikatutkimustuotosten vertailua ainespuun korjuussa.  
Output in harvesting of industrial wood based on statistical data or time studies.
- No 379 Velling, Pirkko: Erilaisten rauduskoivuprovenienssien alkukehityksestä taimitarhalla ja kenttäkokeissa.  
Initial development of different *Betula pendula* Roth provenances in the seedling nursery and in field trials.
- No 380 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Suomen metsävarat lääneittäin 1971—1976.  
Forest resources in Finland 1971—1976 by counties.

FOLIA FORESTALIA 420

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1980

Kari Keipi ja Olavi Laakkonen

PÄÄTEHAKKUUIKÄISTEN METSIKÖIDEN UREALANNOITUKSEN  
KANNATTAVUUSVERTAILUJA

Profitability comparisons of urea  
fertilization in old stands

ODC 651.79:237.4  
ISBN 951-40-0430-2  
ISSN 0015-5543

KEIPI, K. & LAAKKONEN, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia For.* 420:1—35.

Tutkimuksessa tarkasteltiin päätehakkuikäisten kangasmaiden männiköiden ja kuusiköiden urealannoituksen kannattavuutta Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Kannattavuuden mittareina käytettiin investoinnin reaalista sisäistä korkoa ja viiden prosentin reaalikoron ylittävää, metsänomistajalle jäävän nettotulon määrää. Kannattavuuden todennäköisyyttä selvitettiin kasvunlisäysten ja hintaennusteiden todennäköisyysjakaumien perusteella.

Lannoitus (120 kg N/ha) lisäsi puiden kasvua keskimäärin 5—7 m<sup>3</sup>/ha/8 v. Pienin kasvunlisäys saatiin Pohjois-Suomen kuusikoissa ja suurin Etelä-Suomen männiköissä. Yli puolella tutkimuksen koealoista saatiin sisäiseksi koroksi vähintään 10 % ja nettotulojen nykyarvoksi yli 100 mk/ha. Lannoitus oli siten ilman metsänparannusrahoitustakin kannattava toimenpide. Valtion tuki paransi kannattavuutta ja tasasi sitä maan eri osissa: metsänomistaja sai investoinnilleen sekä Etelä- että Pohjois-Suomen männiköissä keskimäärin noin 20 %:n ja kuusikoissaakin noin 10 %:n sisäisen koron. Tuen ansiosta lannoitusinvestoinnin nykyarvo lisääntyi 90—200 mk/ha.

Ilman metsänparannusrahoitusta metsiköiden lannoituksen edullisuusjärjestykseksi saatiin:

1. Etelä-Suomen männiköt
2. Etelä-Suomen kuusikot ja Pohjois-Suomen männiköt
3. Pohjois-Suomen kuusikot

---

The study concerns the profitability of urea fertilization in old Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in South and North Finland. The profitability criteria are the real internal rate of return and the present net value with a 5 per cent real calculative rate of interest. The profitability distributions are based on the observed probabilities of increment increase and predicted prices. The effects of government subsidies on profitability are estimated.

The average increment increase from fertilization (120 kg N/ha) on sample plots was 5—7 m<sup>3</sup>/ha/8 yrs. The smallest increase was gained in North Finland spruce stands, the largest, in South Finland pine stands. The majority of the experimental plots counted a minimum internal rate of return of 10 per cent and a minimum present net value of 100 Fmk/ha. Thus fertilization proved to be quite profitable even without government subsidies. The addition of subsidies improved the profitability and evened the profitability differences between South and North Finland: the expected internal rate of return amounted to about 20 per cent in pine stands and 10 per cent in spruce stands both in South and North Finland. Correspondingly, the present net value increased by 90—200 Fmk/ha.

Without state subsidies, the priority ordering of fertilization proved to be:

1. Pine stands in South Finland
2. Spruce stands in South Finland and pine stands in North Finland
3. Spruce stands in North Finland.

## SISÄLLYS

1. JOHDANTO .....	4
11. Lannoituksen kannattavuuden osatekijät .....	4
12. Tutkimuksen tarkoitus .....	5
2. KASVUNLISÄYS .....	5
21. Lannoituskoeaineisto .....	5
22. Koeaineiston käsittely .....	7
23. Lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys .....	8
3. HINNAT .....	11
31. Kantohintojen ennustaminen .....	11
32. Järeysinnoittelu .....	17
4. LANNOITUSTUOTOT .....	18
5. LANNOITUSKUSTANNUKSET .....	20
6. LANNOITUKSEN KANNATTAVUUS .....	22
61. Sisäinen korko .....	22
62. Nykyarvo .....	24
7. TULOSTEN TARKASTELUA .....	26
8. KIRJALLISUUS .....	29
9. SUMMARY .....	31
LIITTEET .....	32

## 1. JOHDANTO

### 11. Lannoituksen kannattavuuden osatekijät

Maassamme on lannoitettu yli 2 miljoonaa hehtaaria metsää. Valtion metsien osuus koko lannoitusalaista on ollut kolmannes ja metsäteollisuusyritysten sekä erilaisten yhteisöjen alle kymmenesosa. Valtaosa, yli puolet, lannoituksista on tapahtunut yksityismetsissä. Valtio on rahoittanut yksityismetsien lannoituksista lähes puolet metsänparannuslainoina ja neljänneksen avustuksina. (Metsätalastollinen... 1971,...,1977/78; U u s i t a l o<sup>1)</sup> haastattelu).

Sekä metsänomistajaa että yhteiskuntaa luonnollisesti kiinnostaa lannoitusinvestoinnin kannattavuus. Kannattavuutta ovat Suomessa tutkineet K e l t i k a n g a s ja S e p p ä l ä (1968, 1973a, 1973b), K e i p i ja K e k k o n e n (1970) sekä K e i p i (1972, 1979). Näitä supeampia taloudellisia laskelmia ovat eri yhteyksissä esitelleet myös useat lannoituksen biologian tutkijat.

K e l t i k a n g a s ja S e p p ä l ä (1968, 1973a, 1973b) eivät ota kantaa metsänlannoituksen absoluuttiseen kannattavuuteen. He ovat poistaneet kasvunlisäys- ja hinta-aineistoon liittyvää epävarmuutta tarkastelemalla pelkästään eri lannoituskohdeiden suhteellista edullisuutta. Lannoitusjoihtuksen sisäisen koron tai nykyarvon käyttämiseen kannattavuuden mittana ei ole ryhtydytty. Tutkimus koskee pelkästään männiköitä, turvemailla PK-lannoituksia, kangasmaiden kokeissa on käytetty Y-lannosta. K e i p i n ja K e k k o s e n (1970) tutkimus rajoittuu Etelä- ja Keski-Suomen vartuneisiin kangasmetsiin. Lannoitteina ovat urea ja ammoniumsulfaatti.

Tutkimuksessa on selvitetty lannoituksen keskimääräistä kannattavuutta: tuottojen ja kustannusten vaihtelun vaikutus lannoituksen kannattavuuteen jää tutkimatta. K e i p i n (1972) tutkimus koskee lannoituksen kannattavuuslaskelmien teoriaa, eikä siten palvele suoranaisesti päätöksentekijöiden tarpeita. Sen sijaan hänen myöhempi selvi-

tyksensä perustuu koetoiminnan antamiin tuloksiin (K e i p i 1979). Kyseessä ovat esimerkinomaiset laskelmat.

Metsänlannoituksen kannattavuustutkimusten vähäisyyteen on ollut suurimpana syynä biologis-tuotosopillisen tiedon puute. Tutkimusalojen yhteistyötarvetta valottaa esim. H ä m ä l ä i n e n (1979). Artikkelisi sisältää myös Metsäntutkimuslaitoksen lannoitustutkimuksen bibliografian. Luotettavia taloudellisia laskelmia voidaan suorittaa vasta silloin, kun kertalannoituksen tuotovaikutus on saatu selville. Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston laaja urealannoitusta kangasmailla koskeva ns. lannoitusaikakoesarja on nyt antanut mahdollisuuksia kannattavuuden tarkasteluun. Päätöksentekijät ovatkin kaivanneet tietoa urealannoituksesta. Biologisissa selvityksissä on aiemmin todettu kasvunlisäykseen liittyvä suuri satunnaisvaihtelu (G u s t a v s e n ja L i p a s 1975), mutta sen merkitystä lannoituksen kannattavuuteen ei aiemmin ole tutkittu.

Kannattavuuden laskemiseksi on arvioitava lannoituskustannukset ja -tuotot. *Kustannukset* ovat suhteellisen helposti estimoitavissa, koska päätöksentekohetki on ajallisesti lähellä mahdollista lannoitusta. *Tuotot* saadaan vasta vuosia lannoituksen jälkeen. Niiden suuruus riippuu useista tekijöistä, jotka voidaan karkeasti jakaa määrä- ja hintakomponenteiksi.

Tässä tutkimuksessa selvitetään Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston lannoituskoealoilta mitattujen *kasvunlisäysten odotusarvoja sekä satunnaisvaihtelua*, jolla tarkoitetaan selitettävissä olevan vaihtelun eliminoinnin jälkeen tapahtuvaa vaihtelua. Mittausvirheiden ja kasvunlaskennassa käytettyjen matemaattisten mallien ei oleteta merkittävästi vähentävän tulosten tarkkuutta. Lannoituksen ja metsätuhojen (pakkasvauriot, tuuli, hirvet, lahottajasienet) välistä vuorovaikutusta ovat tutkineet mm. N o r o k o r p i (1977), T a m m (1977) ja L a i h o (1979). Koska tämän selvityksen

<sup>1)</sup> MH Matti U u s i t a l o, Metsäntutkimuslaitos

koemetsiköissä lannoituksen ei ole selvästi havaittu muuttaneen puuston tuhoalltiutta, eivätkä mainitut tutkimustulokset anna yksiselitteisiä tuloksia tuhojen esiintymistodennäköisyyksistä, on tuhoriski jätetty tarkastelun ulkopuolelle. Lannoituksen vaikutusta puun laatuun ovat Suomessa selvittäneet mm. S a i k k u (1975a, 1975b) sekä muiden tekemien tutkimusten pohjalta K e i p i (1971) ja K e l l o m ä k i (1979). Pienillä laadun vaihteluilla ei lyhyellä tähtämellä ole merkitystä lannoituksen kannattavuuteen, koska puun hinta määräytyy lähinnä tilavuuden perusteella. Siksi lannoituksen vaikutus puuaineen laatuun on jätetty tämän tutkimuksen ulkopuolelle. Käytännössä metsänlannoitusten kasvunlisäykset saattavat poiketa koetoiminnan antamista tuloksista levitysmenetelmien erilaisesta tarkkuudesta johtuen (vrt. P a a v i l a i n e n ja V i r t a n e n 1977; K a r s i s t o 1976). Tässä levitystasaisuuden vaikutukseen ei oteta kantaa, vaan pitäydytään puhtaasti koelaloilta mitattuihin tuloksiin.

Tässä tutkimuksessa selvitetään *kantohintaennusteiden odotusarvoja ja satunnaisvaihtelua*. Ennusteiden pohjana ovat historiallinen hinta-aineisto ja metsänomistajien subjektiiviset hinta-arviot. Kärkeissa kannattavuuslaskelmissa voitaisiin hintoina käyttää lannoitushetkellä vallitsevia kantohintoja (esim. M ä l k ö n e n 1976; vrt. K e i p i 1979). Joissakin taloudellisissa selvityksissä on sovellettu tietyn menneen jakson kantohintojen keskiarvoa. Tällöin kysymyksessä ovat yleensä olleet esim. tukkuhintaindeksillä deflatoidut, jakson reaalihintojen keskiarvot (esim. K e l t i k a n g a s ja S e p p ä l ä 1973a, 1973b). Hintojen ennustaminen on yleensä koettu niin vaikeaksi tehtäväksi, ettei siihen ole ryhdytty. Tämä ei kuitenkaan poista sitä tosiasiaa, että hintaepävarmuus on olemassa. Lannoi-

tuspäätöstä tekevä metsänomistaja joutuu joko hyväksymään olettamuksen hintojen muuttumattomuudesta, käyttämään tilastoihin perustuvia ennusteita tai tekemään hintakehityksestä omat arvionsa. Tässä tutkimuksessa päätöksentekijöille esitellään sekä lannoitushetken kantohinnat että hintojen objektiiviset ja subjektiiviset ennusteet. Molempien ennusteiden pohjalta on tutkittu lannoituksen kannattavuutta.

## 12. Tutkimuksen tarkoitus

*Tämän tutkimuksen tarkoituksena on verrata pätehhakkuikäisten kangasmaiden männiköiden ja kuusikoiden urealannoituksen kannattavuutta ja selvittää kannattavuuden vaihtelurajoja Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Tulosten perusteella metsänomistajat voivat ennakoida lannoituspäätöksiinsä liittyviä riskejä.*

Tutkimus koskee metsikkökohtaista kannattavuutta. Laskelmissa otetaan huomioon myös valtion maanomistajille myöntämä metsänparannusrahoitus. Kannattavuustunnuksina käytetään (1) lannoitusinvestoinnin reaalista sisäistä korkoa sekä (2) viiden prosentin reaalikorkovaatimuksen ylittävää, metsänomistajalle jäävää nettotulon määrää.

Tutkimus on tehty Mesäntutkimuslaitoksen metsäekonomian tutkimusosaston liiketaloudellisen metsäekonomian tutkimussuunnalla vuosina 1978—79. Yleissuunnittelusta on vastannut pääasiassa Kari Keipi ja laskelmista Olavi Laakkonen. Luvut 1, 3, 5 ja 7 ovat Keipin ja luvut 2, 4 ja 6 Laakkosen käsialaa.

Kiitämme lämpimästi prof. Jouko Hämäläistä ja prof. Eino Mälköstä, jotka ovat tehneet arvokkaita parannusesityksiä työn eri vaiheissa. Käsikirjoitusta on ruodittu myös tutkimussuunnan tutkijoiden yhteisessä tilaisuudessa. Teknisestä avusta kiitämme fil. yo. Teijo Virtasta.

## 2. KASVUNLISÄYS

### 21. Lannoitusaineisto

Tutkimuksen aineistona ovat Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston vuosina 1969—72 perustamat ns. lannoitusaikakoheet. Kokeiden perusteella on tarkoitus sel-

vittää urean levitysjankohdan ja kasvureaktion välistä riippuvuutta kangasmetsissä (Lipás ja Levula 1980). Aiemmin ovat levitysjankohdan vaikutusta urealannoituksen antamaan kasvunlisäykseen tutkineet mm. V i r o (1972) sekä osin tämän

tutkimuksen koeaineiston pohjalta L e v u l a (1976). Urean ja muiden kangasmetsissä käytettyjen lannoitteiden aikaansaamia kasvunlisäyksiä ovat verranneet Suomessa mm. G u s t a v s e n ja L i p a s (1975), M ä l k ö n e n (1976, 1977, 1979) ja Ruotsissa F a h l r o t h (1971), M ö l l e r (1971, 1975) sekä R y d i n (1977).

Tämän tutkimuksen kokeet koskevat päätehakkuikäisiä männiköitä ja kuusikoita ravinteisuudeltaan keskinkertaisilla kasvu-paikoilla. Etelä-Suomen männiköissä metsätyypinä on VT sekä Pohjois-Suomessa EVT tai EMT. Kuusikoissa metsätyypit ovat vastaavasti MT ja VMT tai HMT. Kokeiden sijainti ilmenee liitteestä 1. Jako Etelä- ja Pohjois-Suomeen poikkeaa hieman yleisestä metsällisestä käytännöstä. Pohjois-Suomeen luetaan kuuluviksi paitsi kolme pohjoisinta piirimetsälautakuntaa myös Lieksan kunta. Näin on menetelty siksi, että Lieksassa sijaitsevat kokeet vastaavat metsätyypiltään paremmin pohjoisia kuin eteläisiä metsätyyppejä. Lisäksi nämä kokeet on luontevampi rinnastaa maantieteellisesti huomattavasti lähempänä sijaitseviin Pohjois-Suomen kokeisiin. Koemetsiköt jakaan-

tuvat lähes tasan Etelä- ja Pohjois-Suomen sekä männiköiden ja kuusikoiden kesken. Kuhunkin koemetsikköön kuuluu 35—50 noin kolmen aarin suuruista ympyräkoealaa. Koealat on pyritty sijoittamaan siten, että puuston pohjapinta-ala kullakin koealalla on likimain yhtä suuri eli 22 m<sup>2</sup>/ha. Kokeita on kahta tyyppiä: toisessa koejäseniä on kolme (lannoittamaton, lannoitus loppu-talvella ja lannoitus keväällä) ja toisessa viisi (edellisten lisäksi lannoitus syksyllä ja alkutalvella). Kokeissa on käytetty 261 kg/ha ureaa, mikä vastaa 120 kg typpeä hehtaari-alle. Mahdollisimman tasaisen levitystuloksen saavuttamiseksi on levitys tehty käsin. Koejärjestelystä tarjooa esimerkin liite 2.

Koska koeympyrät ovat pieniä on niissä myös vähän koepuita. Tämä aiheuttaa ongelmia aineiston tilastollisessa käsittelyssä. Jokaisen koemetsikön kunkin käsittelyn kaikki ympyräkoelat päätettiin yhdistää (K i l k k i<sup>1)</sup>, haastattelu). Tällaisia yhdistelmiä kutsutaan seuraavassa koealoiksi. Niitä esiintyy kussakin koemetsikössä joko kolme tai viisi koetyypistä riippuen. Taulukossa 1

<sup>1)</sup> MMT Pekka K i l k k i, Helsingin yliopisto

Taulukko 1. Eräiden keskeisten metsikkötunnusten keskiarvot ja hajonnat (suluisia) lannoitetuilla ja lannoittamattomilla koealoilla kokeiden perustamishetkellä.  
Table 1. Means and standard deviations (in parenthesis) of parameters in fertilized and unfertilized plots at time of fertilization.

Puulaji, lannoituskäsittely	Koealojen lukumäärä	Ikä	Keskipituus	Pohjapinta- alalla painotettu keskiläpi- mitta	Tukkiprocentti	Kuutiomäärä	Kasvu ennen lannoitusta
<i>Tree species, treatment</i>	<i>Number of plots</i>	<i>Age</i>	<i>Mean height</i>	<i>Mean d.b.h weighted by basal area cm</i>	<i>Sawlog percentage</i>	<i>Volume</i>	<i>Increment with bark before fertilization m<sup>3</sup>/ha/a</i>
		a	m		%	m <sup>3</sup> /ha	
<i>E t e l ä - S u o m i — S o u t h F i n l a n d</i>							
Mänty, lannoittamaton	11	90	18,4	24,2	80,6	198	4,8
<i>Pine, unfertilized</i>			(1,4)	(1,3)	(5,9)	(30)	(1,3)
Mänty lannoitettu	35	90	18,6	24,1	80,6	196	4,6
<i>Pine, fertilized</i>			(1,4)	(1,5)	(6,8)	(34)	(1,1)
Kuusi, lannoittamaton	9	75	16,6	21,4	63,3	192	6,3
<i>Spruce, unfertilized</i>			(0,6)	(1,9)	(10,3)	(25)	(1,5)
Kuusi, lannoitettu	29	75	16,8	21,5	63,4	197	6,7
<i>Spruce, fertilized</i>			(0,8)	(1,9)	(10,6)	(27)	(1,3)
<i>P o h j o i s - S u o m i — N o r t h F i n l a n d</i>							
Mänty, lannoittamaton	12	105	17,3	23,5	78,0	181	2,8
<i>Pine, unfertilized</i>			(2,6)	(2,8)	(12,7)	(42)	(0,9)
Mänty, lannoitettu	38	105	17,5	23,7	78,5	188	2,8
<i>Pine, fertilized</i>			(1,5)	(2,6)	(13,0)	(49)	(0,7)
Kuusi, lannoittamaton	11	108	14,3	21,0	56,6	165	2,8
<i>Spruce, unfertilized</i>			(2,3)	(2,9)	(18,0)	(56)	(0,8)
Kuusi, lannoitettu	36	108	14,0	20,6	55,0	158	2,8
<i>Spruce, fertilized</i>			(1,9)	(2,9)	(17,5)	(48)	(0,7)



on esitetty kokeiden lukumäärä sekä perustamishetken tärkeimmät puustotunnustiedot ja niiden hajonnat (suluissa).

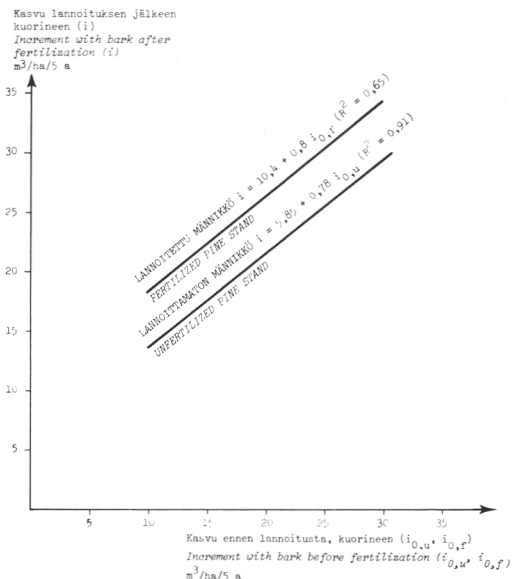
## 22. Koeaineiston käsittely

Koealojen puustotunnusten mittausten perusteella määritettiin lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys, sekä kasvunlisäyksen arvottamista varten puutavaralajiosuudet ja järeysuhteet. Kaikista koealan puista, jotka samalla olivat myös koepuita, mitattiin viisi vuotta lannoituksen jälkeen pituus sekä läpimitta rinnankorkeudelta ja kuuden metrin korkeudelta. Lisäksi koepuista määritettiin kasvukiikarilla pituuskasvut ja kasvukairalla sädekasvut kahdelta mittausta edeltäneeltä 5-vuotisjaksolta.

Lannoitusta edeltäneen ja sen jälkeisen 5-vuotisjakson kasvu laskettiin kuutiomäärien erotuksina. Koealan kuutiomäärä on sen yksittäisten puiden kuutiomäärien summa. Yksittäisten puiden kuutiomäärä puolestaan laskettiin pituuteen ja em. kahteen läpimitaan perustuvilla kuutioimisytälöillä (L a s e n a h o 1976).

Lannoituksen aiheuttamat tasoitettujen kasvunlisäykset lannoitusta seuranneelle 5-vuotisjaksolle laskettiin lannoitettujen ja lannoittamattomien koealojen kasvujen perusteella kolmella menetelmällä: ns. Näslundin menetelmällä (F a h l r o t h 1969, F r i b e r g 1973, J o n s s o n 1976), kovarianssianalyysillä (S e a r l e 1971) sekä ns. regressiomenetelmällä. Tasoitusta tarvittiin lannoitettujen ja lannoittamattomien koealojen kasvun korjaamiseksi samaan, ennen lannoitusta vallinneeseen kasvun tasoon.

Näslundin menetelmä on ollut ruotsalaisten lannoitustutkijoiden käytössä, kun taas Suomessa on sovellettu kovarianssianalyysiä (esim. G u s t a v s e n ja L i p a s 1975, P u r o 1977). Regressiomenetelmässä laskettiin lannoittamattomille ja lannoitetuille koealoille regressiofunktiot, joilla selitettiin lannoituksen jälkeisen 5-vuotisjakson kasvua lannoitusta edeltäneen 5-vuotisjakson kasvulla. Soveliainmiksi osoittautuivat lineaariset funktiot. Lannoituksen aiheuttamat männikön ja kuusikon kasvunlisäykset laskettiin regressiosuorien erotuksina. Lisäkasvujen todennäköisyysjakaumien konstruimiseksi sovellettiin Monte Carlo -tietokonesimulointia (ks. esim. G o r d o n



Kuva 1. Lannoituksen jälkeisen kuutiokasvun riippuvuus sitä edeltäneestä kasvusta Etelä-Suomen männiköissä.

Figure 1. The linear dependence of the volume growth of pine after fertilization on growth before fertilization in South Finland.

1969). Simuloinnissa käytettiin regressiosuorien ns. virhetermejä sekä lannoitusta edeltäneen 5-vuotisjakson kasvun jakaumia. Regressiosuorista ovat esimerkkinä kuvan 1 Etelä-Suomen männiköitä koskevat suorat.

Lannoituksen vaikutusaika ei yleensä rajoitu viiteen ensimmäiseen lannoituksen jälkeiseen vuoteen (B e r g m a n ja E r i k s s o n 1971, M ö l l e r ja R y t t e r s t e d t 1975, B j ö r n s r u d 1976, B r a n t s e g 1977, S v e n s r u d 1977, P u r o 1977, M ä l k ö n e n 1979). Koska käytetyn empiirisen aineiston perusteella ei kasvunlisäyksiä voitu laskea kuin lannoitusta seuranneelle 5-vuotisjaksolle, oli välttämätöntä projisoida kasvunlisäyksen kehitys tätä seuraavina vuosina aina lannoitusvaikutuksen päättymiseen asti. Projisointi suoritettiin jatkamalla P u r o n (1977) esittämiä, pohjapinta-alan suhteellista kasvunlisäystä lannoituksen jälkeen kuvaavia käyriä. Seuraavassa asetelmassa esitetään tällä perusteella lasketut, viittä vuotta pidemmän jakson suhteelliset kasvunlisäykset puulajeittain (lannoitusta seuranneen 5-vuotisjakson kasvunlisäystä on merkitty 100:lla).

Jakson pituus, v	suhteelliset kasvut	
	mänty	kuusi
5	100	100
6	111	110
7	118	118
8	120	123
9	120	125

*Puutavaralajiosuudet* määritettiin apteeraamalla koelaitteita jokainen runko erikseen. Apteeraussäännöt ovat Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisen osaston käyttämiä: Havutukkipuun oli kuuluttava vähintään rinnankorkeusläpimittaluokkaan 17 cm. Tukkien pituus sai vaihdella välillä 31—61 dm siten, että samalla pyritään 49 dm:n keskipituuteen. Puu luettiin tukkipuiksi jos siitä saatiin vähintään yksi seuraavat minimimitkin vaatimukset täyttävä tukki

Tukin pituus, dm	Latvaläpimittaluokka kuoren päältä, cm	
	mänty	kuusi
31	21	—
34	19	—
37	19	20
40	17	18
43	15	16
46	15	16
49	15	16

Pidemmillä tukeilla minimilatvaläpimittaluokka oli männällä 15 cm ja kuusella 16 cm. Lehtipuutukin pituus sai vaihdella välillä 31—73 dm ja rungon oli kuuluttava vähintään rinnankorkeusläpimittaluokkaan 19 cm. Kuitupuiden ja halkojen minimimitin oli 6 cm kuoren päältä. Jokainen runko, josta saatiin ainakin yksi 2 m:n pituinen latvasta kuoren päältä 6 cm täyttävä pölkky luettiin vähintään kuitupuuksi. *Järeysuhteet* laskettiin puutavaralajiosuuksien, kuutiomäärien ja runkolukujen perusteella. Kasvun sekä puutavaralaji- ja järeysuhteiden kehitys laskettiin Metsäntutkimuslaitoksessa kehitetyllä nk. koelaitteiden peruslaskentaohjelmistolla.

### 23. Lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys

Lannoituksen aiheuttama tasoitettu kasvunlisäys laskettiin kaikilla kolmella luvussa 22 mainitulla menetelmällä. Ne antoivat likipitäen samansuuruiset kasvunlisäysten odotusarvot. Kovarianssianalyysikorjauksen jälkeen kasvunlisäysten hajontoja ei aineistosta ollut mahdollista laskea. Tästä syys-

tä päätettiin rajoittaa tarkastelemaan kahdella muulla menetelmällä saatuja kasvunlisäyksiä. Näistä puolestaan Näslundin menetelmä antoi kasvunlisäyksille pienemmät hajonnat. Seuraavat tulokset perustuvatkin Näslundin menetelmällä saatuihin tasoitettuihin kasvunlisäyksiin. Lannoitus lisäsi kasvua merkittävästi sekä männällä että kuusella niin Etelä- kuin Pohjois-Suomessa. Tämä todettiin t-testein 99 % merkitsevyystasolla. Männällä ei eri levitysajankohden kesken ollut merkitseviä eroja. Etelä-Suomen kuusikoissa ei havaittu lannoitusajankohdasta johtuvia eroja. Sen sijaan Pohjois-Suomen kuusikoissa syyslannoituksen tuottama kasvunlisäys oli muiden ajankohden lannoituksen antamaa kasvunlisäystä tilastollisesti erittäin merkittävästi suurempi (vrt. L e v u l a 1976, L i p a s ja L e v u l a 1980).

Edellä esitetyn perusteella rajoitettiin tarkastelu kuusen osalta koskemaan Pohjois-Suomessa pelkästään syksyllä lannoitettuja koelaitteita. Näin Pohjois-Suomen lannoitettujen kuusikoelaitteiden lukumäärä supistui seitsemäksi. Männällä ja Etelä-Suomen kuusella sitä vastoin pidettiin kaikkia lannoitusajankohdista samanarvoisina. Kasvunlisäysten keskiarvoiksi (ja hajonnoiksi) saatiin seuraavat arvot:

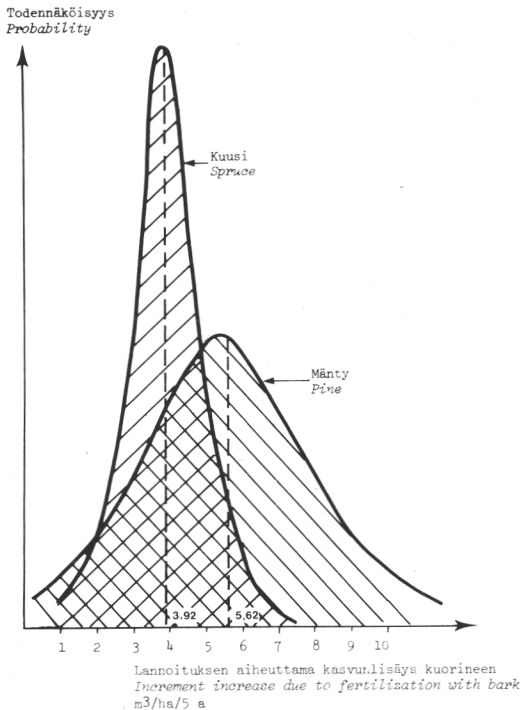
	Kasvunlisäys, m <sup>3</sup> /ha/5v	
	mänty	kuusi
Etelä-Suomi	5,62 (2,6)	3,92 (1,2)
Pohjois-Suomi	4,75 (2,0)	3,70 (1,8)

Koska kaikista puustotunnuksista lannoitusta edeltäneen kasvun todettiin tässä aineistossa selittäneen lannoituksen jälkeistä kasvua parhaiten, testattiin myös miten hyvin se selittää lannoituksen aiheuttamaa kasvunlisäystä. Testi osoitti, että edeltänyt kasvu selitti kasvunlisäyksestä vain alle 30 %. Muutkaan puustotunnukset eivät näiden yhteisvaikutukset selittäneet kasvunlisäystä sen paremmin. Näin voitiin todeta tutkimuksen empiirisen aineiston olleen niin homogeeninen, että lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys sisälsi vain luonnossa esiintyvän satunnaisvaihtelun. Saatavissa olevia lannoituksen jälkeisiä säätietoja pidettiin niin ylimalkkaisina, ettei niillä katsottu voitavan selittää urealannoituksilla saatavan kasvunlisäyksen ja lannoitusta seuranneiden sääolojen välistä riippuvuutta. Tässä tutkimuksessa kasvunlisäyksen satunnaisvaihtelu

sisälsi siten myös siitä lannoituksen jälkeillä sääoloilla mahdollisesti selitettävissä olevan osan.

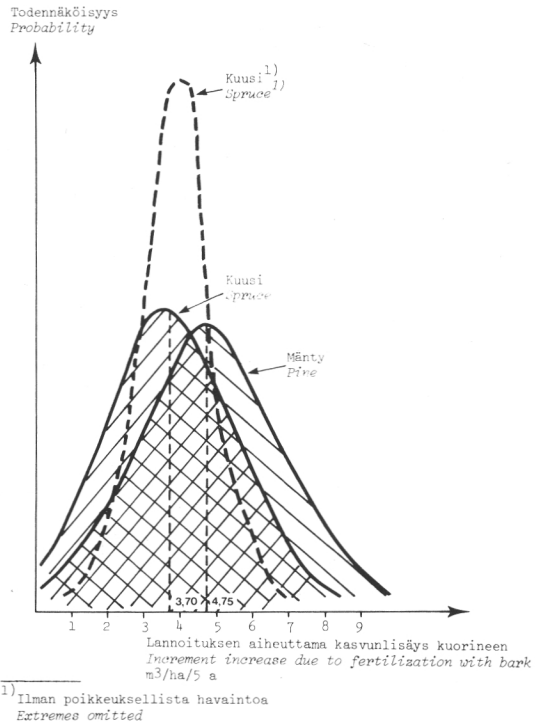
*Mäntykoalojen* kasvunlisäysten todettiin  $X^2$ -yhteensopivuustestin mukaan noudattavan normaalijakaumaa Etelä-Suomessa parametrein (5,62, 2,6<sup>2</sup>) ja Pohjois-Suomessa parametrein (4,75, 2,0<sup>2</sup>). Lannoitettujen kuusikoalojen vähäisestä lukumäärästä johtuen ei niiden kasvunlisäysten normaalisuutta Pohjois-Suomen osalta ollut mielekästä testata, vaan muiden kasvunlisäysjakaukien normaalisuuteen perustuen oletettiin myös Pohjois-Suomen kuusikoalojen kasvunlisäysten noudattavan normaalijakaumaa. Tämän oletuksen ja kasvunlisäyksestä laskettujen tunnuslukujen perusteella oletettiin seuraavissa tarkasteluissa *kuusikoalojen* kasvunlisäys normaaliseksi Etelä-Suomessa parametrein (3,92, 1,2<sup>2</sup>) ja Pohjois-Suomessa parametrein (3,70, 1,8<sup>2</sup>).

Kasvunlisäysten todennäköisyysjakaumat on esitetty graafisesti *kuvissa 2 ja 3*. Etelä- ja Pohjois-Suomen kuusikoiden kasvunlisäysjakaumat erosivat huomattavasti tois-



Kuva 2. Tasoitettujen kasvunlisäysten todennäköisyysjakaumat Etelä-Suomessa.

Figure 2. The probability distributions of adjusted increment increases in South Finland.



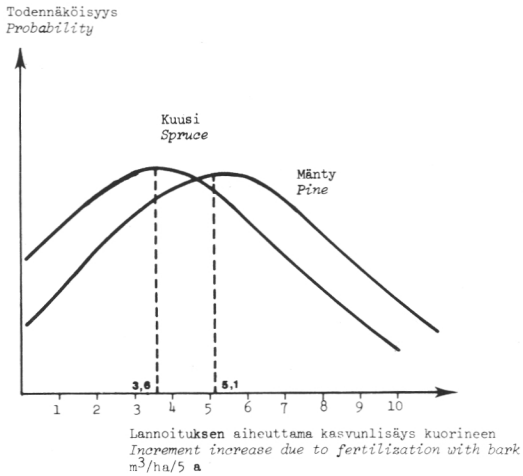
Kuva 3. Tasoitettujen kasvunlisäysten todennäköisyysjakaumat Pohjois-Suomessa.

Figure 3. The probability distributions of adjusted increment increases in North Finland.

taan johtuen eräästä Pohjois-Suomen poikkeuksellisesta kokeesta. Tällä kokeella olivat kasvunlisäykset hyvin pieniä muiden kokeiden kasvunlisäyksiin verrattuina. Tämä puolestaan on yhdessä juuri syksyllä lannoitettujen Pohjois-Suomen kuusikoiden aineiston pienuuden kanssa vaikuttanut siihen, että hajonta muodostui suurehkoksi. Kuvaan 3 on katkoviivoilla piirretty kuusikon kasvunlisäysjakauma ilman tuota poikkeuksellista koetta.

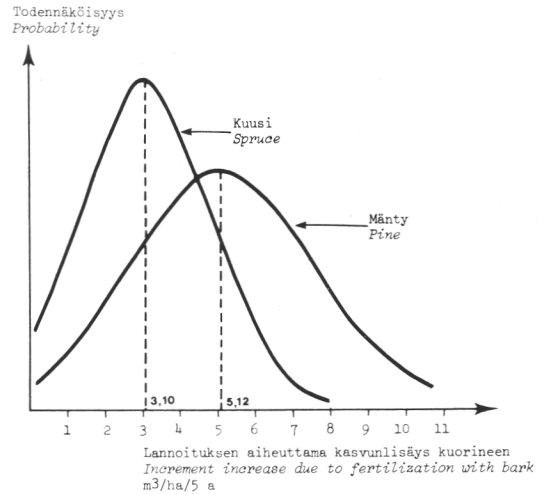
Kannattavuutta laskettaessa perustaksi otettiin kuvien yhtenäisellä viivalla piirretyt jakaumat. Männikössä kasvunlisäyksen odotusarvo on noin neljänneksen suurempi kuin kuusikossa. Toisaalta männikössä kasvunlisäyksen hajonta on kuusikon kasvunlisäyksen hajontaa suurempi. Etelä-Suomessa odotettavissa oleva kasvunlisäys on suurempi kuin Pohjois-Suomessa.

Regressiomenetelmällä tasoitettujen kasvunlisäysten todennäköisyysjakaumat on esitetty *kuvissa 4 ja 5*.  $X^2$ -yhteensopivuustestin mukaan ne olivat normaalisia siten,



Kuva 4. Regressiosuorien erotuksena laskettujen kasvunlisäysten todennäköisyysjakaumat Etelä-Suomessa.

Figure 4. The probability distributions of increment increases computed as differences of the regression lines for the fertilized and unfertilized stands in South Finland.



Kuva 5. Regressiosuorien erotuksena laskettujen kasvunlisäysten todennäköisyysjakaumat Pohjois-Suomessa.

Figure 5. The probability distributions of increment increases computed as differences of the regression lines for the fertilized and unfertilized stands in North Finland.

että männikössä saatu kasvunlisäys noudatti normaalijakaumaa Etelä-Suomessa parametrein (5,1 3,3<sup>2</sup>) ja Pohjois-Suomessa parametrein (5,1, 2,3<sup>2</sup>) ja kuusikon kasvunlisäys vastaavasti parametrein (3,6, 3,4<sup>2</sup>) ja (3,1, 1,7<sup>2</sup>). Jakaumista nähdään, että tässäkin tapauksessa männikössä kasvunlisäyksen odotusarvo ja hajonta olivat suuremmat kuin kuusikossa. Etelä-Suomen kuusikoissa kasvunlisäys oli suurempi kuin Pohjois-Suomessa. Jäljempänä esitettävien laskelmien perustaksi valittiin kuvien 2 ja 3 jakaumat, koska niissä kasvunlisäyksiä kuvaavien normaalisten todennäköisyysjakaumien variaatiokerroimet (hajonta/odotusarvo) olivat pienemmät kuin regressiosuorien erotuksena saatujen vastaavien jakaumien variaatiokerroimet.

Gustavsen ja Lipas (1975) ovat Pohjois-Suomessa urealla (120 kg N/ha) lannoitetun männikön osalta päätyneet sekä pienempään keskimääräiseen kasvunlisäykseen että hajontaan (3,5 ja 1,6) kuin mihin tässä tutkimuksessa on päädytty. Sen sijaan kuusikon kasvunlisäys on mainitussa tutkimuksessa saatu suuremmaksi ja hajonta pienemmäksi (5,5 ja 1,5) kuin tässä tutkimuksessa. On todettava, että Gustavsenin ja Lipaksen tutkimuksen kokeiden lukumäärä on näiltä osin ollut vähäinen

(9 mänty- ja 3 kuusimetsikköä) ja lisäksi kuusikoealat ovat kaikki sijainneet aivan Pohjois-Suomen eteläisissä osissa ja keskimäärin paremmilla kasvupaikoilla kuin tässä tutkimuksessa. Etelä-Suomessa ei viitatussa tutkimuksessa ole ollut urealla lannoitettuja kuusikokeita eikä samalla ureamäärällä (120 kg N/ha) lannoitettuja mäntykokeita lainkaan.

Tämän tutkimuksen ja Gustavsenin sekä Lipaksen (1975) päätehakkuikäisten metsien urealannoitusta koskevassa koeaineistossa saatiin pienemmät kasvunlisäykset (keskim. 0,7 — 1,1 m<sup>3</sup>/ha/v viiden vuoden aikana) kuin mitä metsänlannoitusta käsittelevissä kirjoituksissa ja lannoitusohjeissa yleensä on esitetty: Etelä-Suomessa suotuisissa oloissa 2 m<sup>3</sup>/ha/v ja Pohjois-Suomessakin 1,5 m<sup>3</sup>/ha/v. (esim. Mälkönen 1977, 1979; Ohjekirje... 1979; Paasirova 1977). Syynä lienee ero käytettävässä lannoitelajissa, lannoitemäärässä tai lannoituskohteena olevan puuston iässä.

Kasvunlisäys suurenee lähes tasasuhteisesti levitettävän typpimäärän lisääntyessä välillä 60—180 kg/N/ha (Gustavsen ja Lipas 1975). Siten nykyisin käytetyillä määrillä, 150—180 kg/ha, saataneen huomattavasti suuremmat kasvunlisäykset kuin

tässä tutkimuksessa käytetyillä typpimäärillä, 120 kg/ha (vrt. Gustavsen ja Lipas 1975). Kasvunlisäys lienee suurimmillaan keski-ikäisissä metsiköissä ja alenee puuston vanhetessa (Mälkönen 1979). Tästä huolimatta on aiemmissa tutkimuksissa kuitenkin todettu päätehakkuikäisten metsien lannoituksen liiketaloudellisesti olevan nuorempien metsien lannoitusta edullisempaa metsikkökohtaisesti tarkasteltuna (vrt. Keltikangas ja Seppälä

1973b; Keipi 1972). Vaikka urealla saadut kasvunlisäykset ovatkin pienemmät kuin muilla typpilannoitteilla (Gustavsen ja Lipas 1975), on urealannoitus alustavissa laskelmissa havaittu kannattavuudeltaan muiden typpilannoitusten kanssa tasavertaiseksi (Keipi 1979). Seuraavien laskelmien tarkoituksena on tuottaa täsmennettyä tietoa urealannoituksen kannattavuudesta.

### 3. HINNAT

#### 31. Kantohintojen ennustaminen

Kasvunlisäyksen ohella toinen suuri lannoitustuottoihin vaikuttava tekijä on kasvunlisäyksen realisoimishetkellä vallitsevat kantohinnat. Metsänomistajan on lannoituksesta päättäessään turvauduttava joko ekonomistien tilastojen perusteella laatimiin ennusteisiin tai sitten omiin hinta-arvioihinsa. Tässä tutkimuksessa käytettiin toisaalta pelkkää ”objektiivista” historiallisten hintasarjojen tietoainesta ja toisaalta yhdistettiin ”objektiivinen” ja ”subjektiivinen” aines laatimalla kantohintaennusteet sekä hintasarjojen että metsänomistajien omien suhdanneodotusten pohjalta.

Seuraavassa ennustetaan oletettua lannoitusvuotta 1979/80 seuraavien vaihtoehtojen hakkuuvuosien kantohintoja. Aikaisimmillaan hakkuun arvellaan tulevan kyseeseen kautena 1984/85, myöhäisimmillään 1988/89, yhdeksän vuotta lannoituksen jälkeen, lannoituksen vaikutuksen todennäköisesti kokonaan päätyttyä.

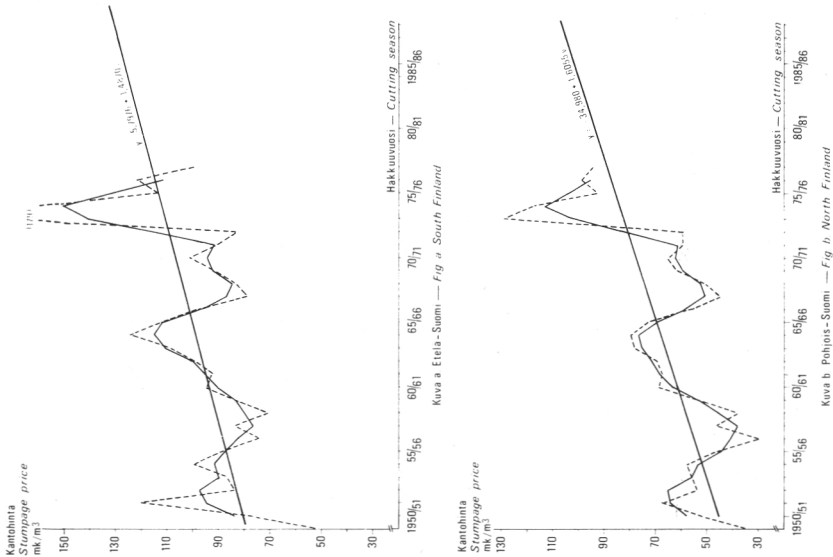
Ensimmäisenä tehtävänä hintaennusteiden ja niihin liittyvän epävarmuuden selvittämiseksi oli Etelä- ja Pohjois-Suomea koskevien eri puutavaralajien hintasarjojen kokoaminen mahdollisimman pitkältä aikaväliltä. Käytettävissä olivat Selinin (1957) hakkuuvuosille 1949/50—1954/55 kokoamat julkaistut hintasarjat ja Tervo<sup>1)</sup> hakkuuvuosille 1954/55—1976/77 laatimat julkaisemattomat havusahapuun se-

kä mänty- ja kuusikuitupuun sarjat. Lisäksi saatiin Teollisuuden Puuyhdistykseltä ennakkotiedot kauden 1977/78 hinnoista (Okse<sup>n</sup>), haastattelu). Rahan arvomuu-  
tosten aiheuttaman vaihtelun poistamiseksi muutettiin eri vuosien kantohinnat vuoden 1978 maaliskuun rahan arvoon. Muuntamiseen käytettiin tukkuhintaindeksin kokonaisindeksiä. Jotta havusahapuun hintaennusteista voitiin laatia erilliset mänty- ja kuusisahapuun kantohintaennusteet, oli mänty- ja kuusisahapuun hintasuhteet saatava selville. Niiksi saatiin Etelä-Suomessa 1,076 ja Pohjois-Suomessa 1,188. Luvut ovat peräisin Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisen osaston ja Teollisuuden Puuyhdistyksen antamista tiedoista hakkuuvuosille 1972/73—1977/78.

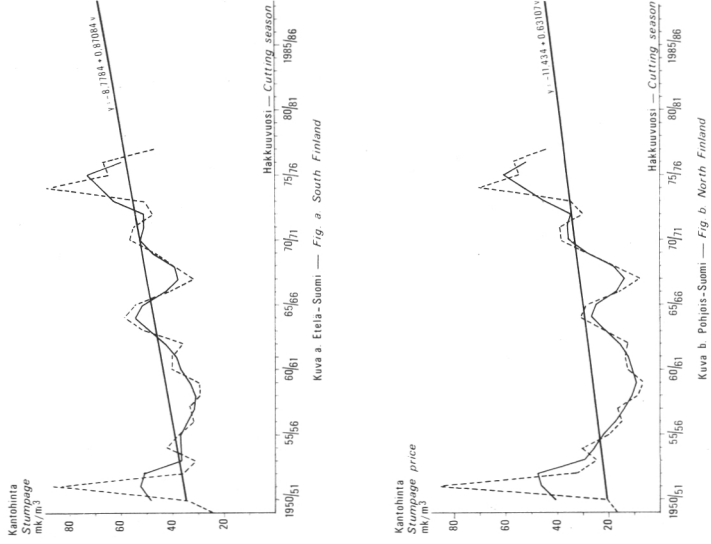
Kuva 6 osoittaa havusahapuun, kuva 7 mäntykuitupuun sekä kuva 8 kuusikuitupuun reaaliset vuotuiset ja kolmen vuoden liukuvina keskiarvoina lasketut hakkuuvuosien 1949/50—1977/78 hinnat. Liukuvat keskiarvot osoittavat suhdannevaihtelut vuotuisia hintoja selvemmin. Tässä käytettiin nimenomaan kolmen vuoden liukuvia keskiarvoja, koska niiden havaittiin pitkiä hintasarjoja koskevissa kokeiluissa antavan keskimäärin 10—12 vuoden pituisista suhdannealloista paremman kuvan kuin esimerkiksi viiden vuoden liukuvien keskiarvojen (vrt. Hämäläinen 1973). Kunnaksen (1973) koostamia, vuodesta 1900 alkavia sarjoja ei voitu tässä sel-

<sup>1)</sup> MMK Mikko Tervo, Metsäntutkimuslaitos

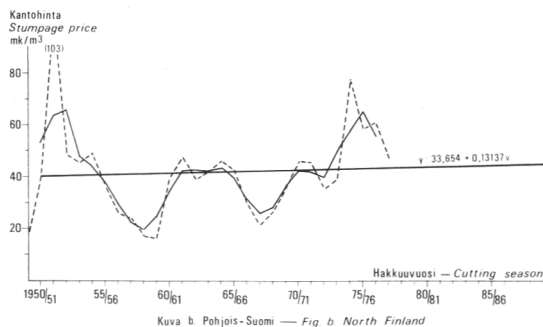
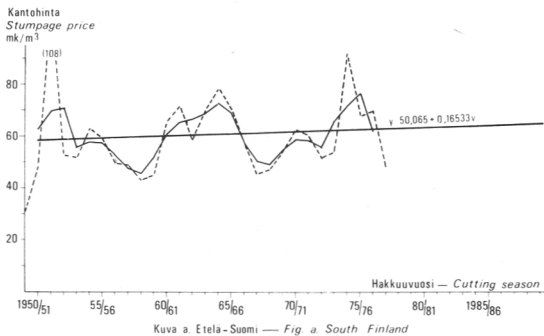
<sup>1)</sup> MH Eero Okse<sup>n</sup>, Teollisuuden Puuyhdistys



Kuva 6. Havusahapuun v. 1978 maaliskuun rahassa lasketut reaaliset kantohinnat Etelä- ja Pohjois-Suomessa hakkuuvuosina 1949/50—1977/78 sekä lineaarinen trendi (y) vuoteen 1988/89.  
 - - - vuotuiset hinnat — 3 vuoden liukuavat keskiarvot; v = vuosi (esim. v. (1950/51) = 50).  
 Figure 6. Real stumpage prices of coniferous sawlogs in March 1978 money in South and North Finland 1949/50—1977/78 and their linear trends (y) to 1988/89.  
 - - - annual prices — 3 years' moving averages; v = year (e.g. v (1950/51) = 50).



Kuva 7. Mäntykuitupuun v. 1978 maaliskuun rahassa lasketut reaaliset kantohinnat Etelä- ja Pohjois-Suomessa hakkuuvuosina 1949/50—1977/78 sekä lineaarinen trendi vuoteen 1988/89.  
 - - - vuotuiset hinnat — 3 vuoden liukuavat keskiarvot; v = vuosi (esim. v. (1950/51) = 50).  
 Figure 7. Real stumpage prices of pine pulpwood in March 1978 money in South and North Finland 1949/50—1977/78 and their linear trends to 1988/89.  
 - - - annual prices — 3 years' moving averages; v = year (e.g. v (1950/51) = 50).



Kuva 8. Kuusikuitupuun v. 1978 maaliskuun rahassa lasketut reaaliset kantohinnat Etelä- (kuva a) ja Pohjois-Suomessa (kuva b) hakkuuvuosina 1949/50—1977/78 sekä lineaarinen trendi vuoteen 1988/89.

--- vuotuiset hinnat — 3 vuoden liukuvat keskiarvot; v = vuosi (esim. v. (1950/51) = 50).

Figure 8. Real stumpage prices of spruce pulpwood in March 1978 money in South (Fig. a) and North (Fig. b) Finland 1949/50—1977/78 and their linear trends to 1988/89.

--- annual prices — 3 years' moving averages; v = year (e.g. v. (1950/51) = 50).

vityksessä käyttää, koska ne koskivat koko maata. Lisäksi niihin liittyy epävarmuutta, sillä sekä alkuperäisten nimellishintatietojen keräysmenettelyt että deflatoinnissa käytetty tukkuhintaindeksi laskentaperusteet ovat ajan kuluessa vaihdelleet. Pitkälle jaksolle laadituissa alustavissa laskelmissa havaittiin, että havusahapuun hinnan pääsuunta olisi voitu ilmaista jonkin verran paremmin eksponentiaalisenä kuin lineaarisena trendinä (vrt. S i v o n e n 1971). Tämän tutkimuksen tarpeisiin lyhyehköä laskentajaksoa (1949/50—1977/78) koskeva, suhteellisen varovaisiin ennusteisiin johtava, yksinkertainen lineaarinen trendi katsottiin myös havusahapuun osalta tarkoituksenmukaisimmaksi.

Havusahapuun sekä mänty- ja kuusikuitupuun reaalisten, kolmen vuoden liukuvina keskiarvoina laskettujen kantohintojen lineaarisiksi trendeiksi hakkuuvuosina 1949/50—1977/78 saatiin Etelä- ja Pohjois-Suomessa (vrt. L e h i k o i n e n 1977):

#### havusahapuu

$$\hat{y}_1 = 5,7976 + 1,4870v; R^2 = 0,38 \text{ Etelä-Suomi}$$

$$\hat{y}_2 = -34,980 + 1,6055v; R^2 = 0,42 \text{ Pohjois-Suomi}$$

#### mäntykuitupu

$$\hat{y}_3 = -8,7784 + 0,87084v; R^2 = 0,36 \text{ Etelä-Suomi}$$

$$\hat{y}_4 = -11,434 + 0,63107v; R^2 = 0,08 \text{ Pohjois-Suomi}$$

#### kuusikuitupu

$$\hat{y}_5 = 50,065 + 0,16533v; R^2 = 0,00 \text{ Etelä-Suomi}$$

$$\hat{y}_6 = 33,654 + 0,13137v; R^2 = 0,00 \text{ Pohjois-Suomi}$$

Yhtälöissä  $\hat{y}$  = kantohintaennusteen odotusarvo ja v = vuosi (esim. hakkuuvuodelle 1950/51 v = 50);  $R^2$  = selitysaste. Yhtälöiden selitysasteet jäivät varsin pieniksi. Hinnat vaihtelivat voimakkaasti trendin molemmin puolin. Kuusipaperipuun hintojen heilahtelut olivat niin suuria, ettei ennusteita pelkän trendin perusteella voitu tehdä. Jatkokesittelyn kannalta parhaiksi havaitut pääsuunnat on esitetty kuvassa 8. Regressiofunktion epälineaarisetkaan muunnokset eivät parantaneet eri puutavaralajien hintojen selitysasteita merkittävästi (vrt. S i v o n e n 1971, H ä m ä l ä i n e n 1973). Siksi päätettiin kokeilla suhdannevaiheen sisällyttämistä malleihin. Korkea- ja matalasuhdanteen lisäksi keskisuhdanteen ( $0,9 \times$  trendiarvo  $\leq$  hinta  $\leq 1,1 \times$  trendiarvo) erottaminen omaksi valemuuttujakseen paransi mallin selitysastetta. Mainittu keskisuhdanteen määritelmä antoi paremman tuloksen kuin määritelmä ( $0,8 \times$  trendiarvo  $\leq$  hinta  $\leq 1,2 \times$  trendiarvo). Suhdanteen kehitysuunnan (nouseva, laskeva) sisällyttäminen malleihin ei parantanut selitysastetta. Kolmen suhdannevaiheen trendimalleiksi yhtälöiden ( $\hat{y}_1$ ) - ( $\hat{y}_6$ ) pohjalta saatiin:

## havusahapuu

Etelä-Suomi

$$y_1 = 12,388 + 1,518v + 34,235e_1 + 16,446e_2;$$

$$R^2 = 0,88$$

Pohjois-Suomi

$$y_2 = -57,894 + 17309v + 29,698e_1 + 18,067e_2;$$

$$R^2 = 0,92$$

## mäntykuitupuuh

Etelä-Suomi

$$y_3 = -22,751 + 0,93297v + 23,626e_1 + 8,6543e_2;$$

$$R^2 = 0,90$$

Pohjois-Suomi

$$y_4 = -17,637 + 0,5245v + 30,659e_1 + 12,468e_2;$$

$$R^2 = 0,88$$

## kuusikuitupuuh

Etelä-Suomi

$$y_5 = 33,881 + 0,2271v + 24,812e_1 + 12,244e_2;$$

$$R^2 = 0,66$$

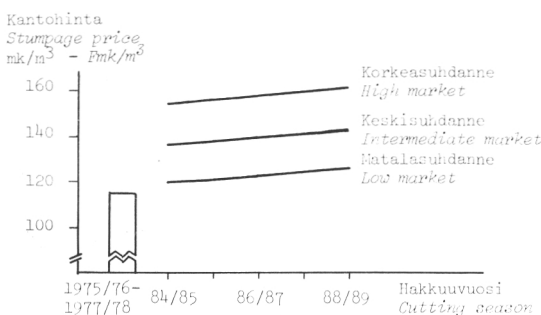
Pohjois-Suomi

$$y_6 = 25,883 + 0,0183v + 30,682e_1 + 14,250e_2;$$

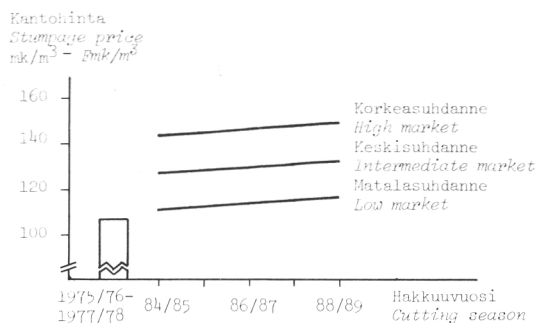
$$R^2 = 0,85$$

Yhtälöissä  $e_1$  ja  $e_2$  ovat valemuuttujia, jotka määrittelevät suhdannevaiheen. Korkeasuhdannetta kuvaa tilanne  $e_1 = 1$  ja  $e_2 = 0$ , keskisuhdannetta tilanne  $e_1 = 0$  ja  $e_2 = 1$  sekä matalasuhdannetta tilanne  $e_1 = 0$  ja  $e_2 = 0$ .

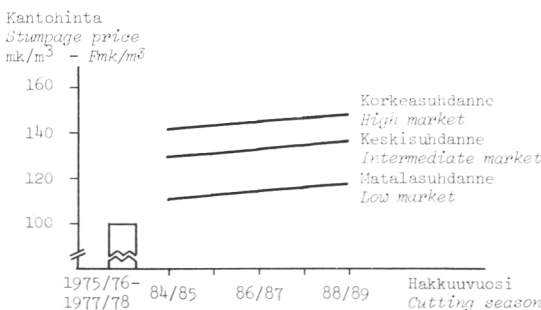
Suhdannevaiheet sisältävien regressiomallien selitysasteet kohosivat samalle tasolle kuin kokeiluissa pitkän aikavälin (1900—1977/78) koko maata koskeissa, suhdanteet sisältävissä malleissa. Ne ylittivät Etelä-Suomen kuusikuitupuuta lukuunottamatta arvon  $R^2 = 0,85$ . Yhtälöiden ( $y_1$ ) - ( $y_6$ ) ja aiemmin esitettyjen mänty- ja kuusisahapuun hintasuhteiden perusteella laskettiin hintaennusteet hakkuuvuosille 1984/85—1988/89. Ne olivat samalla kantohintojen odotusarvoja eri suhdannevaiheille. *Kuvaan 9* on ennusteiden ohella merkitty keskimääräiset sahapuun ja *kuvaan 10* kuitupuun hakkuuvuosien 1975/76—1977/78 kantohinnat Etelä-Suomessa sekä Pohjois-Suomessa. Kun kaikille suhdannevaiheille annetaan yhtä suuri paino, regressioennusteiden mu-



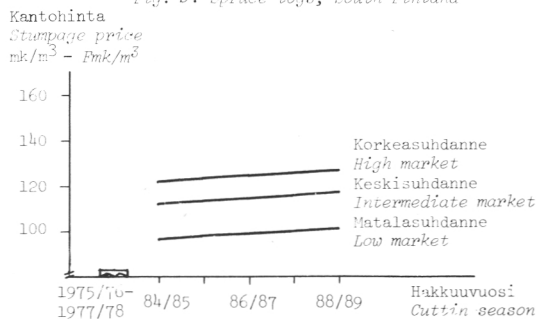
Kuva a. Mäntysahapuu, Etelä-Suomi  
Fig. a. Pine logs, South Finland



Kuva b. Kuusisahapuu, Etelä-Suomi  
Fig. b. Spruce logs, South Finland



Kuva c. Mäntysahapuu, Pohjois-Suomi  
Fig. c. Pine logs, North Finland

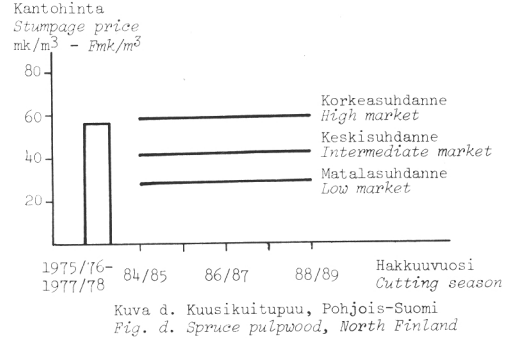
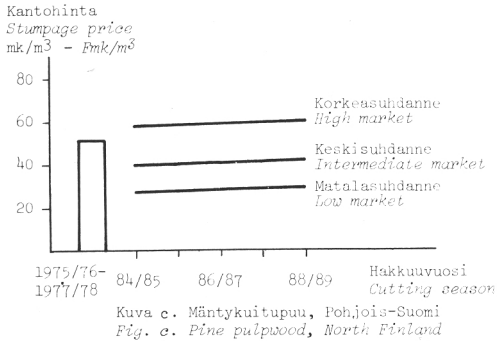
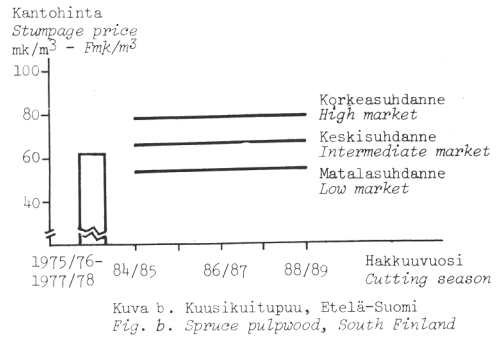
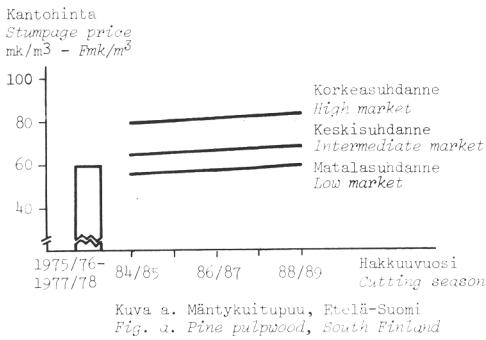


Kuva d. Kuusisahapuu, Pohjois-Suomi  
Fig. d. Spruce logs, North Finland

Kuva 9. Mänty- ja kuusisahapuun "objektiiviset" reaalisen kantohinnan odotukset Etelä- ja Pohjois-Suomessa eri suhdannevaiheissa hakkuuvuosina 1984/85—1988/89.

Figure 9. The expected "objective" real stumpage prices of pine and spruce sawlogs in South and North Finland through regression analysis in varying market situations 1984/85—1988/89.





Kuva 10. Mänty- ja kuusikuitupuun "objektiiviset" reaalisen kantohinnan odotukset Etelä- ja Pohjois-Suomessa eri suhdannevaiheissa hakkuvuosina 1984/85—1988/89.

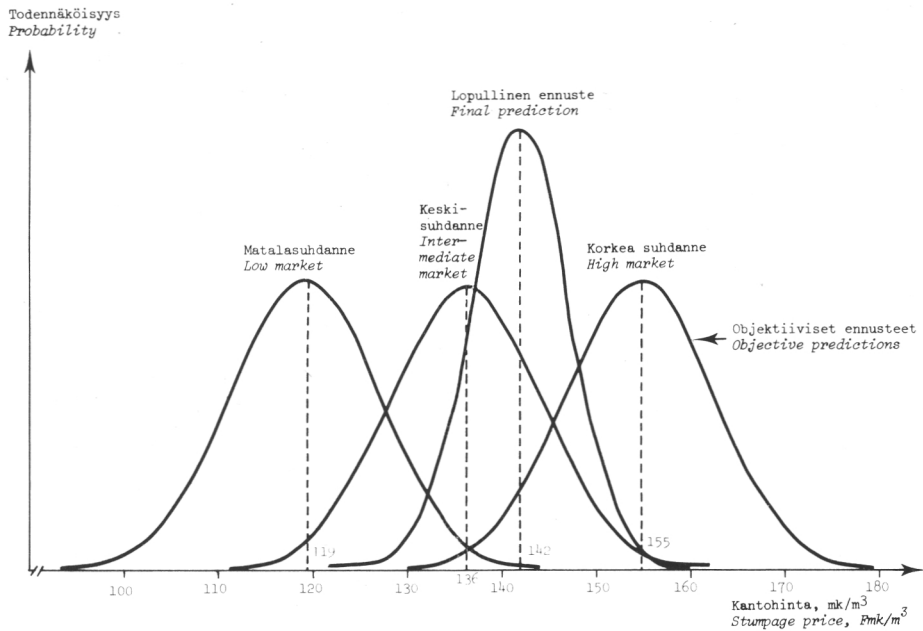
Figure 10. The expected "objective" real stumpage prices of pine and spruce pulpwood in South and North Finland through regression analysis in varying market situations 1984/85—1988/89.

kaisten sahapuun reaalihintojen odotetaan olevan hakkuvuonna 1984/85 keskimäärin korkeammat kuin hakkuvuosina 1975/76—1977/78. Kuitupuun keskihinnat eivät tule Etelä-Suomessa juuri nousemaan, Pohjois-Suomessa reaali hinnat näyttävät laskevan. Ennustejakson 1984/85—1988/89 aikana sahapuun ja mäntykuitupuun reaali hinnan keskimääräinen vuotuinen nousu on alle kaksi prosenttia. Pohjois-Suomessa suhteellinen hinnan nousu on suurempi kuin Etelä-Suomessa. Kuusikuitupuun reaali hinnat eivät juuri kohoa. Mäntykuitupuun hinta tavoittaa siten kuusikuitupuun hintatason.

Regressiomallien tuottamat ennusteet eri suhdannevaiheiden kantohinnoista noudattavat likimain t-jakaumaa. Koska havaintojen lukumäärä on suuri (27), ne ovat hyvin lähellä normaalijakaumia. Sahapuun hintaennusteiden keskihajonnat olivat 7—8 mk/m<sup>3</sup> ja kuitupuun ennusteiden hajonnat 4—7 mk/m<sup>3</sup>. Keskihajonta luonnollisesti kasvoi ennustehetken etääntyessä hakkuvuodesta 1984/85 hakkuvuoteen 1988/89. Kuva 11 havainnollistaa hakkuu-

vuoden 1984/85 mäntysahapuun hintojen regressioennusteiden todennäköisyysjakamia kolmelle suhdannevaiheelle Etelä-Suomessa (kolme "objektiivista", matalaa jakaumaa). Jakaumat olivat hyvin lähellä (119,8<sup>2</sup>) (136,8<sup>2</sup>) ja (155,8<sup>2</sup>) -normaalisia todennäköisyysjakaumia. Jokaiselle jakson 1984/85—1988/89 vuodelle ja kullekin puutavaralajille laskettiin kantohintaennusteiden todennäköisyysjakaumat kaikille kolmelle suhdannevaiheelle maan eri osissa.

Jotta kullekin vuodelle, puutavaralajille ja maan osalle saataisiin määriteltyksi yksikäsitteinen, lopullinen hintaennuste, olisi esitettävä arviot siitä, mikä suhdannevaihe on kyseessä. Koska suhdannekehitystä oli vaikea objektiivisesti ennustaa, tässä turvaututtiin metsänomistajien subjektiivisiin arvioihin. Ne kerättiin erään toisen haastattelun yhteydessä kolmeltakymmeneltä Rovaniemen maalaiskunnassa metsää lannoittaneelta maanomistajalta. Ennen kysymyksiä heille näytettiin kuvaaja eri puutavaralajien kantohintojen suhdannevaiheista vuosisadan alusta hakkuvuoteen



Kuva 11. Etelä-Suomen mäntysahapuun "objektiiviset" regressioanalyysillä lasketut kantohintaennusteet eri suhdannevaiheille hakkuuvuonna 1984/85, sekä lopullinen ennuste, kun matala-, keski- ja korkeasuhdanteen subjektiiviset, metsänomistajien esittämät todennäköisyydet ovat 0,1, 0,5 ja 0,4.

Figure 11. The "objective" pine sawlog stumpage price predictions for South Finland through regression analysis for 1984/85 in three market situations and the final prediction when the forest owners' "subjective" probabilities for low, intermediate and high markets are 0,1, 0,5 and 0,4.

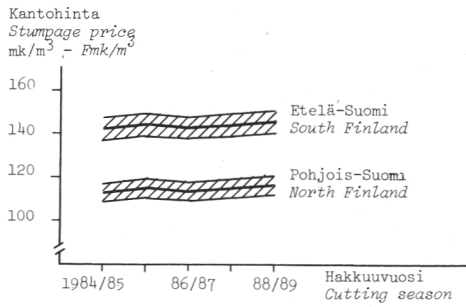
1977/78. Kustannussyistä ei katsottu taroituksenmukaiseksi haastatella vastaavaa joukkoa eteläsuomalaisia metsänomistajia. Tulosten tulkinnan yhdenmukaisuuden vuoksi todennäköisyyksien oletettiin koskevan sekä etelä- että pohjoissuomalaista metsänomistajaa. Haastateltavat olivat sitä mieltä, että suhdannevaiheet tulisivat kaikilla puutavaralajeilla olemaan samat. Koko maata koskevan pitkän jakson historiallisen hinta-aineiston analyysin mukaan havusahapuun sekä mänty- ja kuusikuitupuun suhdanteissa ei myöskään juuri esiintynyt eroja. Tässä tutkimuksessa kaikkien puutavaralajien oletettiin siten noudattavan kunkin ennustevuonna samaa suhdannevaihetta. Haastattelujen tuloksena saatiin eri hakkuuvuosille seuraavat suhdanteiden keskimääräiset todennäköisyydet:

	1984/85—1985/86	1986/87—1988/89
korkeasuhdanne	0,4	0,3
keskisuhdanne	0,5	0,5
matalasuhdanne	0,1	0,2

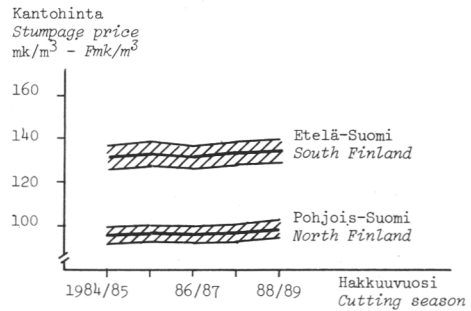
Vastausten hajonta oli luonnollisesti suuri. Metsänlannoitusta käytännössä harkitessa päätöksentekijöitä on kulloinkin vain yksi:

se metsänomistaja, jonka metsälöä lannoitetaan. Vastausten hajonnalla ei tämän tutkimuksen kannalta ole merkitystä. Asetelman todennäköisyydet oletettiin "yhden" metsänomistajan arvioiksi, tässä siis esimerkinomaisesti lannoitusta harkitsevan metsänomistajan käsitykseksi. Tosin hän tässä tapauksessa edustaa omistajajoukkoa.

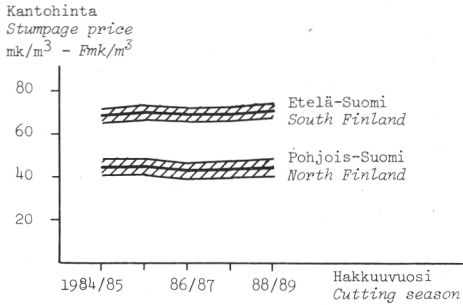
Kun sekä regressioyhtälöistä laskettuihin trendiarvoihin perustuvat objektiiviset ennusteet ja niiden todennäköisyydet että metsänomistajan subjektiiviset suhdannearvot olivat tiedossa, saatiin kantohintojen lopulliset ennusteet ja ennusteisiin liittyvä vaihtelu. Jokaiselle jakson 1984/85—1988/89 vuodelle ja kullekin puutavaralajille laskettiin oma hintavaihtelua osoittava todennäköisyysjakaumansa. Kaikkiaan näitä likipitäen normaalisia jakaumia oli 40. Kuvaan 11 on piirretty mäntysahapuun lopullisen kantohintaennusteen todennäköisyysjakauma hakkuuvuodelle 1984/85 Etelä-Suomessa (korkea, "objektiivisten" ja "subjektiivisten" todennäköisyyksien yhdistetty jakauma). Jakauma oli hyvin lähellä (142,5<sup>2</sup>) normaalista todennäköisyysjakaumaa.



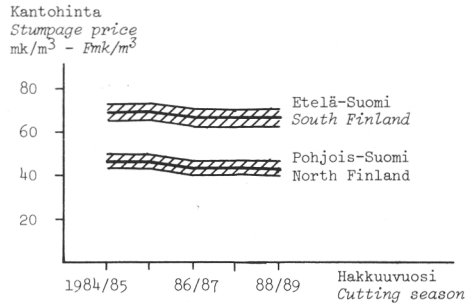
Kuva a. Mäntysahapuu  
Fig. a. Pine Logs



Kuva b. Kuusisahapuu  
Fig. b. Spruce Logs



Kuva c. Mäntykuitupuu  
Fig. c. Pine pulpwood



Kuva d. Kuusikuitupuu  
Fig. d. Spruce pulpwood

Kuva 12. Mänty- ja kuusisahapuun sekä mänty- ja kuusikuitupuun reaaliset "objektiivisten" ja "subjektiivisten" arvioiden yhdistelmänä lasketut keskikantohintaennusteet luotettavuusvöineen Etelä- ja Pohjois-Suomelle hakkuuvuosina 1984/85—1988/89.

Figure 12. The expected real stumpage prices with confidence intervals of pine and spruce sawlogs and pulpwood computed after combining the "objective" and "subjective" estimates, South and North Finland 1984/85—1988/89.

Sen odotusarvo  $142 \approx 0,1 \cdot 119 + 0,5 \cdot 136 + 0,4 \cdot 155$  ja hajonta  $5 \approx \sqrt{0,1^2 \cdot 82 + 0,5^2 \cdot 82 + 0,4^2 \cdot 82}$ .

Kantohintaennusteiden rajoiksi saatiin (kuva 12):

	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
mäntysahapuu	137—149 mk/m <sup>3</sup>	108—120 mk/m <sup>3</sup>
kuusisahapuu	127—139 mk/m <sup>3</sup>	90—102 mk/m <sup>3</sup>
mäntykuitupuu	65—74 mk/m <sup>3</sup>	41—49 mk/m <sup>3</sup>
kuusikuitupuu	65—71 mk/m <sup>3</sup>	43—48 mk/m <sup>3</sup>

Trendin ja suhdannevaiheen huomioonottavien "objektiivisten" regressioennusteiden luotettavuusvyöt olivat 3—16 mk/m<sup>3</sup> leveämmät kuin asetelman luotettavuusvyöt. Subjektiiivisen aineksen mukaanotto hintaennusteisiin vähensi siten tässä tapauksessa hintavaihtelua. Jos metsänomistajan hinta-arviot osuvat oikeaan, myös kannattavuuslaskelmat ovat luotettavia.

### 32. Järeyshinnoittelu

Metsäteollisuuden Keskusliiton ja Maataloustuottajien Keskusliiton hinnoitteluohteissa perusleimikon hintoihin tehdään normaalisti leimikon koon, tiheyden ja puuston järeyden mukaiset yksikköhinnan korjaukset (Tukkien ja kuitupuun... 1978). Leimikon koko on hakkuualueen koko korjuumäärä. Koon mukaisella hinnoittelulla pyritään korjuun piiriin saamaan mahdollisimman suuret yhtenäiset alat. Tässä tutkimuksessa ei oteta kantaa siihen, kuinka suuria aloja tulisi lannoittaa, joten leimikon kokoon perustuvaa korjausta ei ole tehty. Leimikon tiheyskorjaus tehdään, jotta hehtaarilta korjattava puumäärä kohoaisi suureksi. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan runsaspuustoisia päätehakkuikeisiä metsiköitä, jotka ovat kaikki samaa suurinta tiheysluokkaa siitä riippumatta, lannoitetaanko

niitä vai ei. Leimikon tiheyskorjausta ei tehty. Keskitymme seuraavassa lannoituksen aiheuttaman puuston järeytymisen yksikkökantohintaa kohottavaan vaikutukseen. Järeytymisestä saatavan yksikkökantohinnan nousun epävarmuus on yhteydessä kasvunlisäykseen liittyvään epävarmuuteen.

Tässä tutkimuksessa järeiden mukaisen hinnoittelun lähtökohtana on valtakunnallinen, hakkuuvuotta 1978/79 koskeva hintasuositussopimus. Hintasuositussopimuksen ehdottamia, leimikon aritmeettisen keski-puun arvottamiseen käytettyjä hintaportaita on harvassa, ja portaisto on erityisesti sahapuulla todellisiin tehdashintoihin ja korjuukustannuksiin perustuvaan hinnoitteluun verrattuna loivahko. Porrastusta ei kuitenkaan ole käytännössä jyrkennetty sen käyttöön mahdollisesti liittyvän väärinkäytön vuoksi. Tulevaisuudessa järeyskorjaukset noudattanevat kunkin tilanteen todellisia arvosuhteita paremmin kuin tällä hetkellä (Oksanen; haastattelu). Ihmis-

työvaltaisen korjuun nimelliskustannusten arvioidaan kaksinkertaistuvan vuodesta 1978 vuoteen 1984. Samaan aikaan monitoimikoneilla tapahtuvan korjuun kustannukset kasvanevat vain puolella (Mikkonen ym. 1975). Järeän puun käsittely muodostuu yhä edullisemmaksi ihmistyötä vaativaan pienikokoisen puun käsittelyyn verrattuna. Siten suuri- ja pienikokoisten puiden arvoerot tulevat ilmeisesti kasvamaan. Hintasuositussopimuksen hintaporastus ei käy sellaisenaan lannoituksen edullisuuslaskelmiin, jos järeyskorjaukset noudattavat tulevaisuudessa puun arvosuhteita edes yhtä hyvin kuin tällä hetkellä. Kannattavuuslaskelmia varten oletettiin järeyskorjauksen hakkuuvuosina 1984/85—88/89 asetuvan nykyisen käytännön ja tämän hetken todellisten arvosuhteiden puoleen väliin. Liitteen 3 kuvissa sahapuun kantoarvoa järeiden funktiona kuvaavat suorat  $s_1-s_4$  ja kuitupuun arvoa käyrät  $s_5-s_8$ .

#### 4. LANNOITUSTUOTOT

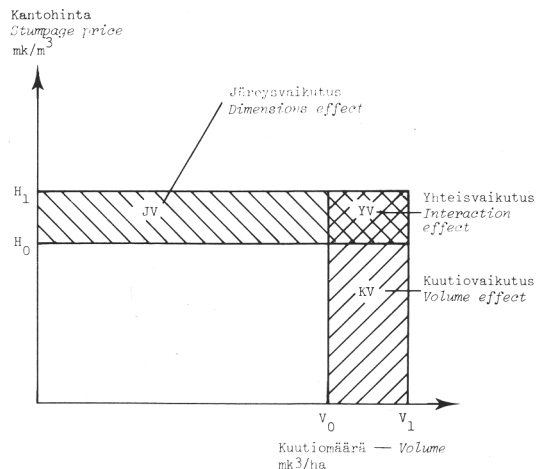
Seuraavassa lannoituksen aiheuttamilla tuotoilla tarkoitetaan lannoitetun ja sitä vastaavan lannoittamattoman metsikön hakkuuarvojen eroa vuoden 1978 maaliskuun rahanarvoon muunnettuna. Tässä tutkimuksessa lannoituksen aiheuttamien tuottojen laskennassa tulee siis otetuksi huomioon, että

- lannoitus lisää puuston kuutiokasvua (kuutiovaikutus)
- lannoitus muuttaa puuston puutavaralaji- ja järeys-suhteita (järeysvaikutus)

Näin ollen tuotot voidaan laskea kuvan 13 mukaisesti kuutiovaikutuksen (KV), järeysvaikutuksen (JV) ja näiden yhteisvaikutuksen (YV) summana. Kuvassa 13 kuutiomäärä  $V_0$  on metsikön arvioidun, laskennallisen kuutiomäärän odotusarvo ilman lannoitusta puuston realisointihetkellä ja  $H_0$  vastaava kantohinta.  $V_1$  ja  $H_1$  edustavat vastaavia tunnuksia lannoitetuissa metsiköissä.

Tuotot saadaan myös lannoitetun ja lannoittamattoman metsikön hakkuuarvojen erotuksena:  $H_1 \times V_1 - H_0 \times V_0$ .

Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää erikseen lannoituksen aiheuttaman kasvunlisäyksen ja toisaalta järeytymisen vaikutus tuottoihin. Tästä syystä laskelmissa sovellettiin ensiksi mainittua tuottojen laskenta-periaatetta.



Kuva 13. Lannoitustuottojen jakaminen kuutio- ja järeysvaikutukseen ja näiden yhteisvaikutukseen.  
Figure 13. Division of fertilization returns to volume, dimensions and interaction effects.

Edellä esitetystä kuvasta ilmenee, että *kuutiovaikutus* on kantohinnan  $H_0$  ja kuutiomäärien  $V_1$  ja  $V_0$  erotuksen eli lannoituksen aiheuttaman kasvunlisäyksen tulo.

$$KV = H_0 \times (V_1 - V_0)$$

Kasvunlisäys oli luvun 23 mukaisesti normaalisti jakautunut satunnaismuuttuja — stokastinen muuttuja. Kantohinta  $H_0$  laskettiin tukki- ja kuitupuun kantohintojen puutavaralajiosuuksilla painotettuna keskihintana. Nämä kantohinnat olivat normaalisti jakautuneita satunnaismuuttujia. Myös hinta  $H_0$  oli siten normaalisti jakautunut satunnaismuuttuja — stokastinen muuttuja. Kuutiovaikutus oli siten stokastinen kasvunlisäyksen ja kantohintojen stokastisuudesta johtuen. 5-vuotisjaksoa pidemmän jakson kasvunlisäykset laskettiin kuten luvussa 22 esitettiin.

*Järeysvaikutus* on kuutiomäärän  $V_0$  sekä kantohintojen  $H_1$  ja  $H_0$  erotuksen tulo

$$JV = V_0 \times (H_1 - H_0)$$

Kuutiomäärä  $V_0$  on odotusarvo, joka määrittyy lannoitetun metsikön esimerkiksi viiden vuoden päähän lannoituksesta sattuvan realisointihetken kuutiomäärän ja kasvunlisäyksen odotusarvon erotuksena. Lannoitetun metsikön järeys- ja puutavaralajisuhteiden kehitys arvioitiin lannoituksen jälkeisen kasvun perusteella. Koska jakso oli lyhyt (alle kymmenen vuotta), oletettiin kehitys kasvunlisäyksen lineaariseksi funk-

tioksi. Kasvunlisäyksen stokastisuudesta johtuen myös järeys- ja puutavaralajisuhteet olivat stokastisia. Lineaarisuusolettamuksesta johtuen niiden odotusarvot ja hajonnat voitiin laskea suoraan niiden aikaisemman kehityksen perusteella. Koko järeysvaikutus oli siten stokastinen kantohintojen erotuksen ( $H_1 - H_0$ ) stokastisuudesta johtuen. Mäntykoealoilla oli lannoituksen ansiosta keskimääräinen tukkirungon käyttöosa järeytynyt viiden vuoden aikana Etelä-Suomessa n. 0,05 m<sup>3</sup> ja Pohjois-Suomessa 0,04 m<sup>3</sup> ja kuusikoealoilla vastaavasti n. 0,05 m<sup>3</sup> ja 0,02 m<sup>3</sup>. Kuiturunkojen keski-kuutiot olivat pysyneet lähes muuttumattomina. Tukkiprosentti oli kasvanut männiköissä keskimäärin 3,7 ja 2,6 prosenttiyksikköä ja kuusikoissa vastaavasti 6,5 ja 4,2 prosenttiyksikköä.

#### *Yhteisvaikutus*

$$YV = (V_1 - V_0) \times (H_1 - H_0)$$

oli molempien tekijöidensä suhteen stokastinen.

Koska lannoituksen aiheuttamat tuotot sisälsivät edellä esitetyn mukaisesti monta samanaikaisesti vaikuttavaa stokastista komponenttia päädyttiin tuottojen laskennassa Monte Carlo -tietokonesimulointiin (ks. esim. G o r d o n 1969). Tällöin muodostuivat esimerkiksi hakkuuvuonna 1984/85 hakattavissa olevissa, viisi kasvukautta aiemmin lannoitetuissa koemetsiköissä tuottojen odotusarvot seuraavasti:

	Etelä-Suomi		Pohjois-Suomi	
	männikkö	kuusikko	männikkö	kuusikko
kuutiovaikutus	789 mk/ha	443 mk/ha	504 mk/ha	284 mk/ha
järeysvaikutus	250 "	183 "	160 "	140 "
yhteisvaikutus	7 "	2 "	4 "	3 "
kokonaistuotot	1046 mk/ha	578 mk/ha	668 mk/ha	427 mk/ha

Kuutiovaikutus ja järeysvaikutus muodostivat yhdessä noin 99 % lannoituksen kokonaistuotoista. Kuutiovaikutuksen osuus kokonaistuotoista puolestaan vaihteli hakkuuvuosina 1984/85—1988/89 männiköissä 68—78 % siten, että se Pohjois-Suomessa oli keskimäärin hieman suurempi kuin Etelä-Suomessa. Kuusikoissa kuutiovaikutuksen osuus kokonaistuotoista oli Etelä-Suomessa keskimäärin 75 % ja Pohjois-Suomessa keskimäärin vain 65 %. Tämä johtunee

siitä, että pohjoisessa pienikokoisten puiden kuusikoissa siirtymä kuitupuusta tukkipuuhun oli paljon voimakkaampaa kuin etelässä, jolloin järeysvaikutuksen kasvu on pohjoisessa voimakkaammin pienentänyt kuutiovaikutuksen suhteellista osuutta. Kahdessa kolmasosassa tapauksia voitiin vuoden 1979 syyskuun ja vuoden 1980 toukokuun välisenä aikana lannoitettavan metsikön kokonaistuottojen arvioida asetettavan hakkuuvuosittain seuraaviin rajoihin:

hakkuuvuosi	Etelä-Suomi (mk/ha)		Pohjois-Suomi (mk/ha)	
	mänty	kuusi	mänty	kuusi
1984/85	1050 ± 360	580 ± 150	670 ± 220	430 ± 130
1985/86	1130 ± 390	700 ± 170	730 ± 240	480 ± 150
1986/87	1180 ± 400	740 ± 180	770 ± 260	510 ± 160
1987/88	1270 ± 410	760 ± 180	800 ± 260	550 ± 160
1988/89	1320 ± 420	780 ± 180	820 ± 270	580 ± 170

Odotettavissa olevien kokonaistuottojen valossa olisivat männiköt kuusikoita parempia lannoituskohteita kuten kasvunlajisuiden, tukin kantohintojen ja puutavara-lajisuiden perusteella voi olettaakin. Yhteenvetona voitiin päätellä, että urealan-

noituksella saatiin männikössä likimain 50 % suuremmat kokonaistuotot kuin kuusikossa niin Etelä-Suomessa kuin Pohjois-Suomessakin. Toisaalta taas sekä männikön että kuusikon kokonaistuotot olivat Etelä-Suomessa keskimäärin 50 %, suuremmat kuin Pohjois-Suomessa. Tuottojen valossa näyttivät Etelä-Suomen kuusikot ja Pohjois-Suomen männiköt lähes yhtä edullisilta lannoituskohteilta varsinkin kun tuottojen odotusarvojen lisäksi vertailuun otettiin mukaan myös vastaavat hajonnat.

## 5. LANNOITUSKUSTANNUKSET

Lannoituskustannukset muodostuvat karkeasti lannoite-, kuljetus-, levitys- ja suunnittelukustannuksista. Lannoitelaji oli tämän tutkimuksen koemetsikössä urea, jota levitettiin 260 kg/ha. Marras-joulukuussa 1978 urean vähittäismyyntihinta oli keskimäärin 81 mk/100 kg. Metsänlannoitteet on vapautettu valmisteverosta (11 mk/100 kg). Urean hinnaksi ilman valmisteveroa saatiin siten 70 mk/100 kg (Lannoitteiden hinnat... 1978). Kun lannoitteiden kaukokuljetusmatkaksi oletettiin alle 50 km ja lähikuljetusmatkaksi alle 200 m, saatiin kuljetuskustannuksiksi 10 mk/100 kg (I i s a l o<sup>1)</sup>, haastattelu). Metsähallituksen ohjeiden mukaan 260 lannoitekilon levitys vie yhden miestyöpäivän (L a m p e n<sup>2)</sup>, haastattelu). Työehtosopimuksen perusteella miestyöpäivän hinnaksi saatiin siten sosiaalimaksuineen yhteensä 152 mk (Metsä- ja uittoalan... 1977). Levityksen suunnittelu- ja työnjohtokustannuksiksi arvioitiin

10 % muiden kustannusten kokonaissummasta. Lannoituskustannukset olivat kokonaisuudessaan seuraavat:

lannoite	260 kg á 0,70 mk	182 mk/ha	46 %
kuljetus	260 kg á 0,10 mk	26 "	7 %
levitys	1 miestyöpäiv á 152 mk	152 "	38 %
suunn. ym. 10 % ed. summasta		36 "	9 %
Lannoituskustannukset yhteensä		396 mk/ha	100 %

Valtio myöntää yksityiselle metsänomistajalle rahoitustukea sekä lainan että avustuksen muodossa. Niiden määrät vaihtelevat alueittain. Suunnitelman teko ja työnjohto ovat aina ilmaisia. Kannattavuuslaskelmia varten oletettiin Etelä-Suomen kuuluvan kokonaisuudessaan I ja II rahoitusvyöhykkeisiin (joille rahoitusehdot ovat samat) ja Pohjois-Suomen III ja IV vyöhykkeisiin. Kasvatuslannoituksiin, joista tässä tutkimuksessa on kysymys, saadaan seuraavat rahoitusehdot (S a l o n e n ym. 1978):

Rahoitusvyöhyke	Laina				Avustus enint.	
	Lainaa kustannuksista, %	Korottomat vapaavuodet	Lainan korko, %	Vuot.tak.-maksu, %	Lainan lisäksi %	Ilman lainaa %
I ja II	(100)	1	5	18	0	15
III	(100)	1	5	18	20	35
IV	(100)	1	5	18	30	45

Metsänomistaja voi valita kahdesta vaihtoehdosta, hän voi anoa lainaa, joka sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa kattaa kaikki

lannoituskustannukset. Pohjois-Suomessa on pelkän lainan lisäksi mahdollisuus saada myös avustusta, joka kohoaa enintään 20

<sup>1)</sup> MH Heikki I i s a l o, Metsähallitus

<sup>2)</sup> MH Tage L a m p e n, Metsähallitus

tai 30 prosenttiin lannoituskustannuksista. Lainan korko on viisi prosenttia. Takaisinmaksu tapahtuu kahdeksan vuoden kuluessa, joista ensimmäinen on vapaavuosi. Vuotuisherä on 18 prosenttia kustannusten kokonaissummasta. Vaihtoehtona on, että metsänomistaja anoo pelkästään avustusta, jolloin valtio maksaa kustannuksista Etelä-Suomessa enintään 15 ja Pohjois-Suomessa 35 tai 45 prosenttia ja metsänomistaja loput.

Jos metsänomistaja anoo *sekä lainaa että avustusta* ja saa avustusta korkeimman mahdollisen määrän, on hänen maksettavakseen tuleva viiden prosentin koron sisältävän vuotuisherän nimellisarvo Etelä-Suomessa 65 (alueet I ja II), Pohjois-Suomen eteläosassa (alue III) 52 ja pohjoisosassa (alue IV) 45 mk/ha/v. Esitetyt nimelliskustannukset oli muutettava reaalisiksi, koska tuottoja määriteltäessä oli käytetty reaalisia kanto hintoja. Muuntamista varten valittiin inflaatioprosentiksi seitsemän, joka vastaa tukkuhintaindeksin kokonaisindeksin keskimääräistä vuotuista nousua v. 1959—1977. Metsänomistajan korkovaatimuksen suuruudesta riippuu, kuinka suuriksi diskontatut lannoituskustannukset muodostuvat. Tässä tutkimuksessa käytetään viiden prosentin laskentakorkoa (vrt. I l v e s s a l o 1938, S a a r i 1940).

Eri aikoina maksuuntuleviksi, diskonttaamattomiksi ja diskontatuiksi reaalisiksi lannoituskustannuksiksi saadaan edellä mainitussa tapauksessa yhteensä:

	diskonttaamaton	diskontattu (5 %)
rahoitusvyöhykkeissä I ja II	327 mk/ha	261 mk/ha
rahoitusvyöhykkeessä III	263 mk/ha	208 mk/ha
rahoitusvyöhykkeessä IV	227 mk/ha	182 mk/ha

Jos metsänomistaja anoo *pelkästään avustusta* ja saa sitä korkeimman mahdollisen määrän, tulisi lannoitushetkellä maksettaviksi lannoituskustannuksiksi:

rahoitusvyöhykkeissä I ja II	306 mk/ha
rahoitusvyöhykkeessä III	234 mk/ha
rahoitusvyöhykkeessä IV	198 mk/ha

Esitetyistä lukusarjoista voidaan päätellä, että inflaation pysytellessä arvioidulla seitsemän prosentin tasolla viiden prosentin reaalkorkoa soveltavan metsänomistajan kannattaa anoa lainaa avustuksen sijasta. Jos metsänomistaja ei vaatisi rahoilleen reaalkorkoa, olisi avustus lainaa edullis-

sempi vaihtoehto. Reaalisen korkovaatimuksen asettuessa kahteen prosenttiin olisivat laina- ja avustusvaihtoehdot likimain yhtä edullisia rahoitusmuotoja. Vastaavasti, kun inflaatioprosentti on alle neljä, tulisi viidenkin prosentin reaalkorkovaatimusta soveltavalle metsänomistajalle avustus lainaa edullisemmaksi vaihtoehdoksi. Missään mainituissa tapauksissa ei ole otettu huomioon sitä, että lainan korot ovat verotuksessa vähennyskelpoisia. Tämä pienentää lopullisesti metsänomistajan rasitukseksi jäävän nimelliskoron määrää. Marginaaliveroprosentin ollessa esimerkiksi 45 ja laskentakoron 5 prosenttia vähennysoikeudesta aiheutuvan hyödyn nykyarvo olisi Etelä-Suomessa 36 (alueet I ja II), Pohjois-Suomessa 29 (alue III) tai 25 mk/ha (alue IV).

Osa metsänomistajista teettää lannoitteiden levityksen palkkatyönä. He hakevat valtiolta yleensä sekä metsänparannuslainaa että -avustusta. Sen sijaan ne metsänomistajat, jotka levittävät lannoitteen itse, minimoivat kassastamaksuja ja anovat yleensä pelkkää avustusta. Heidän maksettavakseen jäisi tämän mukaan osa lannoiteja kuljetuskustannuksista:

rahoitusvyöhykkeissä I ja II	154 mk/ha
rahoitusvyöhykkeessä III	82 mk/ha
rahoitusvyöhykkeessä IV	46 mk/ha

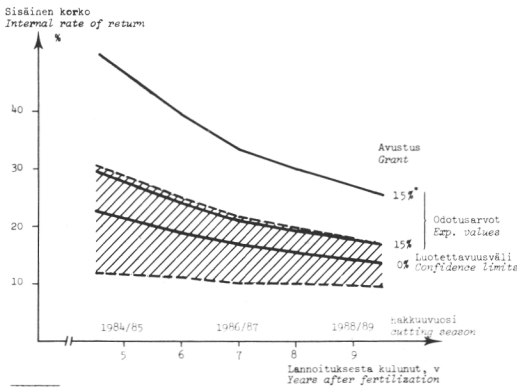
Lannoituskustannukset voivat luonnollisesti vaihdella kohteen mukaan ja vuodesta toiseen. Kahdentoista viimeisen vuoden aikana urean reaalihinta on alentunut lähes 30 % (Metsätiedote... 1979). Lannoituskustannusten merkittävin yksittäinen erä on lannoitteen hinta. Jos aiempi lannoitteen hintakehitys esimerkiksi valtion tuen turvin jatkuu, muiden kustannuslajien reaalinakin arvo saa hieman kohota ilman, että lannoituksen reaaliset kokonaiskustannukset lähivuosina nousisivat.

Tässä tutkimuksessa päädyttiin yllä esitettyihin kustannuslukuihin. Niistä havaitaan, että lannoituskustannukset vaihtelevat riippuen siitä, kenen kannalta asiaa tarkastellaan. Valtion ja metsää lannoittavien yhtiöiden lannoituskustannuksiksi saatiin sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa 396 mk/ha. Metsänparannusrahoituksesta osalliseksi tulevan yksityismetsänomistajan kustannuksiksi saattoi Etelä-Suomessa tulla rahoitusmuodosta riippuen 154—306 ja Pohjois-Suomessa 46—234 mk/ha.

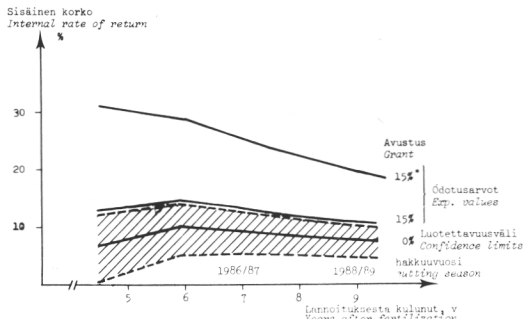
## 6. LANNOITUKSEN KANNATTAVUUS

### 61. Sisäinen korko

Seuraavassa tarkastellaan lannoitusinvestoinnin sisäistä korkoa, kun metsänomistaja suorittaa lannoituksen joko kokonaan omalla kustannuksellaan tai saa valtiolta metsänparannustukea. Tukea saataessa tarkastellaan lähinnä tapausta, jossa valtio myöntää enimmäisavustuksen, mutta ei lainaa. Reaalisen sisäisen koron vaihtelu hakkuuvuodesta 1984/85 hakkuuvuoteen 1988/89 eli 5–9 vuotta lannoituksen jälkeen



\*Metsänomistaja ei laske oma levitystyötään kustannukseksi  
Forest owner does not consider his own fertilizer spreading as a cost  
Kuva a. Männikkö  
Fig. a. Pine stand



\*Metsänomistaja ei laske oma levitystyötään kustannukseksi  
Forest owner does not consider his own fertilizer spreading as a cost

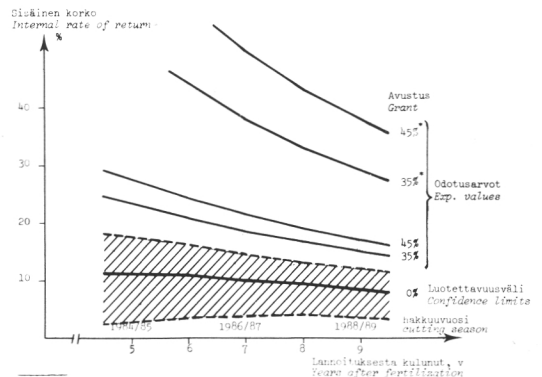
Kuva b. Kuusikko  
Fig. b. Spruce stand

Kuva 14. Lannoitusinvestoinnin sisäisen koron kehitys valtion myöntämien eri avustusvaihtoehtoin Etelä-Suomessa.

Figure 14. The internal rate of return from fertilization with different state subsidy alternatives in South Finland.

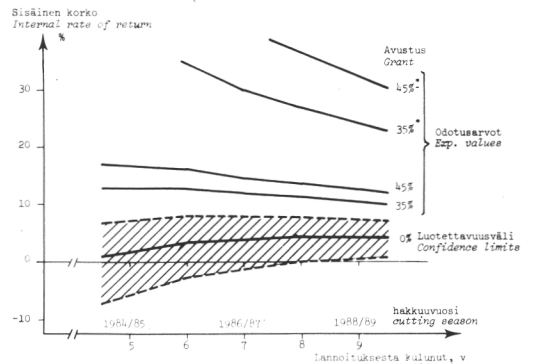
mainituilla rahoitusvaihtoehtoilla on esitetty kuvissa 14 ja 15.

Kuvista käy selville, että männikön lannoittaminen on ilman valtion myöntämää rahoitustukeakin melko kannattava toimenpide. Kun päätehakkuu suoritetaan hakkuuvuonna 1984/85 saadaan viisi vuotta aiemmin lannoitetussa männikössä sisäisen koron odotusarvoksi Etelä-Suomessa 21,4 % ja Pohjois-Suomessa 11,0 %. Tämän jälkeen sisäinen korko laskee, sillä kasvuunlisäys ei enää riitä kattamaan aikatekijän tuottojen



\*Metsänomistaja ei laske oma levitystyötään kustannukseksi  
Forest owner does not consider his fertilizer spreading as a cost

Kuva a. Männikkö  
Fig. a. Pine stand



\*Metsänomistaja ei laske oma levitystyötään kustannukseksi  
Forest owner does not consider his fertilizer spreading as a cost

Kuva b. Kuusikko  
Fig. b. Spruce stand

Kuva 15. Lannoitusinvestoinnin sisäisen koron kehitys valtion myöntämien eri avustusvaihtoehtoin Pohjois-Suomessa.

Figure 15. The internal rate of return from fertilization with different state subsidy alternatives in North Finland.



nykyarvoa pienentävää vaikutusta. Toisin sanoen sisäisellä korkokannalla ilmaistu männiköiden edullisin päätehakkuaajankohta on käytetyn aineiston mukaan korkeintaan viisi vuotta lannoituksen jälkeen, kun lannoitukseen ei käytetä valtion metsänparannusrahoitusta.

Vastaavasti kuusikoiden edullisin päätehakkuaajankohta on Etelä-Suomessa kuusi ja Pohjois-Suomessa yhdeksän vuotta lannoituksen jälkeen, jolloin sisäisen koron odotusarvo on kuvien 14 ja 15 mukaan suurimmillaan eli 10,0 ja 4,3 %. Saadut edullisimmat hakkuuajankohdat sopivat kuusikoiden osalta melko hyvin yhteen myös metsänparannusvaroilla lannoitettavien metsiköiden hakkuuajankohtaa koskevien rajoitusten kanssa. Tällöinhän edellytetään, että metsää hakataan aikaisintaan 8 vuoden kulluttua lannoituksesta. Männikön kuusikkoa aikaisempi optimihakkuaajankohta johtuu sisäisen koron tasoerosta sekä siitä, että männikössä lannoituksen antama kasvunlisäys painottuu voimakkaammin oletetun 9-vuotisen vaikutusajan alku- ja keskivaiheille kuin kuusikoissa.

Kuvissa 14 ja 15 on ilman lainaa ja avustusta toteutettavan lannoitusinvestoinnin sisäisen koron odotusarvon kuvaajan ylä- ja alapuolelle varjostettu alue, jonka puitteissa sisäisen koron odotetaan pysyvän 67 %:n todennäköisyydellä. Jakaumat kapeenevat eli niiden hajonta pienenee aikatekijän vaikutuksesta hakkuuajankohdan eli tuottojen siirtyessä myöhäisemmiksi. Sisäisen koron odotusarvo on lähempänä ylä- kuin alarajaa. Tämä johtuu siitä, että vaikka tuottojen todennäköisyysjakaumat ovatkin normaalisia, muuttuvat kannattavuuden jakaumat koron ja aikatekijän vaikutuksesta oikealle vinoiksi jakaumiksi. Etelä-Suomen männiköissä reaalin sisäinen korko on lähes 90 %:n todennäköisyydellä yli 10 % ja kuusikoissa yli 5 %, kun päätehakkua ajoitetaan sisäisen koron kannalta optimaalisesti. Pohjois-Suomen männiköissä on sisäinen korko 90 %:n ja kuusikoissa 60 %:n todennäköisyydellä positiivinen. Ilman lainaa ja avustusta reaalin sisäinen korko asettuu tällöin kahdessa tapauksessa kolmesta seuraaviin rajoihin:

	männikkö	kuusikko
Etelä-Suomi	12—29 %	5—14 %
Pohjois-Suomi	3—17 %	0—8 %

Kuvissa 14 ja 15 on esitetty sisäisen koron odotusarvon kehittyminen 5—9 vuotta lannoituksen jälkeen myös silloin, kun lannoitusmenojen kattamiseen saadaan metsänparannuslain mukaista avustusta. Metsänparannusrahoituksen myöntämiseen liittyy ehto, jonka mukaan lannoituksesta tulee kuluu vähintään kahdeksan vuotta, ennenkuin seuraavaan hakkuuseen voidaan ryhtyä. Yksityisen metsänomistajan kannalta ovat siten tässä aineistossa relevantteja vain vuosien 8 ja 9 kohdalta mitatut sisäiset korot. Tällöin on männikön lannoituksella mahdollista saada Etelä-Suomessa keskimäärin 20 %:n ja kuusikonkin lannoituksella n. 12 %:n sisäinen korko. Mitä suurempi on avustus, sitä varhemmaksi muuttuisi edullisin päätehakkuaajankohta, jos metsänparannuslainsäädäntö ei asettaisi hakkuulle rajoituksia. Suurimman mahdollisen avustuksen saatuaan ei metsänomistajan olisi sisäisen korkokannan kriteeriä käyttäen yksityistaloudelliselta kannalta edullista kasvattaa männikköä sen paremmin kuin kuusikkoakaan kuin korkeintaan noin viisi vuotta lannoituksen jälkeen. Kun lannoituksesta on kulunut kahdeksan vuotta, metsänparannusavustusta saaneissa Etelä-Suomen männiköissä sisäinen korko on 90 %:n todennäköisyydellä yli 12 % ja kuusikoissa yli 7 %. Pohjois-Suomessa vastaavat rajat ovat rahoitusvyöhykkeestä riippuen männiköissä 9 tai 12 % ja kuusikoissa 5 tai 7 %. Päätehakkua tapahtuessa kahdeksan vuotta lannoituksen jälkeen, voidaan odottaa reaalin sisäisen koron vaihtelevan 67 %:n todennäköisyydellä seuraavissa rajoissa:

	männikkö	kuusikko
Etelä-Suomi, I ja II	14—24 %	8—15 %
Pohjois-Suomi, III	11—21 %	7—15 %
Pohjois-Suomi, IV	13—24 %	9—18 %

Valtion metsänparannusrahoituksen perimmäisenä tarkoituksena on ollut paitsi lannoitusten yksityistaloudellisen kannattavuuden parantaminen myös kannattavuuden tasoittaminen maan eri osien välillä. Edellisen asetelman lukuja tarkasteltaessa tullaan siihen johtopäätökseen, että näissä pyrkimyksissä on avustusten osalta myös onnistuttu. Kannattavuus tasoittuu myös silloin, kun metsänomistaja ottaa metsänparannuslainaa (ja avustusta). Tällöin sisäiset korot asettuvat kauttaaltaan hieman — 1—2 pro-

senttiyksikköä — asetelman sisäisiä korkoja korkeammiksi. Edelleen, jos metsänomistaja saa täysimääräisen metsänparannusavustuksen eikä ota itse suorittamansa levityksen kustannuksia huomioon, kasvaa sisäinen korko. Samalla siirtyisi yksityistaloudelliselta kannalta edullisiin hakkuuajankohtia yhä lähemmäs lannoitushetkeä. Suoritettaessa päätehakkuu kahdeksan vuoden kuluttua lannoituksesta sisäinen korko vaihtelee seuraavasti:

	männikkö	kuusikko
Etelä-Suomi, I ja II	24—35 %	18—25 %
Pohjois-Suomi, III	27—38 %	21—31 %
Pohjois-Suomi, IV	36—48 %	31—41 %

Sisäisen koron kannattavuuskriteeriä soveltaen ehdotettuihin optimaalisiin lannoitusinvestoinnin pituuksiin on suhtauduttava tietyin varauksin. Jotta jaksojen tuottamia sisäisiä korkoja voitaisiin verrata keskenään, olisi lyhimpien jaksojen lopulla saataville tuotoille kyettävä osoittamaan pisimmän vertailujakson loppuun asti uusi sijoituskohde, joka tuottaa saman sisäisen koron kuin lannoitus. Tällaisen kohteen löytäminen voi olla hankalaa erityisesti silloin, kun lannoituksesta lyhyen jakson kuluessa saatu korko on suuri. Nykyarvomenetelmässä laskentakorko on vaihtoehtojen vertailussa vakio, eikä tällaista ongelmaa synny.

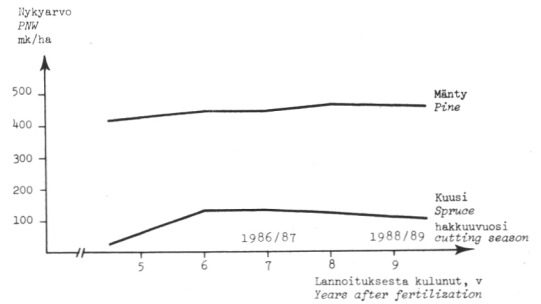
Tässä luvussa mainitut sisäiset korot perustuvat siihen oletukseen, että haasteltujen metsänomistajien suhdannevaihe-odotukset toteutuvat. Optimistisesti he oletivat kantohintojen asettuvan keskimäärin hieman keskisuhdannetta vastaavien ennusteiden osoittamien hintojen yläpuolelle. Jos raakapuumarkkinoilla sattuisikin kahdeksanvuotisen lannoitusinvestoinnin päättyessä vallitsemaan matalasuhdanne, sisäisten korkojen odotusarvot alenisivat. Jos tällöin kasvunlisäykset olisivat odotusarvojen mukaiset, asettuisivat sisäiset korot likimain asetelmissa esitettyjen sisäisten korkojen vaihteluvälien alarajalle. Jos vastaavasti raakapuumarkkinoilla olisikin korkeasuhdanne, sisäiset korot asettuisivat noin viisi prosenttiyksikköä alle sisäisten korkojen vaihteluvälän ylärajan.

On mahdollista, että vaikeissa olosuhteissa, kaukana teistä toteutettavien hankkeiden lannoituskustannukset muodostuisivat suuremmiksi kuin tässä tutkimuksessa on oletettu. Ilman metsänparannustukea hehtaari-

kustannusten nousu noin 100 mk:lla 500 mk:aan aiheuttaisi saman kuin kantohintojen matalasuhdanne: sisäinen korko asettuisi ilmaistun sisäisen koron vaihteluvälän alarajalle. Vastaavasti lannoituksen hehtaarikustannusten aleneminen noin 150 mk:lla 250 mk:aan aiheuttaisi sisäisen koron asettumisen vaihteluvälän ylärajoille.

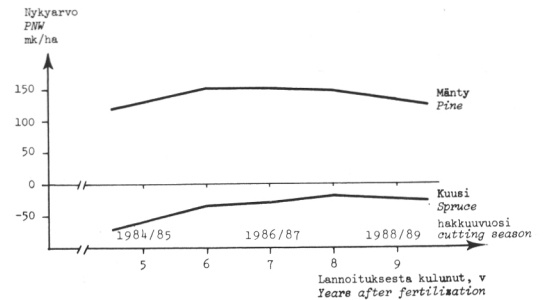
## 62. Nykyarvo

Seuraavassa tarkastellaan lannoitusinvestoinnin nykyarvoa, kun metsänomistaja toteuttaa lannoituksen täysin omalla kustannuksellaan tai saa metsänparannustukea lainana tai avustuksena. Nykyarvojen laskemisessa diskontaamiseen käytettävä korkokanta ei yleisessä tapauksessa ole kiistattomasti määritettävissä, vaan se voidaan valita päätöksentekijän tavoitteistakin riippuen monella eri tavalla (vrt. H ä m ä l ä i-



Kuva 16. Ilman valtion avustusta rahoitetun lannoitusinvestoinnin nykyarvon kehitys Etelä-Suomessa. Korko 5 %.

Figure 16. The present net value of the fertilization investment without state subsidies in South Finland. Rate of interest, 5 percent.



Kuva 17. Ilman valtion lainaa ja avustusta rahoitetun lannoitusinvestoinnin nykyarvon kehitys Pohjois-Suomessa. Korko 5 %.

Figure 17. The present net value of the fertilization investment without state loans or subsidies in North Finland. Rate of interest, 5 percent.

nen 1973). Tässä tapauksessa korkokannaksi valitaan edellisessä luvussa mainittu 5 % (vrt. Ilvessalo 1938, Saari 1940).

*Kuvissa 16 ja 17 on esitetty ilman lainaa ja avustusta* rahoitetun lannoitusinvestoinnin hehtaaria kohti lasketun nykyarvon odotusarvon kehittyminen 5—9 vuoden aikana lannoituksen jälkeen. Etelä-Suomen männiköissä nykyarvon odotusarvon maksimi, noin 460 mk/ha, saavutetaan viiden prosentin reaalkorkokantaa käytettäessä 8—9 vuoden kuluttua lannoituksesta. Etelä-Suomen kuusikoiden ja Pohjois-Suomen männiköiden nykyarvojen maksimit ovat likimain samansuuruiset eli 130 mk/ha ja 150 mk/ha. Kumpikin maksimiarvo saavutetaan seitsemän vuotta lannoituksen jälkeen. Pohjoisen kuusikoissa pysyy urealannoituksen nykyarvo koko tarkastelujakson hieman negatiivisena ollen suurimmillaan n. -20 mk/ha kahdeksan vuoden kuluttua lannoituksesta. Rahoitettaessa lannoitus kokonaisuudessaan metsänparannusvaroin on syytä muistaa, että metsän hakkaaminen on luvallista aikaisintaan kahdeksan vuoden kuluttua lannoituksesta. Kun edellä esitetyn lisäksi otetaan huomioon, ettei nykyarvon vaihteluvälin suuruus tarkastelujaksona juuri muutu, voidaan todeta, ettei tällainen lainsäädännössä esiintyvä hakkuun rajoittaminen kyseistä korkovaatimusta sovellettaessa johda ristiriitaan vaikka pyrittäisiin nykyarvon maksimointiin. Suoritettaessa päätehakkuu kahdeksan vuotta lannoituksen jälkeen voidaan nykyarvon ilman metsänparannustukea odottaa kahdessa tapauksessa kolmesta pysyvän seuraavissa rajoissa:

	Männikko	Kuusikko
Etelä-Suomi	190—730 mk/ha	-3—240 mk/ha
Pohjois-Suomi	-30—330 mk/ha	-130—90 mk/ha

Jos tässä tutkimuksessa käytetyt raaka-puun suhdannevaiheodotukset eivät toteu-

tuisi, vaan kahdeksan vuotta kestävä lannoitusinvestoinnin päättyessä oltaisiinkin matalasuhdanteessa, keskimääräisen kasvunlisäyksen vallitessa saadut nykyarvot asettuisivat likimain asetelmassa mainittujen nykyarvojen vaihteluvälin alarajalle. Jos vastaavasti raakapuumarkkinoilla olisi korkeasuhdanne, nykyarvot asettuisivat vaihteluvälin keskivaiheille. Lannoituksen hehtaarikustannusten nousu tai lasku tässä tutkimuksessa käytetystä noin 400 mk:n tasosta esim. 100 mk:lla vastaavasti nostaa tai laskee nykyarvoa samalla määrällä, siis tässä 100 mk/ha.

Edellä sanottu koskee sellaisia lannoitus-hankkeita, jotka toteutetaan kokonaan ilman valtion rahoitustukea. Yksityismetsissä ovat nykyarvot *lainan* (ja avustuksen) kanssa Etelä-Suomessa 135 mk/ha ja Pohjois-Suomessa rahoitusvyöhykkeestä riippuen joko 188 tai 124 mk/ha suuremmat kuin kuvissa 16 ja 17 sekä asetelmassa on esitetty. Kun metsänparannuslainan korot otetaan verotuksessa vähennyksinä huomioon ja metsänomistajan marginaaliveroprosenttina sovelletaan 45 %, kasvavat nykyarvot Etelä-Suomen osalta 36 mk/ha ja Pohjois-Suomen osalta rahoitusvyöhykkeessä III 29 mk/ha ja rahoitusvyöhykkeessä IV 25 mk/ha. Pelkän metsänparannusavustuksen turvin toteutetun urealannoituksen nykyarvot olisivat vastaavasti 90, 162 tai 198 mk/ha suuremmat kuin on esitetty. Tässä esitetyllä tavalla kannattavuutta (nykyarvona) laskettaessa metsänparannusrahoituksella ei ole onnistuttu tasoittamaan lannoituksen kannattavuutta maan eri osissa yhtä hyvin kuin kannattavuutta sisäisellä korolla mitattaessa. Nykyarvon kannalta edullisimpiin hakkuuajankohtiin ei laina eikä avustus tai mahdollinen kustannusten muutos sen sijaan vaikuta, vaan ne riippuvat pelkästään tuotoista.

## 7. TULOSTEN TARKASTELUA

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että päätehakkuikäisten männiköiden ja kuusikoiden urealannoitus on *ilman metsänparanustukeakin* melko kannattava toimenpide. Investoinnille saadaan neljässä tapauksessa viidestä heikoimmissakin kohteissa positiivinen reaalin sisäinen korko. Yli puolella tämän tutkimuksen koaloista saatiin sisäiseksi koroksi vähintään 10 % ja 5 % korkovaatimuksen mukaan lasketuksi nykyarvoksi vähintään 100 mk/ha.

Mitä parempi on lannoituksen sisäisenä korkona mitattu kannattavuus tai mitä suurempi nykyarvoja laskettaessa käytetty metsänomistajan korkovaatimus, sitä varhemmaksi tulee lannoitusta seuraavan päätehakkuun edullisin ajankohta. Jos käytettävä laskentakorkokanta on 5—8 %:n tasolla, on melko samantekevää, milloin (5—9 vuotta lannoituksen jälkeen) hakkuu toteutetaan. Kun tuo korkovaatimus on alle 5 %, on edullisinta suorittaa hakkuu vasta lannoituksen vaikutuksen kokonaan päätyttyä.

Kannattavuustunnusten odotusarvojen perusteella voidaan päätellä, että männikkö on kuusikko edullisempi lannoituskohde. Tämä johtuu sekä männyn kuusta suuremasta kasvunlisäyksestä että kantohinnasta. Päätehakkuikäisissä metsissä valtaosa (tässä tutkimuksessa yli 60 %) tuotetusta kasvunlisäyksestä on sahapuuta. Ennusteet osoittivat mäntysahapuun kantohinnan tulevaisuudessaakin kuusisahapuun hintaa korkeammaksi. Kuusikon kasvunlisäyksen tulisi olla Etelä-Suomessa keskimäärin 5 ja Pohjois-Suomessa 20 prosenttia männikön kasvunlisäystä suurempi, jotta niiden lannoittaminen tulisi yhtä kannattavaksi. Tässä tutkimuksessa lannoituksen ja mittauksen välinen aika oli 5 vuotta. Käytetty kasvunlisäyksen ekstrapolointi lannoitusreaktion oletettuun päätöshetkeen saattaa olla epätarkka. Mahdollisesti kertalannoituksella saatava männikön kasvunlisäys tulee yliarvioiduksi ja kuusikon kasvunlisäys aliarvioiduksi. Epätarkkuus tuskin kuitenkaan kohoaa niin suureksi kuin kuusikon lannoituksen kannattavuuden kipuminen män-

nikön lannoituksen kannattavuuden tasolle edellyttäisi. Siihen tarvittaisiin kuusikossa keskimäärin 40—50 prosenttia tässä selvityksessä laskettuja arvoja korkeammat kasvunlisäykset.

Vaikka kuusikoiden lannoitus näyttää yleisesti ottaen olevan männiköiden lannoitusta epäedullisempää, puulajien kannattavuusjakauksissa on toki paljon päällekkäisyyttä. Tästä johtuen yksittäisen kuusikon lannoitus saattaa poikkeustapauksissa olla männikön lannoitusta kannattavampikin toimenpide. Etelä-Suomen kuusikoiden sisäisenä koron ja nykyarvojen jakaumista noin neljännes ja Pohjois-Suomessa noin puolet asettui samalle alueelle kuin vastaavat männiköiden jakaumat. Koska männiköiden kannattavuuden hajonta oli suurehko, männiköiden jakaumista oli suhteellisesti vähemmän kuusikoiden kanssa yhteistä aluetta: 10 ja 40 prosenttia. Koska kannattavuuden satunnaisvaihtelu (hajonta) on kuusikossa pienempi kuin männikössä, on kuusikon lannoittamiseen liittyvä riski männikön lannoittamiseen liittyvää riskiä pienempi. Tekeillä oleva tutkimus metsänomistajien riskikäyttäytymisestä osoittaa kuitenkin, ettei ero muuttane edullisuusjärjestystä riskin suhteen edes kaikkein varovaisimpien metsänomistajien keskuudessa kuusen hyväksi.

Alueittainen vertailu osoittaa, että pohjoiseen mentäessä urealannoituksen kannattavuuden odotusarvo pienenee (vrt. K e l t i k a n g a s ja S e p p ä l ä 1973a, 1973b; K e i p i 1979). Etelä- ja Pohjois-Suomessa kannattavuuden hajonta oli samaa suuruusluokkaa. Etelä- ja Pohjois-Suomea koskevien urealannoitusten kannattavuusjakauksien yhteinen peittävyys oli noin kolmannes kumpaakin aluetta erikseen koskevien kannattavuusjakauksien pinta-alasta. Siten Pohjois-Suomessa sijaitsevan metsikön lannoitus saattaa tulla joissakin yksittäistapauksissa Etelä-Suomen metsikön lannoitusta edullisemmaksi. Sekä kannattavuuden pelkkiä odotusarvoja että odotusarvoja ja hajontoja vertaamalla voidaan tehdä seuraava yleistettävissä oleva päätelmä: Etelä-

Suomessa lannoitus on kannattavampaa kuin Pohjois-Suomessa.

Valtiovalta voi *metsänparannusrahoituksen* avulla parantaa lannoituksen yksityistaloudellista kannattavuutta ja muuttaa kohteiden keskimääräistä edullisuutta yksityisen metsänomistajan kannalta. Tulokset osoittavat, että jos investointijakson vuotuisen inflaation ja reaalisen sisäisen koron summa ylittää 9 %, metsänomistajan kannattaa pyrkiä saamaan lainaa pelkän avustuksen sijasta.

Metsänparannusrahoitus parantaa sisäisellä korolla tai nykyarvolla mitatun kannattavuuden odotusarvoa, mutta ei vaikuta hajontaan investointijakson ollessa vakio. Kun lannoituskustannuksille saatu avustus lisääntyy kymmenen prosenttiyksikköä, nousee sisäinen korko keskimäärin kaksi prosenttiyksikköä ja nykyarvo avustuksen määrällä.

Metsänparannustukea saaneissa kohteissa lannoitusta seuraavan päätehakkuun ajankohdan valintaa rajoittaa säädös, jonka mukaan hakkuun saa toteuttaa aikaisintaan kahdeksan vuoden kuluttua lannoituksesta. Mitattaessa kannattavuutta nykyarvolla metsänparannustuen määrä ei vaikuttaisi päätehakkuujankohdan valintaan, vaikka valinnanvapaus olisikin annettu. Hakkuun ajoittamiseen vaikuttaisi lähinnä metsänomistajan korkovaatimus: päätehakkuu tulisi voida toteuttaa varhemmin kuin vasta kahdeksan vuotta lannoituksen jälkeen yleensä silloin, kun korkokanta on suurempi kuin 8 %. Kun kannattavuuden mittarina sen sijaan on sisäinen korko, edullisin hakkuujankohta asetuisi sitä aikaisemmaksi mitä enemmän tukea saadaan.

Jos lannoituksesta odotettavissa oleva hyöty on todella suuri (sisäinen korko ilman tukea on yli 20 %), metsänomistajan on edullista jopa luopua valtion avustuksista ja lainoista. Hän hyötyy enemmän hakatessaan metsikön, esimerkiksi viiden vuoden kuluttua lannoituksesta, kuin turvautuessaan valtion rahoitukseen ja tyytyessään hakkaamaan vasta kahdeksan vuoden kuluttua. Näin korkean urealannoituksen kannattavuustason päätehakkuikäisiä kuusikoita ei tämän tutkimuksen aineistossa kuitenkaan juuri esiintynyt. Pohjois-Suomen vastaavista männiköistäkin vain runsas kymmenesosa ja Etelä-Suomen männiköistä puolet tuottaisi lannoitusinvestoinnille yli

20 %:n sisäisen koron. Metsänomistajan on siten useimmissa tapauksissa syytä turvautua metsänparannustukeen ja toteuttaa hakkuut aikaisintaan kahdeksan vuoden kuluttua lannoituksesta.

Männikön ja kuusikon lannoituksen edullisuussuhteisiin metsänparannusrahoitus ei nyky muodossaan vaikuta. Kuusikon ja männikön lannoituksen kannattavuus saadaan samalle tasolle, jos kuusikon lannoittajalle annetaan avustusta lannoituskustannuksiin 20—30 %, kun männikön lannoittaja samanaikaisesti jää ilman avustusta.

Metsänparannusten avulla valtiovalta pyrkii poistamaan maan eri osien välistä lannoituksen kannattavuuden vaihtelua. Tämän tutkimuksen mukaan pelkkä avustus tasoi- ttaa alueellista kannattavuutta paremmin kuin lainan ja avustuksen yhdistelmä. Niiden Etelä- ja Pohjois-Suomen metsänomistajien suhteen, jotka soveltavat sisäistä korkoa kannattavuuden mittana, tässä on onnistuttu: reaalinen sisäinen korko on kummankin alueen männiköissä keskimäärin noin 20 % ja kuusikoissakin noin 12 %. Kun kannattavuuskriteerinä sen sijaan on tavanomaisin (alle 10 %:n) korkokannoin mitaten laskettu nykyarvo, Pohjois-Suomessa tapahtuvan lannoituksen kannattavuus ei kohoa Etelä-Suomessa toteutettavan lannoituksen kannattavuuden tasolle. Pohjoissuomalaiselle männikön lannoittajalle tulisi 5 %:n laskentakorkoa käytettäessä maksaa lisäavustuksena keskimäärin 250 mk/ha, jotta hänelle tuleva nykyarvo olisi samaa suuruusluokkaa kuin eteläsuomalaisen männikön lannoittajan saama nykyarvo. Pohjoissuomalaiselle kuusikon lannoittajalle maksettava vastaava lisäavustus olisi alle 100 mk/ha.

Tässä tutkimuksessa on selvitetty lannoituksen kannattavuuden todennäköisyyttä kasvunlisäysten ja kantohintojen todennäköisyyksien perusteella. Tällainen epävarmuusanalyysi on huomattavasti työläämpää toteuttaa kuin *karkeat laskelmat*, joissa selvitetään kannattavuutta pelkästään keskimääräisten kasvunlisäysten ja keskimääräisten kantohintojen kehityksen pohjalta. Tämän tutkimuksen antamien sisäisten korkojen odotusarvot poikkesivat vain 2—5 prosenttiyksikköä vastaavista karkeilla laskelmilla saaduista arvoista, joten karkeatkin laskelmat antavat suhteellisen tarkan arvion päätehakkuikäisten metsiköiden



## 8. KIRJALLISUUS

- BERGMAN, F. & ERIKSSON, S-E. 1971. Gödsling hos Modo: Revisionsresultatet från äldre försök. Skogen 1971 (16): 372—374.
- BJÖRNSRUD, B. 1976. Retsningslinjer för gödsling av äldre gran- og furuskog på fastmark. Norsk Skogsbruk 1976 (4): 1—20.
- BRANTSEG, A. 1977. Gjödsling av fastmark. Norsk Skogsbruk 1977 (2): 4—9.
- ERKÉN, T. & FAHLROTH, S. 1967. Gödslingsförsök på fastmark. Skogen 1967 (24): 626—628.
- FAHLROTH, S. 1969. Diameterökningen i gödslande bestånd — dess storlek och fördelning på diameterklasser. Föreningen skogsträdsförädling — Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1968: 78—90. Uppsala.
- 1971. Gran på god bonitet — Analys av ett gödslingsförsök. Föreningen skogsträdsförädling — Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1970: 76—86. Uppsala.
- FRIBERG, R. 1973. Jämförelser mellan träds volum-, grundtyte- och höjdtillväxt efter gödsling. Föreningen skogsträdsförädling — Institutet för skogsförbättring. Årsbok 1973: 76—123. Uppsala.
- GORDON, G. 1969. System simulation. 303 s. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall.
- GUSTAVSEN, H. & LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. Folia For. 246: 1—20.
- HEISKANEN, V. & ASIKAINEN, K. 1969. Havusahtakien järeyden mukaiset arvosuhteet ja hinnoitteluperusteet. Summary: The value relationships and pricing principles of coniferous sawlogs on the basis of their diameter. Commun. Inst. For. Fenn. 69 (3): 1—122.
- HÄMÄLÄINEN, J. 1973. Profitability comparisons in timber growing: underlying models and empirical applications. Commun., Inst. For. Fenn. 90 (3): 1—178.
- 1979. Metsänlannoitus eri tutkimusalojen yhteistyönä. Summary: Forest fertilization research as a multidisciplinary co-operation. Folia For. 400:5—19.
- ILVESSALO, Y. 1938. Metsämaitten jyvityksen perusteet. Maanmittaus.
- JONSSON, S. 1976. Kontroll av effekten vid praktisk gödsling. Institutet för skogsförbättring: gödsling-information 1976/77 (4): 1—5.
- KARSISTO, K. 1976. Metsänlannoitus III. Kangasmetsien lannoitus. Metsä ja Puu 1976 (8): 30—35.
- KEIPI, K. 1971. Lannoitus ja puun laatu. Suomen puutalou 1971 (4): 132—134.
- 1972. Lannoituskustannukset ja tuottojen käsittely metsänlannoituksen kannattavuuslaskelmissa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa. Summary: The concept of forest fertilization returns in Norway, Sweden and Finland. Folia For. 152: 1—38.
- 1979. Metsänlannoituksen kannattavuus. Summary: Profitability of forest fertilization. Folia For. 400: 58—70.
- & KEKKONEN, O. 1970. Calculations concerning the profitability of forest fertilization. Seloste: Laskelmia metsän lannoituksen edullisuudesta. Folia For. 84: 1—23.
- KELLOMÄKI, S. 1979. Lannoituksen vaikutus puun laatuun. Summary: Effect of forest fertilization on wood quality. Folia For. 400: 53—57.
- KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1968. Arvioita turvemaiden lannoituksen taloudellisesta edullisuudesta. Summary: Estimates on the profitability of fertilizing drained peatlands. Suo 1968 (1): 1—11.
- & SEPPÄLÄ, K. 1973a. Metsäojituksen, metsänlannoituksen ja metsityksen edullisuuden alueittainen vertailu. Summary: Regional variations in the profitability of forest drainage, forest fertilization, and afforestation. 33 s. Helsingin Yliopiston metsätalouden liiketieteen laitoksen julkaisuja no. 11. Helsinki.
- & SEPPÄLÄ, K. 1973b. Metsänlannoituksen edullisuuden vaihtelu. Summary: Variations in the profitability of forest fertilization. Silva Fenn. 1973 (3): 192—235.
- KUNNAS, H. 1973. Metsätaloustuotanto Suomessa 1860—1965. Kasvututkimuksia IV. 192 s. Suomen Pankin julkaisuja, Helsinki.
- LAASASENAHO, J. 1975. Hukkapuusoisuuden riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta. Metsä ja Puu 1975 (8): 16—20.
- 1976. Männyn, kuusen ja koivun kuutioimisytälöt. 89 s. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. Helsinki.
- & SEVOLA, Y. 1971. Mänty- ja kuusirunkojen puutavarasuhteet ja kantoarvot. Summary: Timber assortment relationships and stumpage values of Scots pine and Norway spruce. Commun. Inst. For. Fenn. 74 (3): 1—87.
- LAIHO, O. 1979. Lannoitusmetsikön metsätuhotutkimus. Summary: Forest protection problem in fertilized forest. Folia For. 400: 43—47.
- LEHIKONEN, T. 1977. Pohjois- ja Etelä-Suomen kantohintaerot. Summary: Stumpage price differences between Northern and Southern Finland. Folia For. 289:1—32.
- LEVULA, T. 1976. Urean levitysjankohdasta Pohjois-Suomessa. Rovaniemen tutkimuskesän tiedonantoja 13: 1—10. Metsätutkimuslaitos, Rovaniemi.
- LIPAS, E. & LEVULA, T. 1980. Urealannoitus eri vuodenaikoina. Summary: Urea fertilization at different times of the year. Folia For. 421:1—14.
- Metsä- ja uittoalan työehtosopimus ja sen mukaiset m<sup>3</sup>-perusteiset metsätyöpalkkion taulukot 11.4. 1977—28.2.1978 (pidennetty —28.2.1979). Palkkausalue 3. 93 s. Palkkausalue 4. 93 s. Valkeakoski 1977.
- Metsätiedote. Kemira. Helsinki. 1979 (5): 1—2.
- Metsätilastolliset vuosikirjat 1971—1977/78. Suomen virallinen tilasto XVII A:4—A:10. Folia For. 130, 165, 195, 225, 295, 345, 375.
- MIKKONEN, E., PELTONEN, J., SAVOLAINEN, R. & VESIKALLIO, H. 1975. Puunkorjuun kehityksennuste 1975—84. Metsätehon tiedotus 336: 1—28.

- MÄLKÖNEN, E. 1976. Gödsling ökar virkesproduktionen. Skogsbruket 1976 (12): 242—245.
- 1977. Kasvatusemetsiköt ovat tuottoisia lannoituskohteita. Leipä leveämmäksi 1977 (2): 26—27.
- 1979. Kangasmaiden metsänlannoitustutkimus. Summary: Research on forest fertilization on mineral soils. Folia For. 400: 20—28.
- MÖLLER, G. 1971. Skogsgödsling: Hittills funna erfarenheter. Skogen 1971 (15): 360—364.
- 1975. Skogsmarksgödsling: Teknik, kostnader och biologiska effekter. Skogen 1975 (3): 124—128.
- & RYTTERSTEDT, P. 1975. Gödslingseffektens varaktighet och förlopp hos tall och gran. Summary: Duration and course of response to nitrogen fertilizer in pine and spruce stands. Föreningen skogsträdsförädling — Institutet för förbättring. Årsbok 1974: 75—97.
- NOROKORPI, Y. 1977. Epätasainen lannoitus ja männiköiden pakkasvauriot. Metsä ja puu 1977 (4): 15—18.
- Ohjekirje metsän lannoituksesta, 18.1.1979, no. Mh. 327, Metsähallitus.
- PAASIROVA, A. 1977. Lannoitus kasvattaa puuta Lapissa. Leipä leveämmäksi 1977 (2): 24—25.
- 1978. Tukkien ja kuitupuiden hinnoitteluperusteet. Metsälehti 1978 (42): 7—11.
- PAAVILAINEN, E. & VIRTAINEN, J. 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Summary: Effect of spreading method on forest fertilization results. Folia For. 279:1—15.
- PURO, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Folia For. 304: 1—15.
- RYDIN, J. 1977. Lönsamhetsfrågor vid gödsling av lågproduktiva marker. Skogs- o. lantbr.- akad. Tidskr. Suppl. 1977 (11): 30—34.
- SAARI, E. 1940. Suurten metsäalojen arvon määrittäminen. Referat: Die Schätzung des Wertes grosser Waldflächen. Silva Fenn. 55: 1—41.
- SAIKKU, O. 1975a. The effect of fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris* L.). A densitometric study of the X-ray chart curves of wood. Lyhennelmä: Lannoituksen vaikutuksesta männyn (*Pinus silvestris* L.) puuaineen tiheyteen. Densitometritutkimus puuaineen röntgenkuviasta. Commun. Inst. For. Fenn. 85 (3): 1—49.
- 1975b. Typpilannoituksen vaikutuksesta männyn, kuusen ja koivun puuaineen tiheyteen. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the basic density of Scots pine (*Pinus silvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and common birch (*Betula verrucosa*). Commun. Inst. For. Fenn. 85 (5): 1—24.
- SALONEN, K., TYNKKYNYNEN, M. & PÄIVINEN, L. 1978. Metsän lannoitus- ja kasvun suojeleuopas. 48 s. Helsinki. Kemira.
- SEARLE, S.R. 1971. Linear models. 532 s. New York. John Wiley & Sons Inc.
- SELIN, L. 1957. Raakapuun kantohintataso maassamme vuosina 1934—55. Verokuutiometrin hinnoitteluaineistoon perustuva tutkimus. Summary: An investigation based on the materials used for assessing the tax cubic metre. Commun. Inst. For. Fenn. 48 (5): 1—136.
- SIVONEN, S. 1971. Havusahapuun kantohinnan pääsuuntainen kehitys Suomessa vuosina 1920—67. Metsänviljelykustannusten toimikunnan mietintö. Folia For. 109: 116—119.
- SVENDSRUD, A. 1977. Skogsgödingens ekonomi og planlegging. Norsk skogsbruk. 1977 (4): 24—25.
- TAMM, C.O. 1977. Puheenvuoro artikkelissa: Vet skogsgödlare vad dom sysslar med? Skogen 1977 (3): 90—91.
- Tukkien ja kuitupuiden hinnoitteluperusteet. (Hintasuositussopimus hakkuuvuodelle 1978/79). Maaseudun Tulevaisuus 1978 (118): 11—12.
- VIRO, P.J. 1972. Die Walddüngung auf finnischen Minerlaböden. Folia For. 138: 1—19.



## 9. SUMMARY

### Introduction

Fertilization research has indicated that nitrogen is the nutrient on mineral soils resulting in the greatest growth response in forest trees (e.g. V i r o 1972). The expected increment increase due to urea fertilizer has been lower and the variance greater than those due to other nitrogen fertilizers (G u s t a v s e n & L i p a s 1975). However, the smaller cost of urea has made it an attractive fertilizer. Due to the complex characteristics of urea the Department of Soil Science of the Finnish Forest Research Institute had established experimental plots to study further its growth response in old stands. After the increment increase had been measured, the Department of Forest Economics started to analyze the profitability of their fertilization. This study reports the findings of the investigation.

The purpose of the study is to compute and compare the probability distributions of the profitability of urea fertilization in old Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in South and North Finland. The profitability distributions are based on the observed probabilities of the increment increase and predicted prices. The profitability criteria are the

	Pine	Spruce
South Finland	3,6—9,9 m <sup>3</sup> /ha/8 yrs	3,4—6,3 m <sup>3</sup> /ha/8 yrs
North Finland	3,3—8,1 m <sup>3</sup> /ha/8 yrs	2,3—6,8 m <sup>3</sup> /ha/8 yrs

The highest increment increase was gained for pine in South Finland, and the lowest, for spruce in North Finland. The tests showed that there was a significant difference between the seasons only for spruce in North Finland. There the fall fertilization gave the best response. The increment increase probability distributions are presented in Figures 2 and 3.

The stumpage price predictions were based on the time series of S e l i n (1957) and the unpublished series of T e r v o of the Finnish Forest Research Institute. Figures 6—8 show the annual prices and their three-year moving averages for 1949/50—1977/78. The explanatory value of the linear trends was low with R<sup>2</sup>-values of 0...0,4. The inclusion of the dummy variables indicating the low, intermediate and high market improved the predictive value of the models: the R<sup>2</sup>-values increased to 0,7...0,9. The resulting "objective" price predictions appear in Figures 9 and 10. The problem of combining the predictions for the three markets remained. For this, the subjective market probabilities of forest owners were used. Figure 11 shows an example of combining the objective and subjective factors to the final prediction. The combined predictions are presented in Figure 12.

The cost of fertilizing was 396 Fmk/ha. The government subsidises fertilization in private forests. The forest owner can choose between two alternatives. He may apply for a *loan* with a nominal rate of interest of 5 per cent and pay-back period of 8 years. In North Finland it is possible to gain an additional grant to cover 20 to 30 per cent of the costs. Or he may apply for a mere *grant*, which may in South Finland cover 15

real internal rate of return and the present net value with a 5 per cent real calculative rate of interest. The effects of government subsidies on the profitability in South and North Finland were estimated.

### Material and method

The experimental plots were originally established to study the dependence of the increment increase on the season of the fertilizer application. The plots lied on stands with medium good natural fertility. The stand characteristics are explained in Table 1. The area of the plots totalled about 45 ha of which 35 ha were fertilized and 10 ha were unfertilized control plots (Appendices 1—2). The amount of urea (46 per cent N) applied was about 260 kg/ha which made 120 kg/ha of pure nitrogen. The period between fertilization and the response measurements was 5 years. The responses were extrapolated as far as to the 8th and 9th year by adapting results by P u r o (1971). The confidence limits of the increment increases were as follows:

per cent and in North Finland 35 to 45 per cent of the costs. It was found that loan is a better alternative for the forest owner when the sum of inflation and the calculative rate of interest amounts to 9 per cent or more. When their sum is less than 9 per cent, applying grant became more profitable.

### Results

The fertilization returns are functions of the volume increase and the rise of stumpage prices due to the growing dimensions (Figure 13; Appendix 3). In this material, the volume effect made about 70 per cent, the dimensions effect about 30 per cent of the total returns.

According to the results, the real internal rate of return of fertilization investment without state subsidies had the following confidence limits (Figures 14—15):

	Pine	Spruce
South Finland	12—29 %	5—14 %
North Finland	3—17 %	0— 8 %

Clearly, fertilization was profitable to the forest owner even without government aid. The subsidies improved the profitability and evened out the profitability differences between South and North Finland. In pine stands, the expected real internal rate of return increased to about 20 % and in spruce stands to about 10 % both in South and North Finland.

The results also show that with the real present net value as the yard-stick of profitability, fertilization proves to be quite advantageous (Figures 16—17):

	Pine	Spruce
South Finland	190—730 Fmk/ha	-3—240 Fmk/ha
North Finland	-30—330 Fmk/ha	-130— 90 Fmk/ha

The inclusion of government subsidies raised the present net value by 90—200 Fmk/ha and evened out

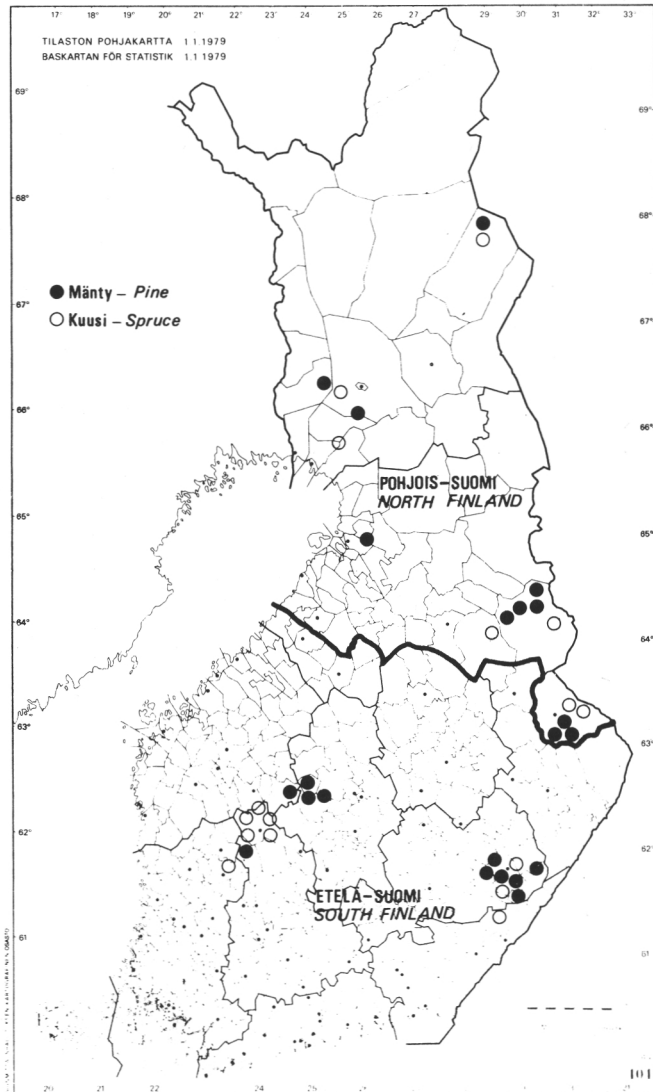
some of the profitability differences between South and North Finland.

The study concludes with the following priority ordering for urea fertilization:

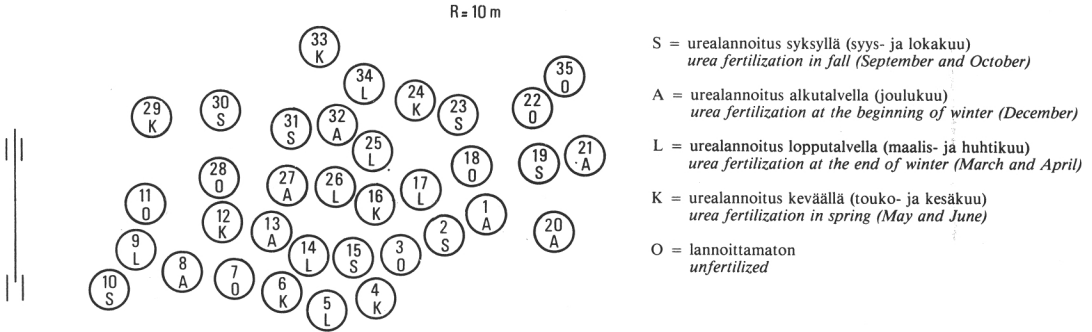
1. Pine stands in South Finland
2. Spruce stands in South and Pine stands in North Finland
3. Spruce stands in North Finland.

LIITE 1. Lannoituskokeiden sijainti.

APPENDIX 1. The location of experimental plots.



LIITE 2. Esimerkkikartta erään kokeen koejärjestelystä.  
 APPENDIX 2. An example of the experimental plots.



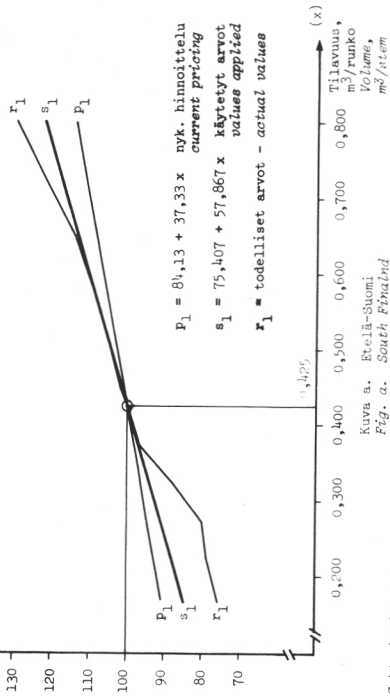
LIITE 3. Sahapuun ja kuitupuun rungon järeyden mukaiset arvosuhteet

Puun kantohinta määräytyy Metsäteollisuuden Keskusliiton ja Maataloustuottajien Keskusliiton tekemässä hintasuositussopimuksessa ns. perushinnan ja siihen tehtävien korjausten perusteella. Kun sahapuu- ja kuitupuurunkojen käyttöosan keskijäreys poikkeaa perusleimikon runkojen käyttöosan aritmeettisesta keskijäreystä, tehdään yksikköhintaan korjaus. Sahapuulla kyseinen korjaus on  $-7 \text{ mk/m}^3 \dots +6 \text{ mk/m}^3$  ja kuitupuulla  $-6 \text{ mk/m}^3 \dots +2 \text{ mk/m}^3$ . (Tukkien ja kuitupuun ... 1978). Liitekuivissa 31 ja 32 on esitetty mänty- ja kuusisahapuun järeyden mukaiset nykyistä käytäntöä edustavat suhteelliset kantohinnat suorina ( $p_1 - p_2$ ).

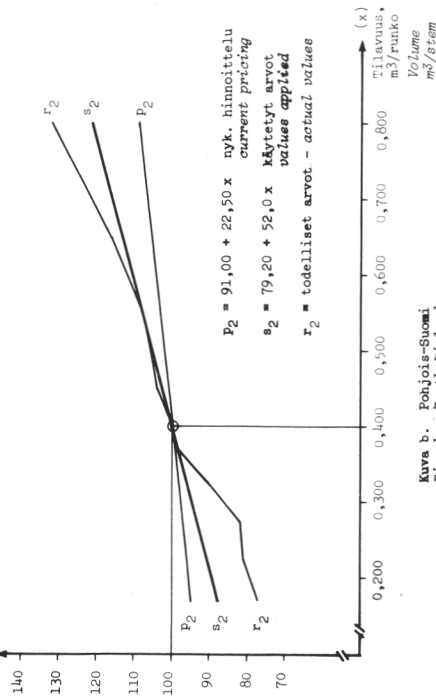
Todellisia arvoja osoittavat kuvaajat ( $r_1 - r_2$ ) on johdettu rungon koon vaikutuksesta puun tehdasarvoon ja korjuukustannuksiin. Metsäalan työehtosopimuksen mukaan kuljetettavan puun yksikkötilavuus ei sen sijaan vaikuta kaukokuljetuskustannusten suuruuteen. Puun tehdasarvot ovat peräisin L a a s a s e n a h o n ja S e v o l a n (1971) tutkimuksesta, jonka lähtökohtana ovat H e i s k a s e n ja A s i k a i s e n (1969) esittämät tulokset. Järeiden vaikutusta korjuukustannuksiin on selvitetty metsäpalkkataulukoiden perusteella (Metsä- ja uittoalan... 1977). Korjuukustannusten osuus pienten ja suurten runkojen välisistä arvoeroista on mäntysahapuulla vain kymmenen prosentin, kuusisahapuulla viidentoista prosentin luokkaa. Valtaosa eroista johtuu puiden erilaisesta arvosta tehtaalla. Liitekuviin 31 ja 32 on piirretty suorat ( $s_1 - s_2$ ) osoittamaan nykyisen hintaporrastuskäytännön ja puun todellisten arvosuhteiden likimääräistä keskiarvoa. Tässä tutkimuksessa oletetaan hakkuuvuosien 1984/85—1988/89 järeys-hinnoittelun asettuvan suorien  $s_1 - s_4$  tasolle. Niistä havaitaan, että sahapuurungon käyttöosan koon kasvaessa  $0,300 \text{ m}^3$ :stä kaksinkertaiseksi sen suhteellinen kantoarvo kohoaa keskimäärin noin kuudenneksen. Etelä-Suomessa arvonlisäys on suurempi kuin Pohjois-Suomessa.

Liitekuivissa 33 ja 34 on esitetty mänty- ja kuusikuitupuun nykyistä hinnoittelua edustavat järeysporrastussuorat ( $p_5 - p_8$ ) sekä tämän hetken todellisia paperipuun arvoja osoittavat kuvaajat ( $r_5 - r_8$ ), jotka on johdettu rungon koon ja korjuukustannusten välisestä riippuvuudesta metsäpalkkataulukoiden perusteella (Metsä- ja uittoalan... 1977). Kaukokuljetuskustannusten tai tehdasarvon huomioonottamiselle pinotavaran järeyden mukaisiin arvosuhteisiin ei löytynyt perusteita (vrt. L a a s a s e n a h o ja S e v o l a 1971). Kuvaajien p ja r karkeana keskiarvona on liitekuviin 33 ja 34 piirretty käyrät  $s_5 - s_8$ . Niiden oletetaan kuvastavan järeyden mukaista hintaporrastusta tulevaisuudessa. Niistä havaitaan, että esim. kuiturungon käyttöosan koon kasvaessa  $0,050 \text{ m}^3$ :stä  $0,100 \text{ m}^3$ :iin sen suhteellinen kantoarvo kohoaa Etelä-Suomessa kymmenyksen ja Pohjois-Suomessa kuudenneksen.

Suht. kantoarvo  
Rel. stump. value  
(y)

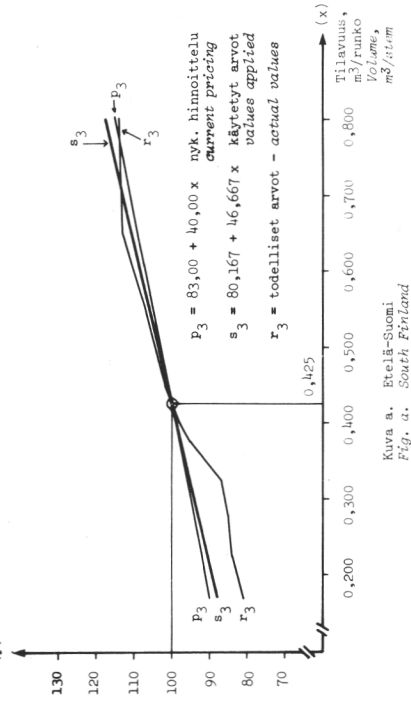


Suht. kantoarvo  
Rel. stump. value  
(y)

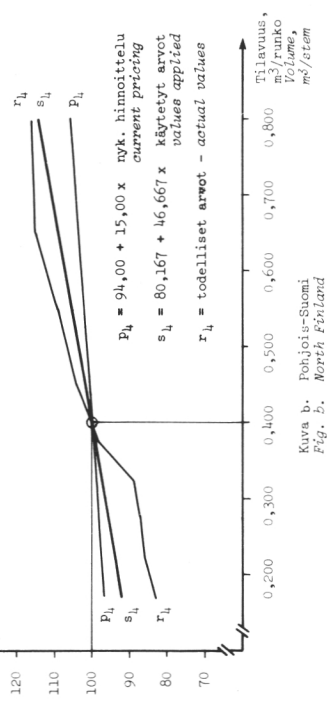


Liitekuva 31. Mäntysahapuun nykyisen hinnoittelun mukaiset, todelliset sekä tässä tutkimuksessa käytetyt suhteelliset kantoarvot rungon käyttöosan tilavuuden funktiona Etelä- ja Pohjois-Suomessa.  
Appendix fig. 31. The relative stumpage values of pine sawlogs as a function of stem volume (waste excl.) in South and North Finland according to the current pricing practice, the actual computed values, and the values applied in the study.

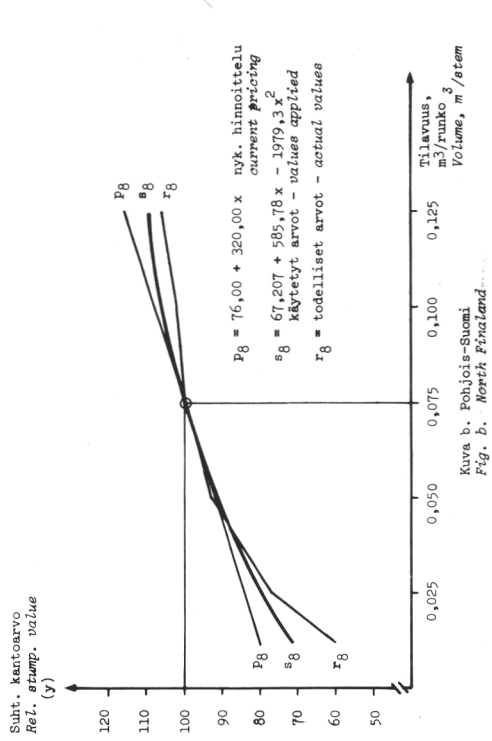
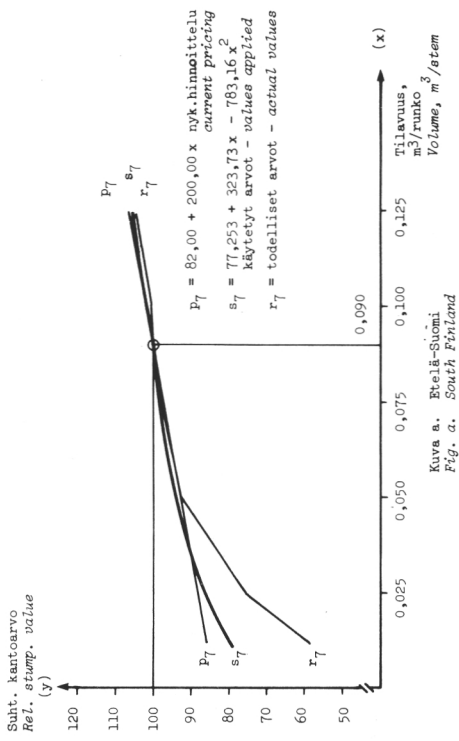
Suht. kantoarvo  
Rel. stump. value  
(y)



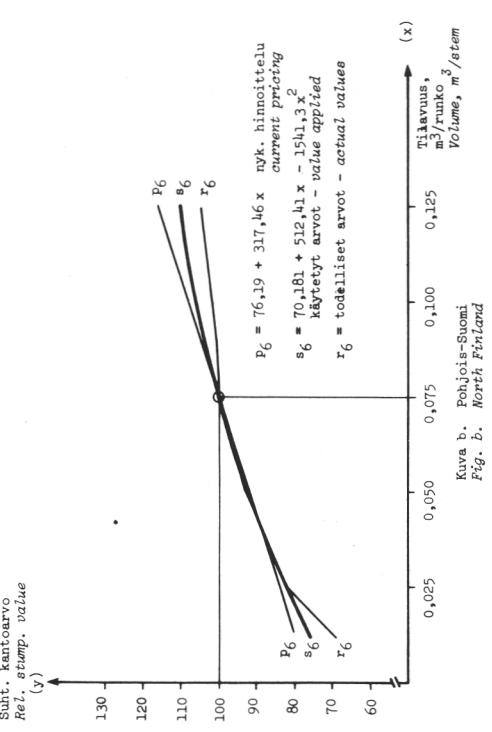
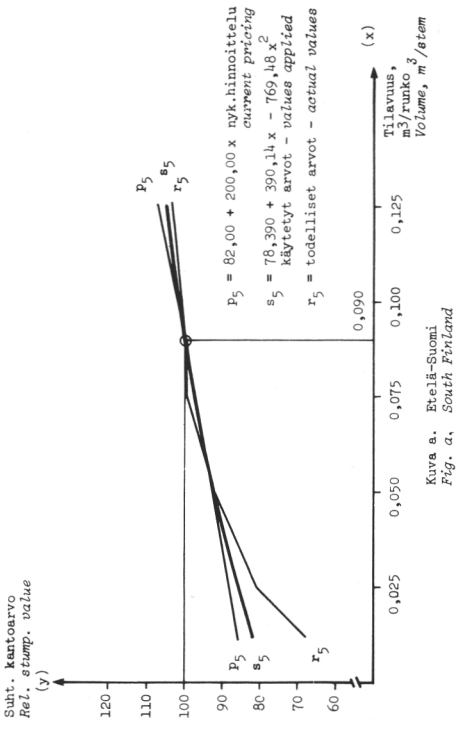
Suht. kantoarvo  
Rel. stump. value  
(y)



Liitekuva 32. Kuusisahapuun suhteelliset kantoarvot rungon käyttöosan tilavuuden funktiona Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Vrt. liitekuva 31.  
Appendix fig. 32. The relative stumpage values of spruce sawlogs as a function of stem volume in South and North Finland. Cf. Fig. 31.



Liitekuva 34. Kuusikuitupuun suhteelliset kantoarvot rungon käyttöosan tilavuuden funktiona Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Vrt. liitekuva 31. Appendix fig. 34. The relative stumpage values of spruce pulpwood as a function of stem volume in South and North Finland. Cf. Fig. 31.



Liitekuva 33. Mäntykuitupuun suhteelliset kantoarvot rungon käyttöosan tilavuuden funktiona Etelä- ja Pohjois-Suomessa. Vrt. liitekuva 31. Appendix fig. 33. The relative stumpage values of pine pulpwood as a function of stem volume in South and North Finland. Cf. Fig. 31.



ODC 651.79:237.4  
ISBN 951-40-0430-2  
ISSN 0015-5543

KEIPI, K. & LAAKKONEN, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urea-lannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia For.* 420:1—35.

The study estimates the probability distributions of the real internal rate of return and present net value of urea fertilizations in old Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in South and North Finland.

The priority ordering of fertilization proves to be:

1. Pine stands in South Finland,
2. Spruce stands in South Finland and pine stands in North Finland,
3. Spruce stands in North Finland.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 651.79:237.4  
ISBN 951-40-0430-2  
ISSN 0015-5543

KEIPI, K. & LAAKKONEN, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urea-lannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia For.* 420:1—35.

The study estimates the probability distributions of the real internal rate of return and present net value of urea fertilizations in old Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in South and North Finland.

The priority ordering of fertilization proves to be:

1. Pine stands in South Finland,
2. Spruce stands in South Finland and pine stands in North Finland,
3. Spruce stands in North Finland.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 651.79:237.4  
ISBN 951-40-0430-2  
ISSN 0015-5543

KEIPI, K. & LAAKKONEN, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urea-lannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia For.* 420:1—35.

The study estimates the probability distributions of the real internal rate of return and present net value of urea fertilizations in old Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in South and North Finland.

The priority ordering of fertilization proves to be:

1. Pine stands in South Finland,
2. Spruce stands in South Finland and pine stands in North Finland,
3. Spruce stands in North Finland.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 651.79:237.4  
ISBN 951-40-0430-2  
ISSN 0015-5543

KEIPI, K. & LAAKKONEN, O. 1980. Päätehakkuikäisten metsiköiden urea-lannoituksen kannattavuusvertailuja. Summary: Profitability comparisons of urea fertilization in old stands. *Folia For.* 420:1—35.

The study estimates the probability distributions of the real internal rate of return and present net value of urea fertilizations in old Scots pine and Norway spruce stands on mineral soils in South and North Finland.

The priority ordering of fertilization proves to be:

1. Pine stands in South Finland,
2. Spruce stands in South Finland and pine stands in North Finland,
3. Spruce stands in North Finland.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.





- No 381 Hyppönen, Mikko & Norokorpi, Yrjö: Lahoisuuden vaikutus puutavaran saantoon ja arvoon Peräpohjolan vanhoissa kuusikoissa.  
The effect of decay on timber yield and value of the old Norway spruce stands in northern Finland.
- No 382 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla.  
Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands.
- No 383 Sirén, Matti, Vuorinen, Heikki & Sauvala, Kari: Pientraktorien heilunta.  
Low-frequency vibration in small tractors.
- No 384 Löyttyniemi, Kari & Rousi, Matti: Lehtipuutaimistojen hyönteistuhosta.  
On insect damage in young deciduous stands.
- No 385 Hytönen-Kemiläinen, Riitta: Suomen sahatavaramarkkinat Länsi-Euroopassa vuosina 1950—1975 ja alueen sahatavaran kulutuksen ennustaminen.  
Finland's West-European sawnwood markets 1950—1975, with an econometric model for forecasting the area's sawnwood consumption.
- No 386 Parviainen, Jari: Istuttamalla perustetun männikön, kuusikon, siperialaisen lehtikuusikon ja rauduskoivikon alkukehitys.  
Early development of Scots pine, Norway spruce, Siberian larch and silver birch plantations.
- No 387 Teivainen, Terttu: Metsäpuiden taimien myyrätuhot metsänuudistusaloilla ja metsite-tyillä pelloilla Suomessa vuosina 1973—76  
Vole damage to forest tree seedlings in reforested areas and fields in Finland in the years 1973—76.
- No 388 Teivainen, Terttu, Jukola, Eeva-Liisa, Kaikusalo, Asko & Korhonen, Kyllikki: Vesimyyrän, *Arvicola terrestris* (L.), aiheuttamat metsäpuiden taimien juuristotuhot vv. 1973—76 Suomessa.  
Root damage of forest tree seedlings caused by water vole, *Arvicola terrestris* (L.), in the years 1973—76 in Finland.
- No 389 Kolari, Kimmo K.: Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn kasvuhäiriöilmiö Suomessa. Kirjallisuuskatsaus.  
Micro-nutrient deficiency on forest trees and dieback of Scots pine in Finland. A review.
- No 390 Kaunisto, Seppo & Metsänen, Rauni: Turpeen muokkauksen ja lannoitteiden sijoit- tamisen vaikutus männyn taimien juuriston kehitykseen tupasvillanevalla.  
Effects of soil preparation and fertilizer placement on the root development of Scots pine on deep peat.
- No 391 Valtonen, Kari: Loppukäyttötiedot saha- ja puulevyteollisuuden markkinoinnissa.  
End-use information for marketing in sawmill and wood-based panel industries.
- No 392 Isomäki, Antti: Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon.  
The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand.
- No 393 Kurkela, Timo: *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* -sienen esiintyminen männyn- karisteen yhteydessä.  
Association of *Lophodermium seditiosum* Minter *et al.* with a needle cast epidemic on Scots pine.
- No 394 Rikala, Risto: Lannoitteiden levitystavan vaikutus koulittujen männyn ja kuusen taimien kehittymiseen taimitarhalla.  
The effect of fertilizer spreading methods on the development of pine and spruce transplants in the nursery.
- No 395 Löyttyniemi, Kari, Austarå, Øystein, Bejer, Broder & Ehnström, Bengt: Insect pests in forests of the Nordic Countries 1972—1976.  
Tuhohyönteisten esiintyminen Pohjoismaiden metsissä 1972—1976.
- No 396 Silfverberg, Klaus: Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boo- rinpuutosalueella.  
Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron deficient peatland.
- No 397 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1976 (1964—1973).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1976 (1964—1973) by districts.
- No 398 Lehto, Jaakko: Metsäalan koulutus metsäalan organisaatioiden arvioimana.  
Forest education evaluated by forestry organizations.
- No 399 Jokinen, Katrīna & Tamminen, Pekka: Tyvilahoisten kuusikoiden jälkeen istutetuissa männyn taimistoissa esiintyvät sienituhot Keski-Satakunnassa.  
Fungal damage in young Scots pine stands replacing butt rot-infected Norway spruce stands in SW Finland.
- No 400 Metsänlannoitustutkimuksen tuloksia ja tehtäviä. Metsäntutkimuslaitoksen metsänlan- noitustutkimuksen seminaari 15. 2. 1979.  
Results and tasks in forest fertilization research. Proceedings of the Finnish Forest Research Institute symposium on forest fertilization research 15. 2. 1979.
- No 401 Mielikäinen, Kari: Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon.  
The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand.
- No 402 Sepponen, Pentti, Lähde, Erkki & Roiko-Jokela, Pentti: Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa.  
On the relationship of the forest vegetation and the soil physical properties in Finnish Lapland.

- No 403 Kanninen, Kaija, Uusvaara, Olli & Valonen, Paavo: Kokopuuraaka-aineen mittaust ja ominaisuudet.  
Measuring and properties of whole tree raw-material.
- No 404 Kaunisto, Seppo: Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä.  
Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas.
- No 405 Sepponen, Pentti & Haapala, Heikki: Ojituksen vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin.  
On the effect of drainage on the chemical properties of peat.
- No 406 Elovirta, Pertti: Metsätyövoiman alallapysyvyys 1969—1977.  
Permanence of forest labour in Finland 1969—1977.
- No 407 Tiihonen, Paavo: Kasvun vaihtelu valtakunnan metsien 6. inventoinnin aineiston perusteella.  
Variation in tree growth in Finland based on the 6th National Forest Inventory.
- No 408 Lilja, Arja: Koivun siemenen sienet ja niiden patogeenisuus.  
Fungi on birch seeds and their pathogenicity.
- No 409 Kallio, Tauno & Häkkinen, Risto: Juurikäävän (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) ja *Plebia gigantean* (Fr.) Donk vaikutus pelloille istutettujen kuusen, männyn, tervalepän ja rauduskoivun taimien pituuskasvuun ja elossapysymiseen.  
Effect of *Heterobasidion annosum* and *Plebia gigantea* infection on the height growth and survival rate of *Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Alnus glutinosa* and *Betula pendula* seedlings planted on old fields.
- No 410 Kärkkäinen, Matti: Kuitupuun kiintomittaus kourakasoissa.  
Measurement of solid volume of pulpwood grapple heaps.
- No 411 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1977—79.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1977—79.
- No 412 Raitio, Hannu: Boorin puutteesta aiheutuva männyn kasvuhäiriö metsitetyllä suopellolla. Oireiden kuvaus ja tulkinta.  
Growth disturbances of Scots pine caused by boron deficiency on an afforested abandoned peatland field. Description and interpretation of symptoms.
- No 413 Kellomäki, Seppo & Salmi, Juhani: Koivuvaneritukien kuoren määrä.  
Bark quantity of birch logs.
- No 414 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus runsastyyppisillä rämeillä. Ennakkotuloksia.  
Refertilization on nitrogen-rich pine swamps. Preliminary results.
- No 415 Teivainen, Terttu: Eräiden viljeltyjen pajujen kelpaavuus peltomyyrälle (*Microtus agrestis* L.) ruokintakokeiden mukaan.  
Palatability of some cultivated willows to field voles (*Microtus agrestis* L.) in feeding trials.
- No 416 Velling, Pirkko: Puuaineen tiheys kahdessa rauduskoivun jälkeläiskokeessa.  
Wood density in two *Betula pendula* Roth progeny trials.
- No 417 Mattila, Eero: Kangasmaiden luppometsien ominaisuuksia Suomen poronhoitoalueella 1976—1978.  
Characteristics of the mineral soil forests with arboreal lichens (*Alectoria*, *Bryoria* and *Usnea* spp.) in the Finnish reindeer management area, 1976—1978.
- 1980 No 418 Hakkilä, Pentti & Kalaja, Hannu: Harvesting fuel chips with the Pallari swath harvester.  
Polttopuun korjuu Pallarin leikkuuhakkurilla.
- No 419 Kinnunen, Kaarlo & Lemmetyinen, Markku: Paakkukoon vaikutus männyn taimien alkukehitykseen.  
Initial development of containerized pine seedlings as affected by the size of earth ball.
- No 420 Keipi, Kari & Laakkonen, Olavi: Päätehakkuuikäisten metsiköiden urealannoituksen kannattavuusvertailuja.  
Profitability comparisons of urea fertilization in old stands.
- No 421 Lipas, Erkki & Levula, Teuvo: Urealannoitus eri vuodenaikoina.  
Urea fertilization at different times of the year.
- No 422 Weissenberg, Kim, von & Kurkela, Timo (Eds.): Proceedings of the meeting on the IUFRO Working Party S2.05—05, Resistance in pines to *Melampsora pinitorqua*, June 1979, Suonenjoki, Finland.  
IUFRO:n työryhmän S2.05—05, Versoruosteenkestävyys männnyssä, kesäkuussa 1979 Suonenjoella pidetyn kokouksen esitelmät.
- No 423 Kylmänen, Pekka: Ennakkotuloksia nuorissa männyn siemenviljelyksissä syntyvän Pohjois-Suomi x Etelä-Suomi -kaukoristeyssiemenen käyttömahdollisuuksista.  
Preliminary results concerning usability of North Finland x South Finland hybrid seed born in young Scots pine seed orchards.
- No 424 Sievänen, Risto: A preliminary simulation model for annual photosynthetic production and growth in a short rotation plantation.  
Alustava lyhytkiertoviljelmän vuotuisen fotosynteesin tuotoksen ja kasvun simulointimalli.