

FOLIA FORESTALIA 55

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1968

KIMMO PAARLAHTI — KALEVI KARSISTO

KOETULOKSIA KALIUMMETAFOSFAATIN,
RAAKAFOSFAATIN, HIENOFOSFAATIN JA
SUPERFOSFAATIN KÄYTTÖKELPOISUUDESTA
SUOMETSIEN LANNOITUKSESSA

ON THE USABILITY OF POTASSIUM
METAPHOSPHATE, RAW PHOSPHATE, ROCK
PHOSPHATE AND SUPERPHOSPHATE IN
FERTILIZING PEATLAND FORESTS

- 1966 No 19 Paavo Tiihonen: Puutavaralajitaulukot. 1. Maan eteläpuoliskon mänty ja kuusi.
 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.
- No 21 Kullervo Kuusela: Ålands skogar 1963—64.
 No 22 Eero Paavilainen: Havaintoja kasvuturpeen käytöstä männyn istutuksessa.
 Observations on the use of garden peat in Scots pine planting.
- No 23 Veikko O. Mäkinen: Metsikön runkoluku keskiläpimitan funktiona pohjapinta-alan yksikköä kohti.
 Number of stems in a stand as function of the mean breast height diameter per unity of basal area.
- No 24 Pentti Koivisto: Itä- ja Pohjois-Hämeen koivuvarat.
 Birch resources in the Forestry Board Districts of Itä-Häme and Pohjois-Häme.
- 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.
- No 26 Sampsa Sivonen ja Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1965/66.
 Expenses of timber production in Finland in the cutting season 1965/66.
- 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.
- 1967 No 28 Eero Reinius: Valtakunnan metsien V inventoinnin tuloksia neljän Etelä-Suomen metsänhoitolautakunnan 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.
- 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.
- No 30 Sulo Väänänen: Yksityismetsien kantohinnat hakkuuvuonna 1965/66.
 Stumpage prices in private forests during the cutting season 1965/66.
- No 31 Eero Paavilainen: Lannoituksen vaikutus rämemännikön juurisuhteisiin.
 The effect of fertilization on the root systems of swamp pine stands.
- No 32 Metsätilastoa. I Metsävaranto.
 Forest Statistics of Finland. I Forest resources.
- 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.
- No 34 Veikko O. Mäkinen: Viljelykuusikoiden kasvu- ja rakennetunnuksia.
 Growth and structure characteristics of cultivated spruce stands.
- No 35 Seppo Ervasti — Terho Huttunen: Suomen puunkäyttö vuonna 1965 ja ennakkotieto- ja vuodelta 1966.
 Wood utilization in Finland in 1965 and preliminary data for the year 1966.
- No 36 Eero Paavilainen—Kyösti Virrankoski: Tutkimuksia veden kapillaarisesta noususta turpeessa.
 Studies on the capillary rise of water in peat.
- No 37 Matti Heikinheimo—Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen polttoainevarastot talvella 1965/66.
 Fuel stocks of real estates in Finland in winter 1965/66.
- 1968 No 38 L. Runeberg: Förhållandet mellan driftöverskott och beskattad inkomst vid skogsbeskattningen i Finland.
 The relationship between surplus and taxable income in forest taxation in Finland.
- No 39 Matti Uusitalo: Puun kasvatuksen kulut hakkuuvuonna 1966/67.
 Costs of timber production in Finland during the cutting season 1966/67.

Metsäntutkimuslaitos. Institutum forestale Fenniae. Helsinki 1968

Kimmo Paarlahti - Kalevi Karsisto

KOETULOKSIA KALIUMMETAFOSFAATIN, RAAKAFOSFAATIN, HIENOFOSFAATIN JA
SUPERFOSFAATIN KÄYTTÖKELPOISUUDESTA SUOMETSIEN LANNOITUKSESSA

On the usability of potassium metaphosphate, raw phosphate, rock
phosphate and superphosphate in fertilizing peatland forests

Summary in English

ALKUSANAT

Metsäojitettujen soiden ravinnetasapainon korjauksessa on fosforilannoituksella tärkein merkitys. Metsäntutkimuslaitoksen lannoituskokeissa on käytetty vuodesta 1928 alkaen kulloinkin saatavissa olleita fosforilannoitteita. Vuonna 1960 aloitettiin perusteellinen kokeellinen selvitys eri fosforilannoitelajien käyttökelpoisuudesta eri suotyypeillä ja eri ilmasto-oloissa. Näistä kokeista saadut ennakkotulokset osoittivat jo vuoteen 1965 mennessä, että myös ns. hidasliukoisilla fosforilannoitteilla on metsäojitetuilla soilla tehokas vaikutus. Vuonna 1965 perustettiin eri puolille maata kahdelletoista paikkakunnalle fosforilannoitelajikokeet lähinnä kaliummetafosfaatin ja laivauskarkean eloperäisen gafsafosfaatin, jota Suomessa nimitetään raakafosfaatiksi, käyttökelpoisuuden selvittämiseksi.

Kokeiden perustamisessa on saatu merkittävää apua lannoiteteollisuudelta, Metsähallitukselta ja metsäteollisuusyhtiöiltä. Allekirjoittanut ja

maatalous- ja metsätieteiden lisensiaatti K i m m o P a a r l a h t i ovat
laatineet koesuunnitelman sekä valvoneet ja ohjanneet kokeiden perustamisen
ja tulosten mittauksen sekä aineiston käsittelyn. Nyt kyseessä olevan julkai-
sun käsikirjoituksen on laatinut metsänhoitaja K a l e v i K a r s i s t o
yhdessä lisensiaatti Paarlahauden kanssa. Metsäteknikko H e i k k i T a k a -
m a a on suorittanut tutkimukseen liittyvät mittaukset koekentillä.

Kiitän kaikkia kokeiden perustamisessa ja mittaustöiden sekä aineiston
käsittelyssä avustaneita sekä julkaisun valmistajia hyvästä yhteistyöstä, jon-
ka avulla nyt esitettävät ennakkotiedonannoksi katsottavat tulokset on saatet-
tu käytännön metsätalouden käyttöön.

Helsingissä marraskuun 20 päivänä 1968

Olavi Huikari

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
ALKUSANAT	1
SUMMARY	4
1. KOEJÄRJESTELYT, MITTAUKSET JA AINEISTON KÄSITTELY	7
2. TULOKSET	8
21. Vaikutukset neulasissa	8
22. Vaikutus pituuskasvuun	13
3. TULOSTEN TARKASTELUA	15

SUMMARY

The material of the study comprised tests on different kinds of phosphorus fertilizer; these experiments were established in the spring of 1965 in accordance with directions set forth by the Department of Peatland Forestry of the Finnish Forest Research Institute. The primary purpose of the study was to establish the degree of suitability of potassium metaphosphate (Pkmf, 56 % P_2O_5 , 37 % K_2O) and raw phosphate (Prf = rock phosphate of shipping coarseness, 33 % P_2O_5) in fertilization of peatland forests. Rock phosphate (Phf = fine-ground rock phosphate, 33 % P_2O_5) and superphosphate (Psf, 19 % P_2O_5) were used as comparison fertilizers. Each phosphorus fertilizer was applied in three different doses (P_2O_5 50, 100 and 150 kg/ha). In order to even out the distribution of nutrients among the various experiments as well as to make sure that no other nutrient constitute a factor limiting growth, the test plots were furthermore treated with nitrogen and potash fertilizers: N, 92 kg/ha; K_2O , 32, 64, 96 kg/ha, quantities corresponding to the amount of potash contained in potassium metaphosphate. Each of the 12 experiments carried out was composed of 42 plots, replicates included. In order to render drying more effective and uniform, furrows approx. 40 cm in depth were dug round the perimeters of the plots (20 x 20 m).

In order to check the response of needles, in the winter of 1966 samples of needles brought forth the previous spring were collected in nine experiments. The phosphorus, nitrogen and potash contents of the needles were determined, their lengths measured and the dry weight of 400 pairs of them were determined. The results are presented in Table 1 (p.9) as well as in Figs. 1 (p.10), 2 (p.11) and 3 (p.12). The rises in the phosphorus contents, needle lengths and dry weights for the different kinds of phosphorus fertilizer were remarkably similar. The strongest effect was obtained with superphosphate, which showed a statistically significant difference with respect to other kinds of phosphorus. Of especial interest is the fact that even the smallest dose of superphosphate was capable of furnishing the trees with more phosphorus than the largest dose of the more slowly soluble kinds. Other kinds of phosphorus did not differ from each other, though a slight decline from rock phosphate to raw and potassium phosphates was observable. All fertilized

plots differed from the comparison plot in a statistically significant manner.

The fertilizings were carried out in the course of early summer, 1965, so that it is natural that the increase in nutrients did not have time to affect the height-growth that summer. Fig. 4 (p.13) shows the results as an average for six experiments. (Mainly due to the great stand height complete measurements were not obtained for all areas.) The same figure shows the terminal shoots for 1966, the height growth of which has clearly already been increased by fertilization. Superphosphate has had the fastest effect, the others remaining on more or less the same level. By means of covariance analysis the largest doses of superphosphate (P_2O_5 100 and 150 kg/ha) were shown to differ in a statistically significant manner from all other fertilizer treatments. On the other hand, other kinds of phosphorus were not shown to differ from each other in a statistically significant manner at any magnitude of dose. All fertilized test areas nevertheless grew significantly better than the comparison plots. The most recent measurements of height-growth are presented in Fig. 5 (p.14). The ratios between the kinds of phosphorus have remained the same as in 1966, though the divergence from the comparison plots has markedly increased. The statistical samplings have yielded the same results as previously. On page 15 are presented in tabular form the relative values, computed as an average of the results taken areawise, for different treatments. On the basis of this table, too, it can be seen that at this stage the superphosphate clearly had the strongest effect.

If the differences arising in the initial reactions of the needles (Figs. 1, p.10 and 2, p.11) are compared with the differences observed in the subsequent height growth (Figs. 4, p.13 and 5, p.14), especially striking parallels can be seen between them. In previous investigations (for instance, P a a r l a h t i, 1967 and K a r s i s t o, 1967) a close correlation has also been obtained between the reaction of the needles and the quickening of growth, so that needles appear to offer a quick way of making beforehand judgements when attempting to compare different treatments.

Different kinds of phosphorus aside, Fig. 5 (p.14) also shows the effect of different amounts of fertilizer on the height growth for 1967. A clear parallel can be seen between doses and growth. In this phase of the test a 50 kg. increase (P_2O_5 /ha) boosted growth by slightly more than one cm.; furthermore, statistical tests showed this increase in growth to be

significant. On page 15 are presented the relative height-growth values, computed as an average of the results by areas, for different amounts of phosphorus fertilizer. The table shows that above the 50 kg. level a doubling or trebling of the amount of fertilizer causes only a slight increase in height growth.

The objective of the study was to compare, by means of field tests, raw and potassium phosphates with the rock and super phosphates generally used in fertilization. On the basis of the results obtained, rock, raw and potassium phosphates can, for the present, be considered to yield more or less similar reactions, thus being equally suitable as fertilizers for peat-land forests. On the other hand, the superior growth increases obtained with superphosphate give cause to further study the effective exploitation of its rapid and strong reaction by adapting new methods of fertilization in which nutrients would be added in small quantities and at more frequent intervals.

1. KOEJÄRJESTELYT, MITTAUKSET JA AINEISTON KÄSITTELY

Touko-kesäkuussa 1965 perustettiin 12 paikkakunnalle fosforilannoittelajikokeet, joiden tarkoituksena on selvittää lähinnä

kaliummetafosfaatin (lyhenne Pkmf, 56 % P_2O_5 , 37 % K_2O), joka on Israelissa teollisesti fosforihaposta ja kaliumkloridista lannoitustarkoituksiin valmistettu kemiallinen yhdiste,

ja raakafosfaatin (lyhenne Prf, 33 % P_2O_5), joka on laivauskarkeaa pohjoisafrikkalaista fosfaattia,

käyttökelpoisuutta suometsien lannoituksessa. Vertailulannoitteina käytettiin

hienofosfaattia (lyhenne Phf, 33 % P_2O_5), joka on edellisestä jauhamalla valmistettu hienojakoinen tuote,

ja superfosfaattia (lyhenne Psf, 19 % P_2O_5), joka valmistetaan raakafosfaatista happokäsittelyllä.

Kutakin fosforilannoittelajia annettiin kolmella eri tasolla, jotka P_2O_5 :nä vastaavat 50, 100 ja 150 kg/ha. Koska kaliummetafosfaatti sisältää kalia (37 % K_2O), on muut fosforilajiruudut lannoitettu kalisuolalla (50 % K_2O) siten, että annettu kalimäärä vastaa kaliummetafosfaatin eri tasojen sisältämiä kalimääriä (32, 64 ja 96 kg K_2O /ha). Ravinnetalouden tasoittamiseksi sekä kokeiden sisällä että kokeiden välillä sekä sen seikan varmistamiseksi, ettei typpi fosforin ja kalin lisäämisen jälkeen muodostuisi kasvua rajoittavaksi tekijäksi, on ruuduille annettu ureaa (46 % N) 200 kg/ha.

Kukin koe pyrittiin sijoittamaan sekä suotyypiltään että puustoltaan mahdollisimman tasalaatuisiin olosuhteisiin. Eri kokeiden puusto vaihtelee männyn taimistosta 15 metrin pituiseen mäntymetsään asti.

Kuhunkin sarjaan sisältyy kaksi vertailuruutua, joten sarjan ruutujen lukumäärä on 14. Jokainen koe sisältää kolme kerrannaissarjaa, joten ruutujen kokonaismäärä kussakin kokeessa on 42. Ruutujen koko on 20 m x 20 m. Maan vesitalousolojen tasoittamiseksi ja koeruutujen erottamiseksi toisistaan kaivettiin ruutujen rajoille 40 cm syvät naverot.

Tammi-helmikuussa 1966 kerättiin yhdeksältä kokeelta (vrt. taulukko 1, s. 9) koepuiden (10 kpl/ruutu) latvusten yläosasta kolmanneksi ylimmästä oksakiehkurasta etelän puolelta runkoa neulasnäytteet kasvukausien 1964 ja 1965 neulasista. Vuoden 1965 neulasista määritettiin typpi-, fosfori- ja kalipitoisuudet 400 neulasparin keskiarvona sekä punnittiin näiden kuivapainot. Syksyllä

1966 mitattiin vuosien 1964, 1965 ja 1966 pituuskasvut kuudelta kokeelta (vrt. kuva 4, s. 13). Samoilta kokeilta mitattiin latvakasvaimet myös vuonna 1967. Myöhemmissä tarkasteluissa on huomattava neulas- ja pituuskasvumateriaalien poikkeavan toisistaan siten, että pituuskasvun mittausten lisäksi on neulasten mittauksia kolmelta sellaiselta kokeelta, joilla pituuskasvua ei ole mitattu. Kaikki tulokset on testattu kovarianssi- tai varianssianalyysillä.

2. TULOKSET

21. Vaikutukset neulasissa

Lannoituksen vaikutus ilmenee ensimmäiseksi puiden neulasissa. Uusien neulasten koon ohella lisääntyy neulasten klorofyllimäärä ja -pitoisuus sekä ravinnepitoisuus (mm. V i r o, 1965). Näiden reaktioiden seurauksena parantuneen yhteyttämiskyvyn ansiosta puuaineen kasvu lisääntyy. Lannoituskokeiden yhteydessä onkin saatu selvä korrelaatio neulasten reaktion ja myöhemmin tapahtuneen kasvun lisäyksen välille (P e a r l a h t i, 1967 ja K a r - s i s t o, 1967). Samassa yhteydessä on havaittu neulasten reagoivan varsin nopeasti ravinteiden lisäykseen.

Käsillä olevassa fosforilannoitelajikokeessa on käytetty toisistaan selvästi poikkeavia fosforilannoitteita. Superfosfaatti on nopealiukoisin, kaliummetafosfaatti on hidasliukoisin. Väliin sijoittuvat hieno- ja raakafosfaatti. Raakafosfaatin hidasliukoisuuden takia sitä ei mm. ole käytetty peltojen lannoitteena. Koska kokeet perustettiin touko-kesäkuussa 1965, on samana kesänä syntyneistä neulasista tehtyjen analyysien avulla voitu tarkastella lähinnä erilaisen liukenevuuden aiheuttamia eroja neulasissa.

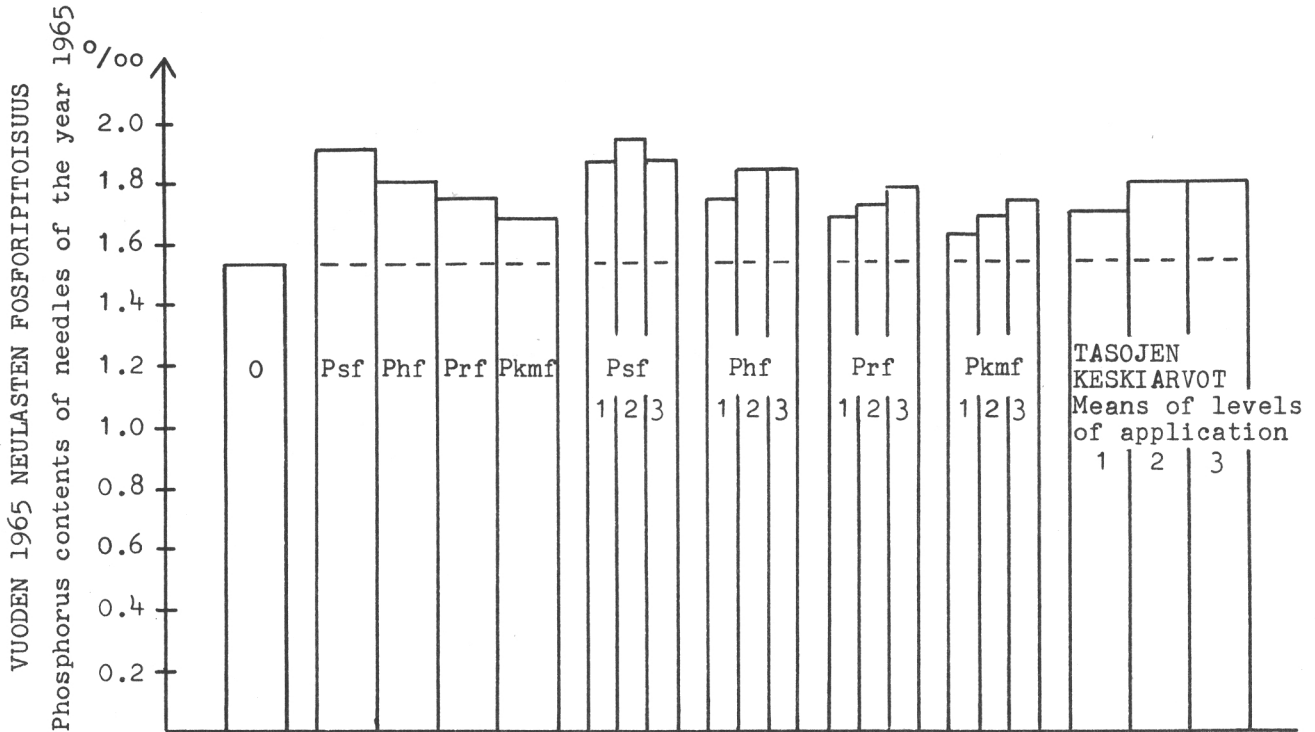
Tarkasteltaessa neulasten fosforipitoisuuksia, jotka on esitetty taulukossa 1 (s. 9), havaitaan superfosfaatilla lannoitettujen puiden neulasten reaktion olleen voimakkain koko aineiston keskiarvona. Kaliummetafosfaatti on aiheuttanut vähäisimmän P-pitoisuuden nousun. Tulosten testaus ei osoittanut kenttien välillä merkitseviä eroja. Sitä vastoin kaikkien lannoitettujen ruutujen neulasten P-pitoisuudet poikkeavat merkitsevästi lannoittamattomien P-pitoisuuksista. Superfosfaatilla lannoitettujen koealojen neulasten P-pitoisuus

Taulukko 1. Vuoden 1965 neulasten keskimääräiset fosforipitoisuudet kuivapainosta kokeittain eri fosforilannoituksen saaneilla ruuduilla. Tulokset ovat eri tasojen keskiarvoina (toistot huomioon ottaen yhdeksän ruudun keskiarvoja). Kokeet on ryhmitelty puuston koon mukaan.

Table 1. Average phosphorus contents of oven dry needles in 1965, expressed by sample plots to which different phosphorus fertilizers have been applied. Abbreviations: Psf = superphosphate, Phf = rock phosphate, Prf = raw phosphate, Pkmf = potassium metaphosphate (cf. p. 4).

Kokeen sijainti Geographical location	Puuston pituus, m Height of timber, m	Fosforilannoitus Phosphorus fertilization				
		0	~ Psf	Phf	Prf	Pkmf
		Neulasten fosforipitoisuus ‰ P Phosphorus content of needles ‰ P				
Tuusula	13 - 15	1,68	1,89	1,83	1,74	1,77
Vilppula		1,52	1,87	1,81	1,76	1,65
Rautavaara	4 - 7	1,39	1,91	1,78	1,79	1,56
Sonkajärvi		1,53	1,86	1,85	1,76	1,75
Ylitornio		1,50	1,86	1,65	1,66	1,64
Eno	1 - 3	1,53	1,79	1,81	1,71	1,61
Muhos		1,57	2,05	1,91	1,86	1,76
Rovaniemen mlk. (Kivalo)		1,64	1,95	1,94	1,64	1,70
Rovaniemen mlk. (Ropsajoki)		1,48	1,98	1,72	1,67	1,73
Koko aineisto The whole material		1,54	1,91	1,81	1,73	1,69

on merkitsevästi suurempi kuin muilla fosforilajeilla lannoitettujen koealojen neulasten. Kolmen muun lannoitelajin välillä ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja, joskin suunta on selvästi aleneva hienofosfaatista raaka- ja kaliummetafosfaattiin siirryttäessä. Koko aineiston keskiarvot on esitetty myös kuvassa 1 (s. 10).



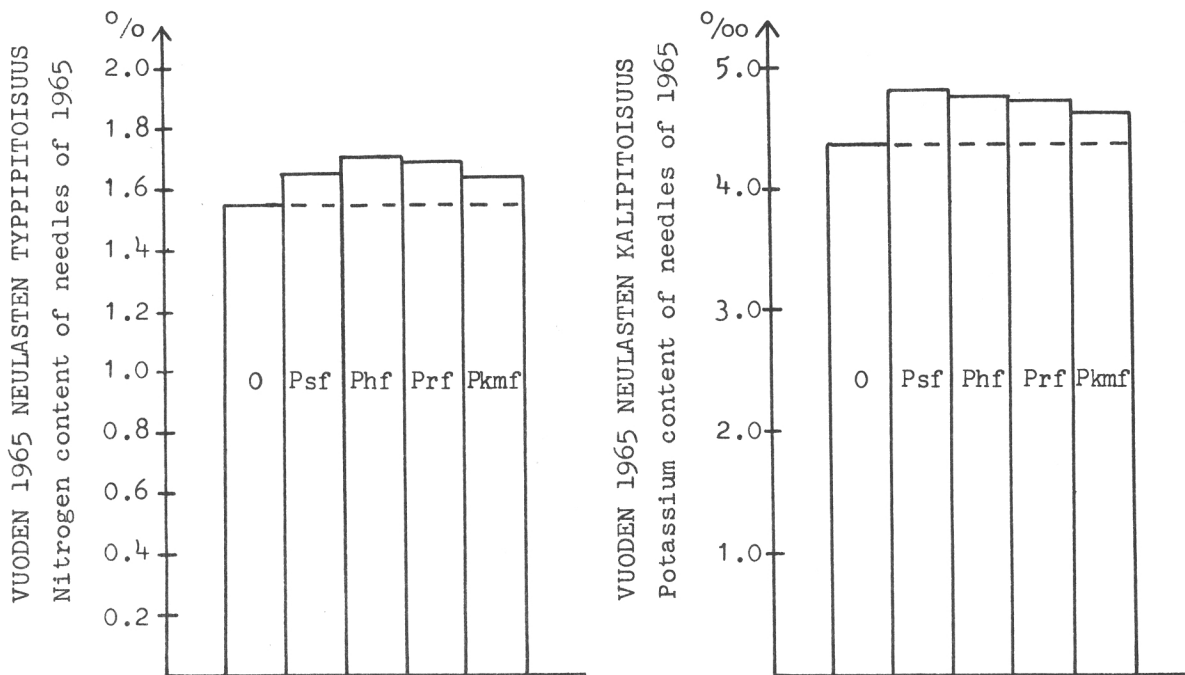
Kuva 1. Eri fosforilannoittelajeilla keväällä 1965 lannoitettujen koelajien neulasten fosforipitoisuudet (‰ P) lannoittelajeittain ja lannoitustasoittain kokeiden keskiarvoina (yhdeksän koetta). Lannoitettujen ruutujen fosforilannoitustasot ovat: 1 = 50, 2 = 100, 3 = 150 kg P₂O₅/ha. Lisäksi ruudut ovat saaneet typpeä 92 kg N/ha sekä kalia kaliummetafosfaattitasojen mukaan 32, 64 tai 96 kg K₂O/ha.

Fig. 1. Phosphorus contents of needles from sample plots that have been fertilized in 1965 applying various phosphorus fertilizers. The contents are expressed as mean per milles from nine experimental fields by various fertilizers and different levels of application. The levels of phosphorus application were as follows: 1 = 50, 2 = 100 and 3 = 150 kg/ha of P₂O₅. In addition, 92 kg/ha of nitrogen (N) was applied as basic fertilization to the experimental plots together with 32, 64 or 96 kg/ha of K₂O depending on the level of potassium metaphosphate applied.

Tutkittavia fosforilannoittelajeja annettiin kolmella eri tasolla (50, 100, 150 kg P₂O₅/ha). Kuvassa 1 on esitetty saadut tulokset kaikkien kokeiden keskiarvoina. Havaitaan, että nopealiukoisen superfosfaatin alinkin taso on antanut puiden käyttöön enemmän fosforia kuin hidasliukoisempien lannoitteiden korkein taso. Edelleen havaitaan, ettei annetun superfosfaatin määrän nousu ole enää juuri

kohottanut neulasten P-pitoisuutta, toisin sanoen alin taso on ollut ainakin tässä vaiheessa riittävä. Hidasliukoisten fosforilajien määrän lisääminen on sitä vastoin selvästi kohottanut neulasten fosforipitoisuutta. Verrattaessa fosforipitoisuuksia mm. Ingestadin (1962), Kraussin (1962) ja Puustjärven (1965) esittämiin optimipitoisuuksiin (1,5 - 1,8 ‰) havaitaan kaikkien pitoisuuksien, myös lannoittamattomien ruutujen, olevan lähellä optimia. Kuitenkin on huomattava, että kyseessä on vasta ensimmäisen ke- sän tilanne, jonka perusteella ei voida tehdä paljonkaan johtopäätöksiä lan- noituksen vaikutuksesta.

Kuvassa 2 on esitetty neulasten typpipitoisuudet eri fosforilajeilla lannoitetuilla ruuduilla. N-pitoisuuksissa havaittavat vaihtelut eivät näytä systemaattisilta ja myöskään eri fosforilannoitusmäärillä ei ollut vaikutusta neulasten typpipitoisuuteen, joten arvojen poikkeaminen vertailutasosta johtuu annetusta typpilannoituksesta.

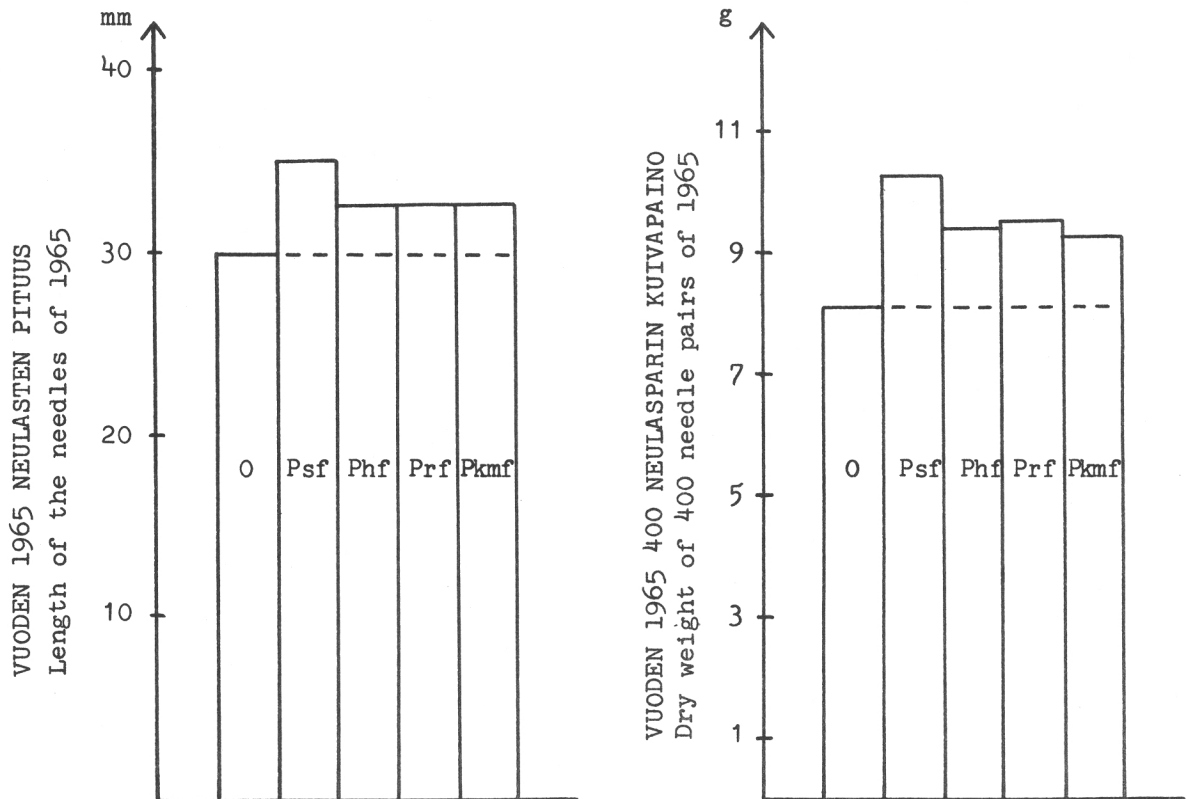


Kuva 2. Eri fosforilannoitelajeilla keväällä 1965 lannoitettujen mäntyjen neulasten typpipitoisuudet (‰ N) sekä kalipitoisuudet (‰ K) lannoitelajeittain kaikkien tasojen keskiarvoina.

Fig. 2. Nitrogen (per cent) and potassium (per mille) contents of pine needles from experimental plots that have been fertilized in 1965 applying various phosphorus fertilizers. The contents are expressed as the means of all levels of application by various fertilizers.

Neulasten kalipitoisuus on esitetty fosforilajeittain kuvassa 2 (s. 11). Eri fosforitasojen välillä oli selvät erot, mutta tämä johtuu ilmeisesti annetun kalilannoituksen määrän suurenemisesta (32, 64 ja 96 kg K₂O/ha). Kaliummetafosfaatilla lannoitetuilla aloilla K-pitoisuus on jäänyt hieman muita alhaisemmaksi, mikä johtunee kaliummetafosfaatin sisältämän kalin hitaammasta liukenemisestä kalisuolaan verrattuna. K-pitoisuus on näilläkin ruuduilla selvästi vertailutason yläpuolella.

Vuoden 1965 neulasten pituudet on esitetty kuvassa 3 (20 neulasta x 10 koepuuta/ruutu). Kaikkien lannoitettujen ruutujen neulasten pituudet ovat merkittävästi vertailualojen arvoja suurempia. Superfosfaatilla lannoitettujen ruutujen neulaset poikkesivat edelleen merkittävästi kaikista muista, joilla taas ei ollut keskinäisiä eroja.



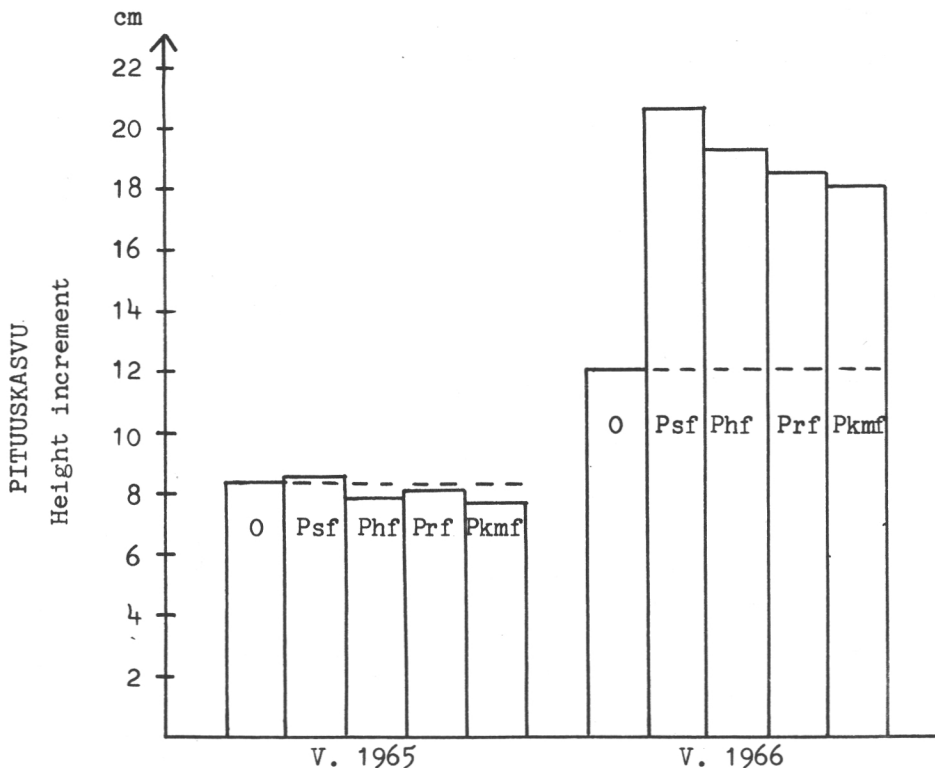
Kuva 3. Eri fosforilannoitelajeilla keväällä 1965 lannoitettujen mäntyjen neulasten pituudet (mm) sekä 400 neulasparin kuivapainot (g) lannoitelajeittain kaikkien tasojen keskiarvoina.

Fig. 3. Length (mm) of pine needles and dry weight (g) of 400 needle pairs from experimental plots that have been fertilized in 1965 applying various phosphorus fertilizers. The values obtained are expressed as the means of all levels of application by various fertilizers.

Lannoituksen neulasten painossa aiheuttamat muutokset ilmenevät kuvasta 3 (s. 12). Samoin kuin edellä neulasten pituuden yhteydessä, havaitaan jälleen superfosfaatilla olleen voimakkain vaikutus. Kaliummetafosfaatin vaikutus on jäänyt hieman muita heikommaksi, mutta sekin poikkeaa selvästi vertailutasosta. Verrattaessa tuloksia kuvassa 1 (s. 10) esitettyihin neulasten fosforipitoisuuksiin todetaan tulosten olevan hyvin samanlaisia. Tilastollisesti merkitsevä ero oli vain superfosfaatin ja muiden fosforilajien välillä, ja kaikkien lannoitettujen ruutujen neulasten kuivapainot poikkesivat merkittävästi lannoittamattomien arvoista.

22. Vaikutus pituuskasvuun

Lannoitukset suoritettiin touko-kesäkuussa 1965, joten lannoitus ei ole ehtinyt vaikuttaa kyseisen kesän lätvakasvainten pituuteen (vrt. mm. P a a r l a h t i, 1967). Kuvassa 4 esitetyistä, vuoden 1965 lannoittelajeittaisista pituuskasvuista havaitaankin, ettei eroja ole vielä syntynyt.

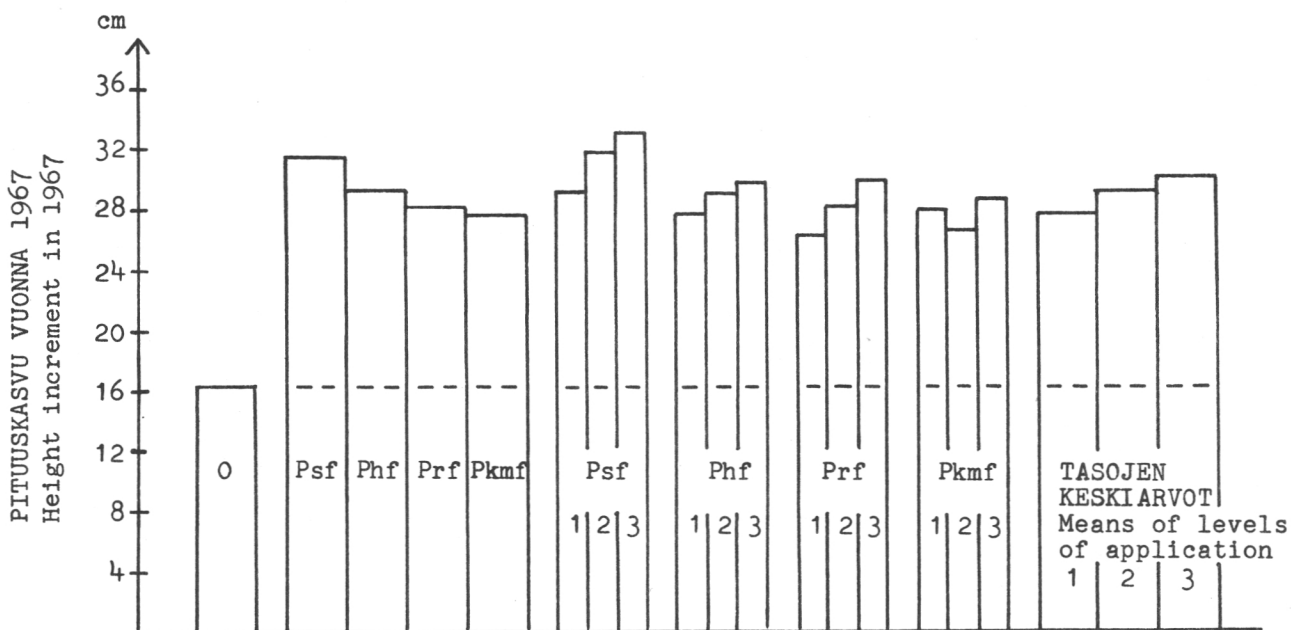


Kuva 4. Eri fosforilannoittelajeilla keväällä 1965 lannoitettujen mäntyjen pituuskasvut (cm) vuosina 1965 ja 1966 lannoittelajeittain kaikkien tasojen keskiarvoina. Kokeet: Eno, Rautavaara, Sonkajärvi, Muhos, Rovaniemen mlk. (Kivalo ja Ropsajoki).

Fig. 4. Height increment (cm) in 1965 and 1966 on experimental plots that have been fertilized in 1965 applying various phosphorus fertilizers. The figures are the means of all levels of application by various fertilizers. The experimental plots are located at the following places: Eno, Rautavaara, Sonkajärvi, Muhos, Rovaniemi mlk. (Kivalo and Ropsajoki).

Edelleen on tuloksista todettavissa kokeiden olleen alkujaan varsin tasaisia. Samasta kuvasta ilmenevät myös vuoden 1966 pituuskasvut, joissa jo näkyy selvä lannoituksen vaikutus. Nopeimmin on vaikuttanut superfosfaatti muiden pysyessä jokseenkin tasoissa. Koko aineistoon perustunut kovarianssianalyysi osoitti superfosfaatin kahden ylemmän tason eroavan merkitsevästi muista lannoituskäsittelyistä.

Kuvassa 5 on esitetty viimeisimmät pituuskasvuhavainnot. Fosforilajien väliset suhteet ovat pysyneet täsmälleen samoina kuin vuonna 1966, vaikka ero vertailuruutuihin on huomattavasti lisääntynyt. Superfosfaatin ylimpien tasojen kohdalla ovat latvakasvaimet olleet jo noin kaksinkertaiset verrattuna nollaruutuihin. Tarkasteltaessa pituuskasvuja lannoitemäärittäin fosforilajien kerskiarvoina havaitaan tasojen välillä selvä annetun määrän mukainen järjestys. Kokeen tässä vaiheessa on 50 kg:n P_2O_5 -lisäyksellä saatu, siirryttäessä tasolta toiselle, hieman yli yhden cm:n lisäys, joka tilastollisesti testattaessa osoittautui merkitseväksi. Eri fosforilannoitelajien suhteen on tilastollisesti merkitseväksi muodostunut jälleen vain superfosfaatin ero muihin. Edelleen ovat lannoitetut poikenneet merkitsevästi vertailutasosta.



Kuva 5. Eri fosforilannoitelajeilla keväällä 1965 lannoitettujen mäntyjen pituuskasvut (cm) vuonna 1967 lannoitelajeittain sekä tasoittain. (Kokeet samat kuin kuvassa 4).

Fig. 5. Height increment (cm) in 1967 on experimental plots that have been fertilized in 1965 applying various fertilizers. The figures are given by levels of fertilization and by various fertilizers. The experimental plots are those mentioned under Fig. 4.

Vuoden 1967 pituuskasvujen perusteella on kokeittain laskettu kullekin fosforilannoitelajille suhteelliset arvot, jotka ovat seuraavat:

Käsittely	Psf	Phf	Prf	Pkmf
Pituuskasvun suhteellinen arvo	100	92'	89	89

Superfosfaatti näyttää tässä vaiheessa olleen vaikutukseltaan selvästi voimak-
kain, mutta paljoa heikompi ei ole hienofosfaatin vaikutus. Raakafosfaatti ja
kaliummetafosfaatti ovat jääneet heikoimmiksi.

Lannoitemäärän nousu on aiheuttanut nousevan kasvun lisäyksen, mutta
erot, jotka tilastollisesti muodostuivat merkitseviksi, jäävät käytännön kan-
nalta vähäisiksi. Seuraavassa asetelmassa esitetään kokeittain laskettujen
suhteellisten arvojen keskiarvot:

Annettu fosforimäärä, P_2O_5 kg/ha	50	100	150
Pituuskasvun suhteellinen arvo	100	104	108

Asetelmasta havaitaan lannoitemäärän nostamisen kaksin- tai kolminkertaiseksi
aiheuttavan vain vähäisen lisäyksen pituuskasvussa.

3. TULOSTEN TARKASTELUA

Tässä käsiteltyjen kokeiden tarkoituksena on lähinnä verrata raaka- ja
kaliummetafosfaattia superfosfaattiin ja hienofosfaattiin.

Käytettyjen fosforilannoitelajien liukenevuuserot ovat huomattavia,
joten ensimmäisen vuoden neulasten reaktioissa oli odotettavissa eroja. Super-
fosfaatilla lannoitetuilla koealoilla oli selvästi muita voimakkaampi neulas-
ten fosforipitoisuuden, pituuden sekä kuivapainon nousu. Kuitenkin myös raaka-
ja kaliummetafosfaatti, jotka olivat hidasliukoisimmat lannoitelajit, ovat an-
taneet varsin voimakkaan alkuvaikutuksen ja pysyneet jokseenkin tasoissa hie-
nofosfaatin kanssa. Vuoden 1967 pituuskasvussa on edelleen havaittavissa su-
perfosfaatin voimakkain vaikutus muiden ollessa vaikutukseltaan keskenään
samanarvoisia.

Saatujen tulosten pohjalta näyttävät samantyyppiset hieno-, raaka- ja
kaliummetafosfaatti soveltuvan suometsien nykyiseen lannoituskäyttöön kuta-
kuinkin yhtä hyvin. Merkille pantavaa on vaikealiukoisen kaliummetafosfaatin

aiheuttama varsin voimakas reaktio, minkä selityksenä lienevät turpeen happamuuden liukenemista edistävä vaikutus sekä männyn tehokas kyky ottaa ravinteita. Samansuuntaisia tuloksia on aikaisemmin soilla saatu apatiitista (metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston kokeissa). Vaikka kaliummetafosfaatti ja raakafosfaatti jäävät kaikkien kokeiden keskiarvona teholtaan hieman hienofosfaattia heikommiksi, ovat ne eräissä kokeissa hieman ylittäneetkin hienofosfaatin vaikutuksen, joten tilastollisesti merkitseviä eroja ei syntynyt.

Aikaisemmin jo todettiin superfosfaatin alimmalla tasolla saavutettavan muiden fosforilajien korkeinta tasoa vastaavia tai parempia tuloksia. Tämän vuoksi olisi selvitettävä superfosfaatin antaman voimakkaan reaktion käyttömahdollisuudet korkean kasvun ylläpitämiseen antamalla sitä pienempinä määrinä lyhyemmin aikaväleihin. Tällöin voitaisiin käyttää mm. kaksoissuperfosfaattia (45 % P_2O_5), jolloin levitettävät lannoitemäärät jäisivät varsin alhaisiksi.

KIRJALLISUUTTA - REFERENCES

INGESTAD, T. 1962. Macroelement nutrition of pine, spruce and birch seedlings in nutrient solutions. Medd. fr. Statens skogsforskn.-inst. 51 (7). Stockholm.

KARSISTO, K. K. 1967. Eri ajankohtina annetun NPK-lannoituksen aiheuttamista reaktioista rämeen mänyntäimistössä. Summary. Suo 4. Helsinki.

KRAUSS, H-H. 1962. Die Anfangsentwicklung von Kiefern-Vollumbruchkulturen auf degradierten mittleren Sandstandorten nach Kalkmelioration und Düngung mit N, P, K und Mg. Tag.Ber.Dt.Akad.Landw.Wiss. Berlin, Nr 50.

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. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 63.4. Helsinki.

PUUSTJÄRVI, V. 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 1. Helsinki.

VIRO, P. J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 59.3. Helsinki.

- 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.
- No 41 Pentti Rikkonen: Havupaperipuiden kuorimishäviö VK-16 koneella kuorittaessa.
The barking loss of coniferous pulpwood barked with VK-16 machines.
- 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.
- No 43 Eero Paavilainen: Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen lannoituksen vaikutuksesta.
On the response to fertilization of old pine trees growing on pine swamps.
- No 44 Lalli Laine: Kuplamörsky, (*Rhizina undulata* Fr.), uusi metsän tuhosieni maassamme.
Rhizina undulata Fr., a new forest disease in Finland.
- 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.
- 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.
- No 47 Metsätilastoa 1950—67.
Forest Statistics of Finland 1950—67.
- No 48 Tarmo Peltomäki ja Heikki Veijalainen: Kiinteistöjen käyttämän lämpöenergian ominaiskulutus.
Specific consumption of thermal energy utilized by real estates.
- No 49 Seppo Ervasti ja Kullervo Kuusela: Suomen metsätase vuosina 1953—66.
Forest balance of Finland in 1953—66.
- No 50 Kalevi Asikainen: Tasausvara ja sahatavaran tasaus.
On the trimming allowance and trimming.
- 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.
- 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.
- 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 ilmakuvatulkinnassa.

Myynti — Available for sale at: Valtion painatuskeskus, Annankatu 44, Helsinki 10, p. 645 121

Merkintä O D C tarkoittaa metsäkirjallisuuden kansainvälistä Oxford-luokitusjärjestelmää

