

FOLIA FORESTALIA 305

METSÄNTUTKIMUSLAITOS·INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE·HELSINKI 1977

JAAKKO VIRTANEN JA MIKKO YLINEN

OJITUSALUEIDEN LENTOLANNOITUS

AERIAL SPREADING OF FERTILIZERS
ON PEATLANDS

- 1975
- No 229 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Sahatukkien todellisen kiintomitan määrittämismenetelmät.
Methods for the measurement of softwood sawlogs.
- No 230 Aulikki Kauppila ja Erkki Lähde: Koetuloksia maan käsittelyn vaikutuksesta metsämaan ominaisuuksiin Pohjois-Suomessa.
On the effects of soil treatments on forest soil properties in North-Finland.
- No 231 Olli Uusvaara ja Kari Löytyniemi: Tikaskuoriaisen (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) aiheuttaman vioituksen vaikutus sahatavaran laatuun ja arvoon.
Effect of injury caused by the ambrosia beetle (*Trypodendron lineatum* Oliv., Col., Scolytidae) on sawn timber quality and value.
- No 232 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1965—72 ja metsäteollisuuden raaka-ainenäkömät vuoteen 2000.
Forest balance of Finland in 1965—72 and the prospects of industrial wood until 2000.
- No 233 Jouko Laasasenaho: Runkopuun saannon riippuvuus kannon korkeudesta ja latvan katkaisuläpimitasta.
Dependence of the amount of harvestable timber upon the stump height and the top-logging diameter.
- No 234 Olli Uusvaara ja Veijo Heiskanen: Sahanhakkeen valmistus, käsittely, mittaus ja laadunmääritys Suomessa.
Preparation, handling, measurement and quality determination of sawmill chips in Finland.
- No 235 Seppo Kaunisto: Jyrsintämuokkaus ja lannoitus männyn ja kuusen kylvön yhteydessä turvemaalla.
Rotavation and fertilization in connection with direct seeding of Scots pine and Norway spruce on peat. Greenhouse experiments.
- No 236 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Kuitupuupinon kiintotilavuuden määrittystä koskevia tutkimuksia. Mutkainen lehtikuitupuun, järeä kuitupuun sekä likipituinen havukuitupuun. Studies on the determination of the solid volume of a pulpwood pile. Crooked broadleaved pulpwood, large-sized pulpwood and coniferous pulpwood of approximate length.
- No 237 Markku Mäkelä: Oksaraaka-aineen kasaus ja kuljetus.
Bunching and transportation of branch raw material.
- No 238 Mirja Ruokonen: Lehtien kautta annetun fenoksiherbisidin käyttäytyminen kasvilla. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
The behaviour of leaf-applied phenoxy-herbicides in plants. A study based on literature.
- No 239 Eero Paavilainen: Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikossa.
On the response to fertilizer application of Norway spruce growing on peat.
- No 240 Pentti Hakkila, Hannu Kalaja ja Markku Mäkelä: Kokopuunkäyttö pienpuuongelman ratkaisuna.
Full-tree utilization as a solution to the problem of small-sized trees.
- No 241 Victor Ipatiev ja Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutuksen kestoaikea vanhassa tupasvilliarämeen männikössä.
Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cuttongrass pine swamp.
- No 242 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen vyöhykekasausmenetelmää käytettäessä.
The effect of bunching into zones on productivity and strain of the worker cutting pulpwood.
- No 243 Paavo Valonen: Tekomiehen fyysinen kuormitus kehittyneissä työvaltaisissa kuitupuun tekomenetelmissä.
The physical strain on the logger in advanced labour intensive pulpwood preparation methods.
- No 244 Eero Lehtonen: Kourakuormauksen oppiminen.
Learning of grapple loading.
- No 245 Pentti Nisula: Kantoloukku.
Stump Crusher.
- No 246 Hans G. Gustavsen ja Erkki Lipas: Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä.
Effect of nitrogen dosage on fertilizer response.
- No 247 Yrjö Vuokila: Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana.
Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production.
- No 248 Timo Kurkela ja Yrjö Norokorpi: Kuusen lumikaristesienen (*Lophobacidium hyperboreum* Lagerb.) esiintyminen Suomessa.
Occurrence of spruce snow blight fungus, *Lophobacidium hyperboreum* Lagerb. in Finland.
- No 249 Pentti Hakkila ja Markku Mäkelä: Pallarin vesakkoharvesteri.
Pallari Bushharvester.
- 1976
- No 250 Veijo Heiskanen ja Pentti Rikkinen: Havusahatukkien kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount in coniferous sawlogs and factors affecting it.
- No 251 Veijo Heiskanen: Havusahatukkeja koskevia arvolaskelmia vuosina 1974—1975.
Value calculations for softwood sawlogs in 1974—1975.

FOLIA FORESTALIA 305

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1977

Jaakko Virtanen ja Mikko Ylinen

OJITUSALUEIDEN LENTOLANNOITUS

Aerial spreading of fertilizers on peatlands

SISÄLLYS

	Sivu
ALKUSANAT	3
1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ	6
21. Aineiston keräys ja koejärjestelyt	6
22. Näytteenotto- ja mittausmenetelmä	6
23. Lannoitustasaisuuden tunnusluvut	8
3. TULOKSET	9
31. Levitystulokseen vaikuttavat tekijät	9
Maasto- ja tuuliolot	9
Lentotekniikka	10
32. Lannoitustasaisuus	11
33. Ojat ja piennaralueet	11
34. Ojitusalueiden optimaalinen lentolannoitus	11
4. TULOSTEN TARKASTELU	14
41. Tulosten tarkkuus	14
42. Tulokset ja niihin vaikuttavat tekijät	15
43. Fosforin huuhtoutuminen ja vaikutus vesistössä	16
44. Lentolannoituksen suunnittelu ja valvonta	16
KIRJALLISUUS	18

1. JOHDANTO

Nopean teollisen kasvun seurauksena raaka-aineiden käyttö ja tarve ovat viime vuosikymmeninä lisääntyneet voimakkaasti. Koska metsät ja niistä saatava puutavara ovat tärkeimpiä luonnonvarojamme, puuston kasvua ja uudistamista on pyritty nopeuttamaan monin metsänhoidollisin toimenpitein.

Turvemaat muodostavat noin kolmanneksen maamme metsäpinta-alasta. Siksi on ollut luonnollista, että metsänparannustoiminta on juuri näillä alueilla kehittynyt ja lisääntynyt nopeasti. Kun metsiä vuonna 1965 lannoitettiin 20 000 ha, määrä oli vuonna 1974 jo 230 000 ha (Metsätilastollinen vuosikirja 1974, s. 117). Suomi onkin tällä hetkellä yksi johtavia maita metsänlannoitustoiminnassa ja erityisesti turvemaiden lannoituksen osuus on suuri, nousten n. 50 %:iin vuotuisesta metsänlannoitus-alasta.

Metsien nykyiset lannoitusperusteet pohjautuvat koetoiminnan antamiin tuloksiin. Kasviravinteita maahan lisäämällä muutetaan puiden ulkoisia kasvutekijöitä siten, että puuaineena korjattavan sadon määrä nousee. Toimenpide ei vaikuta kuitenkaan ainoastaan puihin vaan kohdistuu kaikkialle ekosysteemiin. Tästä syystä myös ympäristönsuojellinen tutkimuksen tarve on lannoitusten lisääntyessä kasvanut. Turvemailla lannoituksen vesistöjä rehevöittävä vaikutus on noussut keskeiseksi tutkimusaiheeksi, sillä turvemailla on yleensä ojaverkosto, jota pitkin vesi ja mahdolliset huuhtoutuvat ravinteet pääsevät helposti liikkumaan, jolloin pelko lannoituksen vesistöjä rehevöittävästä vaikutuksesta on varsin aiheellinen.

Lannoitteiden levityksessä lentokoneen käyttö on 1970-luvulla lisääntynyt nopeasti. Lentokoneen yleistymiseen ja käyttöön ovat vaikut-

taneet mm. lannoitettavien alueiden laajuus ja huonot tieyhteydet. Lisäksi lentolevitys vaatii vähän ihmistyövoimaa ja on maastosta jokseenkin riippumaton, päivätuotos on suuri ja näin myös kustannukset pienenevät.

Lentolevityksen lannoitustasaisuuden vaikutusta puuston kasvuun on tutkittu Ruotsissa. Hagner ym. (1966, s. 163) ovat todenneet lentolannoituksilla saatujen kasvutulosten saattaneen jäädä 23–29 % heikommiksi kuin käsin lannoitetuilla vertailualueilla. Samaan ovat päätyneet Erké ja Fahlroth (1967). Taloudelliset ja ympäristönsuojelliset näkökohdat ovatkin tehneet lannoitustasaisuuden ja työn tarkkuuden tutkimuksen yhä tarpeellisemmaksi.

Lentolannoituksia käsitteleviä tutkimustuloksia on toistaiseksi varsin vähän. Suomessa on Virtanen (1975, 1976) selvittänyt lannoitustasaisuutta eri levitinlaitteilla. Työskentelyolosuhteiden sekä lentotekniikan vaikutusta työljälkeen ovat tutkineet Gustavsson (1972), Heymann ja Schulz (1973) sekä Rogers ja Rathburn (1964). Lannoitustasaisuuden vaihtelusta lentolannoitustyömaille ovat julkaisseet seurantalutoksia Andreason (1967), Armson (1972), Ballard ja Will (1971), Hagner ym. (1966), Noer (1968) sekä Paavilainen (1972). Lannoituksen vaikutusta turvemailla purkautuvien vesien ravinnepitoisuuteen ovat tutkineet mm. Karsisto (1970, 1974), Karsisto ja Ravela (1971), Särkkä (1970) ja Tamm (1973).

