

# FOLIA FORESTALIA 75

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1969

---

---

EERO PAAVILAINEN

TUTKIMUKSIA LEVITYSAJANKOHDAN  
VAIKUTUKSESTA NOPEALIUKOISTEN  
LANNOITTEIDEN AIHEUTTAMIIN  
KASVUREAKTIOIHIN SUOMETSISSÄ

INFLUENCE OF THE TIME OF APPLICATION  
OF FAST-DISSOLVING FERTILIZERS ON THE  
RESPONSE OF TREES GROWING ON PEAT

- N:ot 1—18 on luettu Folia Forestalia-sarjan julkaisuissa 1—41.  
 Nrs. 1—18 are listed in the publications 1—41 of the Folia Forestalia series.
- 1966 No 19 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi. 2,—  
 No 20 Seppo Grönlund ja Juhani Kurikka: Markkinapuun alueittaiset hankintamäärät vuosina 1962 ja 1964. Lopulliset tulokset.  
 Removals of commercial roundwood in Finland by districts in 1962 and 1964. Final results. 4,—  
 No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64. 2,—  
 No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvuturpeen käytöstä männyn istutuksessa.  
 Observations on the use of garden peat in Scots pine planting. 1,—  
 No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskilämpötilan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.  
 Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area. 1,—  
 No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.  
 Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme. 1,—  
 No 25 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1964 ja vuoden 1965 ennakkotiedot.  
 Wood utilization in Finland in 1964 and preliminary data for the year 1965. 3,—  
 No 26 Sampa Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.  
 Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66. 2,—  
 No 27 Kullervo Kuusela: Helsingin, Lounais-Suomen, Satakunnan, Uudenmaan-Hämeen, Pohjois-Hämeen ja Itä-Hämeen metsävarat vuosina 1964—65.  
 Forest resources in the Forestry Board Districts of Helsinki, Lounais-Suomi, Satakunta, Uusimaa-Häme, Pohjois-Häme and Itä-Häme in 1964—65. 3,—
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsähoitolautakunnan soista ja metsäojitusalueista.  
 Results of the fifth national forest inventory concerning the swamps and forest drainage areas of four Forestry Board Districts in southern Finland. 3,—  
 No 29 Seppo Ervasti, Esko Salo ja Pekka Tiililä: Kiinteistöjen raakapuun käytön tutkimus vuosina 1964—66.  
 Real estates raw wood utilization survey in Finland in 1964—66. 2,—  
 No 30 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.  
 Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66. 1,—  
 No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.  
 The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands. 2,—  
 No 32 Metsätalastoa. I Metsävaranto.  
 Forest statistics of Finland. I Forest resources. 3,—  
 No 33 Seppo Ervasti ja Esko Salo: Kiinteistöillä lämmön kehittämiseen käytetyt polttoaineet v. 1965.  
 Fuels used by real estates for the generation of heat in 1965. 2,—  
 No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.  
 Growth and structure characteristic of cultivated spruce stands. 2,—  
 No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotietoja vuodelta 1966.  
 Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966. 4,—  
 No 36 Eero Paavilainen — Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.  
 Studies on the capillary rise of water in peat. 1,50  
 No 37 Matti Heikinheimo — Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainevarastot talvella 1965/66.  
 Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66. 2,—
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftsöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskattningen i Finland.  
 The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland. 2,—  
 No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.  
 Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67. 2,—  
 No 40 Jorma Sainio — Pentti Sorrola: Eri polttoaineet teollisuuden lämmön ja voiman sekä kiinteistöjen lämmön kehittämisessä vuonna 1965.  
 Different fuels in the generation of industrial heat and power and in the generation of heat by real estates in 1965. 2,—  
 No 41 Pentti Rikkonen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.  
 The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines. 2,—  
 No 42 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966—67.  
 Forest resources in the Forestry Board Districts of E-Sa, E-Ka, I-Sa, P-Ka, P-Sa and K-S in 1966—67. 3,—  
 No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpymisen lannoituksen vaikutuksesta.  
 On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps. 2,—  
 No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (Rhizina undulata Fr.), uusi metsän tuhosieni maassamme.  
 Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland. 1,—

## FOLIA FORESTALIA 75

Metsäntutkimuslaitos. Institutum forestale Fenniae. Helsinki 1969

Eero Paavilainen

### TUTKIMUKSIA LEVITYSAJANKOHDAN VAIKUTUKSESTA NOPEALIUKOISTEN LANNOITTEIDEN AIHEUTTAMIIN KASVUREAKTIOIHIN SUOMETSISSÄ

Influence of the time of application of fast-dissolving  
fertilizers on the response of trees growing on peat

Summary

#### ALKUSANAT

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto on perustanut vuosina 1965–1967 lannoitteiden levitysaikaa selvittävät koealasarjat Karviaan, Kivaloon ja Kolariin. Tässä tutkimuksessa esitetään ensimmäiset mittaustulokset kysymyksessä olevista kokeista, samoin kuin tuloksia eräistä lannoitteiden levitysjankohdan merkitystä valaisevista erikoiskokeista. Syy tutkimuksen suorittamiseen kokeiden tässä vaiheessa oli tarve saada nopeasti käytännön metsänlannoitustyössä tarvittavia lisätietoja lannoitteiden talvilevityksen edullisuudesta. Tutkimus tehtiin maatalousministeriön tarkoitusta varten myöntämän erikoismäärärahan turvin.

Tutkimus suoritettiin Pohjois-Satakunnan tutkimusasemalla Parkanossa yhteistyössä suontutkimusosaston ja Länsi-Lapin tutkimusaseman kanssa. Esitän näiden laitosten henkilökunnalle ja erityisesti kokeiden perustamisvaiheesta alkaen työtä ohjanneelle ja valvoneelle professori OLAVI HUIKARILLE parhaat kiitokseni. Tutkimuksen käsikirjoituksen ovat prof. Huikarin lisäksi tarkastaneet professori YRJÖ VUOKILA ja vt. professori HANNU VÄLIAHO, josta myös kiitokseni.

Parkanossa, lokakuun 31 päivänä 1969.

Eero Paavilainen

## SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT .....	1
SUMMARY .....	3
JOHDANTO .....	4
KOEKENTÄT .....	5
TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN .....	6
TULOKSET .....	8
Neulaset .....	8
Pituuskasvu .....	11
Paksuuskasvu .....	14
Ravinteiden liikkuvuus .....	17
TULOSTEN TARKASTELUA .....	20
KIRJALLISUUTTA .....	21
LIITE 1 .....	22

## SUMMARY

During the years 1965–1967 the Department of Peatland Forestry and Forestry Stations of the Finnish Forest Research Institute saw to the establishment of extensive test fields at Karvia, Kivalo and Kolari for the purpose of studying the profitability of spreading fast-dissolving fertilizers on snow-covered terrain. An inventory of the tests was made for the first time in February–March of 1969. In the test areas the length of the trees' needles was measured as well as their height growth and diameter growth. In addition, nutrient analyses were performed on the needles and by means of special tests to the dispersion of various nutrients through the snow and in the ground was studied. The fertilizers used were Y Fertilizer for Peatland Forests (14–18–10) as well as PK fertilizer (16.5–16.5), in which the phosphorus is a fast-dissolving super phosphate. There were a total of 9240 test trees 2110 of which were used for diameter growth measurements. Nutrient analyses of the needles were made on a total of 410 test plots. (See table 1).

According to the test results the increase in the length of trees' needles was clearly greater when the fertilizing was done during the growing season than when done in winter. (Table 2, fig. 1). There were no significant differences in the effects of fertilization in different summer months. The chlorophyll, nitrogen, phosphorus and potassium contents of the needles were boosted by fertilization, but there was no mentionable difference between the fertilization months (Fig. 2, tables 3–4). The nitrogen content of the needles progressively decreased from time of fertilization so that the nitrogen content of the needles of trees growing in a test area fertilized four years ago was beginning to approach that of the needles of unfertilized trees. The potassium content of the needles also decreased a bit with time from fertilization whereas for phosphorus this phenomenon was not yet observable.

At the Kivalo test area it was possible to compare the dependance of the needles' nutrient content on the tree species and the fertilizer used (table 4). The results indicated that in

pine the needles' nitrogen and phosphorus content was greater, but its potassium content lesser, than in spruce. In both pine and spruce the nitrogen content of the needles was greater when NPK fertilizer was used than when PK fertilization was used. By comparing the results from Karvia with those from Kolari it was also possible to observe that the effect of the fertilization on the nitrogen and potassium content of the needles was stronger in South Finland than in North Finland.

The growth measurements of the trees revealed that fertilization carried out during the growing season gave a greater increase in height growth than fertilization during the winter months, and especially at the time of the spring thaw (fig. 3–6, table 2). A corresponding result was also obtained for the effect of the time of fertilization on the trees' diameter growth (fig. 7–8). Thus, winter application, broadly speaking, has led to significant waste in comparison with the results that would be attained by applying the fertilizers during the growing season.

The dispersion in the snow layers of both fast and slow-dissolving fertilizer was studied by means of special tests in which the fertilizer was spread on the snow and the depth to which the nutrients penetrated was determined by means of chemical analyses. These tests revealed that even two weeks after fertilization nitrogen and other nutrients had penetrated into the snow to a depth of over 30 cm, but the quantity of nutrients having travelled in this fashion was quite small (fig. 9–10). The greatest portion of the nutrients was still right on top of the snow layer after a month had elapsed. From ground tests it could be deduced that fertilizer spread on the snow goes to waste along with the thawing snow (table 5). A clear exception to this appeared to be formed by coarse rock phosphate, which was not washed away to any appreciable degree.

The study indicates that in order to avoid growth waste easily-dissolving fertilizers should be applied to peat lands during the growing season.

## JOHDANTO

Metsien lannoittamisen sopivampana ajankohtana on yleensä pidetty lumen sulamisen ja puiden kasvun alkamisen välistä aikaa. Lannoitustoiminnan voimakkaasti laajentuessa olisi kuitenkin mm. työllisyysnäkökohtien takia suotavaa, että metsiä lannoitettaisiin muinakin aikoina ja mikäli mahdollista myös talvella.

Turvemailla on toteutettu laajassa mitassa vaikealiukoisten lannoitteiden talvilevitystä tutkimusten osoittettua, että hienofosfaattia voidaan antaa sulalle maalle milloin tahansa ilman merkittävää ravinnevaikutuksen heikkenemistä (PAARLAHTI 1967, KARSISTO 1967). Sulan maan NPK-lannoituksessa on lannoitusajankohdalla ollut soilla melko vähäinen merkitys lokaan näyttäessä muodostuvan edullisimmaksi (KARSISTO mt.).

Edellä mainitut tutkimukset eivät ole sisältäneet tuloksia nopealiukoisista fosforilannoitteista eikä sellaisista kokeista, joissa lannoitteita olisi levitetty suoraan lumelle. Kangasmailla on VI-RON (1965) tutkimusten mukaan touko-kesäkuussa suoritettussa typpilannoituksessa saatu

huomattavasti parempi kasvureaktio kuin heinäelokuun lannoituksessa. Ruotsissa on JOHANS-SONIN ja ÅHGRENIN (1966) kangasmailla suorittamassa tutkimuksessa voitu todeta, että loka-marraskuun aikana suoritettu lannoitus on antanut varsin hyvän tuloksen. Samassa kokeessa on talvilevityksen vaikutus jäänyt jonkin verran heikommaksi, etenkin lumen sulamisen aikaan tehtynä. Tämä viittaa siihen, että helppoliukoinen typpi olisi joutunut lumen sulamisvesien mukana osittain hukkaan.

Nopealiukoisten lannoitteiden lumelle levityksen edullisuuden selvittämistä varten on metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston ja tutkimusasemien toimesta perustettu laajat koealasarjat Karviaan, Kivaloon ja Kolariin vuosina 1965–1967. Nämä kokeet on inventoitu ensimmäisen kerran vuoden 1969 helmi-maaliskuussa. Koealoilta on mitattu puiden neulasten pituus sekä puiden pituuskasvu ja paksuuskasvu. Tämän lisäksi on neulasista tehty ravinneanalyysiä sekä tutkittu erikoiskokeiden avulla eri ravinteiden kulkeutumista lumessa ja maassa.

## KOEKENTÄT

Karvian koekenttä sijaitsee Pohjois-Satakunnassa metsäntutkimuslaitoksen Parkanon kokeilualueen Alkkianvuorella (60°10'N, 22°45'E). Alueen korkeus on n. 175 m merenpinnasta. Suotyyppi on tupasvillaräme. Turpeen paksuus on yli 2 m. Puusto on männikköä, jonka kuutiomäärä on 20–30 k-m<sup>3</sup>/ha, keskipituus 4–7 m ja runkoluku eri koealoilla 1500–2650 kpl/ha.

Koe on perustettu 15.2.1965 – 15.12.1967 välisenä aikana siten, että kunkin kuukauden 15. päivänä on lannoitettu kolme koealaa käyttämällä metsän Y-lannosta suomaille (14–18–10) 500 kg/ha. Koealojen koko on 20x20 m ja ne on ympäröity jyrsinojilla, joiden syvyys on n. 40 cm. Eri lannoitusajankohtien sijoittelu koealoille on määrätty etukäteen arvonnin perusteella. Lannoitetun alueen ympäriltä otettiin mittauksen yhteydessä 10 lannoittamatonta vertailukoealaa, jotta voitiin selvittää lannoituksen vaikutusta puiden neulasten ravinnepitoisuuksiin.

Kivalon koekenttä sijaitsee metsäntutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualueessa Alajärven suolla (66°27'N, 26°50'E). Tutkimusalue on n. 160 m merenpinnan yläpuolella. Koe on perustettu sekä männikköön että kuusikkoon. Männikkö on nuorta taimistoa, jonka kuutiomäärä on alle 10 k-m<sup>3</sup>/ha, keskipituus 1–4 m ja runkoluku vaihteleva, keskimäärin 1000–4000 kpl/ha. Kuusikon kuutiomäärä on 20–40 k-m<sup>3</sup>/ha, keskipituus 6–8 m ja runkoluku 1000–2500 kpl/ha. Kuusikossa on suotyyppi osaksi kangaskorpi ja osaksi mustikkakorpi, jossa on myös piensaraisuuden ja ruohoisuuden vivahteita. Männikön suotyyppi on suurimmaksi osaksi ohutturpeinen kangsaräme, mutta siinäkin on vivahteita piensaraisuuteen ja toisaalta myös korpisuuteen päin.

Kivalon koe on perustettu lohkoittain arvotuna, jotta edellä mainittu suotyyppivaihtelu vaikuttaisi mahdollisimman vähän tuloksiin. Männikköön on sijoitettu 10 puuston ja kasvupaikan puolesta mahdollisimman homogeenista lohkoa, joihin kuhunkin kuuluu 52 ruutua. Kuusikossa on vastaavia lohkoja 5 kpl. Jokaisesta tällaisesta lohkoista arvottiin vuoden 1966

kullekin viikolle yksi koeala. Näin tuli joka viikko lannoitettavaksi kaikkiaan 15 koealaa. Lannoitus suoritettiin hajalannoituksena siten, että joka ensimmäinen, toinen ja kolmas viikko käytettiin PK-lannosta (16.5–16.5) 600 kg/ha ja joka neljäs viikko metsän Y-lannosta suomaille (14–18–10) 500 kg/ha. Tähän tutkimukseen on otettu kaikki Kivalon koealat lukuunottamatta yhtä lohkoa, jossa oli suurimmaksi osaksi mittauksen aikana lumen alle jäänyttä lyhyttä kuusen taimistoa. Tutkittuja männikkökoealoja oli kaikkiaan 520 kpl ja kuusikkokoealoja 208 kpl.

Ojituksessa käytetty sarkaleveys on Kivalon tutkimusalueen kuusikossa keskimäärin n. 100 m ja männiköissä vaihdellen 50 m:stä 120 m:iin. Alue on ojitettu vuonna 1957.

Neulasten ravinnepitoisuuksien vertailua varten mitattiin lannoitettujen koealojen lähietäältä lannoittamattomia koealoja, joita oli männiköstä kaikkiaan 50 kpl ja kuusikosta 20 kpl. Nämä vertailukoealat valittiin siten, että niitä oli 5 kpl jokaista tutkittua lohkoa kohden.

Kolarin koekenttä sijaitsee metsäntutkimuslaitoksen Ääverjoen kokeilualueessa Teuravuomalta Pohjoisensaaraan menevän tien varrella (67°19'N, 23°45'E). Alue on ennen ojitusta ollut osaksi ruoho- ja osaksi lettorämettä. Puusto on mäntyä, jonka kuutiomäärä on 10–40 k-m<sup>3</sup>/ha, (keskimäärin 17 k-m<sup>3</sup>), keskipituus 5–7 m ja runkoluku eri koealoilla vaihdellen 900–3200 kpl/ha. Turpeen syvyys on keskimäärin n. 2 m.

Lannoitus on suoritettu 15.5.1965 – 15.4.1968 välisenä aikana siten, että joka kuukausi on lannoitettu kolme koealaa kuukauden 15. päivänä. Lannoitteena on käytetty metsän Y-lannosta suomaille (14–18–10) 500 kg/ha. Eri lannoitusajankohdat on arvottu ja kunkin lannoitusajankohdan yhteydessä on samalla arvottu yksi lannoittamaton vertailukoeala koekentälle. Sarkaleveys on Kolarin tutkimusalueella 120 m.

Kokeissa käytettyjen lannoitteiden koostumus on Rikkihappo Oy:n ilmoituksen mukaan seuraava.

1. Suomensien Y-lannos 14–18–10

Raaka-aineet	
a) Montansalpietari	296 kg
b) Typpiliuos	28 ”
c) Diammonfosfaatti	286 ”
d) Superfosfaatti	242 ”
e) Kalisuola	167 ”

Yht. 1019 kg

Vesiliukoisen fosforin ( $P_2O_5$ ) määrä on 15,5 %. Tarkempaa analyysiä ei tunneta.

2. PK-lannos 16.5–16.5

Kokonais- $P_2O_5$ -määrä on 16.5 %	
Vesiliukoinen $P_2O_5$ -määrä on 7.3 %	
Ca	15.7 %
Cl	14.1 ”
S	6.6 ”

## TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

Lannoituksen vaikutus ilmenee nopeimmin neulasreaktiona siten, että lehtivihreän määrä kasvaa neulasissa ja neulasten pituus lisääntyy. Vasta tämän jälkeen ilmenevät paksuus- ja pituuskasvureaktiot. Käsillä olevassa tutkimuksessa, jossa lannoituksesta kulunut aika on lyhyt, on tämän vuoksi kiinnitetty kasvumittausten ohessa erityistä huomiota neulasten pituuden ja ravinnepitoisuuden selvittämiseen.

Jokaiselta tutkimuksen männikkökoelalalta otettiin vallitsevasta puustosta 10 koepuuta, joista mitattiin neulasten pituus vuosina 1966–68 sekä latvakasvaimen pituus vuosina 1963–68. Kivalon kuusikkokoelaloilta oli vastaavia koepuita 5 kpl. Neulasten pituus mitattiin ete-

län puolelta otetusta oksanäytteestä, joka oli kolmannesta latvuskiehkurasta. Paksuuskasvun mittaamista varten kaadettiin koelalan laadusta riippuen 1 – 5 koepuuta, joista sahattiin kiekko rinnankorkeudelta. Kiekot otettiin myös 4 m:n ja 6 m:n korkeudelta, sikäli kuin tämä oli mahdollista. Kivalon kokeilualueen kahdesta männyn lohokosta ei saatu paksuuskasvun mittaamiseen tarkoitettuja rinnankorkeuskiekkoja puuston lyhyiden vuoksi. Yhdistelmätaulukosta 1 todetaan, että lannoitettuja koelaloja oli yhteensä 940 kpl ja lannoittamattomia 95 eli koelaloja oli kaikkiaan 1035 kpl. Koepuita oli yhteensä 9240, joista kaatokoepuita 2110.

Taulukko 1. Tutkimusaineisto

Table 1. Study material

Koe Test	Lannoite Fertilizer	Puulaji Tree species	Koelaloja Sample plots			Koepuita Sample trees		Neulasten ravinne- analyysijä Nutrient analyses of the needles
			Lannoitettuja Fertilized	Lannoittamattomia Unfertilized	Yhteensä Total	Kaato- koepuita Felled	Kaikkiaan In all	
Parkano	NPK	Mänty Pine	105	10	115	262	1150	115
Kivalo	NPK	Mänty Pine	130	12	142	322	1420	42
—”—	PK	Mänty Pine	390	38	428	975	4280	42
—”—	NPK	Kuusi Spruce	52	5	57	74	285	42
—”—	PK	Kuusi Spruce	156	9	165	221	825	42
Kolari	NPK	Mänty Pine	107	21	128	256	1280	128
		Yhteensä Total	940	95	1035	2110	9240	410



Neulasten pituudesta sekä puiden pituuskasvusta ja rinnankorkeudelta mitatusta paksuuskasvusta saadut tulokset käsiteltiin tietokoneella suorittamalla kovarianssikorjaus vuoden 1964 tai 1965 kasvun perusteella.

Karvian ja Kolarin aineistoihin on käytetty mallia

$$(1) \ln y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma h_{ijk} + \delta h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk},$$

joissa  $y_{ijk}$  on ko. kasvulukema,  $\mu$  on vakio,  $\alpha_i$  on i:nnen vuoden,  $\beta_j$  j:nnen kuukauden vaikutus ja  $\gamma$  ja  $\delta$  ovat osittaisregressiokertoimia.  $h_{ijk}$  on pituuskasvu ja neulasia selitettäessä vuoden 1964 pituuskasvu ja paksuuskasvu selitettäessä vuoden 1964 paksuuskasvu.  $\epsilon_{ijk}$  on jäännöstermi, jonka oletetaan olevan riippumattomasti normaalisti jakautunut siten, että odotusarvo  $E(\epsilon_{ijk}) = 0$  ja varianssi  $D^2 \epsilon_{ijk} = b^2$ , eli  $\epsilon_{ijk} = N(0, b^2)$ .

Kivalon sekä mänty- että kuusiaineistoa analysoitaessa on käytetty mallia

$$(2) \ln y_{ijklm} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma k + \delta l + \epsilon h_{ijklm} + \lambda \ln h_{ijklm} + \epsilon_{ijklm},$$

jossa

- alaviitta i esittää lannoitusvuotta
- ”- j -”- lannoituskuukautta
- ”- k -”- lannoitetta
- ”- l -”- lohkoa (blokki)
- ”- m -”- havainnon numeroa lohkon sisällä
- $\mu$  on tuntematon vakio
- $\alpha_i$  on i:nnen lannoitusvuoden vaikutus
- $\beta_j$  on j:nnen lannoituskuukauden vaikutus i:ntenä lannoitusvuotena
- $\gamma_k$  on k:nnen lannoitteen vaikutus
- $\delta_l$  on l:nnen lohkon vaikutus
- $h_{ijklm}$  on alaviittojen osoittama vuoden 1965 pituuskasvu, kun on selitetty pituuskasvu ja neulaspituutta, mutta selitettäessä paksuuskasvu se on v. 1965 paksuuskasvu
- $\lambda$  ja  $\epsilon$  ovat osittaisregressiokertoimia
- $\epsilon_{ijklm}$  on alaviittojen osoittama jäännöstermi, samoin kuin Karvian ja Kivalon aineistossa.

Malliparametrien estimoinnilla saadut kasvumallit esitetään liitteessä 1.

Tuloksia esitettäessä on lähdetty olettamuksesta, että alkuvuodesta aina kesäkuuhun saakka suoritettujen lannoituksen aiheuttama reaktio ilmenee jo lannoitusvuonna, mutta myöhemmin lannoitettaessa vaikutus havaittaisiin vasta seuraavana vuonna. Tuloksien tarkastelu perustuu

jäljempänä pääasiassa vuosien 1967 ja 1968 neulaspituuksiin ja kasvuihin, joihin lannoitus on kauimman aikaa vaikuttanut.

Kaatokoepuitten viimeisen neulaskerran neulasista otettiin lisäksi näyte neulasten ravinnepitoisuuden määrittämistä varten. Karvian aineistosta määritettiin neulasten typpi-, fosfori-, kali- sekä klorofyllipitoisuus ja muusta aineistosta vain kolme ensiksi mainittua. Analysoitavat neulasnäytteet otettiin Karviasta ja Kolarista kaikilta koealoilta, mutta Kivalosta vain kolmelta männyn ja kolmelta kuusen lohkolta. Kivalossa ei myöskään kaikkia lannoitusajankohtia voitu ottaa mukaan, vaan ainoastaan siten, että joka kolmas PK-lannoitettu koeala ja seuraavaksi lannoitettu NPK-koeala tulivat mukaan tutkimukseen. Kutakin lohkoa kohti tuli lisäksi kaksi näytettä lannoittamattomilta vertailukoealoilta. Näin oli Kivalosta siis kaikkiaan 13 eri lannoitusajankohtaa kolmelta eri lohkolta sekä männiköstä että kuusikosta. Neulasten ravinneanalyysejä tehtiin yhteensä 410 koealalla (taulukko 1).

Lannoitteiden syvyys-suuntaista liikkuvuutta lumessa koskeva osa tutkimuksesta suoritettiin Karviassa. Siinä käytettiin 4 m<sup>2</sup>:n suuruisia koeruutuja, joille annettiin seuraavia lannoitteita: ureaa (120 g/koeruutu), PK-lannosta (200 g), hienofosfaattia (145 g), superfosfaattia (240 g), kalisuolaa (50 g) sekä fosforirikasta super-y-lannosta (200 g). Käytetyt määrät vastasivat fosforin osalta 120–125 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:nä laskettuna, kalin osalta 50–75 kg/ha K<sub>2</sub>O:na sekä typen osalta 75–138 kg/ha N. Lannoitusajankohdat olivat 3.3., 10.3., 17.3., 24.3., 31.3., 8.4., 14.4., 28.4., 15.5. sekä 1.6. Jokaisesta lannoitusajankohdasta oli kuusi toistoa. Eri käsitellyt arvottiin etukäteen niin, että niiden sijoitus tuli satunnaisesti määrättyksi.

Eri lannoitteiden liikkumisnopeutta selvitettiin tämän tutkimuksen yhteydessä ottamalla maaliskuussa lannoitetuilta näytealoilta luminäytteet yhden viikon, kahden viikon sekä kuukauden kuluttua kustakin lannoitusajankohdasta. Kutakin koealaa sekä 10 cm:n paksuista lumikerrosta edusti näyte, joka oli saatu yhdistämällä kuusi yhden kuutiodesimetrin suuruista luminäytettä. Eri ravinteiden esiintyminen määritettiin pikamenetelmillä. Urean typen määrittämisessä käytettiin ureaasientsyymiä, joka hajottaa urean ammonium- ja nitraattitypeksi, minkä jälkeen ammoniumin läsnäolo paljastettiin Nesslerin reagenssilla. Kalisuolan toteaminen tapah-

tui määrittämällä kloridi-ionin läsnäolo hopeanitraatilla. Vesiliukoisien fosforin läsnäolo todettiin käyttämällä ammoniummolybdaattia reagenssina.

Edellisen lisäksi otettiin 3.3. suoritetun lannoituksen koealoilta luminäytteet kahden viikon ja neljän viikon kuluttua lannoituksesta sekä selvitettiin näissä näytteissä olleiden ravinteiden

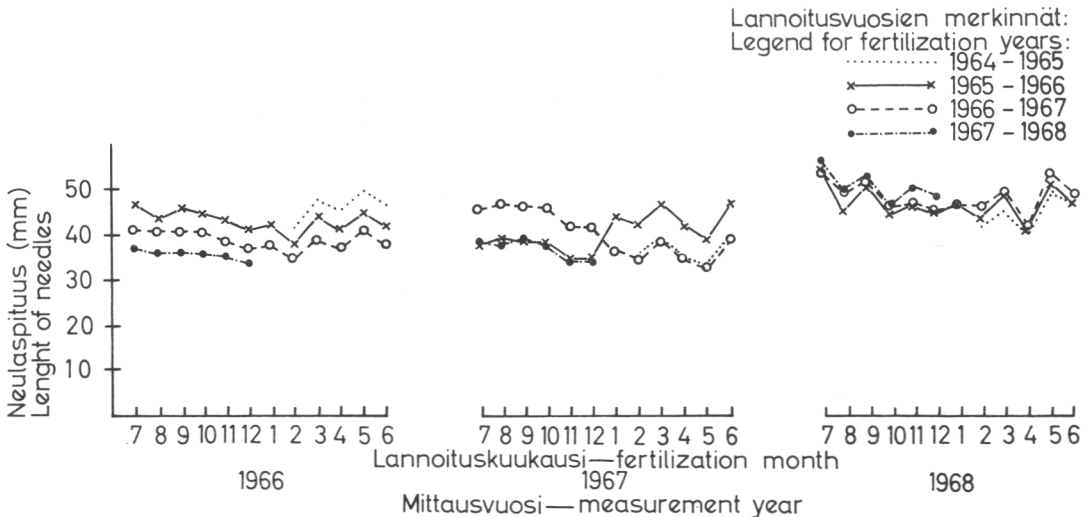
kokonaismäärät. Tämän lisäksi otettiin vielä maanäytteitä 3.3 ja 28.4. lannoitetuilta koe-ruuduilta ja selvitettiin, mihin syvyyteen asti maassa ravinteita oli kulkeutunut 1.6. mennessä. Maanäytteitä, joiden poikkileikkauspinta-ala oli 10 x 10 cm ja syvyys 30 cm, otettiin jokaiselta koealalta kuusi kpl. Kaikki ravinneanalyytit on tehty Viljavuuspalvelu Oy:n laboratorioissa.

## TULOKSET

### Neulaset

Lannoitusajankohdalla on ollut verraten selvä vaikutus puiden neulasten pituuteen Karvian koekentällä (kuva 1). Taulukosta 2 havaitaan, että lannoitusvuoden vaikutus vuosina 1967 ja 1968 muodostuneiden neulasten pituuteen on erittäin merkitsevä. (\*\*\*) . Lannoituskuukauden vaikutus on vuoden 1967 neulaspituuteen hyvin merkitsevä (\*\* ) ja seuraavan vuoden neulaspituuteen merkitsevä (\*), Tarkasteltaessa eri kuukausien välisiä eroja DUNCANin testiä

(vrt. KRAMER 1967) käyttäen todettiin, että paras tulos on saavutettu heinäkuun lannoituksella. Tämän jälkeen seuraavat piste-estimaattien suuruusjärjestyksessä syyskuu, toukokuu, elokuu ja kesäkuu. Talvikuukausina suoritettujen lannoitusten vaikutus on jäänyt selvästi edellisiä heikommaksi. Esimerkiksi tammi- ja helmikuun lannoitusten vaikutus neulasten pituuteen poikkeaa merkitsevästi heinä-, syys- ja toukokuun lannoitusten vaikutuksesta.



Kuva 1. Karvian aineistosta lasketut vuosien 1966–1968 kovarianssikorjatut männyn neulaspituuden käyrät eri lannoitusvuosina lannoituskuukausien suhteen.

Fig. 1. The covariance-corrected curves of needle length of pine in different fertilization years with respect to the fertilization months. From the Karvia material 1966–1968.

Taulukko 2. Merkitsevyydestien tulokset neulasten pituudesta sekä pituuskasvusta ja paksuuskasvusta.  
 Table 2. Results of the significance tests for needle length as well as height growth and diameter growth.

Selitävä muuttaja Dependent variable	F - arvo - F - value						Vapausasteet Degree of freedom
	Neulasten pituus Needle length		Pituuskasvu Height growth		Paksuuskasvu Diameter growth		
	Vuosi 1967	Year 1968	Vuosi 1967	Year 1968	Vuosi 1967	Year 1968	
Karvian männikkö - <i>Karvia pine stand</i>							
Vuoden 1964 vast. kasvuluku h <sub>ijk</sub>	.342	1.068	19.228**	6.808*	6.666*	2.519	1
Corresponding growth figure 1964 ln h <sub>ijk</sub> <sup>2</sup>	.007	.389	10.552**	2.927	2.024	.519	1
Kuukausi - month	4.545**	2.066*	3.597**	6.062**	1.990*	2.245**	11
Vuosi - year	50.592***	16.504***	43.146***	37.101***	30.103***	15.176***	3
						Virhevarianssi Variance of error	86
Kivalon männikkö - <i>Kivalo pine stand</i>							
Vuoden 1965 vast. kasvuluku x Corresponding growth figure 1965 ln x	10.217**	8.565**	333.202***	202.974***	.619	.435	1
Lannoite - fertilizer	103.650***	90.240***	1758.035***	1078.229***	137.458***	94.658***	1
Lohko - section	77.992***	36.932***	24.481***	41.566***	21.196**	33.983***	1
Kuukausi - month	9.902***	12.926***	2.458**	5.131***	1.472	.810	9
Vuosi - year	6.255***	5.850***	1.094	2.764**	1.204	2.897**	10
	.407	67.216***	44.931***	5.371*	11.552***	5.248**	1
						Virhevarianssi Variance of error	393
Kivalon kuusikko - <i>Kivalo spruce stand</i>							
Vuoden 1965 vast. kasvuluku x Corresponding growth figure 1965 ln x	1.640	5.564*	-	5.752*	.003	4.611*	1
Lannoite - fertilizer	.091	1.265	-	1.243	163.830***	182.578***	1
Lohko - section	9.197**	1.125	-	5.490**	8.418**	17.961***	1
Kuukausi - month	28.425***	12.303***	-	22.014***	4.999**	3.237*	3
Vuosi - year	.940	.512	-	1.362	1.587	1.335	10
	.268	.216	-	1.580	7.650***	.562	1
						Virhevarianssi Variance of error	190
Kolarin männikkö - <i>Kolari pine stand</i>							
Vuoden 1964 vast. kasvuluku h <sub>ijk</sub>	4.704*	12.338***	81.384***	69.105***	70.149***	50.169***	1
Corresponding growth figure 1964 ln h <sub>ijk</sub> <sup>2</sup>	.882	5.894*	13.430***	12.682**	18.570***	14.899***	1
Kuukausi	1.192	1.696	.626	1.936*	1.175	.700	11
Vuosi	7.302**	3.091*	3.087*	5.710**	.621	.593	3
						Virhevarianssi Variance of error	85

Kivalon männikössä on lannoitusajankohdan vaikutus neulasten pituuteen samansuuntainen kuin Karvian alueella. Suoritettaessa lannoitus kasvukauden aikana on sen vaikutus neulasten pituuteen ollut selvästi voimakkaampi kuin talvilannoitusten. Vertailtaessa pareittain eri kuu-kausia todettiin, että ensimmäisen vuosipuoliskon lannoituksista (v. 1966) on kesä- ja touko-kuun lannoitusten vaikutus vuoden 1968 neulasten pituuteen ollut merkitsevästi suurempi kuin talvikuukausina suoritettujen lannoitusten vaikutus. Jälkimmäisen vuosipuoliskon lannoituksista ovat heinä-, elo- ja syyskuussa tehdyt antaneet paremman tuloksen kuin myöhemmät lannoitukset.

Kivalon kuusikossa ei lannoitusajankohta ole vaikuttanut neulasten pituuteen. Tämä on ilmeisesti johtunut puuston suuresta iästä ja heikosta kasvusta, minkä vuoksi lannoituksen aiheuttama kasvureaktio on jäänyt vähäiseksi.

Myöskään Kolarin männikössä ei lannoitusajankohdan vaikutusta ole havaittavissa verrat-

taessa keskenään eri kuu-kausia (taulukko 2). Tässäkin kokeessa puusto on melko vanhaa, jota paitsi kuivatus on käytetyistä leveistä saroista johtuen puutteellinen. Eri lannoitusvuosien vaikutuksen välillä on kuitenkin Kolarissakin merkitsevä ero.

Neulasten pituuden mittauksesta saadut tulokset osoittavat, että niitä tapauksia lukuunottamatta, joissa lannoituksen aiheuttamaa kasvureaktiota ei ole lainkaan ilmennyt, on lannoitus ollut edullisinta suorittaa kasvukauden aikana. Talvella lannoitettaessa jää vaikutus selvästi heikommaksi. Tämä tulos antaa aiheen odottaa, että myös puiden kasvussa olisi vastaavanlaisia eroja, sillä neulasten pituuden lisäyksen ja puiden pituuskasvun lisäyksen välillä on todettu vallitsevan selvä riippuvuus (mm. PAARLAHTI 1967, KARSISTO 1967).

Neulasten lehtivihreä- ja ravinnepitoisuutta tutkittiin yhteensä 410 koealalla kaatokoeputten viimeisen neulaskerran (v. 1968) neulasista otetuista näytteistä. Tulokset selviävät taulukoista 3-4 sekä kuvasta 2.

Taulukko 3. Merkitsevyydestien tulokset verrattaessa lannoitettujen ja lannoittamattomien puiden neulasten klorofylli- ja ravinnepitoisuuksia.

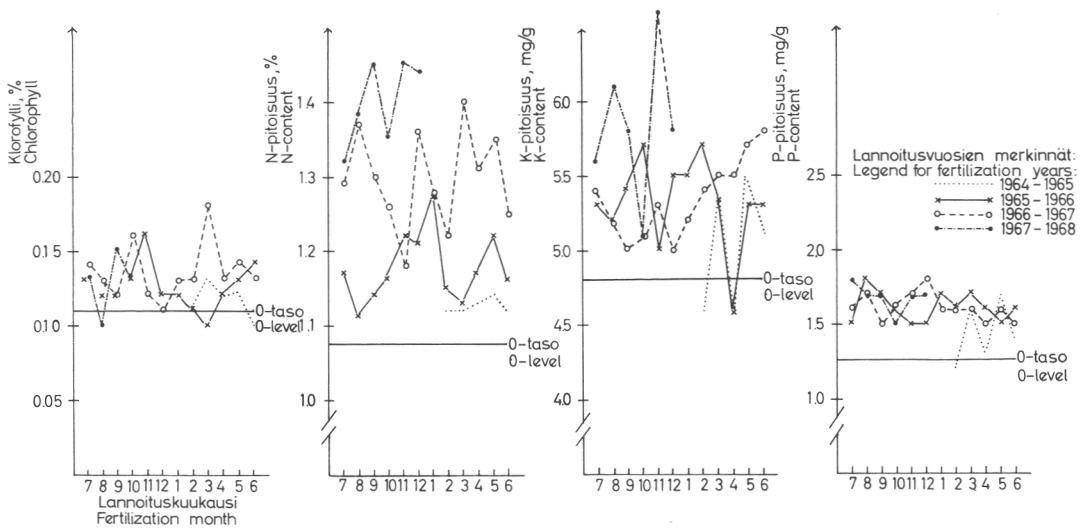
Table 3. Results of the significance tests when comparing the chlorophyll and nutrient contents of the needles of fertilized and unfertilized trees.

Koelue Test area	Lannoitus Fertilization	Klorofylli- pitoisuus Chlorophyll content	N – pitoisuus N content	K – pitoisuus K content	P – pitoisuus P content
Karvian männikkö <i>Karvia pine stand</i>	NPK	3.22***	4.83***	4.15***	11.72***
Kivalon männikkö <i>Kivalo pine stand</i>	PK	—	0.22	3.85***	10.14***
Kivalon männikkö <i>Kivalo pine stand</i>	NPK	—	1.14	3.69***	11.04***
Kivalon kuusikko <i>Kivalo spruce stand</i>	PK	—	1.08	0.02	2.67***
Kivalon kuusikko <i>Kivalo spruce stand</i>	NPK	—	1.62	0.84	2.70***
Kolarin männikkö <i>Kolari pine stand</i>	NPK	—	2.00*	1.07	5.26***

Taulukko 4. Neulasten keskimääräinen ravinnepitoisuus Kivalon tutkimusalueella.

Table 4. Average nutrient content of the needles at Kivalo test area.

Lannoite Fertilizer	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce	Mänty Pine	Kuusi Spruce
	N, %		K, mg/g		P, mg/g	
PK	1.08	0.80	5.5	6.3	1.7	1.5
NPK	1.13	0.86	5.5	6.1	1.8	1.5



Kuva 2. Vuoden 1968 männyn neulasten klorofylli- ja ravinnepitoisuus Karvian koekentällä.  
 Fig. 2. Chlorophyll and nutrient content of the needles (1968) of pine at Karvia test area.

Vertailtaessa keskenään lannoitettujen ja lannoittamattomien puiden neulasten pitoisuuksia todetaan, että Karvian kokeessa neulasten klorofyllipitoisuus on lisääntynyt erittäin merkittävästi lannoituksen vaikutuksesta (taulukko 3, kuva 2). Lehtivihreän kokonaismäärä on tämän lisäksi luonnollisesti kasvanut myös neulasten kokonaismassan lisääntymisen johdosta.

Neulasten typpipitoisuudessa on lannoitettujen ja lannoittamattomien puiden välillä erittäin merkittävä ero Karvian kokeessa. Kolarissakin on ero merkittävä, mutta Kivalon koekentällä ei ole merkittävää eroa. Viimeksi mainittu tulos saattaa hyvinkin johtua siitä, että Kivalossa vertaillaan vuoden 1968 neulasten typpipitoisuuksia pelkästään vuonna 1966 lannoitetuilla koealoilla, joilla typpilannoituksen vaikutus alkaa jo heikentyä.

Neulasten kalipitoisuuteen on lannoitus vaikuttanut merkittävästi vain Karvian koekentällä sekä Kivalon männikössä. Kivalon kuusikko sijaitsee ohutturpeisella suolla, jossa kivennäismaa on lähellä, mistä johtuneekin, ettei lannoituksella ole ollut vaikutusta neulasten kalipitoisuuteen.

Lannoitus on vaikuttanut neulasten fosforipitoisuuteen varsin selvästi kaikilla tutkimus-

alueilla, eron lannoitettujen ja lannoittamattomien koealojen välillä ollessa kaikissa tapauksissa erittäin merkittävä.

Tarkasteltaessa neulasten ravinnepitoisuuden riippuvuutta puulajista ja käytetystä lannoitteesta Kivalon koekentällä todetaan taulukosta 4, että männyllä on neulasten typpi- ja fosforipitoisuus ollut suurempi, mutta kalipitoisuus alempi kuin kuusella. PK- ja NPK-lannoitteiden vaikutuksella näyttää olevan vain vähäinen ero, joskin sekä männyllä että kuusella on neulasten typpipitoisuus ollut NPK-lannoitusta käytettäessä suurempi kuin PK-lannoitusta käytettäessä.

Ravinneanalyysien tulokset osoittavat myös, että typpi- ja kalilannoituksen vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen on ollut voimakkaampi Etelä-Suomessa kuin Pohjois-Suomessa. Kuten seuraavasta asetelmasta havaitaan, on neulasten typpipitoisuus noussut samanlaisen NPK-lannoituksen vaikutuksesta Karviassa keskimäärin 1.07 %:sta 1.25 %:iin, mutta Kolarissa 1.06 %:sta vain 1.10 %:iin. Neulasten kalipitoisuuden kasvu on ollut Karviassa 4.8 mg/g:sta 5.4 mg/g:aan ja Kolarissa 4.2 mg/g:sta 4.3 mg/g:aan. Neulasten fosforipitoisuus on sitä vastoin lisääntynyt selvästi sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa sijainneilla tutkimusalueilla.

		Lannoittamaton Unfertilized		Lannoitettu Fertilized		
	N, %	K, mg/g	P, mg/g	N, %	K, mg/g	P, mg/g
Karvia (60° 10'N)	1.07	4.8	1.3	1.25	5.4	1.6
Kolari (67° 19'N)	1.06	4.2	1.3	1.10	4.3	1.5

Saatu tulos osoittaa, että lannoituksen aiheuttama reaktio on ollut Etelä-Suomessa voimakkaampi kuin Pohjois-Suomessa, mikä ilmeni jo edellä neulasten pituusmittausten tuloksista.

Lannoitusajankohdan vaikutus neulasten ravinnepitoisuuteen on havaittavissa vain Karvian koekentällä, jossa sanottu vaikutus on neulasten typpipitoisuuteen ( $F = 2.87^{***}$ ) ja kalipitoisuuteen ( $F = 2.52^{***}$ ) erittäin merkittävä. Neulasten pitoisuuksissa ei ole selviä lannoituskuukauden aiheuttamia eroja, mutta etenkin

typpipitoisuus alenee sitä mukaa, mitä vanhemmasta lannoituksesta on kysymys. Neljän vuoden kuluttua lannoituksesta alkaa neulasten typpipitoisuus olla lannoitetuilla koealoilla jo varsin lähellä lannoittamattomien koealojen puiden neulasten typpipitoisuutta (kuva 2). Tulos ennakoii sitä, että typpilannoituksen vaikutus alkaa olla loppumassa. Typpilannoituksen vaikutusajan onkin esitetty yleensä olevan 4–6 vuotta (esim. VIRO 1965). Myös neulasten kalipitoisuus on jonkin verran alentunut lannoituksesta kuluneen ajan kasvaessa.

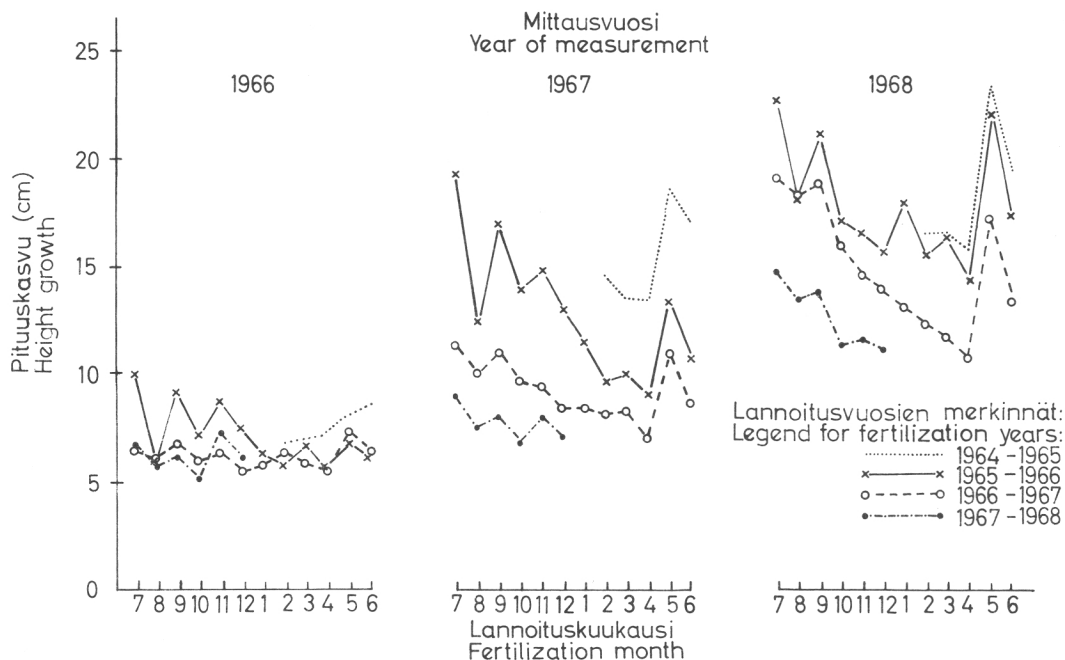
### Pituuskasvu

Lannoitusajankohdan vaikutus puiden pituuskasvuun on selvästi havaittavissa kaikissa muissa tutkimusmetsiköissä paitsi Kivalon kuu-

sikossa. Karvian tutkimusalueella on lannoitusvuoden sekä lannoituskuukauden vaikutus puiden pituuskasvuun erittäin merkittävä (taulukko

2, kuva 3). Vertailtaessa pareittain eri lannoituskuukausia todetaan, että keskimäärin on paras tulos saavutettu suoritettaessa lannoitus heinäkuussa. Heinäkuun lannoituksen vaikutus ei poikkea merkittävästi syys-, elo- ja toukokuun lannoituksen vaikutuksesta, mutta on merkitse-

västi suurempi kuin muina kuukausina suoritettujen lannoitusten vaikutus. Kaikkein heikoin tulos on saatu helmikuun ja huhtikuun lannoituksissa, joiden vaikutus on merkittävästi heikompi kuin heinä-, syys-, elo-, touko- ja loka-

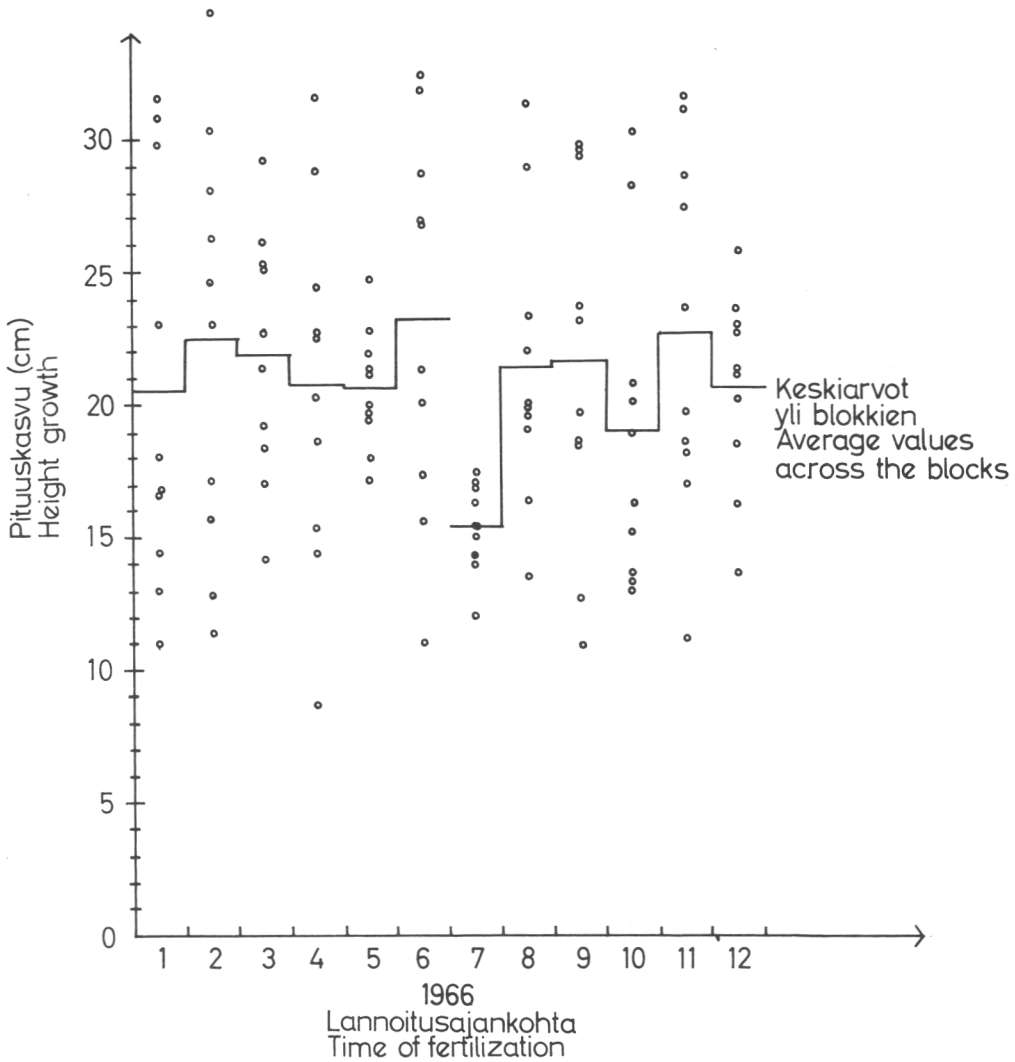


Kuva 3. Karvian aineistosta lasketut vuosien 1966–1968 kovarianssikorjatut männyn pituuskasvun käyrät eri lannoitusvuosina lannoituskuukausien suhteen.

Fig. 3. The covariance-corrected curves of height growth of pine in different fertilization years with respect to the fertilization months. From the Karvia material 1966–1968.

Tulokset osoittavat, että Karviassa on kasvukauden aikana suoritettu lannoitus antanut kesäkuun lannoitusta lukuunottamatta selvästi paremman pituuskasvutuloksen kuin talvilannoitus. Kaikkein heikoin tulos on ollut lumen sulamisen aikaan suoritetuilla lannoituksilla. Kesäkuussa suoritettujen lannoitusten tulos on odottamattoman heikko ja sen syynä saattaa olla tässä tutkimuksessa tehty oletus, jonka mukaan kesäkuun puolivälissä suoritettujen lannoitusten on katsottu vaikuttavan täydellä tehollaan vielä saman vuoden kasvuun. Kesäkuun lannoituksia koskevat tulokset ovat tämän vuoksi epävarmoja ja kaipaavat tarkistusta. Kuitenkin ne viittaavat siihen, että pyrittäessä vaikuttamaan saman vuoden kasvuun, tulisi lannoitus suorittaa viimeistään kesäkuun alussa (vrt. PAARLAHTI 1967).

Kivalon männikössä on lannoitusvuoden vaikutus vuoden 1967 kasvuun erittäin merkitsevä ja seuraavankin vuoden kasvuun merkitsevä (taulukko 2, kuvat 4–5). Lannoituskuukauden vaikutus vuoden 1968 kasvuun on hyvin merkitsevä. Paras tulos on saatu NPK-lannoitusta käytettäessä kesäkuun lannoituksessa ja PK-lannoitusta käytettäessä touko-kesäkuun lannoituksissa. Verrattaessa pareittain eri kuukausia toisiinsa eivät erot kuitenkaan olleet kumpaakaan lannoitetta käytettäessä merkitseviä. Varsin suurta vaihtelua tuloksiin ovat aiheuttaneet eri lohkojen väliset suotyypierot, kuten kuvista 4 ja 5 on havaittavissa. Verrattaessa keskenään käytettyjä lannoitteita voidaan todeta, että NPK-lannoitus on antanut jonkin verran paremman tuloksen kuin PK-lannoitus.



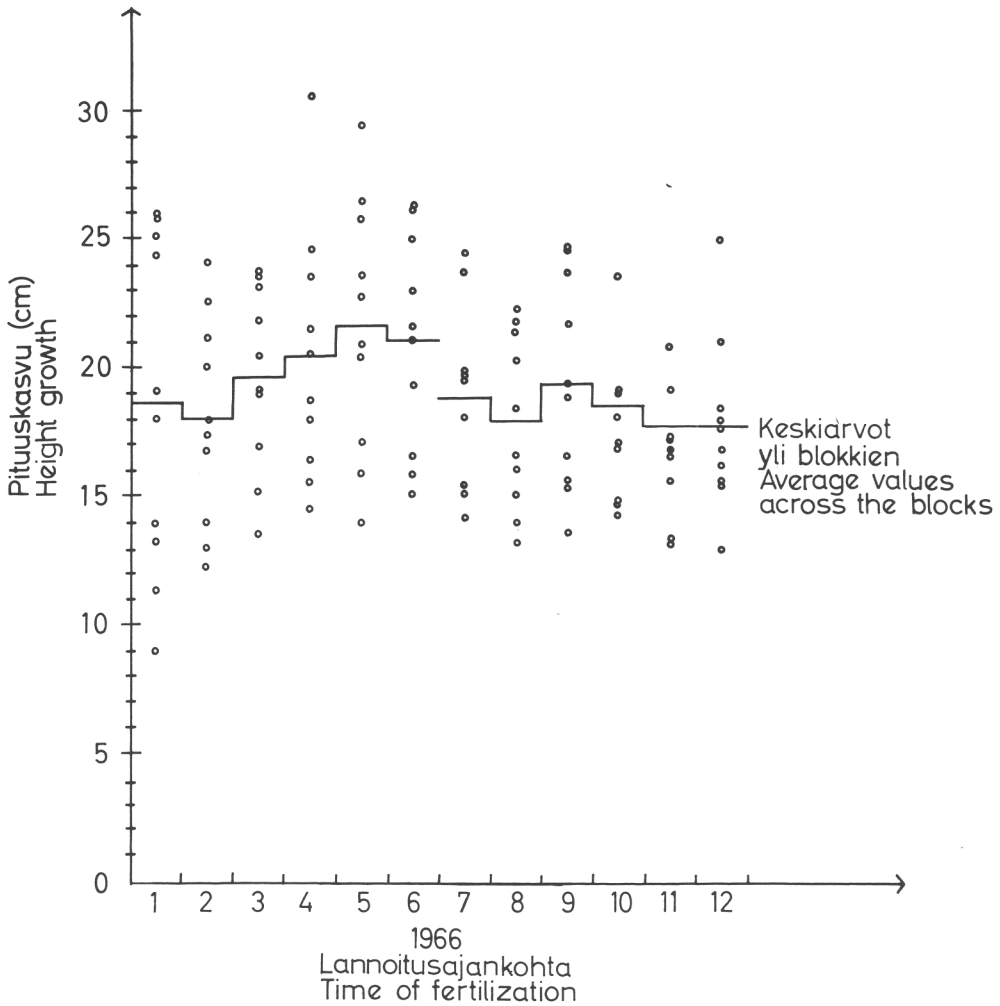
Kuva 4. Männyn vuoden 1968 kovarianssikorjattu pituuskasvu Kivalon koekentällä. Lannoitus: met-sän Y-lannosta suomaille (14–18–10) 500 kg/ha.

Fig. 4. The covariance-corrected height growth of pine in 1968 at Kivalo test area. Fertilization: Y fertilizer for Peatland Forests (14–18–10) 500 kg/ha.

Kivalon kuusikossa ei lannoitusajankohdan vaikutus puiden pituuskasvuun ollut merkitsevä (taulukko 2). Eri lohkojen välillä oli pituuskasvussa erittäin merkitsevä ero ja myös eri lannoitteiden vaikutus poikkesi toisistaan merkitsevästi ja siten, että NPK-lannoituksen vaikutus oli parempi kuin PK-lannoituksen.

Kolarin männikössä on lannoitusvuoden vaikutus tuloksiin vuoden 1967 pituuskasvussa

merkitsevä ja vuoden 1968 pituuskasvussa hyvin merkitsevä (taulukko 2). Lannoituskuukauden vaikutus on vuoden 1968 pituuskasvuun merkitsevä. Kuvasta 6 nähdään, että kesäkuun ja toukokuun aikana suoritettu lannoitus on antanut Kolarin männikössä parhaan tuloksen. Kuitenkaan parittaisissa vertailuissa eivät eri kuukausien väliset erot tulleet merkitseviksi.



Kuva 5. Männyn vuoden 1968 kovarianssikorjattu pituuskasvu Kivalon koekentällä. Lannoitus: PK-lannosta (16.5–16.5) 600 kg/ha.

*Fig. 5. The covariance-corrected height growth of pine in 1968 at Kivalo test area. Fertilization: PK fertilizer (16.5–16.5) 600 kg/ha.*

Edellä esitetystä havaitaan, että pituuskasvutuloksissa on varsin suurta hajontaa samankin tutkimusalueen sisällä. Saadut tulokset osoittavat kuitenkin selvästi, että kesän aikana suori-

tettu lannoitus on antanut suuremman pituuskasvun lisäyksen kuin talvikuukausien ja etenkin lumen sulamisen aikaiset lannoitukset.

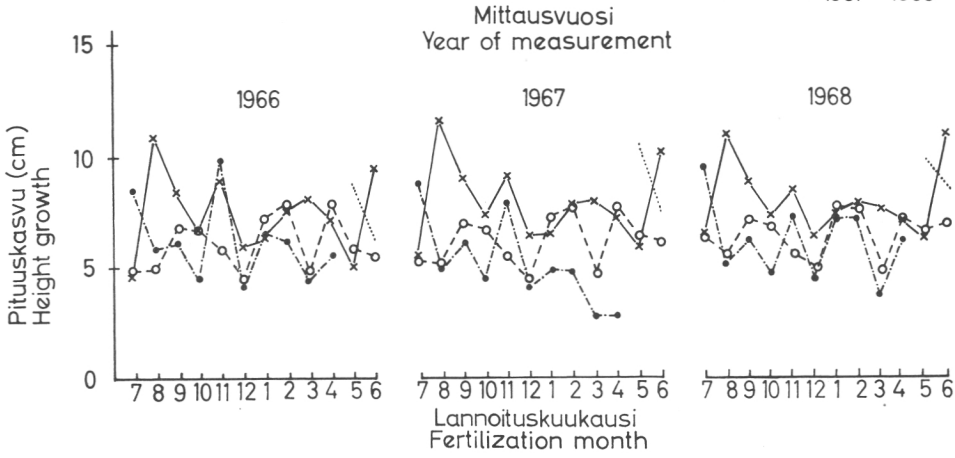
#### Paksuuskasvu

Paksuuskasvun mittaamista varten sahattiin kaatokoepuista kiekot rinnankorkeudelta. Sen lisäksi sahattiin kiekot myös 4 m:n ja 6 m:n korkeudelta, mutta aineisto jäi niin vähäiseksi,

että seuraavassa tarkastellaan vain Karvian tutkimusalueen 4 m:n mittauskorkeudelta saatuja tuloksia.

