

Uudisojituksen ja lannoituksen keskinäisen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä

*The importance of the mutual timing of ditching and
fertilization to the growth increase of tree stands on pine
mires*

Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen



Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 528

1994

Kannen valokuvat Jorma Issakainen.

**Uudisojituksen ja lannoituksen keskinäisen ajoituksen
vaikutus puuston kehitykseen rämeillä**

**The importance of the mutual timing of ditching and
fertilization to the growth increase of tree stands on pine mires**

Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen

Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 528

1994

Moilanen Mikko ja Issakainen Jorma. Uudisojituksen ja lannoituksen keskinäisen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä. Summary: The importance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth increase of tree stands on pine mires. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 528. 12 s. ISBN 951-40-1395-6, ISSN 0358-4283.

Avainsanat: ojitus, lannoitus, ajoitus, puuston kasvu

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaaarentie 7, FIN-91500 Muhos. Puh. 981 - 5331 404.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema. Hanke 3081-0.
Hyväksynyt: tutkimusjohtaja Eero Paavilainen 2.11.1994.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Muhoksen tutkimusasema, Kirkkosaaarentie 7, FIN-91500 Muhos. Puh. 981 - 5331 404.

Hinta: 50 mk

SISÄLLYS

SUMMARY	1
1. Johdanto	1
2. Aineisto	3
3. Tulokset ja tarkastelu	5
4. Johtopäätökset	10
Kirjallisuus - References	11

SUMMARY

The importance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth increase of tree stands on pine mires

The main aim of the study was to examine if there were any differences in fertilization response of Scots pine when applying fertilizer nutrients at different times in relation to ditching. The central question was whether trees can make use of nutrients immediately after drainage, or only after a few years when the trees have improved their growth and are better able to utilize the applied nutrients.

The material was collected from three fertilization experiments set up in 1974. PK fertilizer for peatlands and urea were used as fertilizers. These PK and NPK treatments were given as follows: one growing season before ditching, the same year as ditching, one year after ditching and 4—6 years after ditching. This report deals with Scots pine stands at the sapling or pole stand stages. Tree growth measurements and foliar sampling were carried out in 1991—1992.

The height growth of trees began to improve 3—4 years after drainage. The extent of the growth increment in consequence of fertilization depended on the nitrogen status of the substrate. On nitrogen poor experiment plots NPK treatment increased the height growth of pine more than PK treatment, and continued to improve the stand growth for about 5—10 years. On a nitrogen rich experiment fertilization resulted in a strong growth reaction that was still continuing at the time the stands were measured (i.e. 18 years after fertilization).

The mutual timing of ditching and fertilization did not affect the extent of the growth increase at two experiments. At one experiment the best results were reached when treatment was carried out several years after ditching, when the trees had revived due to drainage. However, at a long range the tree stands developed nearly in the same way after fertilization treatments given at various points of time in relation to ditching.

1. Johdanto

Kivennäisravinteiden puutoksista kärsivien suopuustojen kasvua voidaan parantaa pitkäaikaisesti — jopa yli 20 vuoden ajan — fosfori-kaliumlannoituksella (Penttilä & Moilanen 1987, Kaunisto 1989, Moilanen 1993). Käytännön ojitusalueista noin kolmasosa on kertaalleen lannoitettuja (Aarne 1992).

Lannoituksessa käytetyt ravinnemäärät ylittävät moninkertaisesti ne määrät, jotka vuosittain sitoutuvat puustoon. Puiden käyttöön tuleva osuus lannoiteravinteista jää alkuvuosina 10—35 %:iin (Finér 1991) ja parhaimmillaankin nähtävästi alle puoleen (esim. Paavilainen 1973, Nömmik & Larsson 1989). Loppuosa joko sitoutuu maaperään (Braekke & Finér 1991), huuhtoutuu (Ahti 1983) tai haihtuu. Huomattavan osan lisäravinteista käyttää pintakasvillisuus (Paavilainen 1980). Toisaalta lannoitteen sitoutuminen kasvualustaan voi pitemmällä tähtäyksellä olla etu, koska puut voivat hyödyntää lannoiteravinteita pitkän aikajakson kuluessa. Hidasvaikutteisten maanparannusaineiden kuten puuntuhkan tiedetään aktivoivan turpeen mikrobitoimintaa ja typen mineralisoitumista (Karsisto 1979) ja saavan aikaan pitkäaikaisen puuston kasvureaktion (Silfverberg & Hotanen 1989).

Lannoitteiden levityksen oikealla ajoituksella on ajateltu lisättävän puiden käyttöön tulevaa ravinneosuutta. Hypoteesin mukaan puiden olisi kyettävä optimitilanteessa sitomaan lisäravinteet lähes välittömästi levitystä seuraavan “runsaan ravinteisuuden kaudella”, käytännössä vuoden tai kahden aikana. Kasvukaudella otollisin hetki lannoittaa olisi näin ollen puiden kiihkeimmän kasvun vaihe. Vuoden tai kasvukauden eri ajankohtina tehtyjen lannoituskokeiden tulokset kuitenkin osoittavat, että turvemaille lannoituksen aiheuttaman puuston kasvureaktion suuruus on lähes riippumaton vuotuisesta levityksajasta (Moilanen & Issakainen 1985). Nopealiukoisten PK- ja NPK-lannoitteiden aiheuttama kasvunlisäys on tosin jäänyt talvella lannoitettaessa pienemmäksi kuin tehtäessä levitys sulaan maahan (Paavilainen 1969, 1977). Lumelle levitettäessä ravinteita siis huuhtoutuu vesistöihin enemmän kuin sulan maan aikana (Ahti & Paarlahti 1988, Nieminen & Ahti 1993), mutta nähtävästi ravinteita jää silti kasvualustaan niin paljon kuin puut niitä ylipäättään voivat käyttää.

Puiden juuriston hyvä toimintakyky varmistaa ravinteiden saantia. Uudisojituksen jälkeen kuluu muutama vuosi, ennenkuin puusto elpyy ja parantaa kasvuaan. On arveltu, että kuivatuksen jälkeen välittömästi tehty lannoitus menee suurelta osin hukkaan ja että lannoituksen hyötysuhde on parempi, jos lannoitus toteutetaan vasta puiden elpymisen jälkeen (Karsisto 1976). Hypoteesia tukevia tutkimustuloksiakin löytyy (Paavilainen 1986). Toisaalta ravinteiden puute haittaa puuston kehitystä pahiten juuri ojituksen jälkeen, jolloin turpeeseen sitoutuneiden ravinteiden mineralisaatio on hyvin vähäistä. Metsänlannoitusohjeissa suositellaan, että lannoitus olisi tehtävä 3—5 vuotta kunnostusojituksen tai harvennuksen jälkeen (MH:n ohje... 1988, MMM:n ohje... 1993).

Tähänastiset selvitykset lannoitteiden levityksen ajankohdasta eivät anna riittävästi tukea edellä esitetyille hypoteesille ja suositukselle lannoituksen lykkäämiseksi. Käytännön lannoitustoiminnassa olisi edullista tehdä kunnostustoimet samanaikaisesti, jolloin samalle kuviolle ei tarvitsisi palata uudestaan lyhyin väliajoin. Tässä tutkimuksessa selvitetään perusojituksen ja lannoituksen keskinäisen ajoittamisen merkitystä suopuiden kasvureaktion suuruuteen.

Tutkimuksessa käytettyjen kenttäkokeiden koejärjestelyt laati MML Kalevi Karisto. Kokeiden perustaminen, niiden myöhempi hoito ja mittausaineiston keruu tehtiin mti Jorma Issakaisen johdolla. Aineiston käsittelyssä ja laskennassa avustivat tutkimusmestari Heikki Vesala ja tutkimusavustaja Tuula Väärä, joka myös taittoi julkaisun painovalmiiksi. Turve- ja neulasnäytteiden analysointi tehtiin Muhoksen tutkimusaseman laboratoriossa. Käsikirjoituksen laati Mikko Moilanen ja se viimeisteltiin tekijöiden yhteistyönä. Käsikirjoituksen lukivat vs. prof. Seppo Kaunisto ja tutkimusjohtaja Eero Paavilainen tehden siihen varteenotettuja huomautuksia ja parannusehdotuksia. Kaikille työssä mukana olleille esitäme parhaat kiitokset.

2. Aineisto

Kuivatuksen ja ravinnelisäyksen keskinäistä ajoitusta vertailevat lannoituskokeet perustettiin vuosina 1974—81 kolmeen rämemännikköön (taulukko 1). Tutkimusmetsiköt sijaitsivat Oulun läänissä metsähallituksen mailla Taivalkoskella ja Vuolijoen sekä METLAN maalla Sievissä. Kohteiden kasvupaikkatyyppi vaihteli tupasvillaisesta suursaraiseen. Kasvualustan tyyppipitoisuuden vaihtelu oli samoin suurta kokeiden välillä. Kaikissa kohteissa turpeen paksuus oli yli yhden metrin. Luontaisesti syntyneen mäntypuuston keskipituus oli tutkimusjakson alussa kokeesta riippuen 2—3 m.

Tutkimuskohteet ojitettiin vuosina 1974—75 traktorikaivurilla (Taivalkoski ja Sievi) tai auraamalla (Vuolijoki). Sarkaleveys vaihteli välillä 20—30 m. Lannoitusvaihtoehtoja olivat PK- (fosfori-kalium) ja NPK- (fosfori-kalium-typpi) käsittelyt, joiden ajoitus ojitushetkeen vaihteli kokeittain. Sievissä mukana oli vain NPK-käsittely. Tutkimusmetsiköiden ensimmäiset lannoitukset tehtiin yksi kasvukausi ennen ojitusta ja viimeiset lannoitukset 6 kasvukautta ojituksen jälkeen. Lannoitteina käytettiin Suometsien PK-lannosta ja ureaa (taulukko 2). Käsittelyt toistettiin kokeesta riippuen 3—5 kertaa.

Taulukko 1. Lannoitushetken yleistietoja tutkimusmetsiköistä.

Table 1. General information about the stands at the time the experiments were established.

	<u>Taivalkoski</u>	<u>Vuolijoki</u>	<u>Sievi</u>
Koordinaatit <i>Coordinates</i>	N 7253 E 564	N 7113 E 493	N 7090 E 374
Korkeusasema (m.p.y., m) <i>Elevation (a.s.l., m)</i>	232	174	113
Lämpösumma (d.d.) <i>Temperature sum (d.d.)</i>	880	1009	1042
Suotyyppi (Huikari 1952) <i>Site type ¹⁾</i>	RamPsR	PsR-SsR	RamTR
Turvekerros (cm) <i>Peat layer (cm)</i>	100	>100	>100
Ojitus (kk/v) <i>Time of drainage (month/year)</i>	11/1975	9/1975	10/1974
Lannoitusajankohdat ja koealojen lukumäärä (kk/v/kpl) <i>Time of fertilization and number of plots</i>	7/1974/12 5/1976/12 6/1977/12 6/1980/12	9/1974/16 6/1976/16 6/1977/16 5/1980/16	5/1974/9 5/1976/9 5/1981/9
Sarkaleveys (m) <i>Ditch spacing (m)</i>	30	25	20
Puuston keskipituus (m) <i>Stand height (m)</i>	3,0	2,5	1,5
Pintaturpeen typpipitoisuus (%) <i>Nitrogen concentration in peat (%)</i>	0,64	2,15	1,52

¹⁾ RamPsR = Low-sedge pine fen with hummocks, PsR-SsR = Low-sedge pine fen - tall-sedge pine fen, RamTR = Cottongrass pine bog.

Taulukko 2. Tutkimusmetsiköiden lannoituskäsittelyt.

Table 2. The fertilization treatments and the amount of nutrients applied in the experiments.

Käsittely <i>Treatment</i>	Ravinnemäärä alkuaineina, kg/ha <i>Amount of nutrients as elements, kg/ha</i>		
	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>
1 = Lannoittamaton - <i>Control</i>	-	-	-
2 = Suometsien PK-lannos 400 kg/ha - <i>PK-fertilizer for peatlands</i>	-	36-42	50-70
3 = Suometsien PK-lannos 400 kg/ha + Urea 200 kg/ha <i>PK-fertilizer for peatlands + Urea</i>	93	36-42	50-70

Ojituksen ja lannoituksen vaikutusten ilmentäjäksi valittiin puiden pituuskasvu, jonka muutoksia seurattiin 12 vuoden ajan toimenpiteiden jälkeen. Viimeinen puustonmittaus tehtiin vuosina 1991—92, jolloin kokeiden ojituksista oli kulunut 16—18 vuotta. Kultakin koelalalta otettiin 20—30 koepuuta, joiden vuotuinen pituuskasvu mitattiin taannehtivasti 2—5 kasvukautta ennen ojitusta edeltäneeseen aikaan. Koelalan puuston kasvua edusti koepuiden pituuskasvujen keskiarvo. Aineiston laskenta tehtiin kokeittain, ja käsittelyittaiset kasvuerot testattiin varianssianalyysillä. Silloin kun käsittelyjen välillä esiintyi kasvueroja jo ennen ojitus- ja lannoitustoimenpiteitä, käytettiin laskennassa kovarianssianalyysiä, jolloin kasvun lähtötasoerot tasoitettiin ottamalla kovariaatiksi puiden kasvu ennen toimenpiteitä.

Kohteiden ravinnetilan selvittämiseksi otettiin kunkin kokeen lannoittamattomilta koelaloilta neulas- ja turvenäytteet. Näytteet analysoitiin Muhoksen tutkimusasemalla ja niistä määritettiin pää- ja hivenravinnepitoisuudet. Analyysimenetelmät on kuvattu julkaisussa Halonen ym. (1983).

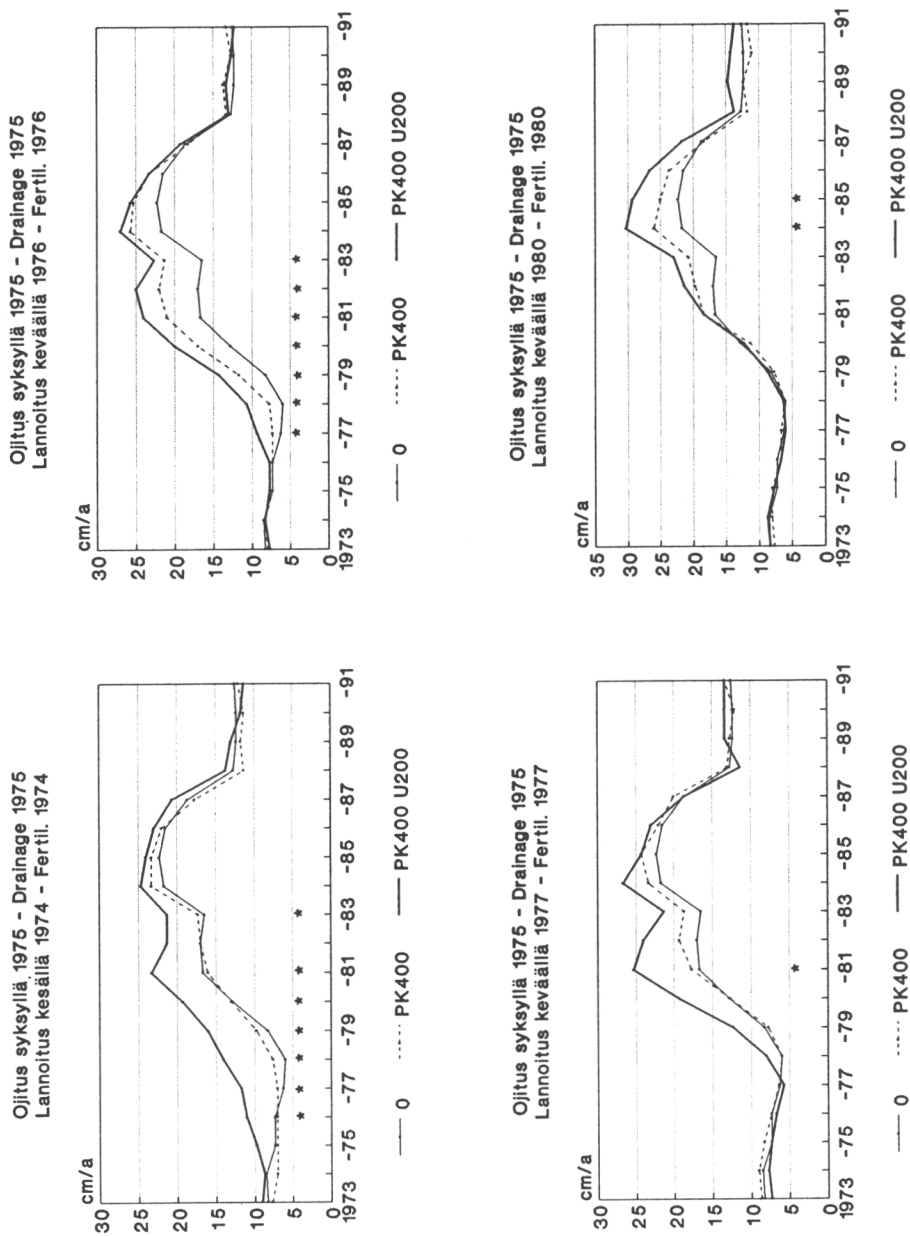
3. Tulokset ja tarkastelu

Puuston pituuskasvu oli ennen ojitusta ja lannoitusta varsin heikkoa, kokeesta riippuen 5—10 cm/vuosi. Puuston elpyminen alkoi näkyä pituuskasvussa 3—4 vuoden kuluttua ojituksesta. Vuolijoella ja Taivalkoskella kasvureaktion maksimi saavutettiin, kun ojituksesta oli kulunut noin 10 vuotta (kuvat 1—3). Sen jälkeen pituuskasvu heikkeni nopeasti vuoteen 1988, minkä jälkeen se jäi kuitenkin ojitustilannetta edeltäneen kasvuntason yläpuolelle. Syynä vuoden 1988 romahdukseen lienee ollut edellisen kasvukauden kylmyys ja koko kesän 1987 maaperässä säilynyt routa, mistä johtuen puiden juurten toimintakyky heikkeni ja seuraavan vuoden pituuskasvu jäi vaatimattomaksi. Sievissä kasvun taantumaa ei ilmennyt — puusto näytti päinvastoin parantavan pituuskasvuun tutkimusjakson loppupuolella.

Lannoitusvaikutuksen suuruus ja kestoaika vaihteli kokeittain. NPK-lannoituksen seurauksena puiden pituuskasvun lisäys jäi Vuolijoen kokeessa verraten vaatimattomaksi ja meni ohi 5—8 vuodessa. Taivalkoskella lannoitusvaikutus oli jonkin verran voimakkaampi. PK-lannoituksen vaikutus jäi molemmissa kohteissa hyvin vähäiseksi. Lannoitusvaikutuksen loputtua puuston kasvun kehitys noudatti Taivalkoskella ja Vuolijoella varsin tarkoin lannoittamattoman puuston kehitystä. Sievin kokeessa NPK-käsittely aiheutti voimakkaan ja pitkäaikaisen lannoitusreaktion, joka näkyi vielä mittaushetkellä 18 vuotta myöhemmin (kuvat 1—3).

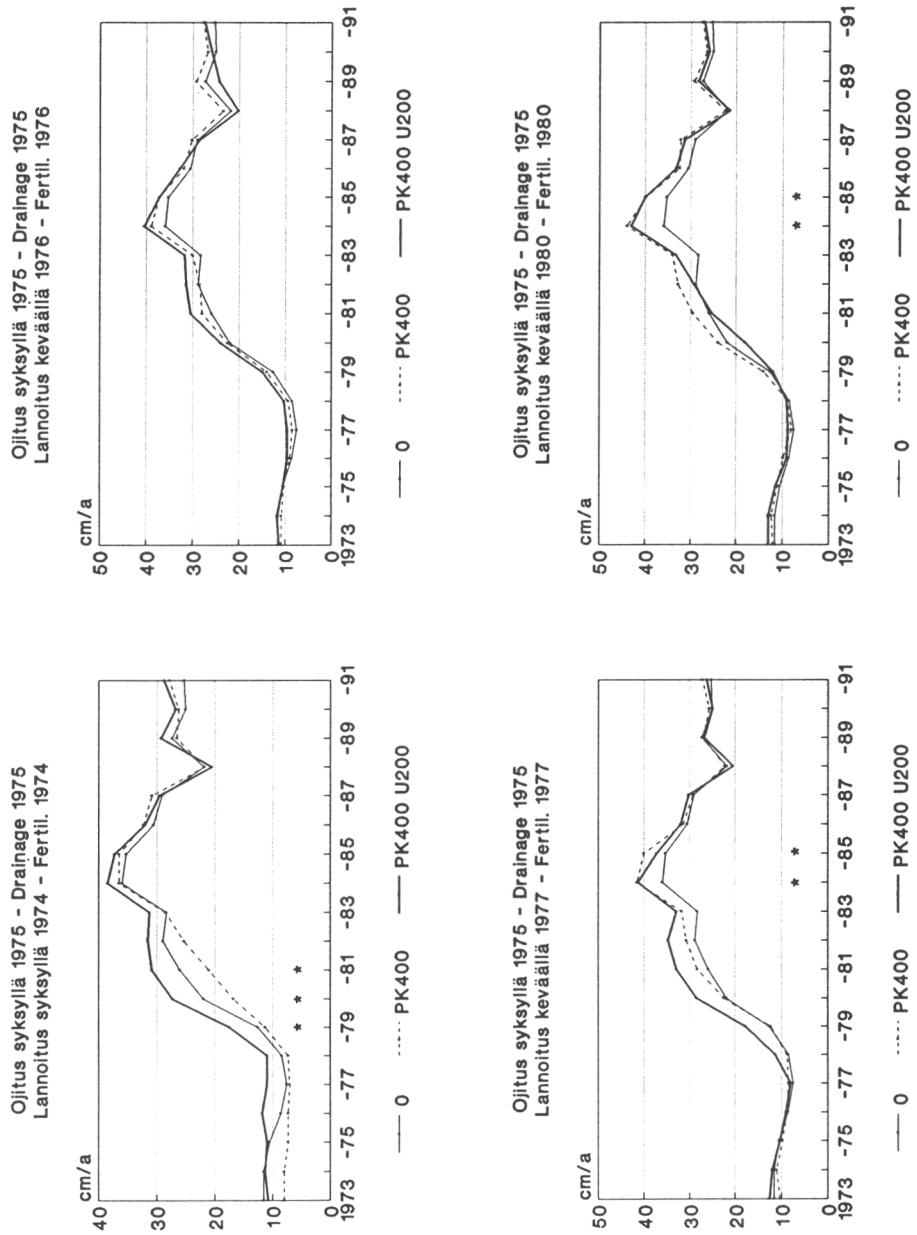
Viimeisimpänä lannoitusajankohtana puuston pituuskasvu oli elpynyt ojitushetken kasvun tasoon nähden Taivalkoskella lähes kaksinkertaiseksi, Vuolijoella noin kaksinkertaiseksi ja Sievissä lähes kolminkertaiseksi. Lannoitusvaikutus oli Vuolijoella ja Taivalkoskella lähes yhtä suuri riippumatta siitä, tehtiinkö levitys vuosi ennen ojitusta, vuosi ojituksen jälkeen tai neljä vuotta ojituksen jälkeen (kuva 4). Puuston elpymisvaiheessa tehty ravinnelisäys ei siis tuottanut suurempaa kasvureaktiota kuin elpymättömän puuston lannoitus. Sievissä lannoitus kuitenkin vaikutti voimakkaimmin silloin, kun levitys tehtiin 6 kasvukautta ojituksen jälkeen, ja heikoimmin, kun lannoitus tapahtui yksi kasvukausi ennen ojitusta. Suhteelliset kasvunlisäyserot jäivät Sievissäkin vähäisiksi ja lannoitettujen puiden kasvu oli tutkimusjakson viimeisellä 5-vuotisjaksoilla samaa suuruusluokkaa kaikissa vaihtoehdoissa, mikä osoittaa, että toimenpiteiden ajoituksen vaihtelulla ei ole suurta merkitystä pitemmällä aikavälillä. Lannoituskäsitteilyn ja levitysaikakohdan välillä ei ilmennyt missään tutkimuskohteessa merkitsevää yhdysvaikutusta (p-arvo kokeesta riippuen 0,190—0,903). Vuotuinen pituuskasvun lisäys oli NPK-käsittelyä seuraavan 12 vuoden aikana kokeesta riippuen 1,7—9,9 cm.

Tulosten yleistettävyyttä ja alkuperäistä tutkimushypoteesia ajatellen osa lannoituskäsitteilyistä olisi ehkä pitänyt ajoittaa vielä myöhemmiksi kuin neljä tai kuusi vuotta ojitushetkestä. Vaikka puusto oli viimeisimmän lannoituksen aikana jo selvästi lähtenyt parantamaan kasvuaan ojituksen seurauksena kaikissa kohteissa, ei elpymisreaktio ollut vielä tuolloin maksimissaan. Tulokset eivät näin ollen ole sovellettavissa tilanteisiin, joissa ojitus on jo pitemmän aikaa vaikuttanut parantavasti puuston kasvuun.



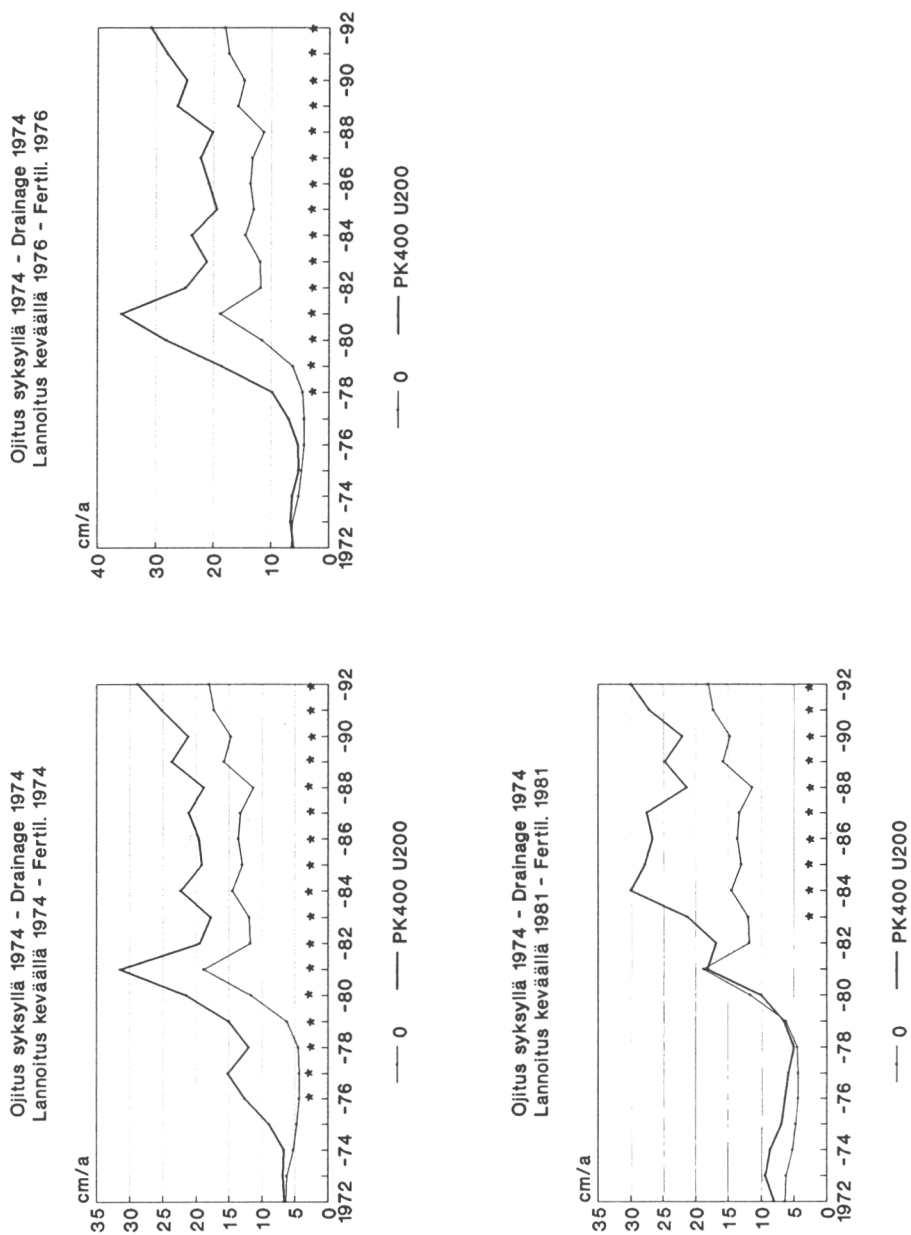
Kuva 1. Puuston pituuskasvun kehitys Taivalkoskella. * = merkitseviä eroja lannoitus-käsittelyjen välillä ao. vuonna.

Figure 1. Height growth of the pine stand at Taivalkoski. * = statistically significant differences between the fertilization treatments in the year in question.



Kuva 2. Puuston pituuskasvun kehitys Vuolijoella. * = merkitseviä eroja lannoituskäsittelyjen välillä ao. vuonna.

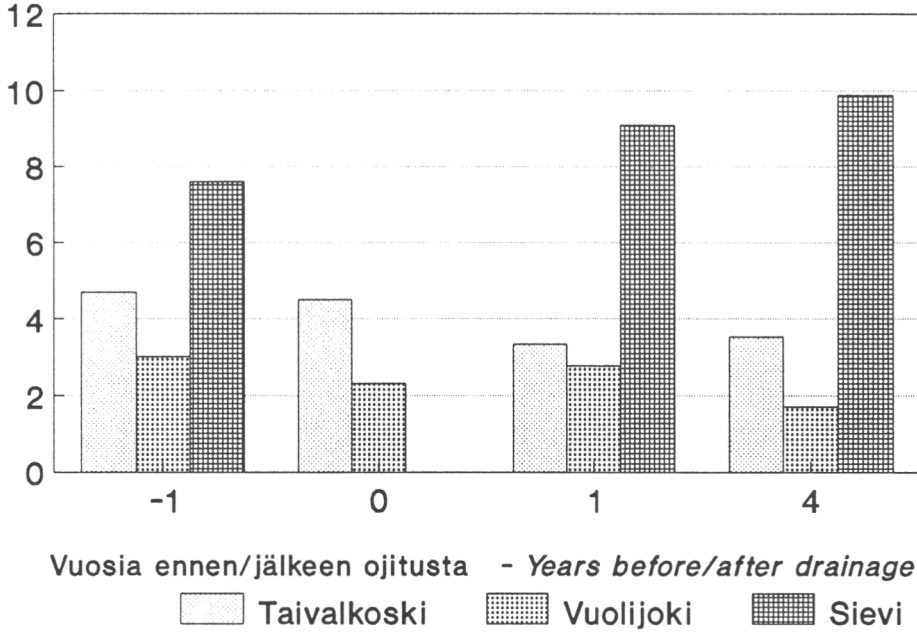
Figure 2. Height growth of pine stand at Vuolijoki. * = statistically significant differences between the fertilization treatments in the year in question.



Kuva 3. Puuston pituuskasvun kehitys Sievissä. * = merkitseviä eroja lannoituskäsittelyjen välillä ao. vuonna.

Figure 3. Height growth of pine stand at Sievi. * = statistically significant differences between the fertilization treatments in the year in question.

Kasvunlisäys 12 vuodessa, cm/v
 Increase in annual height growth, cm



Kuva 4. Ojituksen suhteen eriaikaisen NPK-lannoituksen aiheuttama puuston kasvunlisäys.

Figure 4. The height growth increase due to NPK-fertilization applied at different times before and after drainage.

Tutkimuskohteet olivat karuhkoja rämeitä, joiden lannoittaminen ei ole taloudellisesti perusteltua muulloin kuin korkeintaan päätehakkuuikää lähestyttäessä (Rantala & Moilanen 1993). On korostettava, että lannoitukseen ryhdyttäessä kasvualustan kuivatuksen tulee aina olla kunnossa. Lannoitusta ko. suotyypeillä kannattaa harkita vasta sitten, kun puusto on ojituksen jälkeen varttunut täyteen kasvukuntoon ja vähintään pino-tavarakokoon (Paavilainen 1979).

Lannoittamattomilta koelohjoilta tehdyt ravinneanalyysit osoittivat puiden kärsivän kaikissa kohteissa fosforin puutoksesta (taulukko 3). Sievissä fosforin vajuus oli erityisen voimakas (Paarlahti ym. 1971). Puiden tyypitila vaihteli huomattavasti kokeiden kesken. Taivalkosken karulla kohteella typeä oli puiden käytössä hyvin vähän ja ravinnepuutos oli ankara. Vuolijoella puiden tyypitilaa voi luonnehtia kohtalaiseksi ja Sievissä lähes optimaaliseksi. Selviä kaliumin tai hivenravinteiden puutostiloja ei ilmennyt missään kohteessa.

Tutkimuskohteista Taivalkoski edusti kasvupaikkoja, joilla käyttökelpoisen typen niukkuus rajoittaa puiden kasvua (ks. Paarlahti ym. 1971). Sievin kohde puolestaan oli karuksi luokitellusta kasvupaikkatyyppistä huolimatta runsastyyppinen, joten lannoitusreaktion voi siellä katsoa aiheutuneen lähinnä fosfori- ja kaliumtalouden parantumisesta. Tutkimusmetsiköiden lannoitusreaktiot olivat samankaltaisia kuin Moilasan (1993) tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin tyypitaloudeltaan erilaisten rämemänniköiden kehitystä lannoituksen jälkeen.

*Taulukko 3. Männyn neulasten ravinnepitoisuudet tutkimuskohteiden lannoittamattomilla koealoilla talvella 1986 (Sievi, Vuolijoki) ja talvella 1992 (Taivalkoski).
Table 3. Foliar nutrient concentrations of pine in 1986 (Sievi, Vuolijoki) and in 1992 (Taivalkoski), unfertilized plots.*

<u>Ravinne</u> <u>Nutrient</u>	<u>Taivalkoski</u>	<u>Vuolijoki</u>	<u>Sievi</u>
N, %	1,06	1,28	1,59
P, mg/g	1,29	1,33	1,08
K, mg/g	4,44	5,13	4,28
Ca, mg/g	2,38	1,57	1,39
Mg, mg/g	1,25	0,84	0,98
Fe, ppm	39	43	52
Mn, ppm	505	209	190
Zn, ppm	55	47	48
Cu, ppm	3,2	3,8	3,6
B, ppm	24,1	8,9	10,0

4. Johtopäätökset

Tutkituista kolmesta lannoituskokeesta kahdella saatiin tulos, jonka mukaan lannoitusvaikutus puuston kasvuun oli lähes yhtä suurta riippumatta siitä, tehtiinkö lannoitus muutama vuosi ennen ojitusta, samanaikaisesti vai muutama vuosi ojituksen jälkeen. Yhdellä kokeella, jossa puuston kasvu oli elpynyt ojituksen seurauksena voimakkaimmin, 6 vuotta ojituksen jälkeen tehty lannoitus tuotti alkuvaiheessa voimakkaimman kasvureaktion. Myöhemmin vuosina erot kuitenkin tasoittuivat.

Saadut tulokset koskevat uudisojitusvaihetta eikä niitä voida välttämättä soveltaa vanhojen, ojastoltaan rappeutuneiden ojitusalueiden kunnostustilanteeseen. Kunnostusojituskohteiden valintakriteereissä korostetaan, että puuston määrän tulee olla riittävän suuri ja puuston elpymiskykyistä, ennenkuin kunnostustoimiin kannattaa ryhtyä. Kunnostusojitusalueen puusto lienee yleensä elinvoimaisempaa kuin mitä se uudisojitusvaiheessa on. Tämän tutkimuksen tuloksia ajatellen se merkitsee sitä, että kunnostusojitustilanteessakaan lannoituksen ajoituksella ei voitane vaikuttaa lannoitusreaktion suuruuteen. Myös kunnostustoimien taloudellisuutta ajatellen lienee edullista, että lannoitteet levitetään ojituksen kanssa samaan aikaan.

Kirjallisuus - References

- Aarne, M. (toim. - ed.). 1992. Metsätalostollinen vuosikirja 1990 - 91. Yearbook of forest statistics 1990 - 91. SVT Maa- ja metsätalous 1992:3. Folia Forestalia 790. 281 p.
- Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 111. 20 p.
- & Paarlahti, K. 1988. Ravinteiden huuhtoutuminen talvella lannoitetulta metsäojitusalueelta. Summary: Leaching of nutrients from a peatland area after fertilizer application on snow. Suo 39 (1 - 2): 19 - 25.
- Braekke, F. H. & Finér, L. 1991. Fertilization effects on surface peat of pine bogs. Scandinavian Journal of Forest Research 6(4): 433 - 449.
- Finér, L. 1991. Effect of fertilization on dry mass accumulation and nutrient cycling in Scots pine on an ombrotrophic bog. Seloste: Lannoituksen vaikutus männyn kuivamassan kertymään ja ravinteiden kiertoon ombrotrofisella rämeellä. Acta Forestalia Fennica 223. 42 p.
- Huikari, O. 1952. Suotyyppin määrittäminen maa- ja metsätaloudellista käyttöarvoa silmälläpitäen. Summary: On the determination of mire types, especially considering their drainage value for agriculture and forestry. Silva Fennica 75: 1 - 22.
- Karsisto, K. 1976. Metsänlannoitus II. Suometsien lannoitus. Metsä ja Puu 6 - 7/1976: 18 - 20.
- Karsisto, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksista orgaanista ainetta hajottavien mikrobien aktiivisuuteen suometsissä. Osa II. Tuhkalannoituksen vaikutus. Summary: Effect of forest improvement measures on activity of organic matter decomposing micro-organisms in forested peatlands. Part II. Effect of ash fertilization. Suo 30 (4 - 5): 81 - 91.
- Kaunisto, S. 1989. Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella. Summary: Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area. Folia Forestalia 724.15 s.
- Maa- ja metsätalousministeriön ohje 199 / 21.1.1993 Metsäkeskus Tapiolle.
- Metsähallituksen ohje Ym. 1 / 6.5.1988 Keskusmetsälautakunta Tapiolle.
- Moilanen, M. 1993. Lannoituksen vaikutus männyn ravinnetilaan ja kasvuun Pohjois-Pohjanmaan ja Kainuun ojitetuilla soilla. Summary: Effect of fertilization on the nutrient status and growth of Scots pine on drained peatlands in northern Ostrobothnia and Kainuu. Folia Forestalia 820. 37 p.
- & Issakainen, J. 1985. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysajankohdasta nuorissa rämemänniköissä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 204. 32 s.
- Nieminen, M. & Ahti, E. 1993. Talvilannoituksen vaikutus ravinteiden huuhtoutumiseen karulta soilta. Summary: Leaching of nutrients from an ombrotrophic peatland area after fertilizer application on snow. Folia Forestalia 814. 22 p.
- Nömmik, H. & Larsson, K. 1989. Assessment of fertilizer nitrogen accumulation in *Pinus sylvestris* trees and retention in soil by ¹⁵N recovery technique. Scandinavian Journal of Forest Research 4(4): 427 - 442.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. Communicationes Institute Forestalis Fenniae 74(5). 58 s.
- Paavilainen, E. 1969. Tutkimuksia levitysajankohdan vaikutuksesta nopealiukoisten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä. Summary: Influence of the time of application of fast-dissolving fertilizers on the response of trees growing on peat. Folia Forestalia 75. 24 s.
- 1973. Studies on the uptake of fertilizer nitrogen by Scots pine using ¹⁵N labelled urea. Influence of peat thickness and application time. Seloste: Tutkimuksia turpeen paksuuden ja levitysajankohdan vaikutuksesta männyn lannoitetyypen ottoon. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 79(2). 47 p.
- 1977. Helpoliukoisten lannoitteiden vaikutuksen riippuvuus levitysajankohdasta turvemaalla. Summary: Effect of application time on growth response to easily dissolving fertilizers on peatlands. Folia Forestalia 300. 16 s.
- 1979. Metsänlannoituspas. 112 s. Kirjayhtymä, Helsinki.

- 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(5). 71 p.
- 1986. Turpeen paksuus ja ojituksen ajankohta typpilannoituksen tarpeeseen vaikuttavina tekijöinä karuilla rämeillä. Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1985. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 235: 7 - 14.
- Penttilä, T. & Moilanen, M. 1987. Fosforilannoitteet suometsien lannoituksessa Pohjois-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278: 136 - 148.
- Rantala, T. & Moilanen, M. 1993. Nuorten suomänniköiden lannoituksen kannattavuus Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Profitability of fertilization of young pine stands in northern Ostrobothnia. *Folia Forestalia* 821. 20 s.
- Silfverberg, K. & Hotanen, J.-P. 1989. Puuntuhkan pitkäaikaisvaikutukset ojitetulla mesotrofisella kalvakkanevalla Pohjois-Pohjanmaalla. Summary: Long-term effects of wood-ash on a drained mesotrophic *Sphagnum papillosum* fen in Oulu district, Finland. *Folia Forestalia* 742. 23 p.

Muhoksen tutkimusaseman tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot:

- Nro 1. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1971.
- Nro 2. Tutkimuspäivän alustukset 1972.
- Nro 3. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1972.
- Nro 4. Kalevi Karsisto. Esituloksia suometsien fosforilannoitelajikokeista. 1973.
- Nro 5. Kalevi Karsisto. Lannoitteiden levitystasaisuudesta moottorikelkkaa käytettäessä. 1973.
- Nro 6. Kalevi Karsisto. Kokeita typpilannoitteiden häviämisestä säkeistä. 1973.
- Nro 7. Kalevi Karsisto. Isorakeisen typpilannoitteen uppoamisesta lumeen. 1975.
- Nro 8. Markku Turtiainen ja Jukka Valtanen. Metsänviljelytutkimuksen välituloksia Pohjanmaan ja Kainuun metsäaurausalueilta. 1974.
- Nro 9. Jukka Valtanen. Avoalan suuruuden vaikutus männynviljelyn tulokseen Pohjois-Suomessa. 1974.
- Nro 10. Esteri Ohenoja ja Niilo Takkunen. Alustavia tietoja lannoituksen vaikutuksesta kangasmetsien sienisatoon. 1974.
- Nro 11. Kalevi Karsisto ja Jorma Issakainen. Riistan tuottaminen metsänparannusalueilla. 1974.
- Nro 12. Kalevi Karsisto. Peatland forestry experiments in Pyhäkoski experimental area. 1974.
- Nro 13. Kalevi Karsisto. Ojituksen ja metsänlannoituksen vaikutus vesien saastumiseen. 1974.
- Nro 14. Tutkimuspäivän esitykset 1975.
- Nro 15. Metsäntutkimuspäivä Haapavedellä 1976.
- Nro 16. Metsäntutkimuspäivä Sotkamossa ja Ämmänsaarella 1977.
- Nro 17. Metsäntutkimuspäivä Haukiputaalla ja Muhoksella 1978.
- Nro 18. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1980.
- Nro 19. Mikko Moilanen ja Matti Oikarinen. Perkausajankohdan vaikutuksesta hieskoivun ja haavan vesomiseen kangasmaalla. 1980.
- Nro 20. Tuhka metsänlannoitteena. Toimittaneet Pekka Pietiläinen ja Markku Tervonen. 1980.
- Nro 21. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjassa julkaistu seuraavat tiedonannot (Muhoksen tutkimusasema):

- Nro 3. Jussi Saramäki. Hieskoivun kasvu ja kasvatusta Pohjanmaalla ja Kainuussa. 1981.
- Nro 17. Jorma Issakainen ja Mikko Moilanen. Lentolannoituksen levitystasaisuudesta ja työjäljen valvontamenetelmän kehittämisestä. 1981.
- Nro 24. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1981.
- Nro 29. Mikko Moilanen ja Kalevi Karsisto. Lannoitteen levitystasaisuuden vaikutuksesta nuoren suomännikön pituuskasvuun. 1981.
- Nro 70. Metsäntutkimuspäivä Oulaisissa 1982.
- Nro 101. Jarmo Poikolainen ja Eero Kubin. Tuloksia kapealatvaisen kuusen juurruttamisesta. 1983.
- Nro 119. Metsäntutkimuspäivä Suomussalmella ja Sotkamossa 1983.
- Nro 133. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Ojituksen, lannoituksen ja muokkauksen vaikutuksesta luontaiseen uudistumiseen piensararämeellä. 1984.
- Nro 158. Metsäntutkimuspäivä Oulussa 1984.
- Nro 198. Eero Kubin ja Hannu Raitio. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsämattimiehille osoitetun kyselyn tulokset.

- Nro 199. Mikko Moilanen. Runkokäyrämallien tarkkuus lannoitetussa rämemännikössä. 1985.
- Nro 204. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Lannoitusvaikutuksen riippuvuus levitysjankohdasta nuorissa rämemänniköissä. 1985.
- Nro 206. Metsäntutkimuspäivä Kannuksessa 1985. Kannuksen ja Muhoksen tutkimus-
asemien yhteinen julkaisu.
- Nro 222. Matti Oikarinen ja Yrjö Norokorpi. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyn-
taimikoiden tila valtion mailla Pohjois-Suomessa. 1986.
- Nro 255. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986.
- Nro 281. Mikko Moilanen, Ari Ferm ja Jorma Issakainen. Kasvihuonekokeita erilais-
ten jäteaineiden vaikutuksesta hieskoivun alkukehitykseen turvealustalla.
1987.
- Nro 290. Pentti Niemistö. KTP-84 tiedonkeruupäätteen metsässä kerättävän tiedon tal-
lennusvälineenä. 1988.
- Nro 295. Metsäntutkimuspäivä Kärsämäellä 1987. 1988.
- Nro 299. Eero Kubin ja Jarmo Poikolainen (toim.). Ekologisten ja ekofysiologisten
tutkimusten painopistealueet ja mittausvälineiden tarve metsänhoidon tut-
kimusosastolla. 1988.
- Nro 327. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1988. 1989.
- Nro 361. Metsäntutkimuspäivät Oulussa 1989. 1990.
- Nro 381. Jukka Valtanen. Peltojen metsityksen onnistuminen Pohjois-Pohjanmaalla
1970-luvulla. 1991.
- Nro 387. Metsäntutkimuspäivät Haapajärvellä 1990. 1991.
- Nro 388. Jukka Valtanen ja Arne Lehtosaari. Männyn uudistumiseen vaikuttavat te-
kijät Siikalatvan alueella. 1991.
- Nro 389. Matti Oikarinen. Suomussalmen männynviljelyinventointi. 1991.
- Nro 419. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. 1992.
- Nro 432. Pentti Niemistö. Runkolukuun perustuvat harvennusmallit. 1992.
- Nro 461. Eero Kubin. Metsäekologisen havaintoverkoston kehittäminen. 1993.
- Nro 464. Metsäntutkimuspäivä Kajaanissa 1992. 1993.
- Nro 499. Jorma Issakainen, Mikko Moilanen & Klaus Silfverberg. Turvetuhkan vai-
kutukset männyn kasvuun ja ravinnetilaan ojitetuilla rämeillä. 1994.
- Nro 503. Jukka Valtanen. Männyn luontainen uudistaminen Keski-Pohjanmaalla. 1994.
- Nro 508. Metsäntutkimuspäivä Muhoksella 1993. 1994.
- Nro 520. Riikka Repo ja Jukka Valtanen. Maan ominaisuudet metsänviljelyssä - mä-
tästyksen perusteet. 1994.
- Nro 528. Mikko Moilanen ja Jorma Issakainen. Uudisojituksen ja lannoituksen kes-
kinäisen ajoituksen vaikutus puuston kehitykseen rämeillä. Summary: The
importance of the mutual timing of ditching and fertilization to the growth
increase of tree stands on pine mires. 1994.