Tämän työn tarkoituksena on selvittää pääasiallisimpia lannoitustulokseen vaikuttavia tekijöitä, ojiin joutuvia lannoitemääriä sekä lannoitustasaisuutta ojitusalueilla.

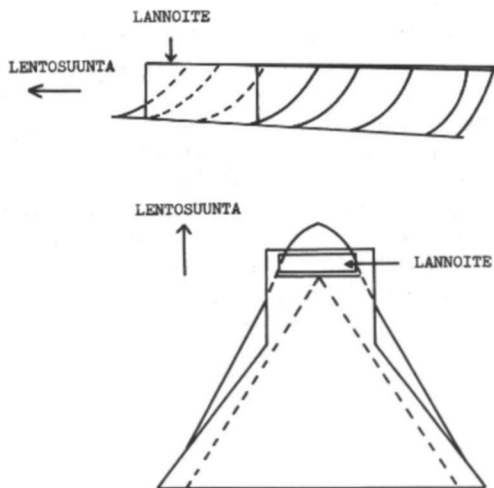
2. AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄ

21. Aineiston keräys ja koejärjestelyt

Tutkimuksen aineisto kerättiin kesäkuussa 1976 Tehdaspuu Oy:n lentolannoitustyömailta. Lisänä ja vertailumateriaalina on käytetty Metsähallituksen työmailta vuosina 1973–1976 kerättyä valvonta-aineistoa.

Mittauskohteiden valinta suoritettiin yhteistyössä lentäjän kanssa tilakartoilta, joihin on merkitty mm. ojat, tiet ja metsikkökuviot. Koska lannoitusalueet ovat varsin laajoja, yhteistyö lentäjän kanssa mittauskohteiden valinnassa ja järjestyksessä osoittautui välttämättömäksi. Riittävän koemateriaalin saamiseksi ja mittauksen onnistumiseksi oli tärkeää, että mittausvälineiden sijoittamisen ja lannoittamisen välinen aika oli mahdollisimman lyhyt. Lopullisen mitta-asteiden sijoittelussa otettiin huomioon myös puusto. Oksiin jäävä lannoitemäärien suuruus vaihtelee ruotsalaisten tutkimusten mukaan varsin paljon sääoloista, vallitsevasta puustosta ja käytetystä lannoitelajista riippuen (mm. Gustavsson 1972, s. 37–43). Sijoittamalla mitta-astiat selviin aukkopaikkoihin vältettiin puuston vaikutus tuloksiin.

Mittauspaikoiksi valitut alueet oli ojitettu selkeää sarkasysteemiä käyttäen. Eri kohteissa suoritettut mitaukset ovat näin vertailukelpoisia ja tuloksille voidaan laskea tilastollisia tunnuksia. Epäsäännöllisten ojitusten ja reuna-alueiden vaikutus lannoitusjälkeen jäi tässä työssä tutkimatta. Mittausolosuhteiden yhtenäistämi-



Kuva 1. Auralevitin, nuoli osoittaa koneen lentosuuntaa.

Figure 1. The plough spreader, the arrow shows the flying direction.

seksi rajoitettiin mahdollisimman kuiviin ja tyyniin sääoloihin.

Tutkimuksessa käytetty lannoite oli Kemiran valmistama rakeinen suometsien PK-lannos, joka sisältää fosforia 19 %, kaliumia 19 %, magnesiumia 0,7 % ja booria 0,2 %. Lannoitteesta olevasta fosforista on 1/3 sitruunahappo- ja 2/3 kivennäishappoliukoista. Lannoitteen rakeet jakautuvat eri raefraktioihin seuraavasti:

ø mm	1–2	2–4	4–6
%	5,7	92,3	2,0

Tutkimuksessa olleet työkohteet lannoitettiin Cessna AGtruck lentokoneella, jonka maksimikuorma on 900 kg. Kone oli varustettu auralevittimellä, joka on rakenteeltaan yksinkertainen potkuri- ja ilmavirralla toimiva levitinlaite (kuva 1).

Tutkimusta varten kerätty aineisto käsittää yhteensä 52 näyteyksikköä. Taulukossa 1 on esitetty koemateriaali jaettuna eri luokkiin.

22. Näytteenotto ja mittausmenetelmä

Tätä tutkimusta varten kehitetty välineistö ja tutkimusmenetelmä perustuvat pääperiaatteiltaan aikaisempiin lannoitustasaisuutta koskeneisiin tuloksiin ja kokemuksiin mitta-astoiden ja niiden sijoittamisen osalta (vrt. Virtanen 1975, Ekberg ja Friberg 1974, Gustavsson 1972). Näytteenotto- ja mittausmenetelmän kehittämisen tarkoituksena on ollut työn nopeuttaminen ja yksinkertaistaminen, koska mittauksen tarve on lisääntynyt ja vakinaista, kokenutta työryhmää ei aina ole mahdollista käyttää. Menetelmä on tarkoitettu sekä kangas- että turvemaiden lentolannoitusten tarkkailuun.

Taulukko 1. Tutkimuksessa kerätty koemateriaali. Table 1. The material of the study.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Lentokorkeus, m Flying height, m	Mittasarjoja, kpl Number of measuring equipment series
45	25	2
45	20	7
45	15	3
40	25	8
40	20	19
40	15	5
35	25	5
35	20	3
		Yht. 52

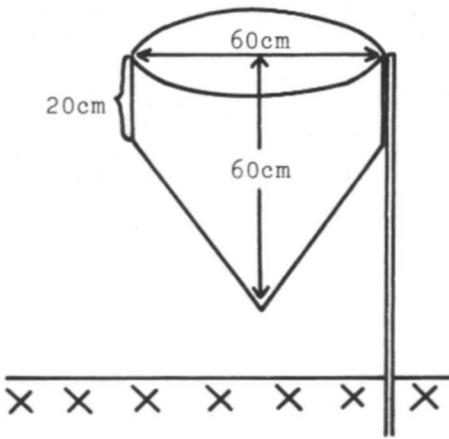
Aikaisemmissa tutkimuksissa on tulosten määrä laskettu yleensä punnitsemalla tai seula-analyysiä käytämällä, jolloin on laskettu eri fraktioihin kuuluvien rakeiden määrä. Tässä työssä lannoitemäärät on laskettu tilavuuden perusteella, mutta tulosten tarkkuuden säilyttämiseksi on mitta-astioiden kokoa jouduttu suurentamaan. Vaikka nyt suoritettu lannoitustarkkailu koski vain rakeista PK-lannosta, mittausten menetelmä ja -välineet on tarkoitettu myös oulunsalpietarin ja urean tarkkailuun.

Lentokorkeuden tarkka määrittäminen maasto-oloissa oli melko vaikeata, käytetystä lentokorkeudesta sovittiin lentäjän kanssa ja maastossa lentokorkeutta tarkkailtiin vain silmämääräisesti. Punnituskokeilla selvitettiin tarvittavan mittalasin koko ja mittaustarkkuus. Sopivaksi läpimitäksi havaittiin 15 mm. Lisäksi todettiin, että lasin ravisteleminen aiheuttaa epätarkkuutta, koska lannoitepinnan laskeuma vaihteli 0,5–1,5 cm. Taulukossa 2 on esitetty tulokset eri lannoitteiden tiheydestä läpimitaltaan 15 mm:n mittalasia käyttäen ja sitä ravistelematta.

Mitta-astian pinta-ala määrättiin laskennallisesti siten, että lannoitetta saadaan mittalasiin sen luettavuuden kannalta riittävästi. Laskennassa osoittautui

Taulukko 2. Lannoitteiden tiheys (mittalasi Ø 15 mm)
Table 2. Fertilizer density (measuring glass Ø 15 mm)

Lannoite Fertilizer	Keskimäärin g/cm On the average g/cm
Suo PK – PK fertilizer for peatland forests	2,23
Oulunsalpietari – Oulu saltpeter	1,83
Urea	1,37



Kuva 2. Näytteenottosuppilo.
Figure 2. Sampling funnel.

0,28 m²:n suuruinen suppilo sopivaksi. Astian halkaisija on tällöin 60 cm. Mikäli käytetään alle 60 cm halkaisijaltaan olevaa suppiloa, tulee lannoitetta varsinkin ojen ja suoja-alueiden kohdalla liian vähän mittalasiin, jotta tulos olisi luettavissa. Kuvassa 2 on esitetty mittauksissa käytetty näytteenottosuppilo ja kuvassa 3 mittalasi.

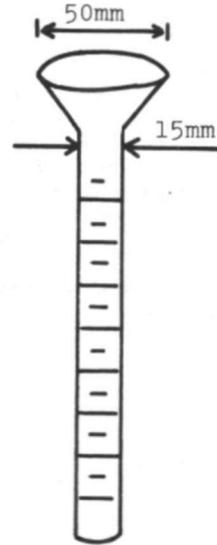
Ojiin joutuvan lannoitemäärän ja lannoituksen tasaisuuden tarkkailu suoritettiin seuraavasti: Kymmenen suppiloon sarja, joka muodosti yhden näytteenottoyksikön, sijoitettiin kohtisuoraan saran ja lentolinjan poikki 2,5 ja 5 metrin välein kuvan 4 osoittamalla tavalla.