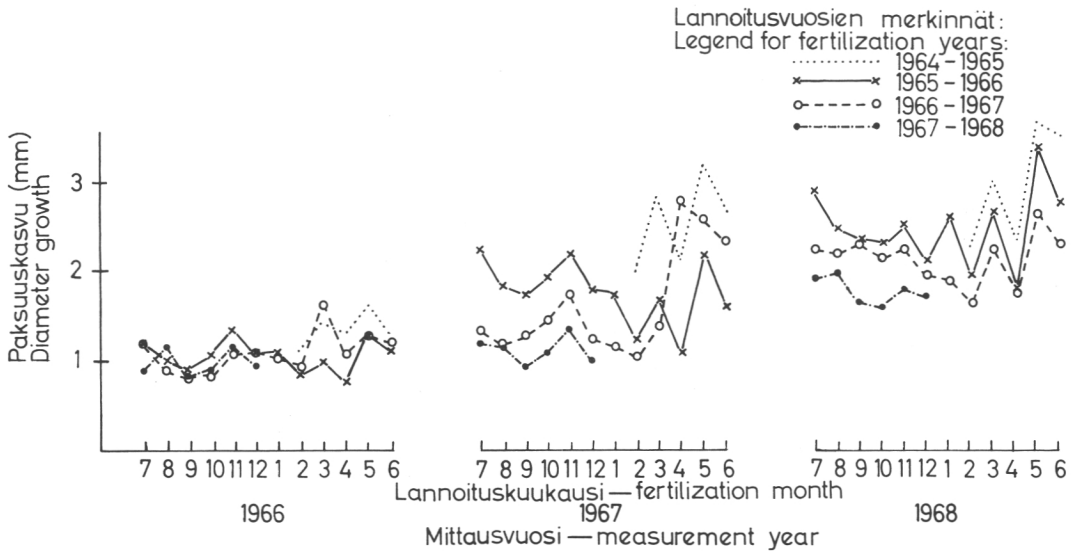


Lannoitusvuosien merkinnät:  
 Legend for fertilization years:  
 ..... 1964 - 1965  
 x—x—x 1965 - 1966  
 o—o—o 1966 - 1967  
 ●—●—● 1967 - 1968



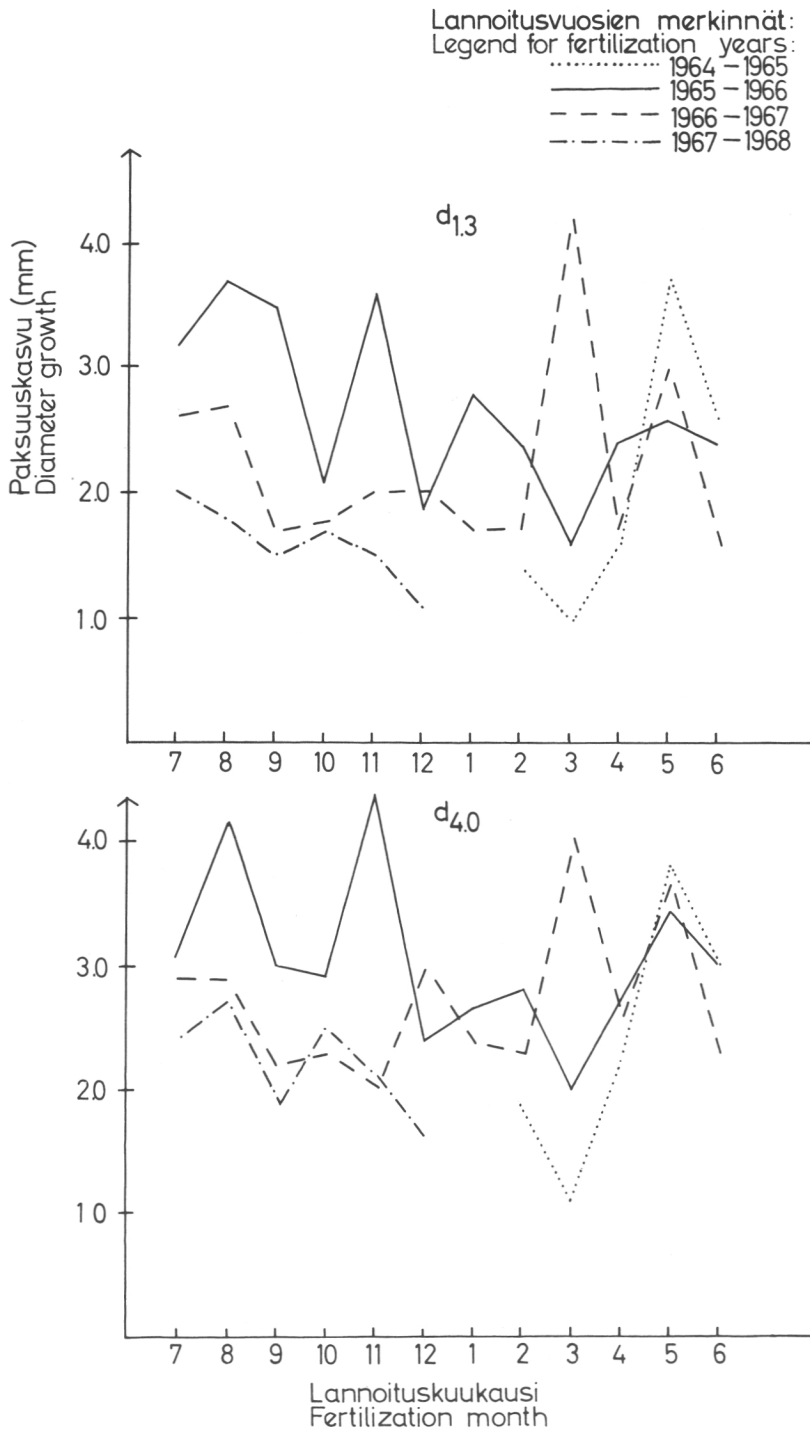
Kuva 6. Kolarin aineistosta lasketut vuosien 1966–1968 kovarianssikorjatut männyn pituuskasvun käyrät eri lannoitusvuosina lannoituskuukausien suhteen.

Fig. 6. The covariance-corrected curves of height growth of pine in different fertilization years with respect to the fertilization months. From the Kolar material 1966–1968.



Kuva 7. Karvian aineistosta lasketut vuosien 1966–1968 kovarianssikorjatut männyn paksuuskasvun käyrät eri lannoitusvuosina lannoituskuukausien suhteen.

Fig. 7. The covariance-corrected curves of diameter growth of pine in different fertilization years with respect to the fertilization months. From the Karvia material 1966–1968.



Kuva 8. Männyn vuoden 1968 paksuuskasvu 1.3 m:n ja 4,0 m:n korkeudella Karvian koekentällä.  
 Fig. 8. Diameter growth of pine in 1968 at a height of 1.3 m and 4.0 m at Karvia test area.

Karvian tutkimusalueella on lannoitusvuoden vaikutus paksuuskasvuun erittäin merkitsevä (taulukko 2). Lannoituskuukauden vaikutus vuoden 1967 ja 1968 paksuuskasvuun on merkitsevä. Voimakkainta on kasvu ollut suoritettaessa lannoitus toukokuussa ja yleensä on kasvukauden aikana suoritettu lannoitus antanut paremman tuloksen kuin talvilannoitus (kuva 7). Vertailtaessa eri kuukausia pareittain todetaan mm., että lumen sulamisen aikaan huhtikuussa suoritettun lannoituksen vaikutus on merkitsevästi heikompi kuin touko-, heinä- ja elokuun lannoituksen vaikutus. Selvän poikkeuksen tulosten yleisestä suunnasta muodostaa jälleen kesäkuu, kuten oli asian laita pituuskasvuunkin nähden. Kesäkuuta koskevia tuloksia on siis pidettävä epävarmoina ja on otettava huomioon ne varaukset, jotka tehtiin pituuskasvua koskevien tulosten esittelyn yhteydessä.

Kivalon männikössä on lannoitusvuoden vaikutus puiden paksuuskasvuun vuonna 1967 erittäin merkitsevä ja seuraavana vuonna merkitsevä (taulukko 2). Lannoituskuukauden vaikutus kasvuun on hyvin merkitsevä vuonna 1968. Eri kuukausia pareittain vertailtaessa DUNCANin testillä ei niiden välille ole kuitenkaan tullut merkitseviä eroja. Lumen sulamiskauden aikana maaliskuussa annettujen lannoitusten vaikutus paksuuskasvuun on yleensä jäänyt heikommaksi kuin muina aikoina annettujen lannoitusten vaikutus, mutta Kivalon tuloksissa on eri lohkojen välisistä suotyypieroista johtuen huomattavaa hajontaa, kuten jo s. 12 todettiin.

### Ravinteiden liikkuvuus

Kesän aikana ja talvella suoritettujen lannoitusten erona on, että edellisessä lannoite annetaan sulalle maalle ja jälkimmäisessä lumen pinnalle. Talvilannoituksessa ravinteiden on siis kulkeuduttava lumen läpi maahan ja myös jonkin matkaa maassa ennenkuin ne ovat puiden käytettävissä. Koska eri ravinteiden liikkumisesta metsälannoitteiden talvilevityksessä ei ole tarkkoja tietoja, suoritettiin tässä yhteydessä myös sanottua kysymystä valaisevia tutkimuksia.

Lannoitteiden kulkua lumen läpi tutkittiin laajassa mitassa ns. pikamenetelmällä (vrt. s. 7)

Tuloksista selviää edelleen, että NPK-lannoituksen vaikutus puiden paksuuskasvuun on ollut suurempi kuin PK-lannoituksen. Ero on erittäin merkitsevä (taulukko 2).

Kivalon kuusikossa on lannoitusajankohdan vaikutus puiden paksuuskasvuun jäänyt vähäiseksi. Eri lannoituskuukausien vaikutus ei ole merkitsevä. Myös kuusikossa on NPK-lannoituksella saatu selvästi voimakkaampi paksuuskasvu kuin PK-lannoituksella.

Kolarin tutkimusalueella ei lannoituskuukauden tai -vuoden vaikutus puiden paksuuskasvuun ole merkitsevä (taulukko 2). Lannoitusreaktion heikkous johtunee, kuten edellä jo on todettu, alueen pohjoisesta sijainnista, heikosta kuivatustehosta sekä puiden suuresta iästä.

Kuvassa 8 on verrattu keskenään vuoden 1968 paksuuskasvua rinnankorkeudella ja 4 m:n korkeudella niiden Karvian männikön puiden osalta, joilta saatiin kiekot molemmilta korkeuksilta. Tulosten perusteella on todettavissa, että eri lannoitusajankohtien väliset erot esiintyvät samansuuntaisina sekä rinnankorkeudella että rungon yleisimmässä osassa.

Lannoitusajankohdan vaikutus puiden paksuuskasvuun on ollut samanlainen kuin sen vaikutus pituuskasvuunkin, t.s. kasvukauden aikana suoritettu lannoitus on aiheuttanut selvästi voimakkaamman kasvunlisäyksen kuin talvilannoitus. Yhdistettäessä nämä tulokset voidaan todeta, että käytettyjen lannoitteiden talvilevitys on johtanut merkittävään tappioon kokonaiskasvussa verrattuna siihen, että lannoitteet olisi levitetty kasvukauden aikana.

Tämän lisäksi tehtiin myös kokonaisanalyysijä 3.3. tehdyistä lannoituksista kaksi viikkoa ja neljä viikkoa lannoitteiden levittämisen jälkeen.

Pikamenetelmällä todettiin, että typpeä, kalialia ja fosforia on esiintynyt viikon kuluttua lannoituksesta jo 30 cm:n syvyydessä. Pääosassa havaintoja on eri ravinteita kuitenkin ollut vain 0–10 cm:n ja 10–20 cm:n syvyydessä. Kuukauden kuluessa on ravinteita ollut jo 50 cm:n syvyydessä. Kuitenkin syvällä tavatut määrät ovat olleet vain murto-osa lumen pintaosissa esiintyvistä. Verrattaessa analyysien tuloksia eri ravin-

teiden kokonaismäärän syvyysjakautumasta kaksi viikkoa ja neljä viikkoa lannoituksen jälkeen (kuvat 9 ja 10) todetaan, että ko. ajankoh- tien välisenä aikana on syvällä olevien ravinteiden suhteellinen osuus selvästi lisääntynyt,mut- ta ensin osa ravinteista on kuitenkin edelleen aivan pinnassa. Tämä osoittaa, että ravinteiden kulku lumessa on määrällisesti verraten vähäistä. Tulosten valossa on ilmeistä, että suoritettaessa lannoitus kuukauden aikana ennen lumen sulamista vain murto-osa lannoitteista ehtii saavut- taan maanpinnan ennen sulamisajankohtaa.

Edelleen tutkittiin maassa eri kerroksissa (0–10, 10–20 ja 20–30 cm) olleiden ravinteiden määrä koaloilla, joista osa oli lannoitettu 3.3., jolloin lumen vahvuus oli 71 cm, ja osa 28.4., jolloin lumi jo oli sulanut. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

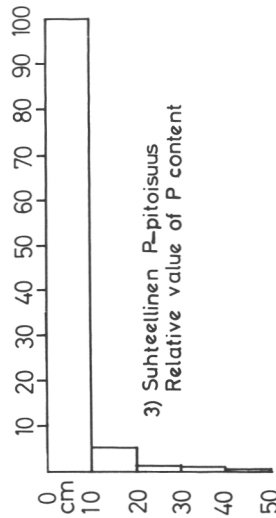
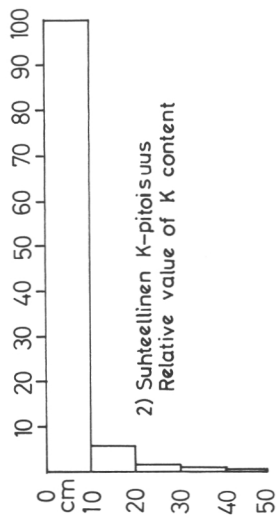
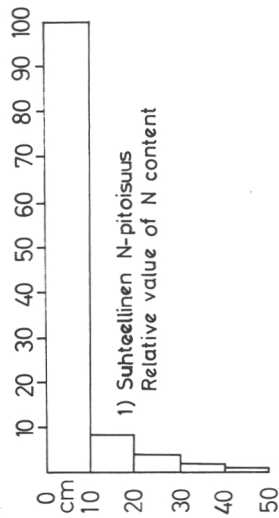
Tarkasteltaessa ravinnemäärää 0–10 cm:n syvyudessa havaitaan, ettei typen määrän suh- teen ollut mainittavaa eroa lannoittamattomien ja eri aikoina lannoitettujen koalojen välillä. Tämä johtunee näytteiden orgaanisen aineen

varsin suuresta määrästä, johon nähden typen erisuuruiset lisäykset aiheuttavat vain vähäisiä muutoksia. Fosforin suhteen on havaittavissa, että suometsien PK-lannosta lukuunottamatta on fosforin määrä ollut 0–10 cm syvyudessa 28.4. lannoitetuilla koeruuduilla selvästi suu- rempi kuin 3.3. lannoitetuilla koeruuduilla, joil- la lannoitteiden määrä on ollut samaa suuruus- luokkaa kuin lannoittamattomilla vertailuruu- dulla. Tulos osoittaa, että fosforia on ilmeisesti kulkeutunut lumelle levitettäessä sulamisvesien mukana hukkaan. Vain suometsien PK-lannok- sen karkeajakoista raakafosfaattia on jäänyt enemmälti maahan. Veteen liukenematonta mutta hienojakoista hienofosfaattiakin on sitä vastoin mennyt lumen mukana. Myös kalia on ilmeisesti kulkeutunut lumen sulamisvesien mu- kana annettaessa lannoitus pelkkänä kalisuolana. Taulukon 5 mukaan ei eri koeruutujen ravintei- suudessa ollut mainittavaa eroa 10 cm syvem- mällä, mikä osoittaa mm. sen, että ravinteiden syvyysuuntainen liikkuvuus on ollut vähäistä.

Taulukko 5. Ravinteiden kokonaismäärät eri syvyyksissä.  
Table 5. Total amount of nutrients at various depths.

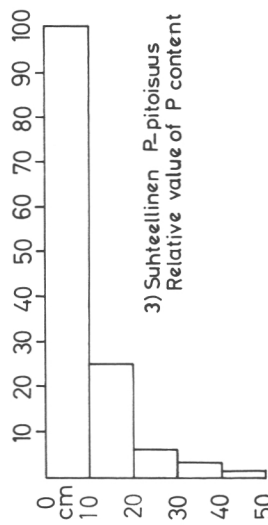
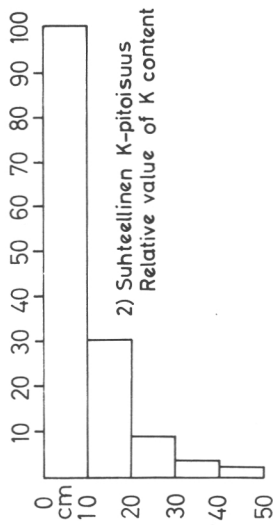
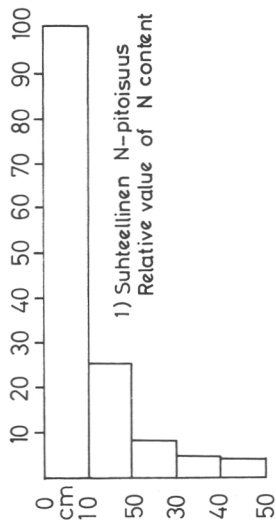
Lannoite Fertilizer	Lannoitus aika Fertilization time	Ravinteita syvyudessa (cm) – Nutrient amount at the depth (cm)								
		N %			P, mg/l			K, mg/l		
		0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30	0–10	10–20	20–30
Lannoittamaton Unfertilized		0.81	0.66	0.85	5.0	5.0	2.3	54	54	26
Urea	3.3	0.86	0.88	0.88	–	–	–	–	–	–
Urea	28.4	0.86	0.86	0.93	–	–	–	–	–	–
Hienofosfaatti Rockphosphate	3.3	–	–	–	4.9	3.6	2.8	–	–	–
Hienofosfaatti Rockphosphate	28.4	–	–	–	18.7	4.8	2.2	–	–	–
Superfosfaatti Superphosphate	3.3	–	–	–	6.4	4.8	3.9	–	–	–
Superfosfaatti Superphosphate	28.4	–	–	–	16.7	5.2	3.2	–	–	–
Kalисуола Potassium salt	3.3	–	–	–	–	–	–	58	45	24
Kalисуола Potassium salt	28.4	–	–	–	–	–	–	108	47	29
Suometsien PK- lannos PK-fertilizer for peat soils	3.3	–	–	–	10.2	4.1	3.2	87	48	30
Suometsien PK- lannos PK-fertilizer for peat soils	28.4	–	–	–	9.3	3.8	2.3	78	67	41
Fosforirikas Super- Y-lannos Mixed NPK-fer- tilized (15-25-10) for peat soils	3.3	0.79	0.98	0.96	8.2	5.0	3.0	74	48	26
Fosforirikas Super- Y-lannos Mixed NPK-fer- tilizer (15-25-10) for peat soils	28.4	0.91	0.71	0.78	16.6	3.5	1.8	82	32	21

Lannoitteiden lumelleveyskokeet  
Application of fertilizers on snow



Kuva 9. Lannoitteiden (3.3.1969) nautujen typpi- ja kali- ja fosforipitoisuuden suhteelliset arvot lumen eri kerroksissa kaksi viikkoa lannoituksen jälkeen. Pinta-kerroksen arvo on merkitty 100:lla. Lannoitteet: 1 = urea, 2-3 = fosforikkaa Super Y-lannos (15-25-10).  
Fig. 9. The relative values for nitrogen, potassium, and phosphorus content in different layers of the snow on plots fertilized March 3, 1969, two weeks after application. The value of the surface-layer is 100. Fertilizers: 1 = urea, 2-3 = NPK-fertilizers (15 % N - 25 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 10 % K<sub>2</sub>O).

Lannoitteiden lumelleveyskokeet  
Application of fertilizers on snow



Kuva 10. Typpi-, fosfori- ja kalipitoisuuden suhteelliset arvot lumen eri kerroksissa neljä viikkoa lannoituksen levittämisen jälkeen. Vrt. kuva 9.  
Fig. 10. The relative values for nitrogen, potassium, and phosphorus content in different layers of the snow, four weeks after application. Cf. Fig. 9.

Saadut tutkimustulokset osoittavat, että levitettäessä lannoitteita lumelle on ravinteiden hukkaan menon vaara varsin suuri. Lannoitteiden liikkuminen lumessa on niin hidasta, että

erityisesti lumen sulamisen aikaan annetut ravinteet eivät ehdi tunkeutua maahan, vaan niitä kulkeutuu veden mukana ojastoihin, jolloin ne jäävät pois puiden käytöstä.

## TULOSTEN TARKASTELUA

Edellä esitetyistä tuloksista ilmenee, että käytettäessä helppoliukoisia lannoitteita, talvi-levitys antaa heikommän kasvutuloksen kuin sulan maan aikainen lannoitus. Jo neulasten pituuden lisäys jää talvi-levitystä käytettäessä suhteellisen vähäiseksi. On merkille pantavaa, että kasvureaktioiden heikomuus on ilmennyt sangen nopeasti lannoituksen jälkeen; onhan vanhimmastakin lannoituksesta kulunut aikaa tutkimuksen suorittamiseen mennessä vain neljä kasvukautta. Tämän mukaan on ravinteita ilmeisesti täytynt mennä hukkaan lumen sulaessa. Tehdyt ravinneanalyytit osoittavatkin ravinteiden liikkumisen lumessa olevan määrällisesti sangen hidasta, minkä vuoksi on todennäköistä, että kuukauden aikana ennen lumen sulamista lumen pinnalle levitettyjä lannoitteita saattaa huuhtoutua. Tämä päätelmä voitiin vahvistaa myös maa-analyytien tuloksilla. Aikaisempienkin tutkimuksien mukaan joutuu helppoliukoista tyyppiä hukkaan talvi-levitystä käytettäessä (JOHANSSON ja ÅHGREN 1966).

Jotta selviltä kasvutappioilta vältyttäisiin, olisi helppoliukoiset lannoitteet levitettävä soilla kasvukauden aikana. Käytännössä on tällöin kysymys lähes yksinomaan rakkaisista ja muista vastaavista 'niukkaravinteisista' soista, joissa tarvitaan fosforin ja kalin ohella myös tyyppiä. Lannoitteina käytetään näillä kasvupaikoilla etupäässä y-lannoksia, joissa fosfori on helppoliukoisena superfosfaattina ja jotka sisältävät myös tyyppiä, sekä urea-typpilannoitetta. Kyseisten

lannoitteiden lumelle levitystä olisi siis vältettävä.

Fosforin karkajakoisena raakafosfaattina sisältävän suometsien PK-lannoksen käyttäytymistä ei tässä tutkimuksessa varsinaisesti selvitetty, mutta tehtyjen maa-analyytien mukaan on fosforin huuhtoutuminen ollut kyseistä lannoitetta käytettäessä vähäistä. Tämän mukaan olisi soilla yleisimmin käytettävän PK-lannoitteen kohdalla ravinteiden hukkaan menon vaara huomattavasti pienempi kuin helppoliukoisilla lannoitteilla.

Mikä on lannoitteiden edullisin levitysajankohta kasvukauden aikana, ei selvinnyt nyt tehdyissä tutkimuksissa. Useimmissa tapauksissa antoi lumen sulamisen ja puiden kasvun alkamisen välisenä aikana toukokuussa suoritettu lannoitus varsin hyvän tuloksen, mutta myös myöhemmin kesällä ja alkusyksystä tehdyt lannoitukset olivat vaikutukseltaan hyviä. Kesäkuun lannoitusten muista poikkeavaa tulosta on jo edellä käsitelty (s. 12) ja todettu lisätutkimusten olevan tarpeellisia. Etenkin pitäisi selvittää, missä neulasten kasvuvaiheessa annettava lannoitus pystyy vaikuttamaan vielä saman vuoden kasvuun. Aikaisemmissa PAARLAHDEN (1967) ja KARSISTON (1967) julkaisemissa tutkimuksissa on ilmennyt, että sulan maan aikana tehtävissä lannoituksissa on lannoitusajankohdalla soilla vähäinen merkitys puiden kasvun lisäyksen kannalla.

## KIRJALLISUUTTA

- JOHANSSON, B. ja ÅHGREN, A. 1966. Gödslingseffekt och spridningstidpunkt. Skogen N:o 5.
- KARSISTO, K. 1967. Eri ajankohtina annetun NPK-lannoituksen aiheuttamista reaktioista rämeen mänyntäimistössä. English summary. Suo N:o 4
- KRAMER, C. Y. Extension of multiple range tests to group correlated adjusted means. Biometrics 13/1957, N:o 1.
- PAARLAHTI, K. 1967. Lannoitusajankohdan vaikutus rämemännikön kasvureaktioihin. Summary: Influence of the time of fertilization on the growth reactions in a pine stand on peat soil. Comm. Inst. Forest. Fenn, 63.4.
- VIRO, P. J. 1965. Estimation on the effect of forest fertilization. Selostus: Metsänlannoituksen vaikutuksen arvioiminen. Comm. Inst. Forest. Fenn. 59.3.

Liite 1. Malliparametrien estimoinnilla saadut kasvumallit

Karvian männikkö

Vuoden 1967 neulaspituus	$\ln \underline{y}_{ijk} = 3.54157 + \alpha_i + \beta_j + 0.044325 h_{ijk} - 0.001700 h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk}$
	$\alpha_i$ vaihtelee - 0.9372:sta .06923:een ja $\beta_j$ - .04396:sta .055646:een
Vuoden 1968 neulaspituus	$\ln y_{ijk} = 3.46378 + \alpha_i + \beta_j + 0.005968 h_{ijk} - 0.000238 h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk}$
	$\alpha_i$ vaihtelee - .17824:stä .11569:ään ja $\beta_j$ - .08942:sta .08942:een
Vuoden 1967 pituuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = 2.58990 + \alpha_i + \beta_j + 0.010667 h_{ijk} - 0.003703 h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk}$
	$\alpha_i$ vaihtelee - .44069 :stä .19176:een ja $\beta_j$ - .22403:sta .28022:een
Vuoden 1968 pituuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = 2.15527 + \alpha_i + \beta_j + 0.015963 h_{ijk} - 0.005783 h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk}$
	$\alpha_i$ vaihtelee -. 46186:sta .41556:een ja $\beta_j$ -. 22147:stä .14649:een
Vuoden 1967 paksuuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = 0.112584 + \alpha_i + \beta_j + 0.848818 h_{ijk} - 0.190201 h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk}$
	$\alpha_i$ vaihtelee - .46750 :stä .21283:een ja $\beta_j$ -. 23968:sta .23142:een
Vuoden 1968 paksuuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = -0.589858 + \alpha_i + \beta_j + 1.51728 h_{ijk} - 0.415499 h_{ijk}^2 + \epsilon_{ijk}$
	$\alpha_i$ vaihtelee -. 50139:stä .47803:een ja $\beta_j$ -. 25582:sta . 27906:een

Kivalon männikkö

Vuoden 1967 neulaspituus	$\ln \underline{y}_{ijklm} = 2.90491 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l - 0.00450 h_{ijklm} + .22412 \ln h_{ijklm} + \epsilon_{ijklm}$
	$\alpha_i$ vaihtelee - . 00239:stä 00239:ään " " - .03872:sta .05343:een $\beta_{ij}$ " - .03772:sta .03772:een $\gamma_k$ " - .04789:stä .07251:een $\rho_l$ " - .04789:stä .07251:een
Vuoden 1968 neulaspituus	$\ln \underline{y}_{ijklm} = 3.02420 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l - .00386 h_{ijklm} + .19584 \ln h_{ijklm} + \epsilon_{ijklm}$
	$\alpha_i$ vaihtelee - .02881:stä .02881:een $\beta_{ij}$ " - .03588:sta .02986:een $\gamma_k$ " - .02431:stä .02431:een $\rho_l$ " - .04646:stä .07902:een
Vuoden 1967 pituuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijklm} = -.31749 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l - .03929 h_{ijklm} + 1.41144 \ln h_{ijklm} + \epsilon_{ijklm}$
	$\alpha_i$ vaihtelee - .0.3847:stä .03847:ään " " - .02931:stä .01817:ään $\beta_{ij}$ " - .03232:sta .3232:een $\gamma_k$ " - .06508:sta .03120:een $\rho_l$ " - .06508:sta .03120:een



Vuoden 1968 pituuskasvu  $\ln y_{ijklm} = .22063 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l - .03391 h_{ijklm} + 1.22240 \ln h_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$

$\alpha_i$ vaihtelee	-.01471:stä	.01471:een
$\beta_{ij}$ "	-.03916:sta	.06587:ään
$\gamma_k$ "	-.04657:stä	.04657:ään
$\rho_l$ "	-.06934:stä	.05317:ään

Vuoden 1967 paksuuskasvu  $\ln y_{ijklm} = 12079 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l + .2186 h_{ijklm} + .92061 \ln h_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$

$\alpha_i$ vaihtelee	-.02933:sta	.02933:een
$\beta_{ij}$ "	-.06857:stä	.05070:een
$\gamma_k$ "	-.4529:stä	.04529:een
$\rho_l$ "	-.04027:stä	.05087:ään

Vuoden 1968 paksuuskasvu  $\ln y_{ijklm} = .37161 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l + .01859 h_{ijklm} + .77432 \ln h_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$

$\alpha_i$ vaihtelee	-.02004:stä	.02004:ään
$\beta_{ij}$ "	-.09838:sta	.06568:aan
$\gamma_k$ "	-.05813:sta	.05813:een
$\rho_l$ "	-.02719:stä	.03918:aan

Kivalon kuusikko

Vuoden 1967 neulas pituus  $\ln y_{ijklm} = 2.47802 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l + .02224 h_{ijklm} + -.02772 \ln h_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$

$\alpha_i$ vaihtelee	-.00312:sta	.00312:een
$\beta_{ij}$ "	-.03078:sta	.02749:ään
$\gamma_k$ "	-.02148:sta	.02148:aan
$\rho_l$ "	-.08860:sta	0.6401:een

Vuoden 1968 neulas pituus  $\ln y_{ijklm} = 2.52298 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l + .04027 h_{ijklm} + -.10184 \ln h_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$

$\alpha_i$ vaihtelee	-.00275:stä	.00275:een
$\beta_{ij}$ "	-.01535:stä	.02404:ään
$\gamma_k$ "	-.00739:stä	.00739:ään
$\rho_l$ "	-.05109:stä	.05806:een

Vuoden 1968 pituuskasvu  $\ln y_{ijklm} = 2.46094 + \alpha_i + \beta_{ij} + \gamma_k + \rho_l + .15203 h_{ijklm} - .37483 \ln h_{ijklm} + \varepsilon_{ijklm}$

$\alpha_i$ vaihtelee	-.02764:stä	.02764:ään
$\beta_{ij}$ "	-.16404:stä	.13318:aan
$\gamma_k$ "	-.06061:stä	.06061:een
$\rho_l$ "	-.23163:sta	.24229:ään

Kolarin männikkö

Vuoden 1967 neulaspituus	$\ln \underline{y}_{ijk} = 3.14716 + \alpha_i + \beta_j + .01844 h_{ijk} - .000368 h_{ijk}^2 + \varepsilon_{ijk}$
$\alpha_i$ vaihtelee	-.04221:stä .04831:een
ja $\beta_j$	-.06259:stä .07069:ään
Vuoden 1968 neulaspituus	$\ln \underline{y}_{ijk} = 3.28774 + \alpha_i + \beta_j + .02844 h_{ijk} - .00094 h_{ijk}^2 + \varepsilon_{ijk}$
$\alpha_i$ vaihtelee	-.01869:stä .03336:een
ja $\beta_j$	-.06028:sta .10077:ään
Vuoden 1967 pituuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = .80185 + \alpha_i + \beta_j + .17282 h_{ijk} - .00335 h_{ijk}^2 + \varepsilon_{ijk}$
$\alpha_i$ vaihtelee	-.06064:stä .07137:ään
ja $\beta_j$	-.09963:sta .09056:een
Vuoden 1968 pituuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = .95783 + \alpha_i + \beta_j + .15390 h_{ijk} - .00315 h_{ijk}^2 + \varepsilon_{ijk}$
$\alpha_i$ vaihtelee	-.05333:sta .09820:een
ja $\beta_j$	-.15441:stä .20548:aan
Vuoden 1967 paksuuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = 3.14716 + \alpha_i + \beta_j + .01844 h_{ijk} - .00037 h_{ijk}^2 + \varepsilon_{ijk}$
$\alpha_i$ vaihtelee	-.03522:sta .02710:een
ja $\beta_j$	-.10374:stä .14962:een
Vuoden 1968 paksuuskasvu	$\ln \underline{y}_{ijk} = 3.28774 + \alpha_i + \beta_j + .02844 h_{ijk} - .0094 h_{ijk}^2 + \varepsilon_{ijk}$
$\alpha_i$ vaihtelee	-.03648:sta .03142:een
ja $\beta_j$	-.09116:sta .17094:ään

- No 45 Pentti Koivisto: Etelä- ja Pohjois-Karjalan, Itä-, Etelä- ja Pohjois-Savon sekä Keski-Suomen koivuvarat.  
Birch resources in Forestry Board Districts of Etelä- and Pohjois-Karjala, Itä-, Etelä- and Pohjois-Savo and Keski-Suomi. 2,—
- No 46 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1966, ennakkotietoja vuodelta 1967 ja ennuste vuodelle 1968.  
Wood utilization in Finland in 1966, preliminary data for 1967 and forecast for 1968. 3,—
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.  
Forest Statistics of Finland 1950—67. 4,—
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskulutus.  
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates. 2,50
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.  
Forest balance of Finland in 1953—66. 2,—
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran tasaus.  
On the trimming allowance and trimming. 2,—
- No 51 Teuri J. Salminen: Havusahatukkien kuutiointi kuoren päältä mitatun läpimitan perusteella.  
On cubing coniferous saw logs on the basis of measurements taken on the bark. 2,—
- No 52 Olli Makkonen: Paperipuiden pituuden vaikutuksesta runkojen hyväksikäyttöön minimiläpimitan ollessa 5 cm.  
On the influence of the length of pulpwood bolts on the degree of utilization of tree stems when the minimum diameter is 5 cm. 2,—
- No 53 Simo Poso, Christian Keil and Tapani Honkanen: Comparison of film-scale combinations in examining some stand characteristics from aerial photographs.  
Eri filmi-mittakaavayhdistelmät eräiden metsikkötunnusten ilmakuvatulkinnessa. 2,50
- No 54 Pertti Veckman: Suomen piensahat vuosina 1965 ja 1967.  
Small sawmills in Finland in 1965 and 1967. 2,50
- No 55 Kimmo Paarlahti ja Kalevi Karsisto: Koetuloja kaliummetafosfaatin, raakafosfaatin, hienofosfaatin ja superfosfaatin käyttökelpoisuudesta suometsien lannoituksessa.  
On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests. 1,50
- 1969 No 56 Terho Huttunen: Länsi-Suomen havusahatukkien koko ja laatu vuonna 1966.  
The size and quality of coniferous sawlogs in western Finland in 1966. 1,50
- No 57 Metsäntutkimuslaitoksen päätös puutavaran mittauksessa käytettävistä muuntoluvuista ja kuutioimistaulukoista.  
Skogsforskningsinstitutets beslut beträffande omvandlingskoefficienterna och kuberings-tabellerna, som används vid virkesmätning. 28,80
- No 58 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 2. Maan eteläpuoliskon mänty, kuusi ja koivu. 2,50
- No 59 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 3. Männyn ja kuusen uudet paperipuutaulukot. 2,50
- No 60 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot 4. Maan pohjoispuoliskon mänty ja kuusi. 2,—
- No 61 Matti Aitolahdi ja Olavi Huikari: Metsäojien konekaiivun vaikeusluokitus ja hinnoittelu.  
Classification of digging difficulty and pricing in forest ditching with light excavators. 1,—
- No 62 Kullervo Kuusela ja Alli Salovaara: Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan metsävarat vuonna 1968.  
Forest resources in the Forestry Board Districts of Etelä-Pohjanmaa, Vaasa and Keski-Pohjanmaa in 1968. 3,—
- No 63 Arno Uusvaara: Maan ja metsän omistus Suomessa v. 1965 alussa ja sen kehitys v. 1957—65.  
Land and forest ownerships in Finland 1965 and their development during 1957—65. 2,50
- No 64 Timo Kurkela: Haavanruosteeseen esiintymisestä Lapissa.  
Leaf rust on aspen in Finnish Lapland. 1,—
- No 65 Heikki Ravela: Metsärunko-ojien mitoitus.  
Dimensioning of forest main ditches. 1,50
- No 66 Matti Palo: Regression models for estimating solid wood content of roundwood lots.
- No 67 Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase vuosina 1967—69.  
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland in 1967—69. 2,50
- No 68 Lauri Heikinheimo, Seppo Paananen ja Hannu Vehviläinen: Stumpage and contract prices of pulpwood in Norway, Sweden and Finland in the felling seasons 1958/59—1968/69 and 1969/70. 2,50
- No 69 U. Rummukainen ja E. Tanskanen: Vesapistooli ja sen käyttö.  
A new brush-killing tool and its use. 1,—
- No 70 Metsätilastollinen vuosikirja 1968.  
Yearbook of forest statistics 1968. 6,—
- No 71 Paavo Tiihonen: Rinnankorkeusläpimitaan ja piteuteen perustuvat puutavaralajitaulukot. 1,—
- No 72 Olli Makkonen ja Pertti Harstela: Kirves- ja moottorisahakarsinta pinotavaran teossa.  
Declimbing by axe and power saw in making of cordwood.
- No 73 Pentti Koivulehto: Juurakoiden maasta irrottamisesta.  
On the extraction of stumps and roots. 1,50

- No 74 Pertti Mikkola: Metsähukkapuun osuus hakkuupoistumasta Etelä-Suomessa.  
Proportion of wastewood in the total cut in southern Finland. 1,50
- No 75 Eero Paavilainen: Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.  
Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121  
Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää