

# FOLIA FORESTALIA<sup>382</sup>

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1979

---

---

EERO PAAVILAINEN JA  
JAAKKO VIRTANEN

---

METSÄNLANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN  
RIIPPUVUUS LEVITYSMENETelmäSTÄ  
TURVEMAALLA

---

EFFECT OF SPREADING METHOD  
ON FOREST FERTILIZATION  
RESULTS ON PEATLANDS

---

- No 311 Takalo, Sauli & Sauvala, Kari: Havaintoja metsurin suojainten kestävydestä ja sen mittaamisesta.  
Observations on the durability and testing of protective clothing for chain saw workers.
- No 312 Leikola, Matti, Metsämuuronen, Markku, Räsänen, Pentti K. & Taimisto, Erkki: Männyn viljelytaimistojen kehitys Lounais-Suomessa vv. 1967—1975.  
The development of Scots pine plantations in south-western Finland in 1967—1975.
- No 313 Kolari, Kimmo, Paavilainen, Eero & Raitio, Hannu: Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella.  
Pine root condition and growth disturbances.
- No 314 Anttila, Tuula & Lähde, Erkki: Lannoituksen vaikutus paperikenoissa kasvatettujen männyn taimien kehitykseen taimitarhassa.  
Effect of fertilization on the development of containerized pine seedlings in a nursery.
- No 315 Kanninen, Kaija: Palkkausmuodot ja niiden vaikutus metsätöissä.  
Forms of remuneration and their influence on forest work.
- No 316 Mäkelä, Markku: Leimikoittainen metsätähdemäärä.  
The amounts of logging residues and stump and root wood at certain work sites.
- No 317 Kaunisto, Seppo: Ojituksen tehokkuuden ja lannoituksen vaikutus männyn viljelytaimistojen kehitykseen karuilla avoimuilla.  
Effect of drainage intensity and fertilization on the development of pine plantations on oligotrophic treeless Sphagnum bogs.
- No 318 Kinnunen, Kaarlo: Istutuksen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Länsi-Suomen yksityismetsissä.  
The survival and initial development of plants in private forests in western Finland.
- No 319 Ferm, Ari & Pohtila, Eljas: Pintakasvillisuuden kehittyminen ja muokkausjäljen tasoittuminen auratuilla metsänuudistusaloilla Lapissa.  
Succession of ground vegetation and levelling of ploughed tracks on reforestation areas in Finnish Lapland.
- No 320 Kuusela, Kullervo: Suomen metsien kasvu ja puutavaralajirakenne sekä niiden alueellisuus vuosina 1970—1976.  
Increment and timber assortment structure and their regionality of the forests of Finland in 1970—1976.
- No 321 Heikinheimo, Lauri, Jaatinen, Esko, Kellomäki, Seppo, Lovén, Lasse & Saastamoinen, Olli: Metsien virkistyskäyttö Suomessa. Esitutkimusraportti.  
Forest recreation in Finland. Pilot study.
- No 322 Talkamo, Tero: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät ja kulkuvirrat vuonna 1973 (1970).  
Removal and flow of commercial roundwood in Finland during 1973 (1970) by districts.
- No 323 Erkkilä, Pentti, Silander, Soini, Tiihonen, Paavo & Örn, Jouko: Pystymittaus ja runkojen luku hakkuupalkan laskentaperusteina työvaikeuspalstalla.  
Massenermittlung am stehenden Holz und Stamzahl als Unterlage für die Berechnung des Arbeitslohns auf grösseren Schlaglosen mit gleichmässigen Arbeitsbedingungen.
- No 324 Vuokila, Yrjö: Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana.  
Vaccinium type as a spruce site.
- No 325 Raulo, Jyrki & Lähde, Erkki: Rauduskoivun istutustuloksia Lapissa.  
Reforestation results with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.
- No 326 Paavilainen, Eero: Männyn istutus suopeltojen metsityksessä.  
Planting of Scots pine in afforestation of abandoned swampy fields.
- No 327 Paavilainen, Eero: Jatkolannoitus vähäravinteisilla rämeillä. Ennakkotuloksia.  
Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results.
- No 328 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Moottorisahavintturin käytöstä pienten puiden ja tukkien esijuonossa.  
Preliminary skidding of small trees and sawlogs by power saw winch.
- No 329 Kinnunen, Kaarlo & Linnimäki, Jorma: Metsänuudistamisen onnistuminen ja taimistojen alkukehitys Pohjois-Karjalassa.  
Success of forest regeneration and initial development of sapling stands in northern Karelia.
- No 330 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1975—77.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1975—77.
- No 331 Gustavsen, Hans G.: Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt.  
Finnish volume increment functions.
- No 332 Helander, Matti & Simula, Anna-Leena: Metsäalan toimihenkilöiden kysyntä ja tarjonta vuoteen 1985.  
Demand and supply of professional forestry staff by 1985.
- No 333 Hakkila, Pentti, Kalaja, Hannu, Salakari, Martti & Valonen, Paavo: Whole-tree harvesting in the early thinning of pine.  
Kokopuun korjuu männikön ensiharvennuksessa.
- No 334 Järveläinen, Veli-Pekka: Mieli-piteet yksityismetsätaloudessa. Metsänomistajien ja metsäammattimiesten käsityksiä metsätaloudesta ja sen edistämisestä.  
Opinions in Finnish private forestry. On the opinions of the private forest owners and the forestry experts concerning forestry and its promotion.

FOLIA FORESTALIA 382

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1979

Eero Paavilainen ja Jaakko Virtanen

METSÄNLANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN RIIPPUVUUS  
LEVITYSMENETELMÄSTÄ TURVEMAALLA

Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands

ODC 237.4  
ISBN 951-40-0377-2  
ISSN 0015-5543

PAAVILAINEN, E. & VIRTANEN, J. 1979, Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands. *Folia For.* 382:1—10.

Tutkimuksessa selvitettiin, minkälainen lannoitustasaisuus saavutetaan turvemaiden metsänlannoituksessa sekä mikä vaikutus lannoitustasaisuudella on puuston kasvuun. Tutkittuja levitysmenetelmiä olivat kenttäkokeissa käytetty ns. optimi käsinlevitys sekä normaali käsinlevitys, lentolevitys ja moottorikelkkalevitys.

Lannoitustasaisuutta ja puuston kasvua koskevien tutkimustulosten mukaan sekä käsinlevitys, lentolevitys että moottorikelkkalevitys soveltuvat turvemaiden metsänlannoitukseen. Käsittelemällä sama alue useammin kuin kerran, esimerkiksi levittämällä lannoite käsin kahteen kertaan ristiinlevityksenä, voidaan lannoitustasaisuutta parantaa tavanomaisiin käytännön menetelmiin verrattuna. Levitystasaisuuden lisääminen tehostaa lannoituksen vaikutusta puuston kasvuun.

---

The degree of spreading evenness which can be achieved in the fertilization of forested peatlands and the effect of spreading evenness on stand growth is examined in the study. The spreading methods studied were: so-called optimum hand-spreading used in field trials, normal hand-spreading, aerial spreading and snow-mobile spreading.

According to the results concerning spreading evenness and stand growth, hand-spreading, aerial spreading and snow-mobile spreading are all suitable methods for spreading fertilizer on forested peatlands. By treating the same area more than once, for instance by spreading fertilizer by hand two passings at right angles to each other, the fertilizer evenness is improved in comparison to the methods normally used in practical forestry. Increasing the spreading evenness increases the effectiveness of the fertilizer treatment.



## SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	4
2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT .....	4
21. Koealojen perustaminen .....	4
22. Mittaukset ja aineiston käsittely .....	5
3. TULOKSET .....	7
31. Levitysmenetelmän vaikutus lannoitustasaisuuteen .....	7
32. Puuston kasvu ja levitysmenetelmä .....	7
4. TULOSTEN TARKASTELU.....	9
5. KIRJALLISUUSLUETTELO .....	10

## 1. JOHDANTO

Aloitettaessa käytännön metsänlannoitus-toiminta lannoitteiden levitys tapahtui lähes yksinomaan miestyönä. Käsinvivityksen osuus on vieläkin suuresta työttömyydestä johtuen huomattava, mutta myös koneellisia levitysmenetelmiä käytetään niille sopivissa kohteissa. Soilla yleisimmin käytetyt koneelliset menetelmät ovat lentokonelevitys sekä moottorikelkkoihin asennetuilla keskivakolevittimillä tapahtuva levitys. Myös traktori- ja helikopterilevitystä on jonkin verran ko-keiltu.

Koneellisten levitysmenetelmien on todettu johtavan heikompaan lannoitustasaisuuteen kuin huolellisen käsinvivityksen (mm. Hagner ym. 1966, Ballard ja Will 1971, Armson 1972, Paavilainen 1972a, Karsisto 1973, Virtanen 1975, 1976). Käsiteltävään metsikköön jää lannoittamattomia kaistoja ja osa alueesta saa toisaalta liian paljon lannoitetta. Mekaanisesta lannoiteseoksesta, jollainen on mm. soilla käytetty jauhemainen PK-lannos, eri ravinteet joutuvat etenkin moottorikelkkalevityksessä erilleen toisistaan ja kasautuvat määrätulle etäisyydelle levitinlaitteesta. Tästä on seurauksena, että ravinnesuhteet voivat muuttua epäedulliseksi puiden kasvun kannalta.

Tutkittaessa levitystasaisuuden merkitystä puiden kasvuun on eräissä ulkomaisissa tutkimuksissa arvioitu lannoituksen epätasaisuudesta johtuvan kasvutappion voivan nousta 20 %:iin tasan lannoituksen antamasta kasvunlisäyksestä (Hagner ym.

1966, Erkén ja Fahlroth 1967, Strand 1970, Armson 1972). Suomessa tehdyn tutkimuksen perusteella on päätelty sekä lento-, traktori- että käsinvivityksen olevan käyttökelpoisia menetelmiä kangasmaiden metsänlannoituksessa sekä todettu, että levitystasaisuutta parantamalla voidaan tehostaa lannoituksen vaikutusta (Paavilainen ja Virtanen 1977).

Turvemailta ei ole julkaistu eri levitysmenetelmien biologisia vaikutuksia vertailevia tutkimustuloksia. Eräissä kokeissa on todettu lannoituksen vaikutuksen männyn pituuskasvuun selvästi heikentyneen jätettäessä alueelle 3—4 metrin levyisiä lannoittamattomia välikaistoja (Karsisto 1973).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tuoda lisäselvitystä kysymykseen, minkälainen lannoitustasaisuus saavutetaan turvemaiden metsänlannoituksessa sekä mikä vaikutus lannoitustasaisuudella on puuston kasvuun. Tutkimus rajoittuu kokeiden perustamisen aikaan turvemailla yleisimmin käytettyjen levitysmenetelmien ja lannoitteiden vertailuun.

Käsiällä oleva tutkimus kuuluu osana Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston, metsähallituksen metsänhoito-osaston ja Kemira Oy:n yhteistyönä v. 1973 aloitettuun tutkimusprojektiin. Mt. Kauko Taimi ja mt. Kalle Nevanranta ovat johtaneet kenttämittaukset. FK Riitta Heinonen on valvonut aineiston tietokonekäsittelyä. Käsikirjoituksen ovat tutustuneet prof. Olavi Huikari ja vs. prof. Eino Mälkönen. Esitämme parhaat kiitokset kaikille tutkimuksen eri vaiheissa mukana olleille saamastamme avusta.

## 2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

### 21. Koalojen perustaminen

Eri levitysmenetelmillä saavutettavan lannoitustasaisuuden toteamiseksi tehtiin vuonna 1973 maastokokeita metsähallituksen Rautavaaran hoitoalueessa. Samalla perustettiin koesarjat sekä kivennäis- että turvemaalle

lannoitustasaisuuden biologisen vaikutuksen selvittämissä.

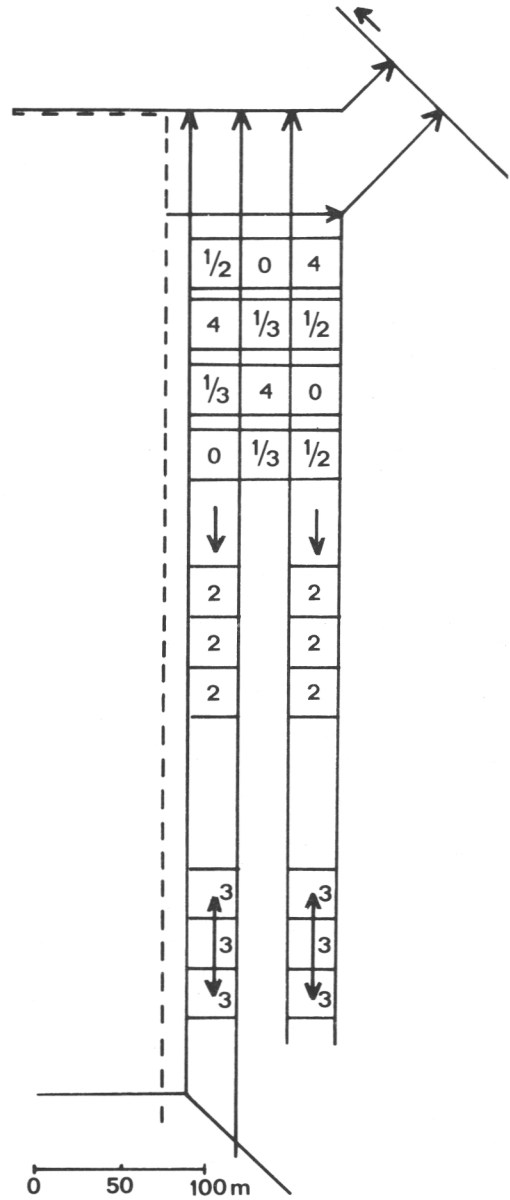
Turvemaalle perustetuissa kokeissa käytettiin Kemira Oy:n vakiovalmisteisiä suometsien PK-lannoksia jauhemaisena (24 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 15 % K<sub>2</sub>O) ja rakeisena (23 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 15 % K<sub>2</sub>O).

Lannoitteiden levitys tapahtui kolmella menetelmällä: 1) lentolevityksenä auramallisella levittimellä varustetulla lannoituslentokoneella, 2) moottorikelkkalevityksenä keskipakolevittimellä varustetulla moottorikelkkayksiköllä (laitekuvaukset ks. Virtanen 1975, s. 7—9) ja 3) käsinlevityksenä kylvövakasta.

Levityskokeet tehtiin maastossa lannoitelajeittain kuvassa 1 esitetyllä tavalla. Moottorikelkka- ja lentolevityksessä koealat sijoitettiin kahteen kolmen koealan sarjaan. Toistojen väliin jäänyt suojasarka oli 30 m leveä, jotta lannoitteita ei joutuisi eri levityskerroilla vie-reisille koealoille. Lentolevityksessä koealojen reunat merkittiin punaisilla pilot-palloilla. Moottorikelkkalevityksessä merkittiin ajolinjat muovisuikaleilla. Puustoa ei tarvinnut poistaa ajolinjoilta kapeaa työyksikköä käytettäessä. Rakeisen PK-lannoksen levityksessä moottorikelkalla ajoura oli saran keskilinjalla. Jauhe-maisen PK-lannoksen levityksessä käytettiin kolmea ajouraa, jotta koko sarka olisi saatu käsiteltyä. Koealojen koko oli 30 x 33,3 m (= 10 a).

Koealat, joilla käytettiin samaa lannoitetta, pyrittiin sijoittamaan suotyypin ja puuston puolesta mahdollisimman homogeeniselle ja yhtenäiselle alueelle. Kokeet perustettiin kolmelle kuviolle, jotka olivat suotyypiltään isovarpuista rämettä. Puusto oli eri-ikäistä ja suurimpien puiden elpymiskyky oli jo verraten heikko. Perustettujen koealojen lukumäärä sekä niiden puuston keskimääräinen kuutiomäärä ja runkoluku ilmenevät taulukosta 1.

Lannoituksessa pyrittiin levittämään fosforia  $P_2O_5$ :nä 120 kg/ha ja kalia  $K_2O$ :na 75 kg/ha (Huikari ja Paavilainen 1972). Käytännössä tämä tavoite saavutettiin vain ns. optimikäsinlevityksessä (taulukko 2), joka suoritettiin mahdollisimman tasaisesti ja tarkasti kahdessa erässä ristiinlevityksenä. Jälkimmäisellä levityskerralla levittäjän kulkusuunta oli kohtisuorassa edellisen kerran kulkusuuntaa vastaan. Koneellisten levitysmenetelmien vertailuna oli lisäksi normaali käsinlevitys, jossa käytettiin samaa lannoitemäärää kuin koneellisessa levityksessä. Tähän päästiin mittaamalla aluksi koneellisessa levityksessä koealoille tulut lannoitemäärä sekä levittämällä vastaava määrä lannoitetta käsinlevityksenä vertailukoealoille. Viimeksi mainitut koealat tulivat siten lannoitetuksi hieman myöhemmin kuin koneellisen levityksen koealat (taulukko 2).



Kuva 1. Koejärjestely maastossa. Nuolet osoittavat levitinlaitteiden kulkusuuntaa ja kulkuria.

Fig. 1. Lay-out of the sample plots. Arrows indicate direction of travel of spreading device.

0 = lannoittamaton, unfertilized, 1/2 = käsinlevitetty lentolevityksen vertailukoeala, hand-spreading plot for comparison with aerial spreading, 1/3 = käsinlevitetty moottorikelkkalevityksen vertailukoeala, hand-spreading plot for comparison with snowmobile spreading, 2 = lentolevityskoeala, aerial spreading plot, 3 = moottorikelkkalevityksen koeala, snowmobile spreading plot.

## 22. Mittaukset ja aineiston käsittely

Lannoitemäärän mittaukseen koealoilla käytettiin mittasuppiloita, joiden suupinta-ala oli 2,5 dm<sup>2</sup>. Moottorikelkkalevityksen osalta mittauksiin käytettiin hangen pintaan upotettavaa suppilomallia, jonka suupinta-ala oli 4 dm<sup>2</sup> (Virtanen 1975, s. 14). Mittasuppilot asetettiin käsiteltävän koealan keskilinjalle kohtisuoraan suunniteltuja levitysuria vastaan. Suppiloista otetut lannoiteäytteet pussitettiin ja punnittiin Kemira Oy:n Suomenojan tutkimuskeskuksessa. Mittaustulosten perusteella voitiin laskea keskimääräinen lannoitemäärä lentokoneella tai moottorikelkalla lannoitetuilta koealoilta ja levittää tämän jälkeen vastaava lannoitemäärä käsin vertailukoealoille.

Kaikilta koealoilta määritettiin mittaustulosten perusteella lannoitustasaisuus, jonka tunnuslukuna käytettiin poikkeamaprosenttia Pp (ks. Virtanen 1975, s. 18).

Taulukko 1. Koealojen lukumäärä sekä puuston keskimääräinen kuutiomäärä ja runkoluku.  
Table 1. Number of sample plots, and the mean cubic volume and number of stems in the tree stand.

Lannoite Fertilizer	Levitysmenetelmä — Spreading method						Puusto — Tree stand 1973	
	Lentolevitys Aerial spreading	Käsinlevitysvertailu Handspreading for comparison	Moottorikelkkalevitys Snowmobile spreading	Käsinlevitysvertailu Handspreading for comparison	Optimikäsinlevitys Optimal handspreading	Lannoitamaton Unfertilized	Kuutiomäärä m <sup>3</sup> /ha Volume m <sup>3</sup> /ha	Runkoluku kpl/ha Number of stems/ha
	Koealoja, kpl — Number of sample plots							
Rakeinen PK Granular PK	6	3	6	3	3	3	29.3	1350
Jauhemainen PK Ground PK	6	3	6	3	2	3	17.6	1770
Yhteensä In total	12	6	12	6	5	6	—	—

$$P_p = \frac{\pm 50 \% \text{ :lla tavoitemäärästä poikkeavien näytteiden lukumäärä (kpl)}}{\text{Kokonaisnäytemäärä (kpl)}} \cdot 100 \%$$

Koealojen puusto mitattiin kahdesti: keväällä 1973 ja syksyllä 1978. Mittauksissa ja laskennassa käytettiin hyväksi suontutkimusosastossa kehitettyä ATK-ohjelmaa (Paarlahhti ja Ravela 1973).

Tässä tutkimuksessa verrataan puuston pohjapintalan kasvua eri koealoilla niihin tuloksiin perustuen, jotka on saatu vuoden 1978 mittauksessa. Tällöin selvi-

tettiin koealoista rinnankorkeudelta tehtyjen kairausten avulla puuston kasvu sekä ennen lannoitusta (vv. 1969—1972) että sen jälkeen (vv. 1973—1978).

Tulosten käsittelyyn käytettiin VTKK:n PINE-kovarianssiohjelmaa, jossa selitettävänä muuttujana oli puuston lannoituksen jälkeinen vuotuinen pohjapintalan kasvu. Selitettävänä luokkamuuttujana oli lannoitusmenetelmä. Regressiomuuttujana oli pohjapintalan kasvu ennen lannoitusta. Tulokset laskettiin kummallekin tutkittulle lannoittelajille erikseen. Eri käsittelyjen välisten erojen merkitsevyys testattiin Scheffé'n menetelmällä (Miller 1966).

Taulukko 2. Lannoitteiden levitysaikankohta ja käytetyt ravinne määrät.  
Table 2. Application time and amount of nutrients used.

Lannoite Fertilizer	Levitysmenetelmä — Spreading method									
	Lentokonelevitys Aerial spreading		Käsinlevitysvertailu Handspreading for comparison		Moottorikelkkalevitys Snowmobile spreading		Käsinlevitysvertailu Handspreading for comparison		Optimikäsinlevitys Optimal handspreading	
	Lannoitusajankohta — Application time									
Rakeinen PK Granular PK	21. 5. -73		27. 6. -73		15. 3. -73		27. 6. -73		27. 6. -73	
Jauhemainen PK Ground PK	21. 5. -73		27. 6. -73		16. 3. -73		27. 6. -73		27. 6. -73	
	Ravinteiden määrä kg/ha — Amount of nutrients kg/ha									
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O	
Rakeinen PK Granular PK	90	59	90	59	97	63	97	63	115	75
Jauhemainen PK Ground PK	79	50	79	50	110	69	110	69	120	75

### 3. TULOKSET

#### 31. Levitysmenetelmän vaikutus lannoitus-tasaisuuteen

Käytetyistä lannoitteista jauhemainen PK on osin pölymäinen mekaaninen seoslannoite. Rakeinen PK-lannos taas edustaa keski-suurirakeisia lannoitteita, 2—4 mm:n lajitteen osuuden ollessa n. 90 % (Virtanen 1975, s. 9).

Käsinlevityksessä osa koealoista levitettiin ristiinlevityksenä siten, että lannoite levitettiin kahdessa erässä. Näin pyrittiin saamaan mahdollisimman tasainen levitysjälki. Helpokulkuisella turvemaalla tässä onnistuttiinkin hyvin poikkeamaprosentin ollessa sekä rakeisen että jauhemaisen lannoitteen levityksessä vain 30—40 % (kuva 2, s. 8). Normaalisissa työsuorituksessa urakkavauhdilla levitystasaisuus oli huomattavasti heikompi (kuva 2, s. 8), joskin työntekijän kokemus vaikutti tulokseen varsin paljon (virtanen & Virtanen 1977, s. 9).

Moottorikelkkalevittimellä suoritettussa rakeisen PK-lannoitteen levityksessä käytettiin vain yhtä saran keskiliinjaa noudattavaa ajouraa. Koko sarka saatiin täten kyllä lannoitettua, mutta tästä seurauksena lannoitemäärä saran keskiosissa jäi melko suureksi, ja poikkeamaprosentti nousi n. 70 %:iin. Jauhemaisen PK-lannoituksen levityksessä levittimen teho ei riittänyt kuin n. 10 metrin levityskaistaan, joten levityksessä käytettiin kolmea rinnakkaista ajouraa saralla. Tällöin työjälki muodostui erittäin hyväksi, lannoitustasaisuuden ollessa lähes optimikäsinlevityksen luokkaa (kuva 2, s. 8). Moottorikelkkalevityksen osalta on kuitenkin todettava, että koekohteet olivat helpokulkuisia eikä puusto juuri vaikeuttanut suoraviivaista tasaista etenemistä. Vastaavaan tulokseen tuskin päästään vaikeakulkuisessa maastossa ja puuston ollessa tiheä, sillä nopeusvaihtelut ja levitinlaitteen heilunta vaikuttavat voimakkaasti levitystasaisuuteen.

Lentolevitys suoritettiin kertalevityksenä, lentolinjan noudattaessa saran keskiliinjaa.

Ojiin lannoitetta ei todettu sanottavasti joutuneen (vrt. Virtanen & Ylinen 1977, s. 11). Lannoitemäärän jakautuma saralle oli kuitenkin varsin epätasainen, keskiosan sarkaa saadessa lannoitetta huomattavasti enemmän kuin reunojen. Keskimääräinen poikkeamaprosentti oli sekä jauhemaisen että rakeisen lannoitteen levityksessä 70—75 %. Lentolevitystä ajatellen jauhemainen PK-lannos oli myös varsin herkkää ajautumaan, joten sen käytöstä ollaan nykyään lähes kokonaan luovuttu.

Levityksen yhteydessä todettiin myös, että levitinlaitteiden teho ei ollut riittävä kertalevitystä ajatellen ja laitteen toiminta suurella annostuksella 30 kg/sek oli vajaatehoista. Hyvään työjälkeen pääseminen olisikin edellyttänyt selvästi käytettyä pienempää kertannostusta ja 2—3 käsittelyä.

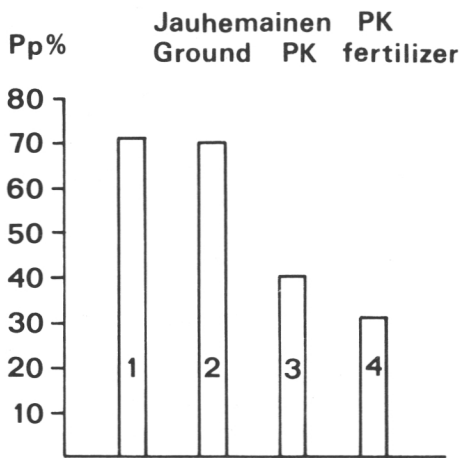
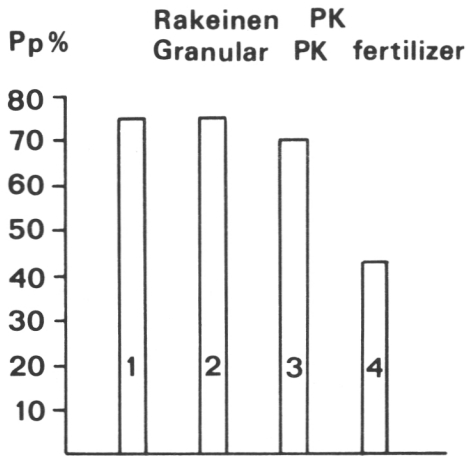
#### 32. Puuston kasvu ja levitysmenetelmä

Kuten aikaisemmin (s. 5) on todettu, koealueena käytettiin verraten niukkaravinteista isovarpuista rämettä, jonka puuston elpymiskyky oli heikohko. Ilmeisesti tästä johtui, että lannoituksen vaikutus puuston kasvuun jäi useimmilla koealoilla suhteellisen pieneksi.

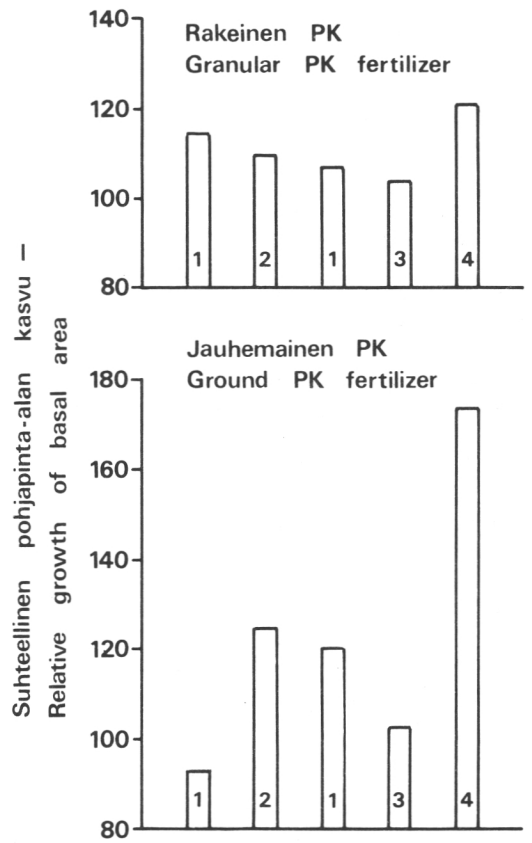
Käytettäessä rakeista PK-lannosta saatiin ns. optimi käsinlevityksellä suurin kasvunlisäys (kuva 3). Normaali käsinlevitys oli hieman parempi menetelmä kuin lentokonelevitys tai moottorikelkkalevitys. Eri käsittelyjen väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Jauheista PK-lannosta käytettäessä optimi käsinlevitys oli selvästi muita parempi levitysmenetelmä. Normaali käsinlevitys vaikutti tehokkaammin puuston kasvuun kuin moottorikelkkalevitys, mutta heikommin kuin lentokonelevitys. Optimi käsinlevityksen ero sekä lentokonelevityksen vertailuna olleeseen käsinlevitykseen että moottorikelkkalevitykseen nähden oli merkitsevä.





Kuva 2. Keskimääräinen poikkeamaprosentti (Pp) eri levitysmenetelmiä käytettäessä.  
Fig. 2. Mean deviation percentage (Pp) when using different spreading methods.  
1 = käsinlevitys, hand-spreading, 2 = lentolevitys, aerial spreading, 3 = moottorikelkkalevitys, snowmobile spreading, 4 = optimi käsinlevitys, optimal hand-spreading.



Kuva 3. Puuston kovarianssilla korjattu suhteellinen kasvu eri levitysmenetelmiä käytettäessä (lannoittamaton = 100).  
Fig. 3. Covariance corrected relative growth of basal area by fertilization using different spreading methods (unfertilized = 100).  
1—4 = ks. kuva 2, see fig. 2.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Tulokset osoittavat, että käytettäessä lentokonelevitystä tai moottorikelkkalevitystä, voidaan päästä ainakin yhtä hyvään lannoitustasaisuuteen kuin levitettäessä lannoite käsin normaalina käytännön työnä. Lannoitustasaisuutta voidaan edelleen parantaa tavanomaisiin käytännön menetelmiin verrattuna, jos sama alue käsitellään useammin kuin kerran, esimerkiksi levittämällä lannoite käsin kahteen kertaan ristiinlevityksenä. Tämän tutkimuksen koealoilla levitystasaisuutta kuvaava poikkeamaprosentti aleni huolellista käsinlevitystä käytettäessä käytännön töissä tavallisesta 60—70 %:sta 30—40 %:iin.

Lannoitustasaisuuden perusteella arvostellen sekä käsinlevitys, lentokonelevitys että moottorikelkkalevitys soveltuvat turvemaiden metsänlannoitukseen, mikäli kutakin menetelmää käytetään sille hyvin sopivassa kohteessa. Tätä käsitystä tukevat myös puuston kasvua koskevat mittaustulokset. Niiden mukaan kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta oli jokseenkin yhtä hyvä kaikkia mainittuja menetelmiä käytettäessä. On tosin otettava huomioon, että levitettäessä koneellisesti jauhemaista PK-lannosta sen sisältämä fosfori ja kalium jakautuvat maastoon eri tavalla (vrt. Karsisto 1973, Virtanen 1975), mikä puo-

lestaan voi muuttaa eri ravinteiden välistä suhdetta aikaa myöten puiden kasvulle epäedulliseen suuntaan. Kun jauhemaista PK:ta käytetään nykyisin varsin vähän, ei tällä kysymyksellä ole kuitenkaan enää mainittavaa käytännöllistä merkitystä.

Ns. optimi käsinlevityksen koealoilla, joille lannoitteet levitettiin tasaisimmin, puuston kasvu lisääntyi selvästi eniten. Tämän mukaan lannoitustasaisuutta parantamalla on mahdollista tehostaa lannoituksen vaikutusta turvemaidella samaan tapaan kuin kivennäismailla (vrt. Paavilainen ja Virtanen 1977).

Puuston kasvun heikko elpyminen lannoituksen jälkeen monilla tämän tutkimuksen koealoilla on jälleen osoitus siitä, että lannoituskohteiden oikea valinta on eräs tärkeimmistä kysymyksistä turvemaiden metsänlannoituksessa. Isovarpuinen räme on sekä edellä esitettyjen että aikaisempien tutkimustulosten mukaan niin karu kasvupaikka, että sen lannoituksessa tulisi yleensä käyttää fosforin ja kaliumin lisäksi myös typpeä (vrt. Paavilainen 1972b, 1977). Voimakkaan lannoitusreaktion edellytyksenä on myös, että puusto on riittävän elpymiskykyistä (esim. Paavilainen 1968).

## 5. KIRJALLISUUSLUETTELO

- ARMSON, K.A. 1972. Fertilizer distribution and sampling techniques in the aerial fertilization of forests. Univ. of Toronto. Fac. of Forest Techn. Rep. 11.
- BALLARD, F. & WILL, G.M. 1971. Distribution of aerially applied fertilizer in New Zealand forests. N.Z. Jour. For. Sci. 1971(1):50—59.
- ERKEN, T. & FAHLROTH, S. 1967. Gödslingsförsök på fastmark. Skogen 1967(24):626—628.
- HAGNER, S., JOHANSSON, S., SARASTE, J. & ÅHGREN, A. 1966. Virkesframställning genom skogsgödsling. Svenska Skogsvård Förbund. Tidskr. 1966(2):101—171.
- HUIKARI, O. & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsän lannoitus. 2. painos. 68 s. Helsinki.
- KARSISTO, K. 1973. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. Pyhäkosken tutkimusaseman tiedonantoja 5/1973.
- MILLER, R. 1966. Simultaneous statistical inference. London.
- PAARLAHTI, K. & RAVELA, H. 1973. Kuutiomäärän, kasvun ja puutavaramäärän laskennan ATK-ohjelma. Moniste.
- PAAVILAINEN, E. 1968. Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta. Summary: On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. Folia For. 43:1—15.
- 1972a. Lannoitteiden lentolevityksen tasaisuudesta. Metsäntutkimuslaitos. Suontutkimusosaston tiedonantoja 3. Moniste.
- 1972b. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus männyn kasvuun metsäoijitetuilla soilla. Commun. Inst. For. Fenn. 77(3):1—46.
- 1977. Jatkolannoitus vähäravinteisillä rämeillä. Ennakkotuloksia. Summary: Refertilization on oligotrophic pine swamps. Preliminary results. Folia For. 327:1—32.
- & VIRTANEN, J. 1977. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä. Summary: Effect of spreading method on forest fertilization results. Folia For. 297:1—15.
- STRAND, R. 1970. A brief review of the biological and economic basis for forest fertilization and some environmental problems associated with the practise. Forest Fert. Res. Rep. 18 Olympia. Wash., s. 48—55.
- VIRTANEN, J. 1975. Lannoitustasaisuus metsänlannoituksessa. Summary: Spreading evenness in forest fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 86(1):1—72.
- 1976. Lannoitustasaisuus lentolannoituksessa. Summary: Spreading evenness in aerial fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 90(2):1—88.
- & YLINEN, M. 1977. Ojitusalueiden lentolannoitus. Summary: Aerial spreading of fertilizers on peatlands. Folia For. 305:1—18.







ODC 237.4  
ISBN 951-40-0377-2  
ISSN 0015-5543

PAAVILAINEN, E. & VIRTANEN, J. 1979. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands. *Folia For.* 382:1—10.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase by fertilization in stands growing on peatlands. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and snowmobile spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.  
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 237.4  
ISBN 951-40-0377-2  
ISSN 0015-5543

PAAVILAINEN, E. & VIRTANEN, J. 1979. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands. *Folia For.* 382:1—10.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase by fertilization in stands growing on peatlands. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and snowmobile spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.  
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 237.4  
ISBN 951-40-0377-2  
ISSN 0015-5543

PAAVILAINEN, E. & VIRTANEN, J. 1979. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands. *Folia For.* 382:1—10.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase by fertilization in stands growing on peatlands. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and snowmobile spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.  
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.

ODC 237.4  
ISBN 951-40-0377-2  
ISSN 0015-5543

PAAVILAINEN, E. & VIRTANEN, J. 1979. Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä turvemaalla. Abstract: Effect of spreading method on forest fertilization results on peatlands. *Folia For.* 382:1—10.

The aim of this study has been to determine the spreading evenness given by different spreading methods and its subsequent effect on the growth increase by fertilization in stands growing on peatlands. The spreading methods investigated in this study have been the so-called optimal hand-spreading and normal hand-spreading, aerial spreading and snowmobile spreading.

Authors' addresses:

Paavilainen, E.: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17.  
Virtanen, J.: The Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Experimental Station for Forest Regeneration, SF-77800 Iisvesi.



- No 335 Juutinen, Paavo: Kuitupuupinot pystynävertäjän (*Tomicus piniperda* L.) lisääntymispaikkoina Pohjois-Suomessa.  
Pulpwood stacks as breeding sites for pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* L.) in northern Finland.
- No 336 Kärkkäinen, Matti: Menetelmiä likipituisten kuitupuupölkkyjen keskipituuden mittaamiseksi  
Methods for measuring the average length of pulpwood bolts estimated during logging by eye.
- No 337 Kuusela, Kullervo & Salminen, Sakari: Koillis-Suomen metsävarat vuonna 1976 ja Lapin metsävarat vuosina 1970 ja 1974—76.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Koillis-Suomi in 1976 and Lappi in 1970 and 1974—76.
- No 338 Lähde, Erkki: Välivarastoinnin vaikutus männyn paakkutaimien viljelyn onnistumiseen.  
Effect of intermediate storage of containerized Scots pine planting stock on reforestation success.
- No 339 Teivainen, Terttu: Eräiden poppelikloonien myyrätuhoalttius ruokintakokeiden mukaan.  
Resistance of some poplar clones to vole damage through feeding experiments.
- No 340 Laitinen, Jorma & Takalo, Sauli: Kantokäsittelylaittein varustettujen raivaussahojen vertailua.  
Comparison of clearing saws equipped with stump spraying devices.
- No 341 Uusvaara, Olli: Teollisuushakkeen ja purun painomittaus.  
Weight scaling of industrial chips and sawdust.
- No 342 Hakkila, Pentti: Pienpuun korjuu polttoaineeksi.  
Harvesting small-sized wood for fuel.
- No 343 Paavilainen, Eero: PK-lannoitus Lapin ojitetuilla rämeillä. Ennakkotuloksia.  
PK-fertilization on drained pine swamps in Lapland. Preliminary results.
- No 344 Lehtonen, Irja, Pekkala, Osmo & Uusvaara, Olli: Tervalepän (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) ja raidan (*Salix caprea* L.) puu- ja massateknisiä ominaisuuksia.  
Technical properties of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and great willow (*Salix caprea* L.) wood and pulp.
- No 345 Metsätalastollinen vuosikirja 1976.  
Yearbook of Forest Statistics 1976.
- No 346 Parviainen, Jari: Taimisto- ja riukuvaiheen männikön harvennus.  
Durchforstung im Kiefernbestand in der Jungwuchs- und Stangenholzphase.
- No 347 Vuorinen, Heikki: Metsätraktorin kuljettajan kuormittumisen mittaamahdollisuudet.  
Possibilities of measuring the strain on forest tractor drivers.
- No 348 Löytyniemi, Kari: Metsänlannoituksen vaikutuksesta ytimenävertäjiin (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).  
Effect of forest fertilization on pine shoot beetles (*Tomicus* spp., Col., Scolytidae).
- No 349 Metsämuuronen, Markku, Kaila, Simo & Räsänen, Pentti K.: Männyn paakkutaimien alkukehitys vuoden 1973 istutuksissa.  
First-year planting results with containerized Scots pine seedlings in 1973.
- No 350 Oikarinen, Matti: Viljelymetsiköiden puuston vaihtelu ja kasvukoealojen edustavuus.  
Variations in growing stock in cultivated stands and the representation of growth sample plots.
- No 351 Heikkilä, Risto: Mäntykuitupuupinojen suojaaminen pystynävertäjän iskeytymistä vastaan Pohjois-Suomessa.  
Protection of pine pulpwood stacks against the common pine-shoot beetle in northern Finland.
- No 352 Saramäki, Jussi: Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus.  
Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland.
- 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 latvuskerrosten puiden kasvuun mustikka-tyypin 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 Ryytänen, 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 koivuviulun saannosta.  
Empirical results on birch veneer yield.
- No 369 Laitinen, Jorma: Raivaussahojen kantokäsittelylaitteiden vertailu filmianalyysillä.  
Comparing clearing saw sprayers with film analysis.
- No 370 Kärkkäinen, Matti: Pienten kuusitukkien mittaus.  
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 Suomenniemen ja Savitaipaleen kunnissa.  
*Phlebia gigantea* and *Heterobasidion annosum* in pine stumps on cutting areas in Suomenniemi and Savitaipale.
- No 374 Kalaja, Hannu: Pienpuun korjuu TT 1000 F palstahakkuurilla.  
Harvesting small-sized trees with terrain chipper TT 1000 F.
- 1979 No 375 Metsätalastollinen 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.
- 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 hyönteistuhousta.  
On insect damage in young deciduous stands.