Suppilot sijoitettiin riivin välttämällä kuitenkin latvusten peittovaikutus. Mittauksia pyrittiin suorittamaan kultakin alueelta vähintään 3–4 saralta. Lannoitemäärät mitattiin välittömästi levityksen tapahduttua ja tarkkailulomakkeeseen merkittiin saadut tulokset. Työskentely maastossa tapahtui kahden hengen ryhmänä, jolloin voitiin kuljettaa käytettävissä olleita 70:tä suppiloa sekä tehdä niillä mittaukset.

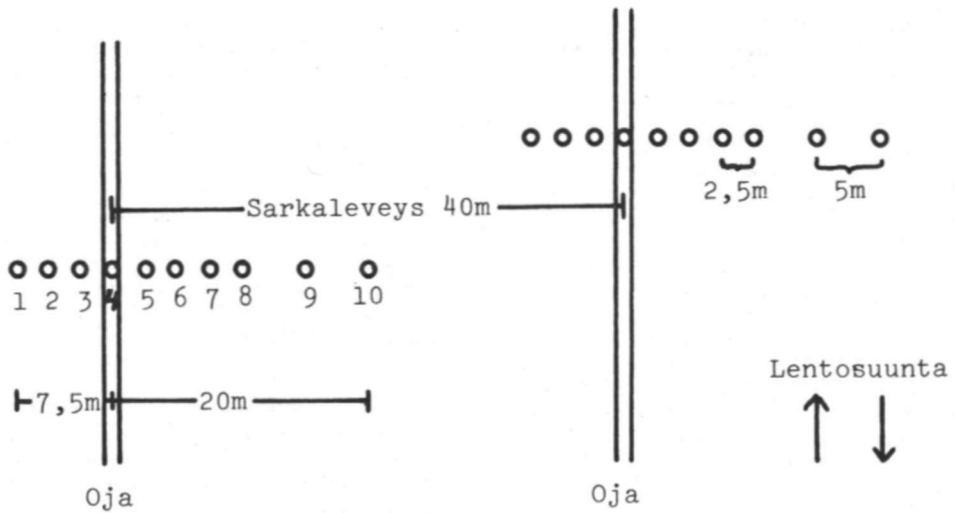
Suppiloiden levittäminen, näytteiden mittaaminen ja välineiden kokoaminen sujui varsin joustavasti. Yhteistoiminta lentäjän kanssa vaikutti ratkaisevasti mittausten keston kokonaisuuteen.

Tyynissä, kuivissa sääolosuhteissa ei mittaukselle ollut haittaa, vaikka suppiloiden annettiin olla maastossa useita tunteja. Sen sijaan jo vähäinkin ilman kosteus pilasi näytteet ja suppilot oli kuivattava perusteellisesti. Suuresta pinta-alasta ja kevyestä materiaalista johtuen suppilot olivat varsin alttiita myös tuulelle.

Tässä työssä saatujen tulosten vertailussa käytetyn Metsähallituksen lentolannoitustyömailta kerätyn aineiston mittausten menetelmä on ollut jonkin verran



Kuva 3. Mittalasi.
Figure 3. Measuring glass.



Kuva 4. Näytteenottosuppiloiden sijoittaminen ojitetulla suolla.
 Figure 4. Placement of sampling funnels on drained peatland.

poikkeava. Tarkkailu on kohdistunut pääasiassa levityksen tasaisuuden mittaamiseen. Tunnuslukuja laskettaessa ei ole otettu huomioon, että ojiin ja piennaralueille ei saisi lannoitetta levitäkään. Mitta-astioiden suupinta-ala on ollut vain $2,5 \text{ dm}^2$ ($\varnothing 17,9 \text{ cm}$) ja tulokset on laskettu seula-analyysiä käyttäen. Yhden näytteenottoyksikön 21 suppiloa on asetettu kohtisuoraan lentosuuntaa vastaan 2 metrin välein. Mittauspaikka ei ollut lentäjän tiedossa (ks. Virtanen 1975, s. 11–16).

23. Lannoitustasaisuuden tunnusluvut

Lannoitustasaisuuden määrittämisessä käytettävistä menetelmistä on erotettavissa käytännön työmaiden lannoitustasaisuuden kuvaamiseen soveltuvat ja levitinlaitteiden testaukseen soveltuvat menetelmät, joskaan ero ei ole aina selvä. Puhtaasti käytännön lannoitustasaisuuden tarkkailuun käytettäviä menetelmiä ovat "half-value" -menetelmä (Ballard ja Will 1971, s. 57–58) ja tasaisuuslukumenetelmä (Virtanen 1975, s. 18).

Tässä työssä on tasaisuuden kuvaajana käytetty "half-value" -menetelmästä kehitettyä poikkeamapro-

senttimenetelmää. Poikkeamaprosentti (P_p) muodostuu yli $\pm 50\%$ tavoitemäärästä poikkeavien näytteiden osuudesta kokonaisnäytemäärästä.

$$P_p = \frac{\text{Näytteet (kpl) yli } \pm 50\% \text{ tavoitemäärästä (kg/ha)}}{\text{kokonaisnäytemäärä (kpl)}} \cdot 100 (\%)$$

Näin määrätyn ala- ja yläraja-arvon käyttöä puolestaa se, että PK-lannoituksella saatava kasvureaktio on suurimmillaan noin 500 kg/ha (Heikurainen 1973, s. 411) eikä suurempien lannoitemäärien käyttö juuri lisää puuston kasvua. Kun esimerkiksi 40 metriä leveän saran levitystavoite on 600 kg/ha , poikkeamaprosenttimenetelmän mukaan $300\text{--}900 \text{ kg/ha}$ välillä olevat lannoitemäärät ovat sallittuja. Yläraja on varsin korkea ja johtuu siitä, että Tehdaspuu Oy:n työmailla on lannoittamatta jätettävien ojien ja piennaralueiden osuus siirretty käytettäväksi saran keskialueella. Toimenpiteelle ei ole olemassa biologisia eikä taloudellisia perusteita, mutta tuloksia on arvoiteltava sen mukaan, millaiset ohjeet lentäjällä on ollut.

3. TULOKSET

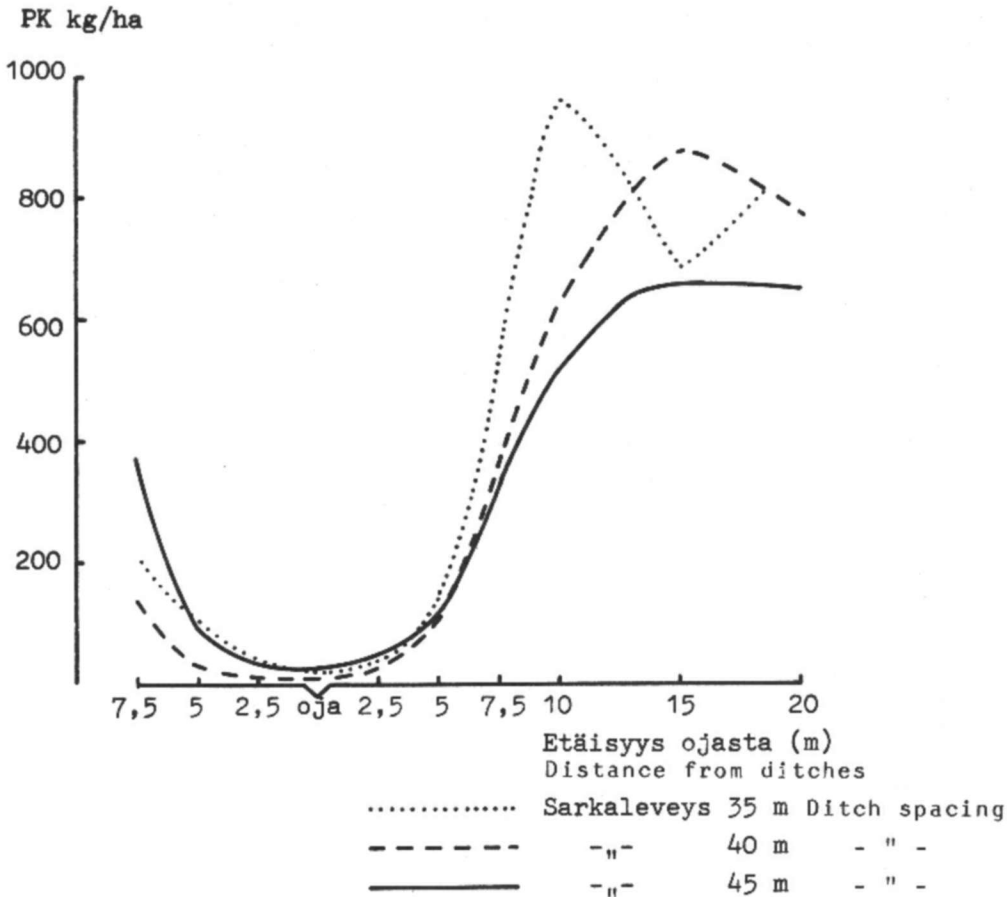
31. Levitystulokseen vaikuttavat tekijät

Maasto- ja tuuliolot

Lentolannoituksen tulos riippuu monista usein varsin vaikeasti mitattavista tekijöistä. Vaikka lannoitteiden ja levitinlaitteiden ominaisuudet pysyvät eri levityskerroilla vakioina, maaston, lentotekniikan ja sääolojen muutokset aiheuttavat vaihtelevia tuloksia.

Lentotarkkuutta, lentojen lukumäärää sarkaa kohden sekä levittimen soveltuvuutta tutkittiin eri sarkaleveyksillä. Kuvassa 5 on esitetty keskimääräinen levitystulos 35, 40 ja 45 metrin saroilla.

Tulosten perusteella levitysjälki on sarka-



Kuva 5. Sarkaleveyden vaikutus levitystulokseen. Lentokorkeus 15–20 m.
Figure 5. Effect of ditch spacing on spreading outcome. Flying height 15–20 m.

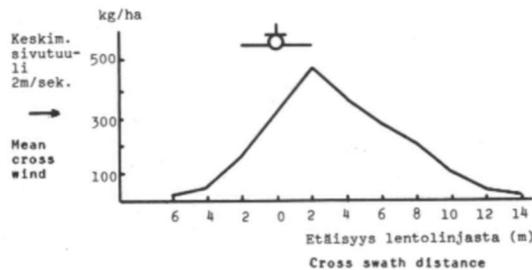
leveyden lisääntyessä tasoittunut. Kapeimmalla 35 metrin saralla lannoite on kasaantunut voimakkaasti noin 10 metriä ojasta olevalle alueelle. Lannoitemäärä ylittää tällä kohdalla selvästi tavoitteena olevan määrän. Leveimmällä 45 metrin saralla lannoitemäärät ovat ohjeiden mukaiset ja levitysjälki on tasainen. 40 metrin saralla levitystarkkuus on ollut erittäin hyvä ojiin menneen määrän oltua vain 1 kg/ha.

Tutkimuksessa eri sarkaleveyksillä suoritettu tarkkailu tapahtui pitkällä selkeillä sarkasysteemeillä. Yksittäisiin sarkoja leikkaaviin ja mutkitteleviin ojiin joutui sama määrä lannoitetta kuin saroillekin. Tällaisissa tapauksissa lannoitteen joutumista ojiin näyttää olevan mahdotonta välttää.

Lentolannoituksessa lentolinjojen suunta määräytyy yleensä käsiteltävän alueen muodon perusteella ja suurilla työmailla on mahdollista valita levityshetkellä vallitsevaan tuulensuuntaan sopiva alue. Koska ojitusalueilla lentosuunta määräytyy sarkaojien mukaan, lennetään usein epäedullisissa tuuliolosuhteissa.

Virtanen (1976, s. 47) on koeolosuhteissa mitannut tuulen vaikutusta levitysjälkeen. Levitystuloksen kannalta koneen lentosuunnalla ei ole kovin suurta merkitystä, kun tuulen nopeus on alle 2 m/s. Myötä- tai vastatuulella vasta yli 5 m/s puhaltava tuuli vaikuttaa tasaisuutta heikentävästi. Sivutuulen vaikutuksesta lannoitejakautuma poikkisuuntaisessa profiilissa tuulen myötäinen sivu loivenee ja tuulen puoleinen jyrkkenee. Kuvassa 6 on esitetty sivutuulen (2 m/s) vaikutus levityskaistan lannoitejakautumaan (Virtanen 1976, s. 49).

Ojitusalueilla on sivutuuli otettava vakavasti huomioon, sillä jo pienikin lannoitteen ajautu-



Kuva 6. Sivutuulen vaikutus levityskaistan lannoitejakautumaan.

Figure 6. Effect of cross wind on the lateral distribution pattern.

minen lisää ojiin joutumisen vaaraa. Lisäksi sivutuulen vaikutuksesta lentotarkkuus kärsii ja aiotulla lentolinjalla pysyminen vaikeutuu.

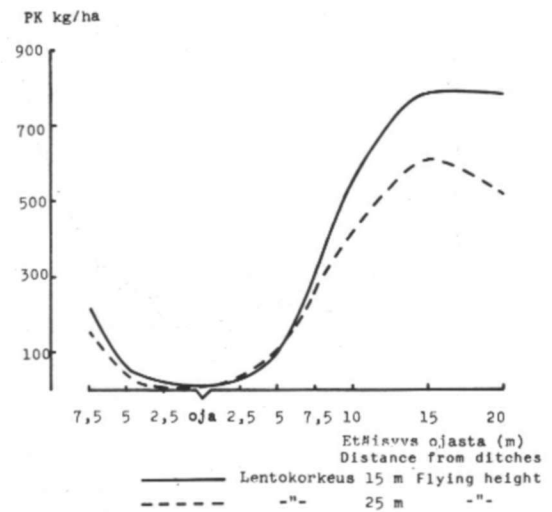
Lentotekniikka

Levitystyössä käytettävä lentokorkeus riippuu suurelta osin lannoitettavan alueen puuston valtapituudesta. Tavoitteena on lentää mahdollisimman lähellä latvusta, jolloin levitystarkkuus paranee ja voidaan välttää tuulen vaikutus levitystulokseen. Reunaesteet, pystysuorat ilmarirrat ja muut turvallisuusnäkökohdat pakottavat pitämään 5–10 metrin välin latvustoon. Käytännössä lentokorkeus ojitusalueilla on noin 10–15 metriä.

Lentokorkeuden vaikutus levitystulokseen on esitetty kuvassa 7.

Lentokorkeudella ei näytä olevan kovin suurta vaikutusta levitystasaisuuteen vielä korkeuksilla, 15 metrin lentokorkeudelta lannoitetut alueet ovat kuitenkin saaneet yleensä suuremmat lannoitemäärät.

Nykyisin käytössä olevat levitinlaitteet ovat kiinteitä ja seuraavat näin lentokoneen asentoa. Tällä levitystulokseen vaikuttavalla tekijällä on merkitystä erityisesti alueilla, joilla ojitussysteemi on sekava ja kone joutuu kallistelemaan seurattessaan sarkoja ja alueiden reunoja.



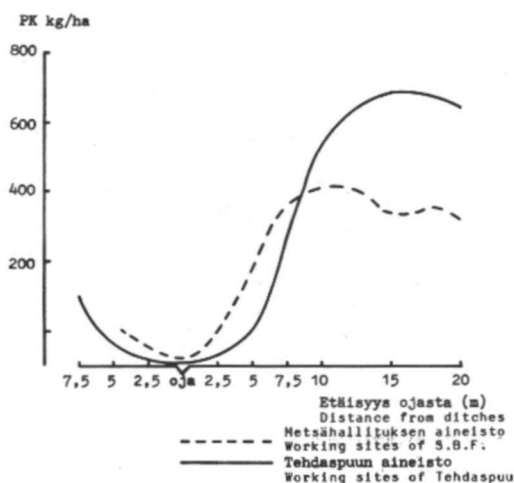
Kuva 7. Lentokorkeuden vaikutus levitystulokseen. Sarkaleveys 40 m.

Figure 7. Effect of flying height on spreading outcome. Ditch spacing 40 m.

Vaakalennossa auralevittimen levityskaista on koneen kummallakin puolella 15 metrin lentokorkeudella noin 8 metriä. Kun kone kallistuu 20° levityskaista levenee noin 3 metriä, mutta lannoitepeitto on kallistuksen puolella puolet kapeampi (6 m) kuin vastakkaisella puolella (12 m). Lannoitemäärät koneen kummallakin puolella pysyvät ennallaan ja maksimi tulee edelleen lentolinjalle (Virtanen 1976, s. 45).

32. Lannoitustasaisuus

Vaikka puut pystyvät ottamaan juuristonsa avulla ravinteita varsin laajalta alalta, lannoitteen tasainen jakautuminen parantaa kasvureaktiota ja on tärkein tavoite myös lentolannoituksessa. Keskimääräinen lannoitemäärä saralla Tehdaspuun ja Metsähallituksen aineiston perusteella on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Keskimääräinen lannoitustasaisuus.
Figure 8. Average fertilizer rates.

Lannoitteen jakautuminen on ollut kohtalaisen tasainen molemmissa aineistoissa. Sensijaan lannoitemäärien suuruus Tehdaspuun kohdalla on huomiota herättävä.

Lannoitustasaisuuden tunnuslukuina käytetyt poikkeamaprosentit eri sarkaleveyksillä on esitetty taulukossa 3. Poikkeamaprosenttia määrittäessä ei 2,5 metrin päähän ojasta ole sallittu tulevan lainkaan lannoitetta ja 5 metrin päähän on sallittu tulevan enintään levitystavoitteen perusteella laskettu alarajojen määrä.

Leveillä 40 ja 45 metrin saroilla lannoitustasaisuus on ollut selvästi parempi kuin 35 metrin saralla. Vaikka tasaisuutta on arvioitu näinkin väljien rajojen perusteella, on useamassa kuin joka neljännessä mittauspölyssä ollut liian vähän tai liian paljon lannoitetta.

33. Ojat ja piennaralueet

Kuvassa 9 on esitetty tässä tutkimuksessa kerätyn (Tehdaspuu) ja Metsähallituksen aineiston perusteella keskimääräiset lannoitemäärät ojissa ja ojien pientareilla, jotka levitysohjeiden mukaan pitäisi jättää lannoittamatta.

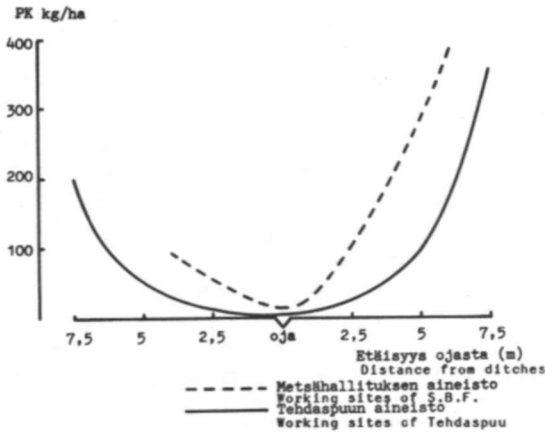
Tehdaspuun antamien ohjeiden mukaan lannoittamatta pitäisi jättää 5 metriä ja Metsähallituksen ohjeiden mukaan 3 metriä ojan molemmin puolin sen keskipisteestä mitattuna. Tehdaspuun työmailla saatua tulosta, jonka mukaan keskimäärin 6 kg/ha levitettävästä lannoitteesta menee selkeisiin sarkaojiin, voidaan pitää pieninä. Metsähallituksen osalta tulos on kolminkertainen ja yhtenä syynä on todennäköisesti se, että lentäjä ei ole nähnyt tarkkailukohteiden paikkoja.

34. Ojitusalueiden optimaalinen lentolannoitus

Seuraavassa esitettävät optimaaliset lannoitusmallit perustuvat käytännön työssä saatuihin

Taulukko 3. Poikkeamaprosentit eri sarkaleveyksillä.
Table 3. Deviation percentages in connection with different ditch spacings.

Sarkaleveys, m Ditch spacing, m	Tavoite, kg/ha Coal, kg/ha	Ala-yläraja, kg/ha Lower-upper limit, kg/ha	Poikkeamaprosentti, % Deviation percentage %
35	630	315–945	42,9
40	600	300–900	26,0
45	580	290–870	27,6



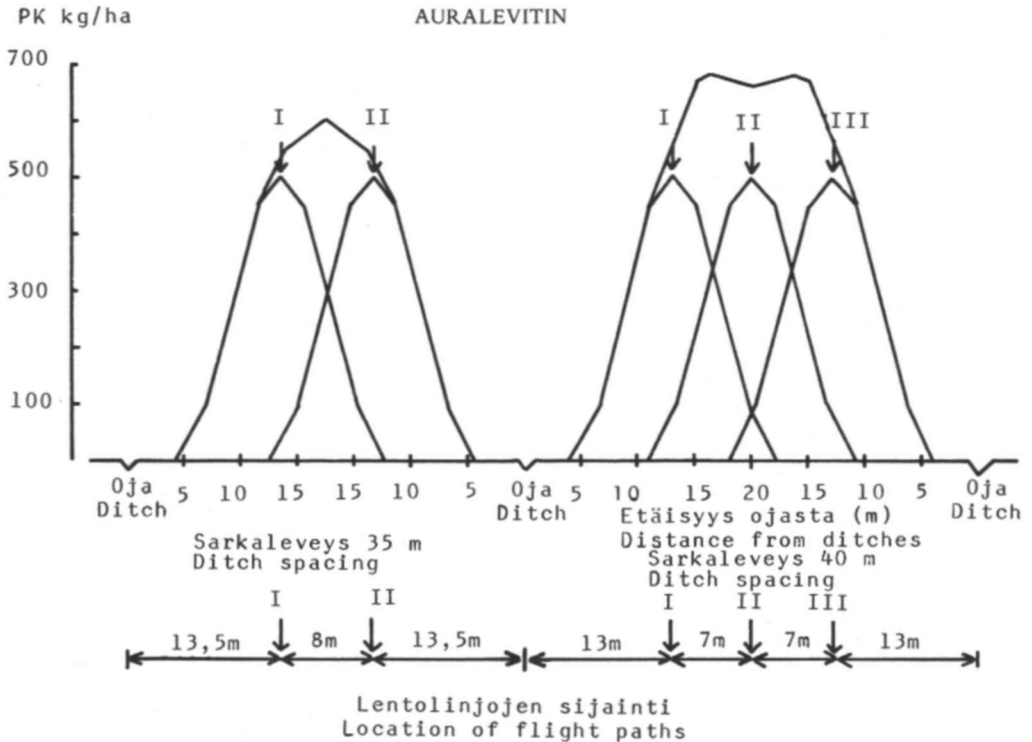
Kuva 9. Keskimääräinen ojaan ja piennaralueelle tullut lannoitemäärä. Lentokorkeus 15–20 m.

Figure 9. Average fertilizer rates drifted into ditches and ditch edges. Flying height 15–20 m.

kokemuksiin sekä ojitusalueilla sovellettuihin, koeolosuhteissa mitattuihin lannoitejakautumasarjoihin (ks. Virtanen 1976, s. 32). Mallit on laadittu 35 ja 40 metrin saroille.

Auralevitin on toistaiseksi yleisin käytössä oleva levitin. Koska sen käyttö tulee lähitulevaisuudessa kuitenkin vähenemään, on mallit laadittu myös yleistyville kanava-, siipi- ja keskipakolevittimille (ks. Virtanen 1976, s. 11–13). Lannoitteena on käytetty yksinomaan rakeista PK:ta, koska jauhemaisen PK:n käytöstä on syytä luopua kokonaan sen huonojen leviämisominaisuuksien johdosta. Lentokorkeutena on 15–20 metriä ja ojien pientareille on jätetty 3–5 metrin suoja-alue.

Optimaalisessa lannoituksessa lentolinjat on sijoitettu siten, että lannoitustasaisuus on mahdollisimman hyvä ja että ojiin ei lannoitetta mene. Jotta saavutettaisiin tavoitteena pidetty hehtaariannostus noin 500 kg/ha (Huikari ja Paavilainen 1972, s. 47), kutakin sarkaa kohden on suoritettava 2–3 lannoitusker-
taa.

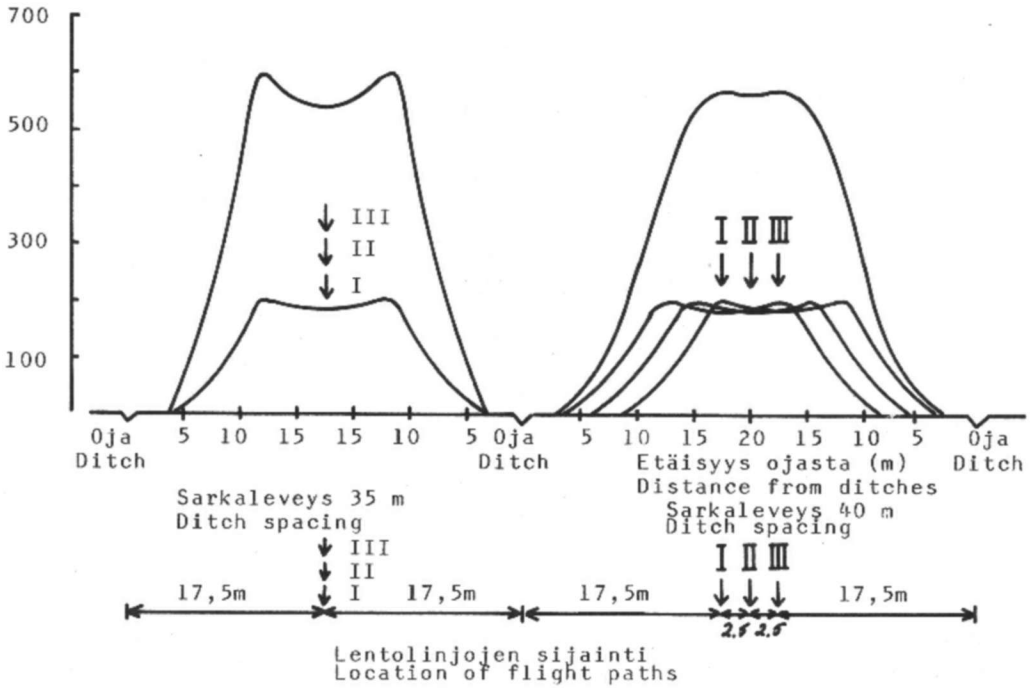


Kuva 10. Optimaaliset lentolinjat auralevittimellä.

Figure 10. Optimum flight paths when using plough spreader.

PK kg/ha

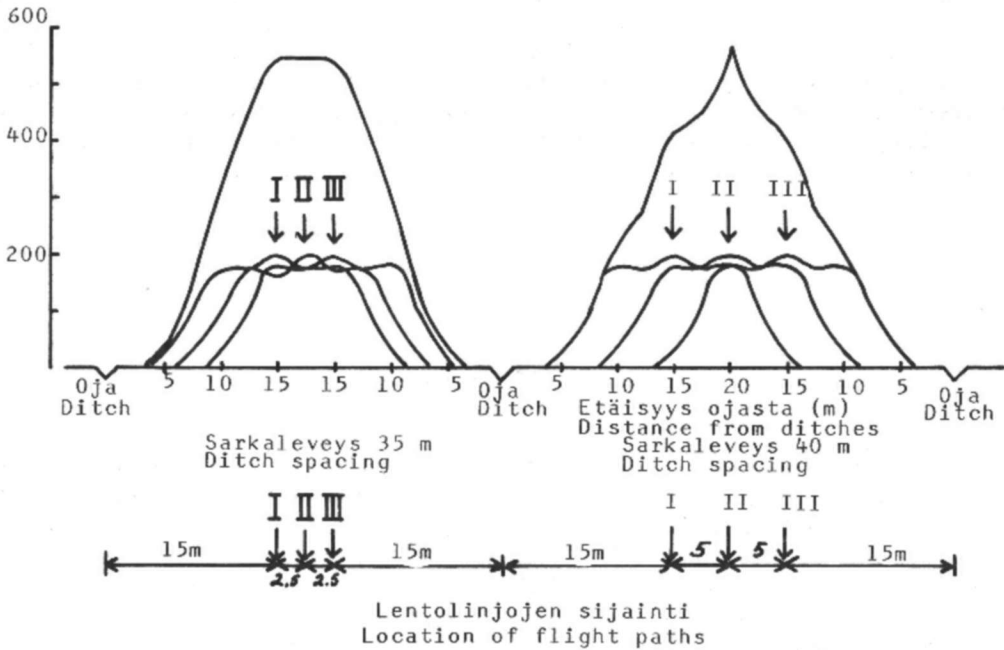
SIIPILEVITIN



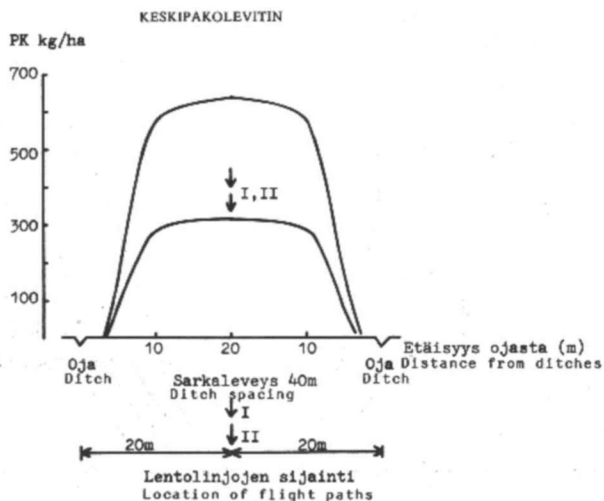
Kuva 11. Optimaaliset lentolinjat siipilevittimellä.
Figure 11. Optimum flight paths when using aerofoil spreader.

PK kg/ha

KANAVALLEVITIN



Kuva 12. Optimaaliset lentolinjat kanavalevittimellä.
Figure 12. Optimum flight paths when using venturi spreader.



Kuva 13. Optimaaliset lentolinjat keskipakolevittimellä.
Figure 13. Optimum flight paths when using centrifugal spreader.

Kuvissa 10, 11, 12 ja 13 on esitetty levityskaistojen jakautumat ja lentolinjat aura-, siipi-, kanava- ja keskipakolevittimellä.

Auralevittimellä rakeinen PK leviää keskimäärin 16 metrin kaistalle huipun ollessa lentolinjalla noin 500 kg/ha (Virtanen 1976, s. 31). Levitin on rakenteeltaan yksinkertainen ja toimintavarma, mutta koska levityskaista on kapea ja pääosa lannoitteesta kasautuu kaistan keskiosaan, pienetkin kaistojen päällekkäisyydet aiheuttavat ylisuuria lannoitemääriä.

Sekä siipi- että kanavalevittimessä lannoiterakeiden sivuttaisliikettä on lisätty ja saatu

levityskaista leveämmäksi. Siipilevittimen levityskaista on keskimäärin 28 metriä ja kanavalevittimen 20 metriä, maksimilannoitemäärä on kummallakin noin 200–220 kg/ha (Virtanen 1976, s. 32–33) ja ne soveltuvat hyvin ojitusalueiden lannoitukseen.

Keskipakolevittimessä lannoiterakeet saavat leviämiseen tarvittavan liikevoiman heittopyörästä, jolloin levitysteho on edellisiä selvästi suurempi. Koska levityskaistan leveys on noin 36 metriä (Virtanen 1976, s. 33), ei käytetty malli sovellu kapeiden alle 40 metristen sarkojen lannoittamiseen.

4. TULOSTEN TARKASTELU

4.1. Tulosten tarkkuus

Tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää lentolannoitustoiminnan tarkkailuun soveltuva riittävän yksinkertainen välineistö ja mittaustapa, kerätä tarkkailutuloksia käytännöstä sekä tarkastella lentolannoitustoimintaa ympäristönsuojelullisin perustein.

Mitta-astiat tehtiin mahdollisimman keveiksi ja pieneen kokoon meneviksi. Ohut teräslanka

oli kehikkona riittävän tukeva eikä rikkoontumisia tapahtunut. Liukas muovikangas osoitautui lannoitteen suppilosta keräämisen kannalta hyväksi, mutta rakeiden pois pommimisen ehkäisemiseksi suppiloa oli syvennettävä alkuperäisestä 40 cm:stä 60 cm:iin. Vaikka mittaastioiden suupinta-alan koko ei juuri vaikutaakaan mittaustarkkuuteen (Virtanen 1976, s. 73, Baltin ja Brandt 1966, s. 120), lannoitemäärien mittaaminen tilavuuteen perus-

tuvalla mittalasilta edellytti suppilon suupintalan kooksi 28 dm² (Ø 60 cm). Myös Ruotsissa on käytetty tilavuuteen perustuvaa mittausmenetelmää rakeisilla lannoitteilla (Gustavsson 1972, s. 6).

Tutkimuksessa käytettävissä olleista resursseista johtuen mittaukset rajoitettiin selkeisiin maasto- ja tuuliolosuhteisiin. Koska tarkoituksena oli saada suuntaa antavia käytännön tietoja levitystoiminnasta ja sen tarkkailusta, tulosten tilastollinen määrä ja tarkkuus riittävät tähän puutteista huolimatta.

Mittausvälineiden ja -menetelmien käyttö osoittautui maastossa hyväksi edellyttäen, että ilma oli kuiva ja tuulen nopeus enintään 2–3 m/s. Mittausten nopeuden kannalta yhteistoiminta lentäjän kanssa oli ratkaiseva. Ilman tarkkoja sopimuksia mitattavista kohteista, ojituksesta ja mittausvalmiudesta tarkkailu ei onnistu.

42. Tulokset ja niihin vaikuttavat tekijät

Lentolevityksen tulos riippuu monista eri tekijöistä. Ojitusalueilla sarkaleveys ja sarkasysteemi ovat tärkeitä lentolinjoihin ja siten myös levitystulokseen vaikuttavia tekijöitä. Kapeilla saroilla levitystasaisuus oli heikoin ja lannoitemäärät ylittivät selvästi sallitut määrät. Leveillä saroilla lentolinjojen tarkkuus heikkeni, mikä ilmeni ojiin menevien lannoitemäärien suuruutena.

Lentokorkeuden nostaminen paransi levityksen tasaisuutta levityskaistan levetessä, mutta samalla lentotarkkuus huononi. Saman ovat todenneet myös Virtanen (1976, s. 40) sekä Heymann ja Schultz (1973, s. 235).

Suurilla, tasaisilla soilla sarkasysteemi on yleensä selvä ja ojat suoria. Pienillä juoteilla sekä alueilla, joilla ojat mutkittelevat, koneen on sarkoja seurataksaan kallisteltava usein. Kallistuksen vaikutuksesta levityskaista muuttuu epäsymmetriseksi ja heikentää lannoitustasaisuutta (ks. Virtanen 1976, s. 45).

Koska ojalinjat määräävät ojitusalueilla lentosuunnan, lennetään usein epäedullisissa tuuliolosuhteissa. Myötä- tai vastatuulella vasta yli 5 m/s puhaltava tuuli vaikuttaa tasaisuutta heikentävästi. Sivutuuli sensijaan vaikuttaa ratkaisevasti lannoitejakautumaan. Jo 2–3 m/s puhaltava sivutuuli aiheuttaa huomattavia muutoksia sekä levityskaistan leveyteen ja lannoitejakautumaan että sen sijaintiin lentolinjan

nähdessä ja ojitusalueilla se lisää ojiin menevien lannoitemäärien riskiä huomattavasti (vrt. Virtanen 1976, s. 18).

Tutkimuksessa poikkeamaprosentti vaihteli 26,0–42,9 %. Tulos on enintään tyydyttävä, koska suuresta tavoitteesta (keskim. 600 kg/ha) johtuen hyväksytyjen näytteiden ylä- ja alarajat olivat todella väljät (keskim. 300–900 kg/ha). Lisäksi eri mittauskerroilla esiintyi varsin suuria vaihteluja. Suurimmat mitatut lannoitemäärät olivat noin 2500 kg/ha. Kapeilla saroilla lannoitustasaisuus vaihteli selvästi enemmän kuin leveillä. Koska PK-määrien suurentaminen lisää puuston kasvua vain tiettyyn rajaan saakka (mm. Heikurainen 1973, s. 411) on tärkeätä valvoa myös ylisuurten lannoitemäärien osuutta. Mitä enemmän niitä esiintyy sitä pienemmäksi jää saatava lisäkasvu ja ympäristölle aiheutuva rasite lisääntyy. Tästä seuraa, että mitä suurempi on tavoitteena oleva hehtaarikohtainen lannoitemäärä sitä korkeampi vaatimus on asetettava levitystyön tasaisuudelle.

Levitystarkkailu suoritettiin hyvissä maasto- ja tuuliolosuhteissa. Siksi ojiin ja piennaralueille menneitä lannoitemääriä voidaan pitää osuutena, joka vähintään menee näille lannoittamatta jätettäviksi tarkoitetuille alueille. Tutkimuksessa saatiin ojiin osuvaksi lannoitemääräksi keskimäärin 6 kg/ha. Vertailuaineistona käytetyt Metsähallituksen tulokset antoivat määräksi 17 kg/ha. Arvot ovat pieniä levitettyihin lannoitemääriin verrattuina. Koska avo-ojien osuus ojitusalueen pinta-alasta on keskimäärin 3–5 % (Heikurainen 1973, s. 290), lannoitettujen alueiden ojien kokonaispinta-ala oli vuonna 1974 noin 4700 ha. Suoraan ojiin menneeksi lannoitemääräksi saadaan näin 28,1 tn (Tehtaspuu) ja 79,6 tn (Metsähallitus). Maastossa tehtyjen havaintojen ja pistokokeiden perusteella sarkoja leikkaavat ja mutkittelevat ojat lannoitettiin kuten saratkin.

Kun luonnosta tapahtuvan vuotuisen fosforikuormituksen on laskettu olevan noin 5000 tn (Pessi 1972, s. 51), ojiin menneen lannoitteen sisältämä fosforimäärä (2,3 ja 6,5 tn) on varteenotettava lisä. Vaikka kaikki ojiin menevä lannoite ei vesistöihin kulkeudukaan, ravinteet ovat ainakin paikallisesti merkittävä vesistöjä rehevöittävä vaara. Menetyksen arvoa lisää se, että pilaantuvat kohteet ovat useimmiten luonnonvaraisimpia ja arimpia vesistöjen latvaosia.

Lannoitteiden tasainen levittäminen lentokoneella edellyttää 3–4 kertaista lannoitepeittoa. Nykyisillä levittimillä on lentolinjat pys-

tyttävä lentämään 6–8 metrin välein, kun tavoitteena on 300–600 kg:n hehtaariannostus (Virtanen 1976, s. 79).

Koska ojitusalueilla ojat ja piennaralueet jätetään lannoittamatta, optimaalinen lentolannoitus määräytyy saran leveyden, lentokorkeuden ja levitintyyppin mukaan. Käytännön levitystoiminnassa ei kuitenkaan voida antaa ja valvoa liian monimutkaisia ohjeita. Kun määrätään tavoiteannostukset kohtuullisiksi, vältetään ylisuuret lannoitemäärät, ympäristölle aiheutuva riski pienenee ja saadaan kasvunlisäys joka on verrannollinen levitettyyn lannoitemäärään.

43. Fosforin huuhtoutuminen ja vaikutus vesistöissä

Ojitusalueilla valumaveden fosforipitoisuus lisääntyy lannoituksen vaikutuksesta. Särkkä (1970, s. 73) on saanut lisäykseksi 4–35 mg/l (14–120 %). Suurimmillaan huuhtoutuminen on ollut runsaan veden aikana keväällä ja syksyllä. Karsiston ja Ravelan (1971, s. 43–44) mukaan lannoitelaji, levitysjankkohta ja -paikka vaikuttavat ojaviesien fosforipitoisuuteen.

Valumavesien pitoisuustutkimusten lisäksi on tuloksia myös huuhtoutumismääristä. Yhteistä niille on, että fosforimäärät ovat varsin pieniä. Karsisto ja Ravela (1971, s. 44) ovat saaneet PK-lannoituksen aiheuttamaksi määräksi vuodessa 25–66 g/ha, Karsisto (1970, s. 65) noin 60 g/ha sekä Särkkä (1970, s. 73) noin 200 g/ha.

Fosfori ja joskus myös typpi ovat yleensä vesistöissämme minimiravinteina. Ojitusalueiden PK-lannoituksen seurauksena vesistöön huuhtoutuva fosfori aiheuttaa perustuotannon kasvua.

Vaikka huuhtoutuvat fosforimäärät ovat pieniä, niiden merkitystä ei tule väheksyä. Fosforia tarvitaan usein vain pieni lisäys, minkä jälkeen jokin toinen tekijä tulee minimitekijäksi. Minimiravinteen pitoisuus ei ole luonnonvesissä merkitsevä, vaan sen suhteellinen osuus muihin biologiseen reaktioon osallistuviin aineisiin nähden. Erityisesti fosforin nopea mobilisoituminen uudelleen käytettäväksi pienentää tuotantoon tarvittavan fosforin kokonaismäärää (Särkkä 1970, s. 69).

Lannoitettavien ojitusalueiden vaikutuspiirissä olevat vesistöt ovat usein varsin humus-

pitoisia. Luonnontilaisissa olosuhteissa humus hajoaa hyvin hitaasti, mutta esimerkiksi fosforin pienikin lisääntyminen nopeuttaa sen hajoamista ja vesistön happitilanne huonontuu enemmän kuin ravinnekuormituksen perusteella voisi odottaa (Kari m o ym. 1970, s. 40). Vesistöjen liettyminen ja hapen puute puolestaan aiheuttavat uusia ekologisia häiriöitä, joita ei useinkaan osata yhdistää lannoituksesta johtuviksi.

44. Lentolannoituksen suunnittelu ja valvonta

Lentolannoituksen luonteesta johtuen korkeatasoinen työn laatu voidaan saavuttaa vain sellaisissa olosuhteissa, joissa jo työmaan suunnitteluvaiheessa on riittävästi kiinnitetty huomiota työmuodon erikoisvaatimuksiin. Lentolannoitustyömaata suunniteltaessa on lannoitettava alue rajattava siten, että maasto-olosuhteet ja lentotekniset mahdollisuudet huomioonottaen päästään mahdollisimman optimaaliseen levitystulokseen. Koneen on voitava lentää levityksen ajan suoraan ja alueiden merkitseminen maastossa on tehtävä siten, että merkit näkyvät selvästi ilmaan. Järvet, lammet ja purot on erotettava riittävällä suojavyöhykkeellä (50 m) sekä tarvittaessa merkittävä maastossa.

Työmaan lannoitemääriä suunniteltaessa on otettava huomioon ojen, piennar- sekä suoja-alueiden pinta-alaa vähentävä vaikutus. Lentäjälle tarkoitettussa työkartassa on oltava selkeästi merkittynä lannoitettavan alueen rajat, ojat sekä muut lentoturvallisuuden ja levitystuloksen kannalta huomioonotettavat tiedot.

Koska lentolannoituksen levityskapasiteetti on suuri, työn valvonta ja valvontahenkilöstö ovat tärkeitä. Riittävä ja toimiva määrä on kolme valvojaa, joista yksi toimii lentopaikalla ja kaksi maastossa tarkkailutehtävissä. Henkilöt ovat yhteydessä toisiinsa radiopuhelimella. Lentopaikalla toimivan valvojan tehtävänä on mm. huoletta lentopaikan sulkemisesta muulta liikenteeltä sekä sopia lentoajoista ja kuvioiden käsittelyjärjestyksestä. Hänen on varmistettava myös, että lentäjä tietää suoja-alueet ym. erikoiskohteet ja että kullekin kuviolle tulee oikea lannoitemäärä. Lentopaikalla olija ohjaa maastossa liikkuvia tarkkailijoita sekä välittää heiltä saamansa tiedot tuulioloista ja lannoitus-tasaisuudesta lentäjälle.

Ojitusalueilla mittasuppilosarjoilla tarkkailtava kaista on ulotettava 2–3 saralle, jolloin

voidaan tasaisuustarkkailun ohella seurata ojiin meneviä lannoitemääriä. Suoja-alueilla sekä kuvion reunoilla on lisäksi tehtävä pistokokeita ohjeiden noudattamisesta. Lannoitustasaisuuden mittana käytetään poikkeamaprosenttia (P_p), joka ilmoittaa yli 50 %:lla tavoitemäärästä poikkeavien näytteiden osuuden kokonaisnäyttemäärästä. Työmaakohtainen keskimääräinen

poikkeamaprosentti ei saisi nousta yli 30 %:n. Lannoitustasaisuuden määrittämisä suoritetaan niin paljon kuin mahdollista, mutta vähintään kymmenen mittauskertaa työmaata kohden. Lopuksi on valvottava, että tyhjät lannoitesäkit hävitetään lentopaikalta polttamalla, hautaamalla tai mieluummin toimittamalla ne uudelleen käytettäväksi raaka-aineeksi.

ODC 237.4
ISBN 951-40-0270-9
ISSN 0015-5543

VIRTANEN, J. & YLINEN, M. 1977. Ojitusalueiden lentolannoitus. Abstract: Aerial spreading of fertilizers on peatlands. *Folia For.* 305: 1-18.

The purpose of this study was to investigate some factors affecting the success of aerial spreading of fertilizers on peat soils, amounts of fertilizers drifted into ditches, spreading evenness and to view the obtained results from the standpoint of environmental protection. The investigation involved the development of a suitable and sufficiently simple measuring equipment and method for observing the working sites of aerial fertilization.

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

ODC 237.4
ISBN 951-40-0270-9
ISSN 0015-5543

VIRTANEN, J. & YLINEN, M. 1977. Ojitusalueiden lentolannoitus. Abstract: Aerial spreading of fertilizers on peatlands. *Folia For.* 305: 1-18.

The purpose of this study was to investigate some factors affecting the success of aerial spreading of fertilizers on peat soils, amounts of fertilizers drifted into ditches, spreading evenness and to view the obtained results from the standpoint of environmental protection. The investigation involved the development of a suitable and sufficiently simple measuring equipment and method for observing the working sites of aerial fertilization.

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

ODC 237.4
ISBN 951-40-0270-9
ISSN 0015-5543

VIRTANEN, J. & YLINEN, M. 1977. Ojitusalueiden lentolannoitus. Abstract: Aerial spreading of fertilizers on peatlands. *Folia For.* 305: 1-18.

The purpose of this study was to investigate some factors affecting the success of aerial spreading of fertilizers on peat soils, amounts of fertilizers drifted into ditches, spreading evenness and to view the obtained results from the standpoint of environmental protection. The investigation involved the development of a suitable and sufficiently simple measuring equipment and method for observing the working sites of aerial fertilization.

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

ODC 237.4
ISBN 951-40-0270-9
ISSN 0015-5543

VIRTANEN, J. & YLINEN, M. 1977. Ojitusalueiden lentolannoitus. Abstract: Aerial spreading of fertilizers on peatlands. *Folia For.* 305: 1-18.

The purpose of this study was to investigate some factors affecting the success of aerial spreading of fertilizers on peat soils, amounts of fertilizers drifted into ditches, spreading evenness and to view the obtained results from the standpoint of environmental protection. The investigation involved the development of a suitable and sufficiently simple measuring equipment and method for observing the working sites of aerial fertilization.

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

- No 252 Jyrki Raulo ja Eino Mälkönen: Koivun luontainen uudistuminen muokatulla kangasmaalla.
Natural regeneration of birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *B. pubescens* Ehrh.) on tilled mineral soil.
- No 253 S.-E. Appelroth: Työntutkimus Lamu-kylvökoneesta.
Work Study of the Lamu Seeding Machine.
- No 254 Matti Kärkkäinen: Havutukkiin kiintomittausmenetelmän seurantajärjestelmä.
A control method for the measurement of pine and spruce logs.
- No 255 Metsätalastollinen vuosikirja 1974.
Yearbook of forest statistics 1974.
- No 256 Pentti Hakki, Hannu Kalaja ja Yrjö Schildt: Bobcat M-721 kaatokasauskone männikön ensiharvennuksessa.
Bobcat M-721 feller-buncher in early thinning of Scots pine.
- No 257 Pirkko Velling: Mänty- ja kuusiprovenienssien puuaineen tiheyden vaihtelusta.
The wood basic density variation of pine and spruce provenances.
- No 258 Pentti Nisula: Muovihuoneen sadetuskone.
A sprinkler for a plastic greenhouse.
- No 259 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972 ja 1973.
Costs of timber production in Finland in 1972 and 1973.
- No 260 Pertti Harstela: Työn tuotos ja työntekijän kuormittuminen tehtäessä kuitupuuta liuku-puomikuormausta varten.
Work output and the worker's strain in cutting pulpwood for slide-boom loading.
- No 261 Eero Lehtonen: Pienpuun kaato moottori- ja raivaussahoihin perustuvilla laitteilla.
Felling of small-size trees with felling devices based on the chain saw and clearing saw.
- No 262 Olli Saikko ja Pentti Rikkinen: Kuitupuun kuoren määrä ja siihen vaikuttavat tekijät.
Bark amount of pulpwood and factors affecting it.
- No 263 Reino Saarnio: Viljeltyjen visakoivikoiden laatu ja kehitys Etelä-Suomessa.
The quality and development of cultivated curly-birch (*Betula verrucosa* f. *carelica* Sok.) stands in southern Finland.
- No 264 Yrjö Vuokila: Ensiharvennuskertymä.
Yield from the first thinning.
- No 265 Olavi Huuri: Kallistusilmä istutusmänniköissä; tiedustelun tuloksia.
Tilting of planted pines; survey results.
- No 266 Proposed tree breeding programme in Finland 1976—1985.
Abbreviation of the report issued by the Tree Breeding Committee (Committee Report 1975:25).
- No 267 Jari Parviainen: Taimien juurten leikkaaminen kasvatuksen ja istutuksen yhteydessä.
Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Root pruning in the nursery and at planting. A study based on literature.
- No 268 Jari Parviainen: Männyn eri taimilajien juuriston alkukehitys.
Initial development of root systems of various types of nursery stock for Scots pine.
- No 269 Heikki Seppälä: Metsäsektorin alueellinen merkitys Suomessa.
Regional importance of the forest sector in Finland.
- No 270 Jaakko Virtanen: Metsänomistaja tienrakennuttajana.
The role of the forest owners in logging roads construction.
- No 271 Pertti Elovirta: Metsätalouden työvoiman tarjonta Suomessa 1945—1974 ja ennuste vuosille 1975—1985.
Forest labour supply in Finland 1945—1974 and a forecast to years 1975—1985.
- No 272 Eero Paavilainen: Typpilannoitus ohutturpeisilla piensararämeillä.
Nitrogen fertilization on shallow-peated *Carex globularis* pine swamps.
- No 273 Paavo Simola ja Markku Mäkelä: Rasiinkaato kokopuiden korjuussa.
Leaf-seasoning method in whole-tree logging.
- No 274 Kullervo Kuusela ja Sakari Salminen: Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973—74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975.
Forest resources in the Forestry Board Districts of Pohjois-Karjala in 1973—74, Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1974, Kainuu and Pohjois-Pohjanmaa in 1975.
- No 275 L. Runeberg: Driftsresultat från Skogsforskningsinstitutets företageekonomiska forskningsskogar åren 1945—74.
The business economics result from the Forest Research Institute's research forests 1945—74.
- No 276 Pentti Iisalo, Jukka Sorsa ja Paavo Tiuhonen: Suomen metsien rakenteen seuranta-menetelmä.
Eine methode zur laufenden Überprüfung der Struktur der Wälder Finnlands.
- No 277 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1973—75.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1973—75.
- No 278 Heikki Juslin: Metsäalan toimihenkilöiden täydennyskoulutustarve.
The need for future education in forestry.
- No 279 Jyrki Raulo ja Erkki Lähde: Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa.
Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland.

- 1976 No 280 Veijo Heiskanen: Havusahatukkien kuorelliset keskusmuotoluvut.
Middle form factors of pine and spruce sawlogs.
- No 281 Yrjö Vuokila: Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan.
Effect of green pruning on the health of pine and birch.
- No 282 Yrjö Vuokila: Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana.
The boring of standing trees as a source of defects.
- No 283 Leevi Pajunen: Metsurin työvälinekustannukset 1975—1976.
Forest worker's equipment costs 1975—1976.
- No 284 Paavo Juutinen, Timo Kurkela ja Sakari Lilja: Ruohokaskas, *Cicadella viridis* (L.), lehtipuun vioittajana sekä vioitusten sienisaastunna.
Cicadella viridis (L.) as a wounder of hardwood saplings and infection of wounds by pathogenic fungi.
- No 285 Timo Nyrhinen: Kaksivaiheisen metsän inventoinnin koe Lounais-Suomessa.
A test of two-step forest inventory in South-West Finland.
- No 286 Matti Kärkkäinen: Pohjoissuomalaisen koivukuitupuun tilavuusmittauksia.
Volume measurement of birch pulpwood in Northern Finland.
- No 287 Veijo Heiskanen ja Juhani Salmi: Koivutukkien latvamuotoluvut ja yksikkökuutiot.
Top form factors and unit volumes of birch logs.
- No 288 Matti Leikola: Taimitarhamaan lämpöolot muovihuoneessa ja avomaalla.
Soil temperature conditions in plastic greenhouse and in open nursery.
- No 289 Lehtikoinen, Tapio: Pohjois- ja Etelä-Suomen väliset kantohintaerot.
Stumpage price differences between Northern and Southern Finland.
- No 290 Heiskanen, Veijo: Tarkistettujen havusahatukkien kuorelliset yksikkökuutioluvut.
The checked unit volumes for pine and spruce sawlogs.
- 1977 No 291 Uusitalo, Matti: Puun kasvatuksen kulut vuosina 1972—74.
Costs of timber production in Finland in 1972—74.
- No 292 Hakkila, Pentti: Kantopuu metsäteollisuuden raaka-aineena.
Stumpwood as industrial raw material.
- No 293 Lehtonen, Irja: Puu polttoaineena. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu.
Wood as a fuel. A study based on literature.
- No 294 Harstela, Pertti & Tervo, Leo: Männyn taimikon ja riukuasteen metsikön korjuun tuotos ja ergonomia.
Work output and ergonomical aspects in harvesting of sapling and pole-stage stands (Scots pine).
- No 295 Metsätilastollinen vuosikirja 1975.
Yearbook of Forest Statistics 1975.
- No 296 Heiskanen, Veijo: Etelä-Suomen ja Pohjois-Suomen puutavaran laatuero.
Quality differences of timber between Southern and Northern Finland.
- No 297 Paavilainen, Eero & Virtanen, Jaakko: Metsänlannoituksen vaikutuksen riippuvuus levitysmenetelmästä.
Effect of spreading method on forest fertilization results.
- No 298 Vuokila, Yrjö: Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä.
Selective thinning from above as a factor of growth and yield.
- No 301 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Tukkien minimiläpimittaluokka männyllä 13 cm ja kuusella 13 ja 15 cm.
Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Mindestdurchmesserklassen der Blöcher für Kiefer 13 cm und für Fichte 13 und 15 cm.
- No 299 Vuokila, Yrjö: Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvyistä.
On the growth capacity of aspen stands on good sites.
- No 300 Paavilainen, Eero: Helppoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levitysjärjestelmästä.
Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatlands.
- No 301 Tiihonen, Paavo: Männyn ja kuusen tukkipuutaulukot. Tukkien minimiläpimittaluokka männyllä 13 cm ja kuusella 13 ja 15 cm.
Massentafeln für Kiefern- und Fichtenblochholz. Mindestdurchmesserklassen der Blöcher für Kiefer 13 cm und für Fichte 13 und 15 cm.
- No 302 Simola, Paavo: Pienikokoisen lehtipuuston biomassa.
The biomass of small-sized hardwood trees.
- No 303 Vuokila, Yrjö: Talvikkityypin puuntuotannollinen asema metsätyyppijärjestelmässä.
Position of the Pyrola type in the forest site type system of Cajander.
- No 304 Puro, Tiina: Operaatio metsänlannoitus II. Tuloksia uusintalannoituksesta.
Results of the second fertilization with nitrogen.
- No 305 Virtanen, Jaakko & Ylinen, Mikko: Ojitusalueiden lentolannoitus.
Aerial spreading of fertilizers on peatlands.
- No 306 Astorga S., Luis E.: Effectuating possibilities of waste wood utilization in Finland.
Step 1.
Jätepuun käytön tehostamismahdollisuudet Suomessa. Osa 1.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, 00100 Helsinki 10,
p. 611 022

Merkintä ODC tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää