

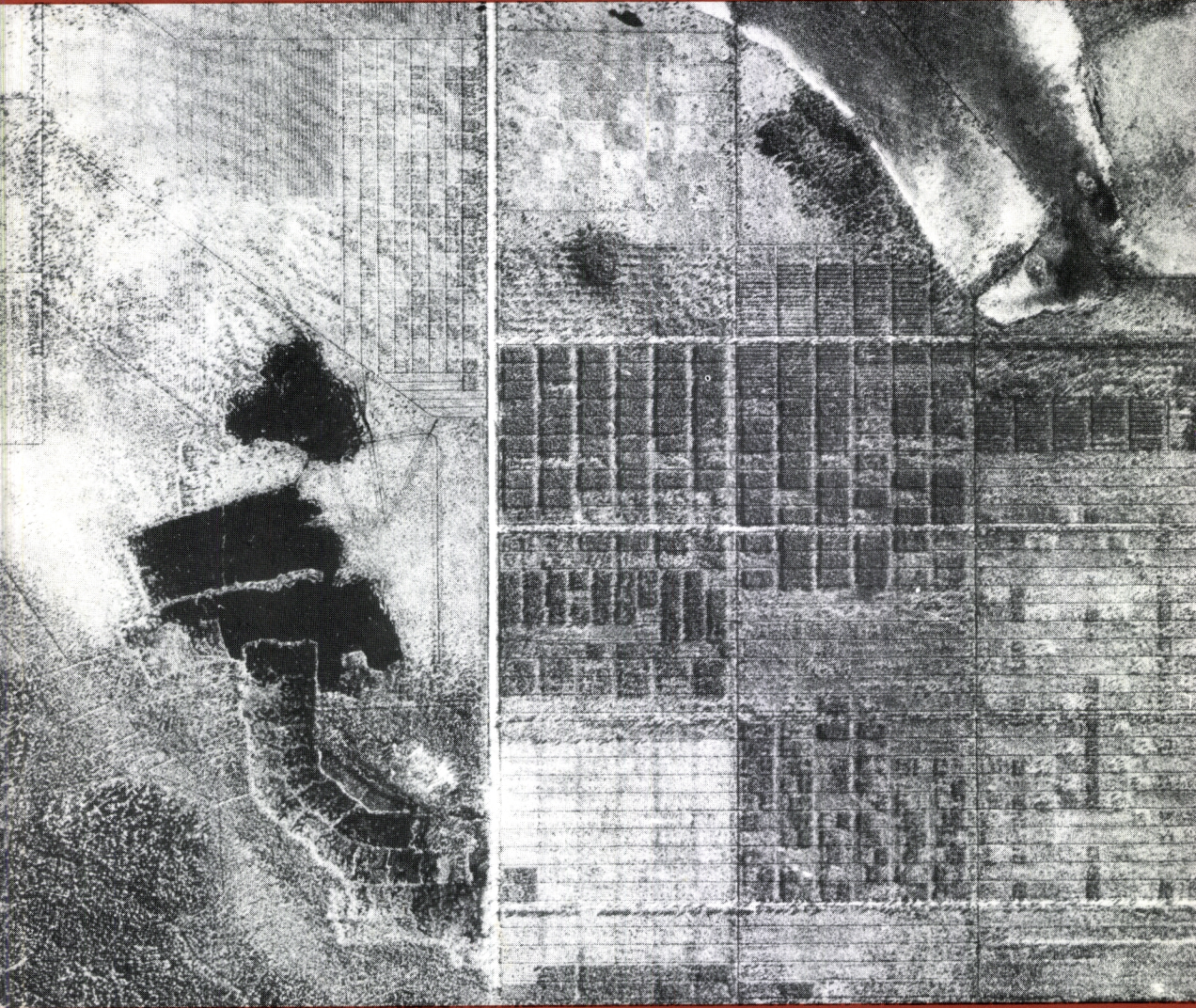
METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA

306

Suontutkimusosasto



70 VUOTTA



LEIVONMÄEN KIVISUON METSÄNLANNOITUSKOKEEET

Kimmo Paarlahti ja Heikki Veijalainen

Vantaa 1988

Kansikuva: Kivisuon lannoituskoekenttä kesällä 1984
(Topografikunnan julkaisulupa n:o 35/85).

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 306

Suontutkimusosasto

Leivonmäen Kivisuon metsänlannoituskokeet

Kimmo Paarlahti ja Heikki Veijalainen

Vantaa 1988

SISÄLLYS

1. JOHDANTO.....	3
2. KOEKENTTÄ	4
21. Kokeet ja retkeilyreitit.....	10
22. Käytetyt lyhenteet.....	12
3. KOKEIDEN TULOKSIA.....	13
Koe I Männyn lannoitustarvetta selvittävä koe (1959).....	13
Koe II Hivenlannoituskoe (1959).....	24
Koe III Männyn kylvön ja istutuksen vertailu (1957).....	27
Koe IV Fosfori- ja kaliumlannoitelajien vertailu (1960)...	29
Koe V Männyn laikkulannoituskoe (1959).....	34
Koe VI Eri puulajien lannoituskoe (1962).....	37
Koe VII Männyn ja koivun istutuskoe (1987).....	42
Koe VIII Kuusen kalkituskoe (1964).....	42
Koe IX Suometsien PK-lannoksen tasokoe (1984).....	43
Koe X Männyn laikkulannoituskoe (sijoitustapakoe) (1965)..	43
Koe XI Männyn lannoituskoe rahkanevalla (1964).....	45
Koe XII Laikkulannoituksen toistamiskoe (1965-69).....	48
Koe XIII Männyn istutustiheys- ja rivilannoituskoe (1966)...	49
Koe XIV Männyn rivikylvökoe (1968).....	53
Koe XV Koivun viljely- ja kalkituskoe (1969-70).....	53
Koe XVII Sarkaleveys- ja ojasyvyyskoe (1967).....	55
Koe XVIII Hieskoivikon lannoituskoe (1979).....	59
Koe XX Tuhka- ja typpilannoituskoe (1984).....	60
Koe XXI Hieskoivikon lannoituskoe (1985).....	61
Koe 22. Varttuneen kuusikon lannoituskoe (1974).....	61
4. YHTEENVETO.....	63
41. Ojitusalueen metsitys.....	63
42. Ojitusalueen lannoitus.....	64
43. Männyn jatkolannoitus.....	65
44. Lannoitustarpeen määrittäminen.....	66
45. Lannoitelajitutkimukset.....	67
46. Metsänparannustoiminnan sivuvaikutukset.....	68
KIVISUOTA KÄSITTELEVÄ KIRJALLISUUS.....	69

1. JOHDANTO

Aikaisemmin julkaistuissa Kivisuon retkeilyoppaissa on pääasiassa esitelty kokeita ja niiden erilaisia lannoituskäsittelyjä ja lyhyesti tarkasteltu kokeista saatuja tuloksia (Huikari ja Paarlahti 1966 ja 1973). Koetoiminta Kivisuolla on lukuisine käsittelykierroksineen saavuttanut sellaiset mittasuhteet, ettei täydellistä koejäsenien luetteloa voida enää sisällyttää tähän oppaaseen. Luetteloa säilytetään Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston koearkistossa. Nyt käsillä oleva raportti pyrkii antamaan retkeilijöille yhteenvetoja eri kokeissa saavutetuista tuloksista.

Kivisuon kokeiden suunnittelusta ovat vastanneet etupäässä prof. Olavi Huikari ja MML Kimmo Paarlahti. Kokeiden perustamisesta ja hoitotoimenpiteistä ovat pääasiassa huolehtineet metsäteknikot Aarne Rantalahti ja Toivo Väli vuori ja viime vuosina metsätalousinsinöörit Heikki Takamaa ja Kauko Taimi.

Tekijöistä Paarlahti on tarkastanut ja täydentänyt Veijalaisen laatiman alustavan käsikirjoituksen. Lopullisen version tarkastivat prof. Eero Paavilainen, prof. Juhani Päivänen ja FL Antti Reinikainen.

Oppaan laatimiseen ovat osallistuneet hyvin monet Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston henkilökunnasta. Viime vaiheen laskentatyöt on suorittanut tutkimusmestari Raimo Mäkelä, piirrostyön Raija Vakkuri ja Anja Ripatti ja puhtaaksikirjoituksen Kirsi Lehtinen ja Riitta Henritius.

2. KOEKENTTÄ

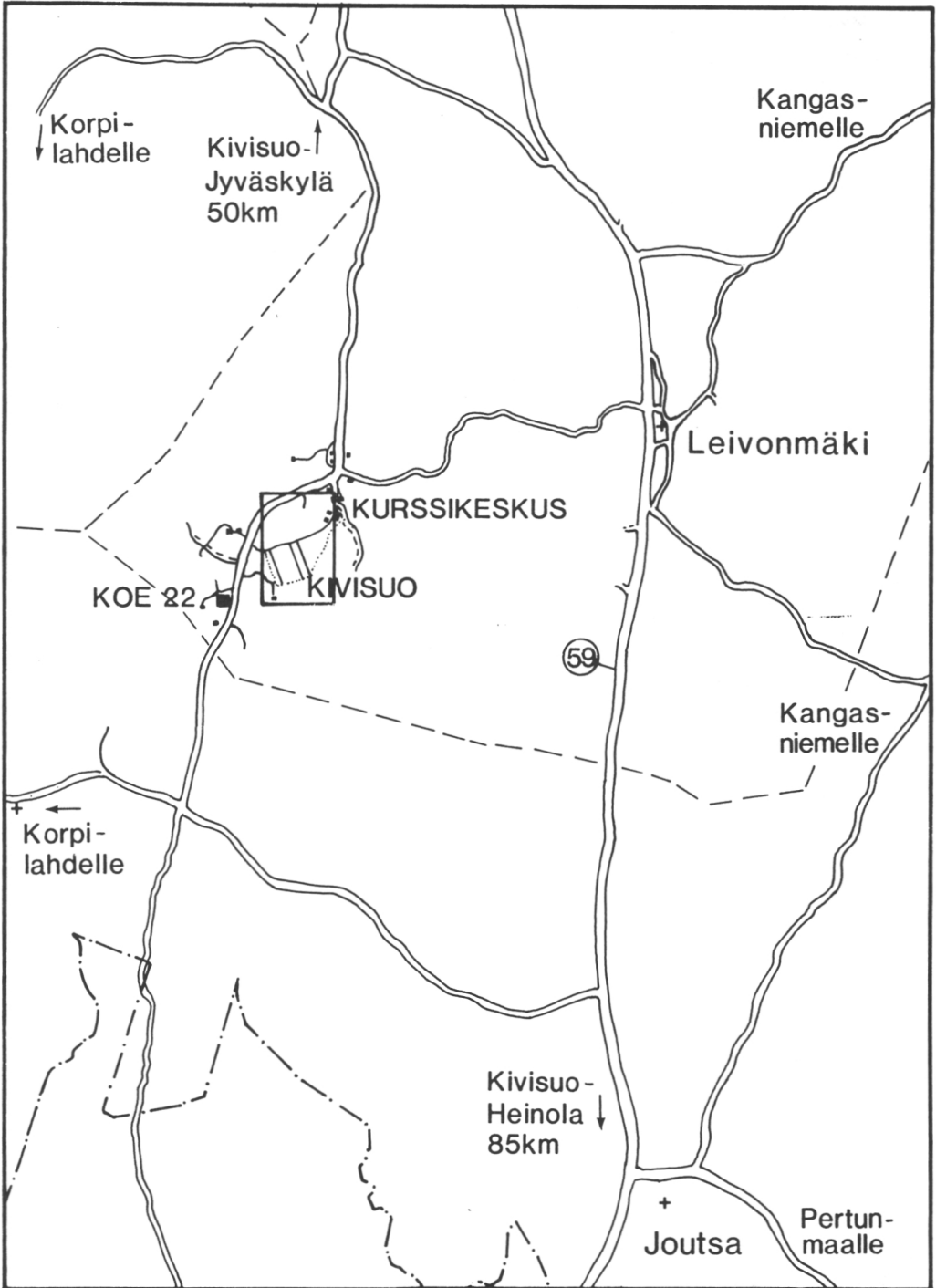
Vuonna 1947 aloitti Puusokeri Oy Leivonmäen Kivisuolla turpeennoston hydroturvemenetelmällä. Turpeen kuivatuskenttänä käytettiin yli 1 km²:n suuruista aluetta Kivisuon keskiosasta, joka ojitettiin vuosina 1945-47.

Turpeen kuivatusta varten suon pinta tasoitettiin kuorimalla elävä pintakerros osittain pois. Tällä tavoin valmistetulle hiukan kaukalomaiselle suonpinnalle levitettiin turvevelliä noin 30 cm:n paksuisena kerroksena. Turvemassan kuivuttua se paloiteltiin ja kuljetettiin ensin Rutalahteen ja sieltä edelleen proomuilla Heinolassa sijainneelle tehtaalle.

Turpeennosto lopetettiin Kivisuolla vuonna 1953. Jäljelle jäi tasainen, kasviton ja tehokkaasti ojitettu turvekenttä. Suonkuivatusmetsänhoitaja Ilmari Blomroosin aloitteesta Metsähallitus ja Metsäntutkimuslaitos tekivät vuonna 1958 yhteistoimintasopimuksen alueen käyttämisestä "lannoitus- ja vesitystutkimuksen" koekenttänä. Tutkimustoiminnasta huolehtii sopimuksen mukaan Metsäntutkimuslaitos. Kustannuksista vastaa Metsähallitus, joka saa myös hakkuutulot.

Leivonmäen Kivisuo sijaitsee noin 50 km etelään Jyväskylästä Päijänteen itäpuolella noin 10 km länteen Leivonmäen kirkonkylästä (61°51'N, 25°59'E). Kulkuyhteydet selviävät kartasta 1.

Kivisuo sijaitsee keidassuovyöhykkeen pohjoisosassa ja edustaa täten eräänlaista rajatapausta aapa- ja keidassuokompleksien välillä. Ilmasto suosii ombrotrofista kasvillisuutta, mutta ei täytä keidassuon syntyvaatimuksia täydellisesti. Kivisuolla näkyy selvästi eksentrisen keidassuon piirteet. Suon reunaosissa esiintyy rämeitä ja korpia kapealla vyöhykkeellä. Ne ympäröivät Kivisuon nevakeskusta.



Kartta 1. Kivisuon sijainti ja tärkeimmät tieyhteydet.

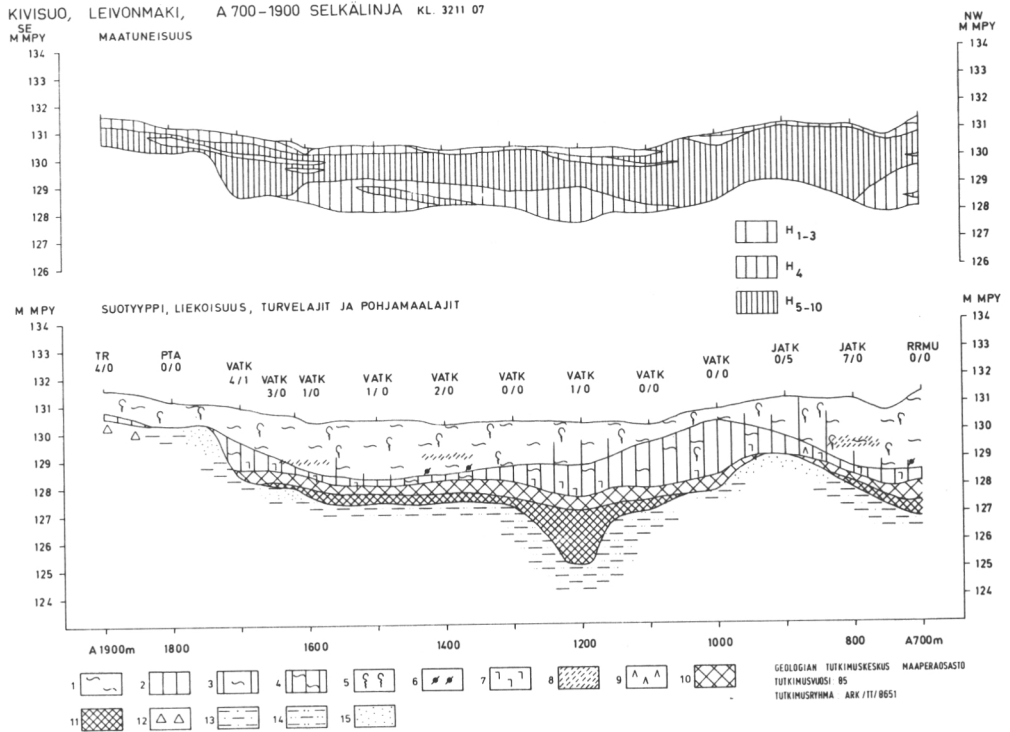
Koekentän korkein ja paksuturpeisin kohta on sen länsi-luoteiskulmassa, mistä suo viettää pääsuuntaan itä ja kaakko. Turvekerros on laajoilla alueilla yli kolmen metrin paksuinen, mutta paikoin suo on ohutturpeista ja kivennäismaasaarekkeiden puhkomaa. Luonnontilassaan suon luoteisreunat muodostuivat karunpuoleisista rämeistä (IR, TR, LkR). Niitä seurasi laajojen rahkamättäiden kirjavoima rämealue, joka vähitellen muuttui rahkanevaksi. Rahkanevalta laskeudutaan vähitellen kaakkoonpäin lyhytkortisille nevoille, jotka olivat leimaa-antavia turpeen kuivatuskentälle. Suon kaakkoispäässä esiintyi ravinteisten saranevojen vyöhyke, joka rajoittui Kivijärveen. Järvi on nykyään täysin umpeenkasvanut. Sen vastapainona ovat suon luoteisosassa näkyvissä suuret turpeennostokuopat, jotka ovat täyttyneet vedellä (ks. Reinikainen 1982).

Kivisuon pinta on noin 130 m merenpinnan yläpuolella. Päijänteen pintaan on laskua 52 m. Vuoden keskilämpötila on +3°C, todellinen lämpösumma keskimäärin 1190°C ja sademäärä 550 mm.

Turpeenkuivatuskentän pintaturpeen (0-10 cm) kokonaistyyppipitoisuuden vaihtelu oli yllättävän suurta pelkästään kokeen I/2 alueella. Ääriarvot pistekohtaisten näytteiden mukaan olivat 0,72-1,78 %. Alhaisia tyyppipitoisuuksia esiintyi paikoilla, missä hydroturvejätekerros oli ohut ja sen alta löytyi maatumatonta tai heikosti maatumutta rahkaturvetta (Raitio 1982). Ilmeisesti Kivisuon hydroturvekenttä on muuttumassa varputurvekankaaksi, kun hydroturvejätteen mobilisoitunutta tyyppiä lisäävä vaikutus aikanaan loppuu. Tyyppipitoisuuksien perusteella Kivisuo on luokiteltavissa tupsavilla-piensaratason kasvupaikaksi.

Geologian tutkimuskeskus on tutkinut Kivisuon kesällä 1985. Tutkimuspisteillä (kartta 2) on tehty havainnot suotyypeistä, suotyyppien kosteusolosuhteista, mättäisyydestä, puuston laadusta, koosta ja määrästä, turvekerrostuman (0-2 m) liekoisuudesta, turpeen maatuneisuudesta von Postin mu-

kaan (H_{1-10}), turpeen kosteudesta ja turvelajeista sekä turvekerrosten paksuudesta ja turvekerrosten alla olevista liejukerroksista sekä pojamaan laadusta (kuva 1).



Kuva 1. Kivisuon turvekerroksen maatumeneisuus- ja turvelajiprofiilit lannoituskoekentän alueelta (ks. kartta 2) (Riitta Korhonen, Geologian tutkimuskeskus).

Selitykset:

Suotyyppit ja liekoisuus. Koekentällä vallitsevana suotyyppinä on varputurvekangas (VATK). Suotyyppilyhenteen alla olevat luvut ilmoittavat liekojen määrää. Esimerkiksi pisteessä A 1700 numerot 4/1 tarkoittavat, että 0-1 metrin syvyydessä tavattiin kymmenellä yrityksellä neljä liekoa ja 1-2 metrin syvyydessä yksi lieko eli maatumaton puu.

Turvelajit: 1 rahkaturve (Sphagnum), 2 saraturve (Carex), 3 sararahkaturve (Carex-Sphagnum) ja 4 rahkasaraturve (Sphagnum-Carex).

Turvelajiessa esiintyneet lisätekiäjät: 5 tupasvilla (Eriophorum), 6 suoleväkkö (Scheuzeria), 7 korte (Equisetum), 8 varpuja (Nanolignidi) ja 9 puuainesta (Lignidi).

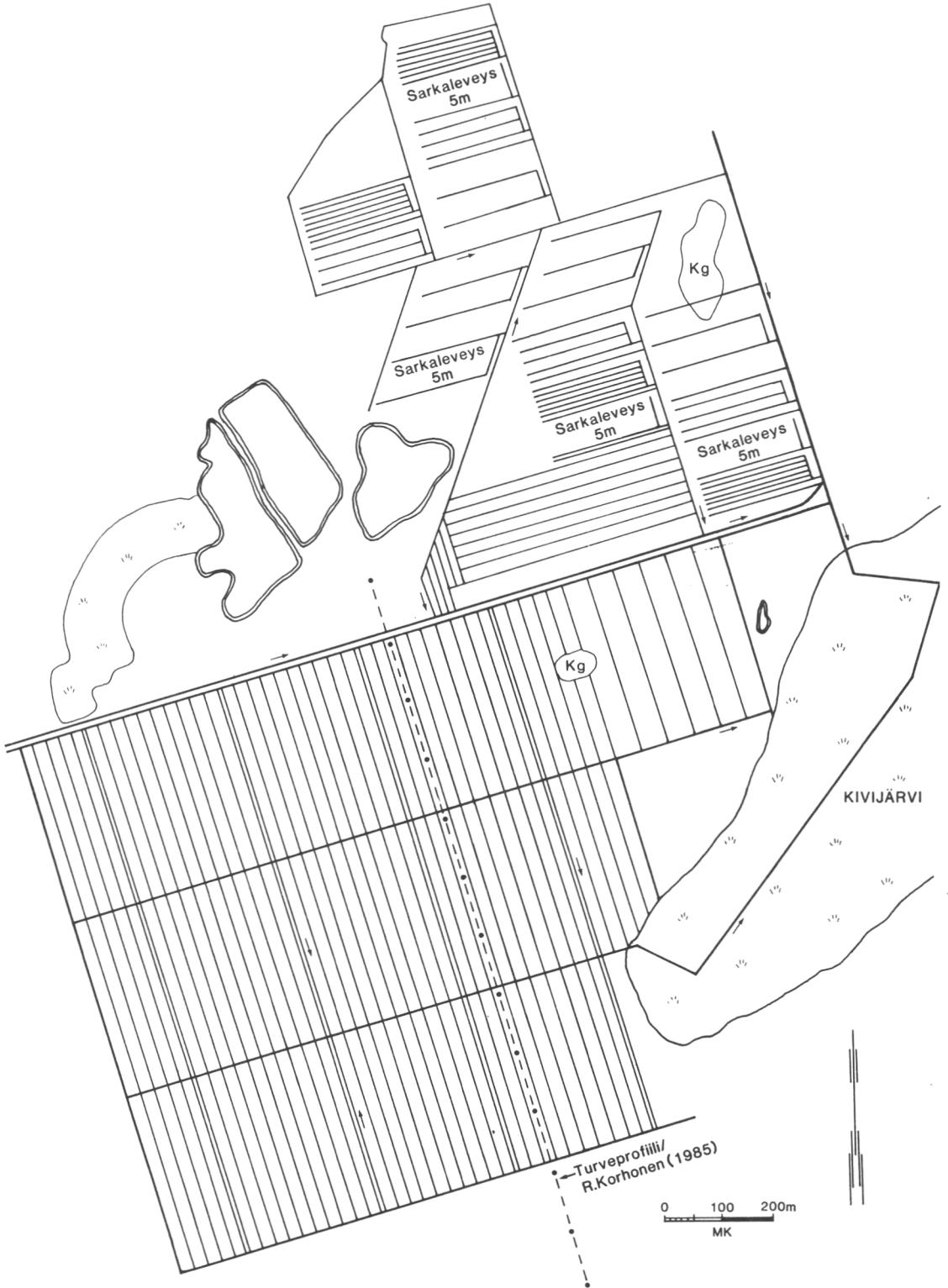
Turvekerrostuman alla olevat maalajit: 10 karkeadetrituslieju (Kd-lj), 11 hienodetrituslieju (Hd-lj), 12 moreeni (Mr), 13 hiesu (Hs), 14 hieta (Ht) ja 15 hiekka (Hk).

Kivisuo on alkanut kehittyä boreaalisen ja atlanttisen aikakauden vaihteessa, Itämeren Ancyclusjärvi-vaiheen lopulla, noin 8060 + 80 vuotta sitten. Suo on syntynyt Kivijärven vesialtaan umpeenkasvun seurauksena ja syntyvän turvekerrostumien alla on karkeadetritus- ja hienodetritusliejuja vaihtelevan paksuisena kerroksena (10-280 cm). Pohjamaalajeina on moreenia, hiekkaa, hiesua ja hietaa. Kivijärvi on kuroutunut Ancyclusjärvestä 9400-9000 vuotta sitten (Ristaniemi 1985).

Turvelajeiltaan Kivisuo edustaa normaalia umpeenkasvualtaan kehitystä. Liejun päälle on kerrostunut ensin saraturvetta ja pintakerrokset ovat rahkaturvetta.

Turpeenkuivatuskenttä on ojitettu 23 metrin saraan. Saran keskelle on kaivettu holvisalaoja, jonka oli tarkoitus johtaa pois turvevellistä valuva vesi. Kentän eteläosaan tehtiin myös pokittaisia salaojia kuivatustehon parantamiseksi. Kuivatuskentän ulkopuolella, varsinkin kokeiden XI, XV ja XVI alueilla ojitus on kauan ollut vaillinainen ja hydrologisella koekentällä suon pohjoisosassa ojitusteho vaihtelee.

Kokonaisuudessaan Kivisuon koekenttä on ollut tehokkaasti ojitettua aluetta. Kartassa 2 esitetään Kivisuon avo-øjaverkosto sellaisena kuin se oli 1960- ja 1970-luvuilla.



Kartta 2. Kivisuon ojituskartta

Valtaosa sarkaojista perattiin vuosina 1981-83, jolloin myös kaivettiin joitakin uusia ojia ja syvennettiin vanhoja vako-ojia sarkaojiksi (koe XI).

21. Kokeet ja retkeilyreitit

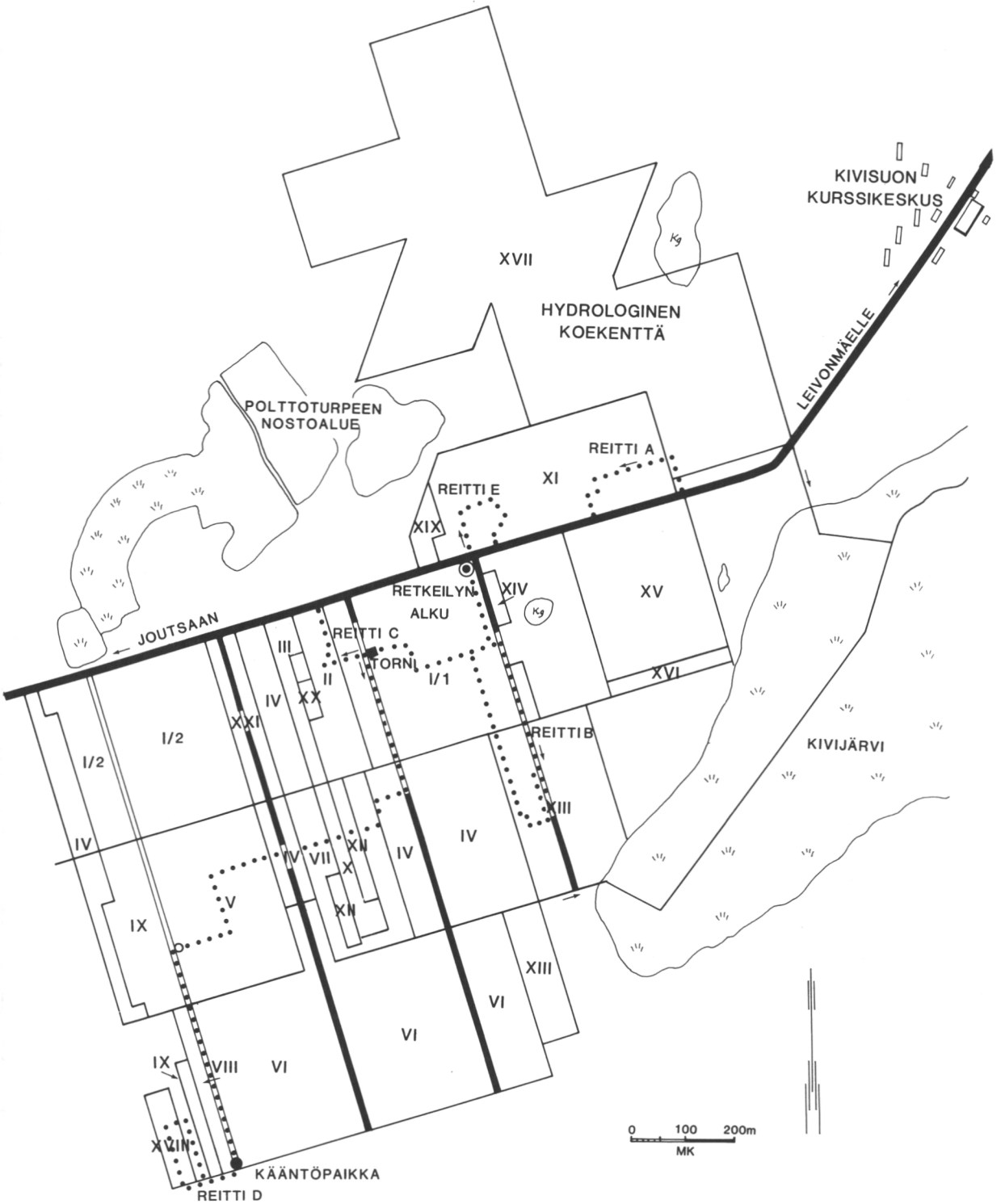
Valtaosa turpeenkuivatuskentän kokeista perustettiin vuosina 1959-66. Vanhin, ns. Metsähallituksen koe (koe III) on perustettu vuonna 1957. Vuoden 1966 jälkeenkin kokeita on perustettu turpeenkuivatuskentälle ja sen välittömään läheisyyteen.

Osa Kivisuon kokeista sijaitsee turpeen kuivatuskentän ulkopuolella. Sellaisia ovat kokeet XI, XIV-XIX. Kuusen lannoituskoe (koe 22) sijaitsee länteen Tammiharjuun ja Joutsaan vievän maantien varressa noin 5 km kurssikeskuksen tienhaarasta (ks.kartta 1).

Retkeilyreitti alkaa lipputangolta kokeen I koilliskulmasta, missä on koekentän esittelymateriaalia, mm. retkeilyoppaiden jakelupiste. Ns. perusreitti kulkee kokeen I läpi näkötornille, mistä se jatkuu kokeiden IV ja V läpi läntisimmälle palstatielle. Perusreittiä täydentäviä sivureittejä ovat seuraavat (ks. kartta 3):

- A. KOE XI JA HYDROLOGINEN KOE
- B. KOKEELTA I KOKEELLE XIII
- C. NÄKÖTORNILTA KOKEELLE II
- D. RETKEILYREITIN PÄÄSTÄ KOKEELLE VI JA XVIII
- E. LIPPUTANGOLTA KOKEELLE XI

Alumiiniperäisissä koealapaaluissa on alumiinilaatta, josta selviävät koealan peruslannoituskäsittelyt. Retkeilyreitien varrella olevat koealat on varustettu tauluilla, joissa esitellään myös jatkokäsittelyt ja uusimpia mittaustuloksia.



Kartta 3. Kivisuon kokeet, tiet ja retkeilyreitit.

22. Käytetyt lyhenteet

Pääravinteet

N = typpi
 P = fosfori
 K = kalium
 Ca = kalsium
 Mg = magnesium

Hivenravinteet

Cu = kupari
 B = boori
 Zn = sinkki
 Mn = mangaani
 O = lannoittamaton

Puustotunnukset

H = puuston pituus, m
 D = läpimitta 1.3 m:n
 korkeudelta kuorineen, cm
 V = tilavuus kuorineen, m³/ha

I_V = tilavuuskasvu m³/ha/v

N = runkoluku, kpl/ha

n = koepuiden määrä, kpl

Δ = erotus

Σ = summa

\bar{x} = keskiarvo

F = varianssilyyisin

F-testiarvo

Lannoitteet

Nos = kalkkiammonsalpietari tai
 oulunsalpietari (25-27%N)
 Paf = ammoniumfosfaatti (12%N, 24%P)
 Phf = hienofosfaatti (11-14%P)
 Pkf = kotkafosfaatti (10%P)
 Psf = superfosfaatti (8%K)
 Ks = kalisuola (KCl) (42-50%K)
 K₂SO₄ = kaliumsulfaatti (40%K)
 SuoPK = suometsien PK-lannos
 (0%N, 7-10%P, 12-17%K)
 Suo-Y = metsän Y-lannos suomaille
 (10-14%N, 5-8%P, 5-8%K9)
 Y-norm = normaali Y-lannos (8-6-8)
 Caj = kalkkikivijauhe (35%Ca)
 Cad = dolomiittikalkki (37%Ca)
 CuSO₄ = kuparisulfaatti (25%Cu)
 CuO = kuparioksidi (78%Cu)
 CuFTE = kuparifritti (30%Cu);
 (fritti = silikaattimurske)
 Hs = hivenseos t. puutarhan
 hivenseos (12,8Cu, 1,1B,
 5,5 Zn, 5,5 Mn. ym)
 LB = lannoiteboraatti (14%B)
 Bh = boorihappo (17,5%B)
 = B-happo
 SoluB = soluboori (20,5%B) = SB
 BFTE = boorifritti (11%B)
 MnSO₄ = mangaanosulfaatti (26%Zn)
 ZnSO₄ = sinkkisulfaatti (23%Zn)

3. KOKEIDEN TULOKSIA

Koe I. Männyn lannoitustarvetta selvittävä koe (1959)

Koe perustettiin touko-kesäkuussa vuonna 1959, jolloin istutettiin mäntyä (2+0, kotipaikka Itä-Uusimaa) 2x2 metrin välein (2500 kpl/ha) ja suoritettiin lannoitukset. Kokeessa oli kaksi toistoa, jotka sisälsivät 64 erilaista lannoitusvaihtoehtoa sekä koealat, jotka saivat Caj 5000 ja 10000 kg/ha. Kokeen pinta-ala on noin 18 ha ja koealan pinta-ala noin 950 m². Koealojen väliin jätettiin 10 metrin levyiset vaipat, joita ei lannoitettu. Tällä kokeella ne on pidetty puuttomina raivaamalla. Kokeeseen kuuluvat koealat 1-74 (I/1) ja 109-181 (I/2).

Koe I oli alunperin hajalannoituskoe erona useista Kivisuon laikkulannoituskokeista, (esim. kokeet V, VII-X, ja XII. Kivisuolla on käytetty myös ns. kaistalannoitusta (koe XIII), lannoitteiden muokkaamista maahan (Koe XIV) ja jopa erilaisia rengas- ja injektiolannoituksia pienessä mittakaavassa. Myös jatkolannoituksessa on kokeiltu haja-, laikku- ja kaistalannoituksia. Osa jatkolannoituksista on uusintalannoituksia ts. jatkolannoituksessa on käytetty samoja käsittelyitä kuin peruslannoituksessa eli ensimmäisessä lannoituksessa. Hivenlannoituskokeissa on suoritettu pohjalannoitus pääravinteilla.

Vuonna 1959 annettiin tyypeä 0-50-100 tai 200 kg/ha, fosforia 0-29-58-86 kg/ha ja kaliumia 0-41-83-166 kg/ha. Lannoitteina käytettiin kalkkiammonsalpietaria, hienofosfaattia ja kalisuolaa. Kokeessa I on 27 erilaista NPK-yhdistelmää, 9 erilaista NP- NK- ja PK-yhdistelmää sekä 3 N-, P- ja K-koealaa. Kalkituksen vaikutusta on tutkittu koealoilla 73-74 ja 180-181.

Koealat jaettiin jatkolannoitusta varten kolmeen osaan,

jotka lannoitettiin vuonna 1974 seuraavasti:

a:	PK(0-7-15)	500 kg/ha - hajalevitys
b:	PK(0-7-15)	125 " - laikku-kaistalevitys
c:	vertailu	- ei jatkolannoitusta

Kasvuhäiriön (esim. Veijalainen 1975, Kosonen ja Silfverberg 1976) ja siitä seuranneen männynversosyöpäepidemian (Kurkela 1983) vuoksi toisto I/2 jouduttiin hakkaamaan paljaaksi v. 1983. Lisäksi alueella suoritettiin varovainen kulotus, minkä jälkeen tälle toistolle perustettiin kasvuhäiriöalueen hivenlannoitus- ja puulajikoe. Vanhasta puustosta jätettiin jäljelle vain PK-koealat, 156 ja 157, joiden itäreuna on saanut tuhkalannoituksen ja länsireuna hiekoituksen vuonna 1974. Koealojen keskiosa on jätetty vertailualaksi. Käsittelyt myöhästivät, eikä niillä ollut toivottua vaikutusta (ks. Kolari ja Veijalainen 1982).

Jatkokäsittelyt:

<u>Vuosi</u>	<u>1-toisto</u> (I/1)	<u>Vuosi</u>	<u>2-toisto</u> (I/2)
1965	puukohtaisia hivenlannoituksia	1965	puukohtaisia hivenlannoituksia
1968	vaippojen raivaus ja taimikon perkaus	1968	vaippojen raivaus ja taimikon perkaus
1974	jatkolannoitus (a-, b,-ja c-osat)	1968	jatkolannoitus (a-, b-ja c-osat)
1979	hivenlannoitus (Hs 100kg/ha) (koealojen länsi-puoliskot)	1972-76	kasvuhäiriön torjuntakokeita
1982	harvennushakkuu ja ojien perkaus	1981	ojien perkaus
		1983	hakkuu
1986	harvennushakkuu tai taimikonhoito	1984	kulotus, raivaus
	taimikonhoito	1985-87	männyn istutus

Tuloksia:

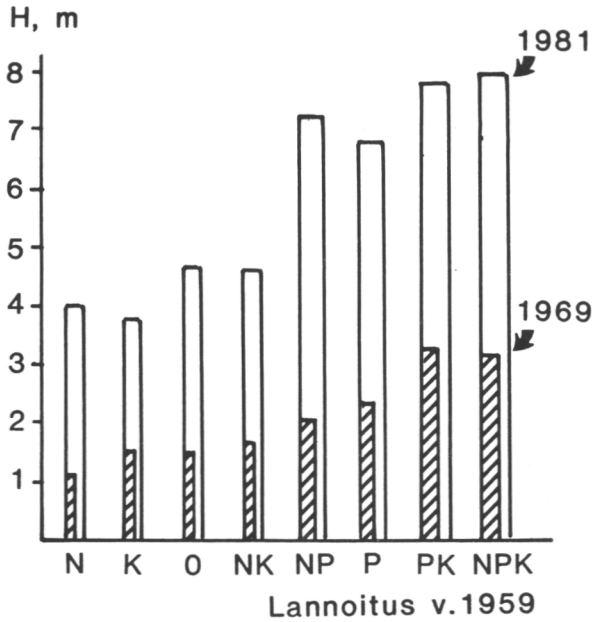
Jo kokeen alkuvaiheessa (1964) todettiin, että voimakkain lannoitusvaikutus saatiin hienofosfaatilla. Kalisuolan vai-

kutus oli jonkin verran vähäisempi, mutta selvä. Typpilannoituksella ei saatu lisätyksi taimien pituuskasvua. Taimien kehitystä pidettiin hyvänä, koska jo viidentenä kasvukautena istutuksesta lukien PK-lannoitetuilla koealoilla saavutettiin yli yhden metrin keskipituus. Likimain sama tulos saatiin myös NPK-lannoituksella. Lannoituskoealoille syntyi luonnonsiemennyksestä raudus- ja hieskoivua. Todettiin, että rauduskoivun määrää lisäsi pääasiassa P- ja K-lannoitus. Hieskoivun taimien lisääntymiseen vaikuttivat kaikki lannoitteet. Hieskoivu tuli toimeen ankarassa fosforin puutteessa, jopa silloinkin kun tätä puutetta oli kärjistetty K- tai NK-lannoituksella (Huikari ja Paarlahti 1966).

Lannoituksen seurauksena Kivisuolle ilmaantui voimakas maitohorsmakasvusto (Reinikainen 1964, 1965), joka oli sitä tiheämpi, mitä enemmän lannoitteita oli käytetty (Huikari ja Paarlahti 1966). Horsma aiheutti taimikuolleisuutta, erityisesti kokeen 1-toistolla. Kokeen 2-toistolla kuolleisuus oli suurempaa, mutta silti horsmakasvuston tiheydellä voitiin selittää vain 10 % runkoluvun vaihtelusta, joten kuolleisuuden pääsiallinen syy oli ilmeisesti jokin muu tekijä.

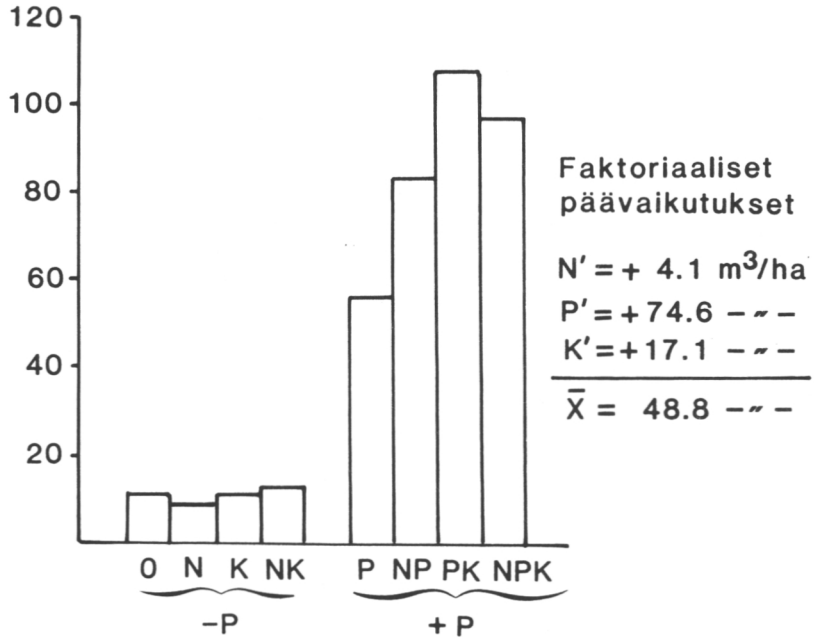
Vuosien 1969 ja 1981 mittaustulosten (kuva 2) perusteella on pääteltävissä, että alueella on ensisijaisesti puutetta fosforista ja selvästi myös kaliumista. Paras tulos on saavutettu PK-yhdistelmällä. Typen lisäys (NPK) ei ole parantanut PK:lla saatua tulosta (ks. Paavilainen ja Veijalainen 1982).

Kymmenen vuotta istutuksesta männyn taimikko saavutti jo 3 metrin ja 22 vuoden iällä likimain 8 metrin keskipituuden. Vuonna 1981 PK-koealoilla puuston tilavuus oli $85 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja NPK-koealoilla $95 \text{ m}^3/\text{ha}$, kun O-ruuduilla puustoa oli $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Paavilainen ja Veijalainen 1982).



Kuva 2. Puuston pituuden ja läpimitan (pylvään leveys) kehitys eri peruslannoitusyhdistelmillä, koe I/1.

$V, m^3/ha$ (1981)



Kuva 3. Peruslannoituksessa annetun fosforin faktoriaalinen vaikutus, kun N=50, P=58 ja K=83 kg/ha, koe I/1-2.

Vuoden 1981 mittausten mukainen lannoitetasojen paremmuusjärjestys näkyy seuraavista puustojen tuotoslukemista (1959-1981) yhdeksän NPK-yhdistelmän keskiarvona:

Nos0	kg/ha	89,4	m ³ /ha
Nos200	"	96,9	"
Nos400	"	96,7	"
Nos800	"	93,0	"

Phf0	kg/ha	19,3	m ³ /ha
Phf200	"	82,8	"
Phf400	"	96,1	"
Phf600	"	109,7	"

Ks0	kg/ha	64,9	m ³ /ha
Ks100	"	88,1	"
Ks200	"	104,0	"
Ks400	"	96,4	"

Männyn kasvua rajoittavien ns. minimitekijäin järjestys näkyy näistä tuloksista: fosforin puute on suurempi kuin kaliumin, josta taas on enemmän puutetta kuin typestä.

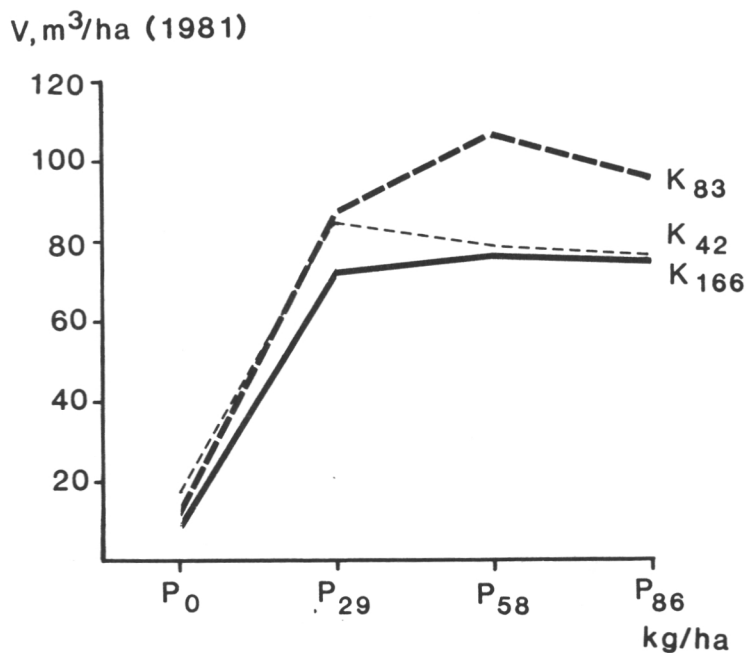
Vuoden 1981 mittauksen perusteella todettiin, että kokeen jatkolannoittamattomilla osilla (lannoitusyhdistelmä N50 P58 K83) elävien puiden lukumäärä oli romahtanut 2-toistolla kasvuhäiriön ja sen seurannaistuhojen vuoksi (Veijalainen 1982c). Eroja toistojen välillä ei voitu todeta elävien puiden keskipituudessa eikä tilavuuskasvussa, kuten seuraavasta jaotelmasta havaitaan:

	I/1	I/2	F-arvo
N, kpl/ha	1914	1060	31,15***
H, m	6,14	6,41	2,47 ^{ns}
V, m ³ /ha	56,1	41,5	3,56 ^{ns}

Faktoriaalisten vaikutusten perusteella todettiin, että fosforilannoitus ko. lannoitusyhdistelmissä oli vähentänyt kuolleisuutta merkitsevästi sekä lisännyt pituus- ja tilavuuskasvua erittäin merkitsevästi kuten seuraavasta asetelmasta nähdään:

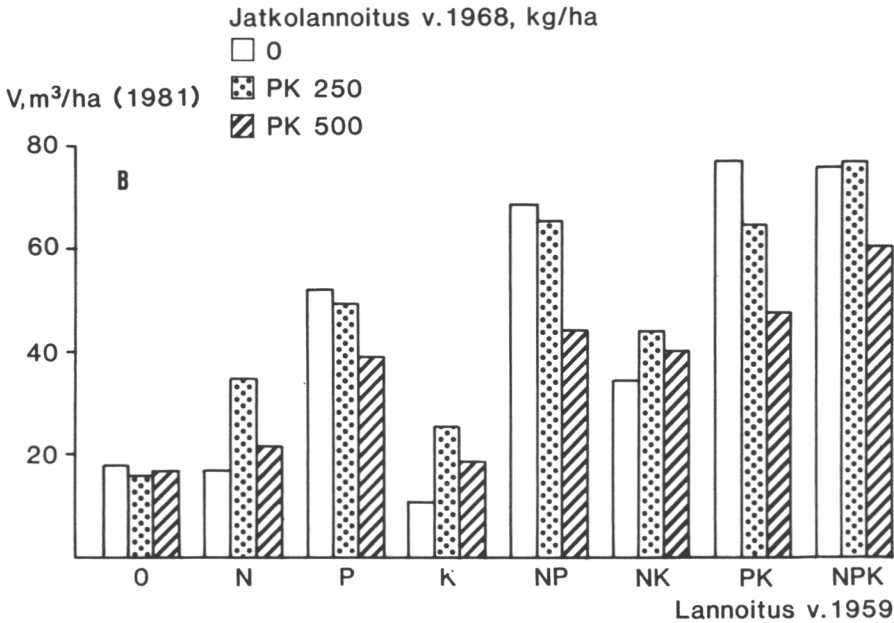
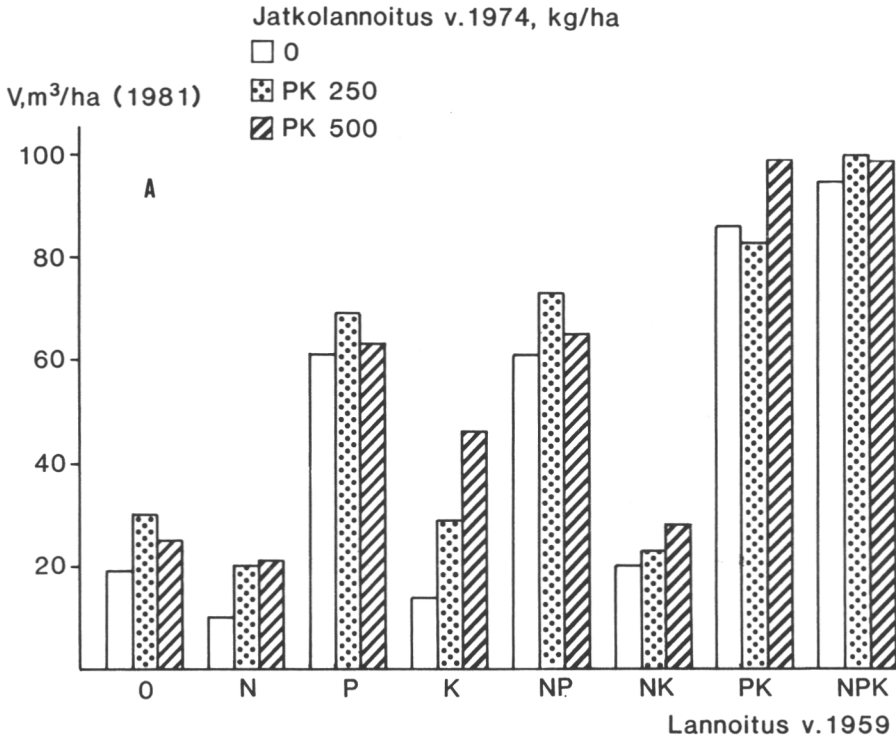
	+P	-P	Erotus
N, kpl/ha	1860	1115	745**
H, m	7,87	4,69	3,18***
V, m ³ /ha	86,1	11,5	74,6***

Paras kasvutulos saatiin sellaisella PK-yhdistelmällä, joka oli likimain nykyisen PK-lannoitusosuituksen mukainen eli antamalla hienofosfaattia 400 kg/ha (P 58kg) ja kalisuolaa 400 kg/ha (K 83kg). Fosforin vaikutus oli erittäin selvä. NPK-lannoitus antoi huonomman tuloksen kuin PK-lannoitus (kuva 3). PK-koealojen lähempi tarkastelu osoitti, että kaliumin lisäys 42:sta 83:een kg/ha antoi 22 vuodessa kasvunlisäyksen, joka oli tilastollisesti melkein merkitsevä. Kun kaliumin määrä edelleen kaksinkertaistettiin todettiin kasvun heikkenemistä. Tämän arvellaan aiheutuvan indusoidusta fosforin puutteesta (ks. Reinikainen 1967). Fosforin vaikutus oli voimakas jo pienimmälläkin lannoitemäärällä, mutta fosforin lisäämisestä yhdellä tasolla (P29 -> P58) oli hyötyä, jos samalla oli käytetty kalisuolaa 200 kg/ha (K83) (kuva 4).



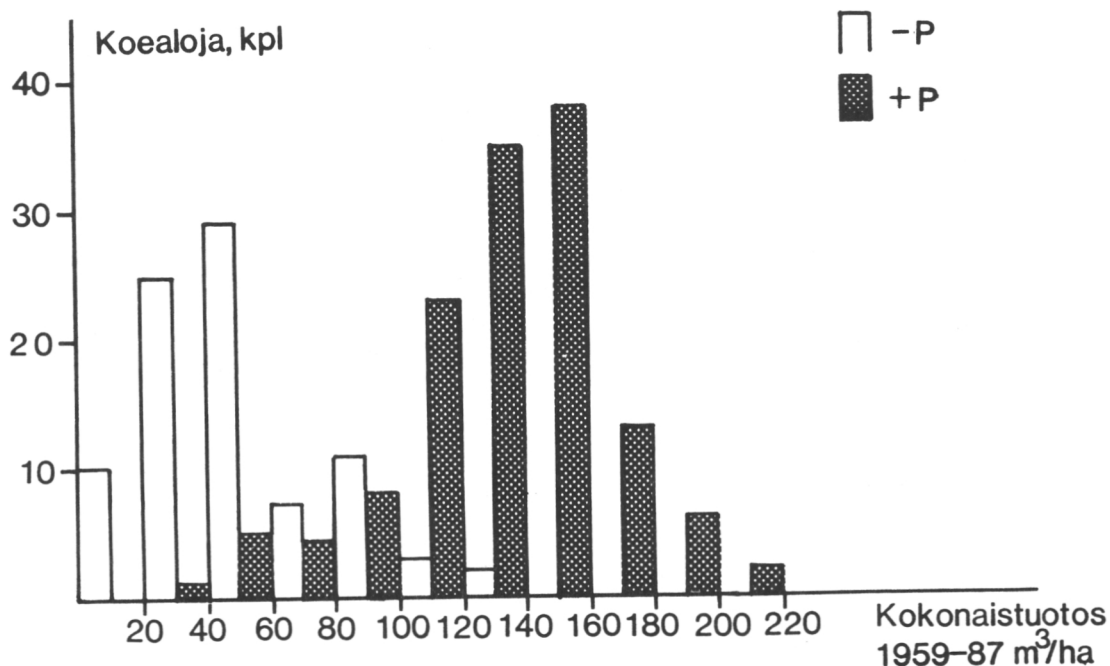
Kuva 4. PK-yhdistelmien vertailu, koe I/1-2.

Jatkolannoitus aiheutti toistolla I/2 vakavien kasvuhäiriöiden lisääntymistä siinä määrin, että alueella jouduttiin uudistushakkuuseen (ks. Veijalainen 1975, 1982). Toisto I/1 on säilynyt selvästi vähemmällä runkolukutappioilla. Puustopääoman menetykset vaikuttavat jonkin verran myös jatkolannoitustulokseen, kuten myös koealojen epätasaisuus, jota aiheuttavat laskuojien läheisyys, rimpisyys ja turvekerroksen paksuuden ja turpeen ravinteisuuden vaihtelut (ks. Raitio 1982). Useilla peruslannoitusvaihtoehdoilla lievempi jatkolannoitus on antanut paremman tuloksen, mikä viittasi siihen, että varsin pian (9 vuoden kuluttua) annettu jatkolannoitus on aiheuttanut ravinteiden yliannostuksen tai epätasapainon suurempaa annosta käytettäessä. Kokeen 2-toistolla löytyy useita lannoitusyhdistelmiä, joissa paras tulos saatiin ilman jatkolannoitusta (kuva 5a-b).



Kuva 5a-b. Lannoituksen ja jatkolannoituksen vaikutus mättypuuston tilavuuskasvuun, a=I/1, b=I/2.

Voimakkaamman jatkolannoituksen haitallinen vaikutus rajoittuu 2-toistolle ja erityisesti sen peruslannoituksessa fosforia saaneille lannoitusyhdistelmille (kuva 6). Jatkolannoituksen (SuoPK 500 kg/ha) vaikutus oli positiivinen, jos peruslannoituksessa oli käytetty hienofosfaattia 0 tai 200 kg/ha, mutta negatiivinen, jos käyttömäärä oli 400 tai 600 kg/ha (Paavilainen ja Veijalainen 1982).

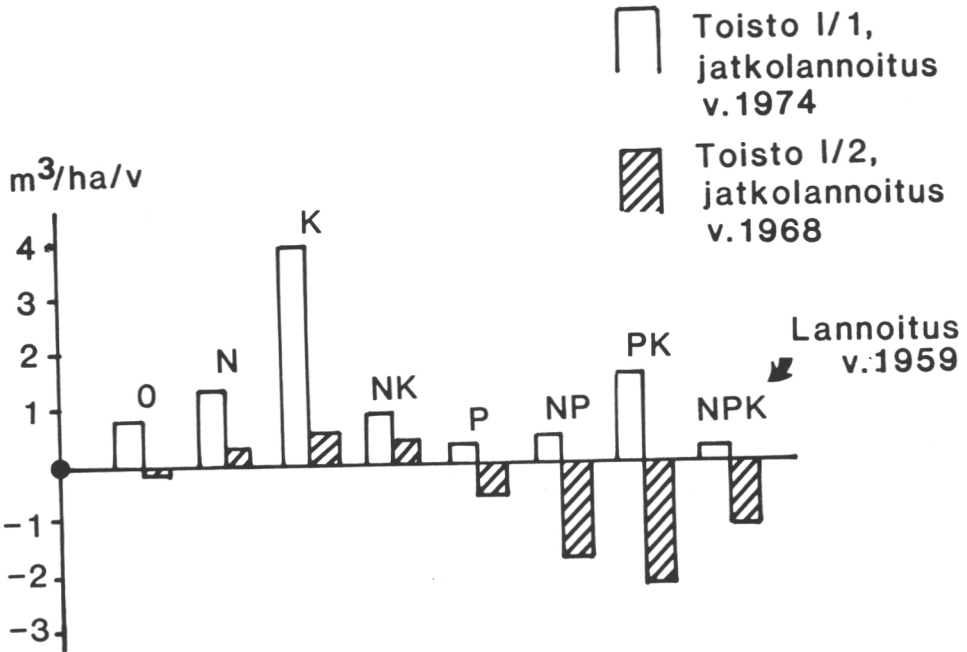


Kuva 6. Eriaikaisten PK-jatkolannoitusten (hajalevitys 500 kg/ha) aiheuttamat muutokset puuston kasvussa, koe I.

Kokeelta I/1 mitattiin 1970-luvun alussa runsaita kangasrouskusatoja, jotka jatkolannoituksesta huolimatta vähenivät jyrkästi puuston sulkeuduttua (ks. Veijalainen 1974 a,b,c, 1976).

Kokeen I/1 puusto mitattiin toisen harvennuksen jälkeen vuonna 1987 osakoealoittain (n = 216). Tämän ja aikaisempien mittausten perusteella laskettiin kokonaistuotos vuosille 1959-87. Peruslannoituksessa annetun fosforin (+P) vaikutus näkyi edelleen PK-jatkolannoituksesta huolimatta

(kuva 7). Se osoittaa, kuinka tärkeitä on oikea peruslannoitus, ja toisaalta sen, että taimikoiden varhaisesta lannoituksesta voidaan pahoilla ravinnepuutosalueilla saada hyvä tulos.



Kuva 7. Peruslannoituksessa ilman fosforia jääneiden (-P) ja fosforia saaneiden (+P) koealojen jakaantuminen kokonaistuotoksen mukaan, koe I/1.

Puuston kokonaistuotos ilman lannoitusta on ollut keskimäärin $48,4 m^3/ha$ eli vuotta kohden $1,7 m^3/ha$. Yhdellä PK-lannoituksella puuta on kasvanut $129,9 m^3/ha$ eli $4,6 m^3/ha$ vuodessa (taulukko 1). Voimakkaasta PK-lannoituksesta vuonna 1974 ei näytä olleen yhtä suurta hyötyä kuin lievemmästä vaihtoehdosta, lukuunottamatta K-, NK- ja PK-peruslannoitusyhdistelmiä.

Vuoden 1981 jälkeen jatkolannoituksen vaikutus on alkanut näkyä yhä selvemmin. Siitä voidaan päätellä, että tämän kasvupaikan optimilannoituksen (PK) vaikutusaika on ollut

noin 25 vuotta. Lisäksi on olemassa riski, että ennen peruslannoituksen vaikutuksen päättymistä suoritetut PK-jatkolannoitukset aiheuttavat kasvutappioita.

Taulukko 1. Jatkolannoituksen vaikutus puuston kokonaistuetukseen 1959-87, Kivisuo I/1.

Peruslannoitus- yhdistelmät ¹⁾	n	Jatkolannoituskäsittelyt v. 1974		
		PK500kg/ha	PK250kg/ha ²⁾	Vertailu
		m ³ /ha		
O	9	44,6	55,0	48,4
N	3	41,3	50,7	20,0
P	3	94,3	106,0	82,0
K	3	82,3	72,0	25,0
NP	9	102,0	118,8	86,9
NK	9	54,8	44,6	31,7
PK	9	153,4	132,8	129,9
NPK	27	133,5	145,3	139,7
Keskiarvo		103,5	- 114,2	88,7

1) Kutakin ravinnetta kolmella eri tasolla

2) Rivilannoitus metrin levyiselle kaistalle, jolle 500 kg/ha.

Vuonna 1981 mitattiin myös kalkituskokeen tulos, joka oli seuraava (m³/ha):

Caj kg/ha	I/1	I/2	\bar{x}
0	34,5	13,2	18,8
5000	29,2	30,9	30,0
10000	21,3	39,8	30,6

Kalkituksen vaikutussuunta oli erilainen kokeen eri toistoilla. Kalkituksen kokonaisvaikutus oli vähäinen verrattuna lannoitteilla saatuun kasvunlisäykseen. Kalkituilla koealoilla esiintyi runsaasti kasvuhäiriöitä, toiston I/1 koealoilla jopa runsaammin kuin ympäristöissä.

Kivisuon I-kokeelta on tehty myös juuristotutkimuksia (Paavilainen 1968, 1974), tutkittu lannoituksen vaikutusta pintakasvillisuuden kehitykseen (Reinikainen 1964, 1965) ja ravinnepuutosoireiden esiintymiseen (Reinikainen 1967). Tältä kokeelta on myös Kurkelan (1965) lumikaristetutkimus sekä suuri osa Kivisuon kasvuhäiriötutkimuksista, jotka sisältävät myös neulasanalyysyjä (esim. Paavilainen ja Veijalainen 1982) ja jopa koko puun ravinneanalyysyjä (Reinikainen ja Silfverberg 1983).

Koe II. Hivenlannoituskoe (1959)

Koe perustettiin keväällä 1959, jolloin suoritettiin männyn istutus samoin kuin kokeessa I sekä seuraavat koejärjestelyt koealoille 75-108:

- NPK-peruslannoitus (N150, P86, K106 kg/ha) kaikille hivenlannoitettaville koealoille
- hivenlannoitukset, 2^4 -faktoriaalinen koe

Kokeessa käytettiin CuSO_4 , lannoiteborattia, MnSO_4 ja ZnSO_4 50 kg/ha, mikä alkuaineina merkitsee Cu 12, B 7, Mn 13 ja Zn 11 kg/ha. Kokeessa on 16 erilaista hivenlannoitusvaihtoehtoa kaksi kertaa toistettuna. Vuonna 1964 suoritettiin kuusen (2+1) istutus mäntyriivien väleihin, koska männyn taimia oli kuollut paikoin runsaasti. 1960-luvun lopulla suoritettiin taimikon perkaus. Ojat perattiin vuonna 1982 ja puusto harvennettiin talvella 1983/84. Jatkolannoitus raakafosfaatilla ja kalisuolalla koko kokeessa suoritettiin tuokokuussa 1987.

Tuloksia:

Yhden hivenravinteeseen koejäsenistä kupari tuotti parhaan tilavuuskasvun, suurimman runkoluvun ja pituuskasvun. Boorikoealoilla runkoluku oli jonkin verran pienempi, mutta vastaavasti rungoista oli kehittynyt paksumpia ja niiden keskitilavuus oli suurempi kuin muualla, ehkä myös osittain harvuudesta johtuen. Muilla hivenravinteilla tulos oli heikompi. Kahden ravinteeseen yhdistelmistä ei löytynyt selvästi muita parempaa, ehkä sen vuoksi, että CuB-koealat olivat kärsineet suurista runkolukutappioista jo taimikkovaiheessa.

Kolmen ravinteeseen yhdistelmistä tasapainoisimman tuloksen antoi yhdistelmä CuBZn, joka ei kuitenkaan ollut parempi kuin pelkällä kuparilla saatu. Myöskään kaikkien neljän hivenravinteeseen yhdistelmä ei antanut yhtä hyvää tulosta kuin kupari tai boori yksinään (Veijalainen 1981).

Faktoriaalisen kokeen kaikkien koejäsenten perusteella saatiin seuraavat tilastollisesti merkitsevät tulokset (ks. Veijalainen 1981):

1. Kupari lisäsi suurten runkojen määrää
2. Boori lisäsi runkojen tilavuutta ja pituutta

Tulosta hämärtää voimakkaan NPK-lannoituksen seurauksena syntynyt horsmakasvusto, joka aiheutti suurta taimikuolleisuutta kokeiden alkuvaiheessa (ks. Reinikainen 1965, Huihari ja Paarlahti 1966). Viimemainittu lähde ilmoittaa myös, että kuparisulfaatti lisäsi, mutta mangaani- ja sinkkisulfaatti vähensivät horsman peittävyttä.

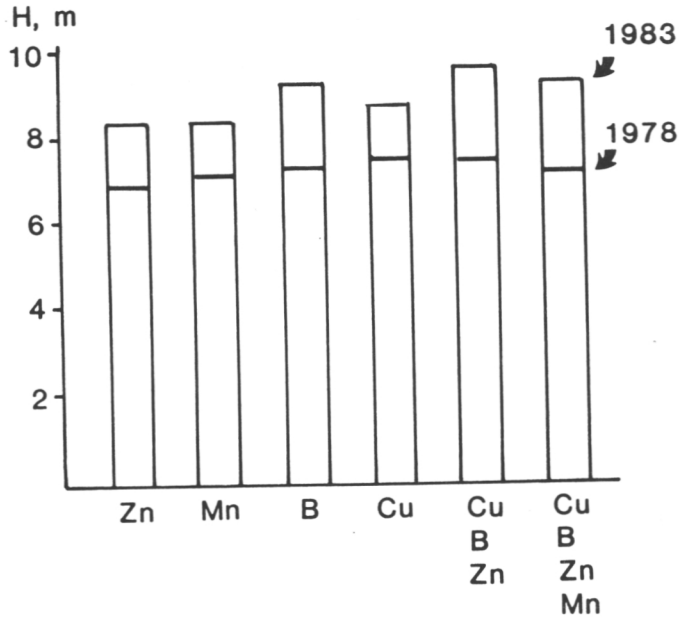
Kokeen puusto on kasvanut kokonaisuudessaan varsin hyvin. Taimikon pituus 10 vuoden iässä oli noin 3,5 m ja 20 vuoden iässä puusto oli lähes 8-metristä.

Kuparia saaneilta koealoilta mitattiin puuston tilavuudeksi

84m³/ha syksyllä 1978 ja viisi vuotta myöhemmin 145,5 m³/ha. Vuotuinen kasvu kaudella 1974-83 oli 7,9 m³/ha ja vuosina 1979-83 12,3 m³/ha.

Kasvu keskimäärin koko kokeen ajalta, siis vuosina 1959-83 oli kuparia saaneilla koealoilla 6.1 m³/ha.

Pituuskasvun osalta tulos vuonna 1978 oli varsin tasainen, joskin Mn- ja Zn-koealat olivat jääneet jälkeen jo havaittavassa määrin ja kupari antoi parhaan tuloksen (kuva 8).



Kuva 8. Mäntypuuston keskipituus eräillä hivenlannoituskäsittelyillä, koe II. Kaikilla koealoilla on NPK-pohjalannoitus.

Vuoden 1978 jälkeen minkään muun hivenravinteiden kuin boorin ei todettu parantaneen puuston kasvua. Pituuskasvua boori lisäsi 5,7 cm/vuodessa.

Tältä kokeelta on peräisin myös Paavilaisen (1969) julkaisema juuristotutkimus, jonka mukaan osa hivenravinteista pidättyy juuristoon (ks. myös Veijalainen 1982a, 1982c, 1983,

1984).

Myös Kivisuon II-kokeen koealojen männyissä todettiin kasvuhäiriöitä vuoden 1978 mittauksessa. Inventointi osoitti, että erityisesti boori, mangaani ja kupari olivat estäneet häiriöiden syntyä tai edistäneet näiden paranemista (Veijalainen 1981, 1984). Hivenlannoituskokeen puut olivat kookkaampia kuin I-kokeen NPK-lannoitetuilla koealoilla. Ne olivat myös solakampia, koska latvakato ei ollut pysäyttänyt niiden pituuskasvua. Toisaalta hivenkokeen kasvuhäiriöt aiheutuivat ns. männynversosyövästä, joka tuli alueelle vasta sen jälkeen, kun I-kokeen ravinneperäinen kasvuhäiriö oli alkanut laantua. Tuhot hivenlannoituskokeen puustoissa ovat olleet huomattavasti vähäisempiä kuin sen lähiympäristössä (Veijalainen 1975).

Kivisuon hivenravinnetilannetta on tutkittu myös eräissä kasvihuonekokeissa, joissa kuparin vaikutukset olivat voimakkaita kun koekasvina oli rauduskoivu (Veijalainen 1978, Kolari ja Veijalainen 1981).

Koe III. Männyn kylvön ja istutuksen vertailu (1957)

Kyseeessä on Kivisuon vanhin, Metsähallituksen v. 1957 perustama koe, jossa on 19 koealaa. Osalla koealoista suoritettiin männyn hajakylvö (1.1 kg/ha) ja osalla männyn (3+0) istutus 2500 kpl/ha. Koe sisältää 9 eri tavoin lannoitettua kylvö- ja istutuskoealaparua sekä lannoittamattoman istutuskoealan. Taimikko perattiin 1960-luvun lopulla, ojat vuonna 1982 ja puusto harvennettiin talvella 1983/84.

Tuloksia:

Koe mitattiin vuonna 1986, jolloin oli kulunut 30 vuotta männyn viljelystä. Keskimäärin istutus- ja kylvömäntyjen välillä ei todettu kokoeroa (taulukko 2), mutta NP-koea-

loilla näkyi viitteitä siitä, että kaliumin puute voi häiritä männyn kylvösten kehitystä. Kokeessa I todettiin, että kalin puute aiheuttaa istutustaimien runsasta kuolemista erityisesti NP-koealoilla. Täten puiden suuri kokoero kokeen III NP-koealoilla voikin aiheutua taimikkovaiheen tiheyseroista, joita harvennuksen jälkeen ei voida enää todeta.

Taulukko 2. Männyn kylvö- ja istutustuloksen vertailua eri tavoin lannoitetuilla koealoilla. Koe III.

Koeala	Lannoitus kg/ha	Kylvö	Istutus	Kylvö	Istutus
		H, m		D, cm	
Vertailu	-	-	6.9	-	9.8
I A	Phf 300	8.4	6.6	12.3	9.1
I B	"- 500	8.6	8.3	12.3	10.1
I C	"- 750	8.4	8.8	11.6	12.3
II A	K ₂ SO ₄ 200	5.4	5.9	7.0	8.2
II B	" 400	6.2	4.5	9.8	5.7
II C	" 600	5.3	5.2	7.1	6.9
III	Phf 300 + K ₂ SO ₄ 300	9.6	9.3	13.2	15.1
IV	Nos 200 + Phf 500	5.5	10.3	8.5	16.0
V	Nos 300 + K ₂ SO ₄ 300	8.8	8.7	11.9	12.0
Keskiarvo		7.4	7.5	10.4	10.6

Koe IV. Fosfori- ja kaliumlannoittelajien vertailu (1960)

Männyn (2+0) istutus tapahtui toukokuussa 1960 ja lannoituskoe perustettiin kevään 1961 aikana, jolloin suoritettiin myös täydennysistutuksia koealoilla 260-319. Koe jakaantuu kahteen osaan. Toisen osan muodostaa fosforilannoittelajikoe (koealat 238-245, 248-259 ja 290-334) ja toisen kalilannoittelajikoe (koealat 260-289).

Fosforilannoittelajikokeessa vertaillaan hienofosfaatin, superfosfaatin, ammoniumfosfaatin ja kotkafosfaatin vaikutusta männyn kasvuun. Fosforia on annettu 52 kg/ha (120 kg P_2O_5 /ha).

Kaliumlannoittelajikoe sisältää N100-P58-pohjalla nousevan sarjan kalisuolaa eli kaliumkloridia ja kaliumsulfaattia. Kaliumin määrät olivat molemmissa sarjoissa: 0 - 41 - 82 - 166 - 322 - 498 kg/ha. Toistoja on kaksi.

Jatkokäsittelyt:

- 1968 puuston poisto vaipoista
- 1975 fosforilajikokeen jatkolannoituksia
- 1976 kalilajikokeen jatkolannoituksia
- 1983 ojien perkaus
- 1984-86 ensiharvennus

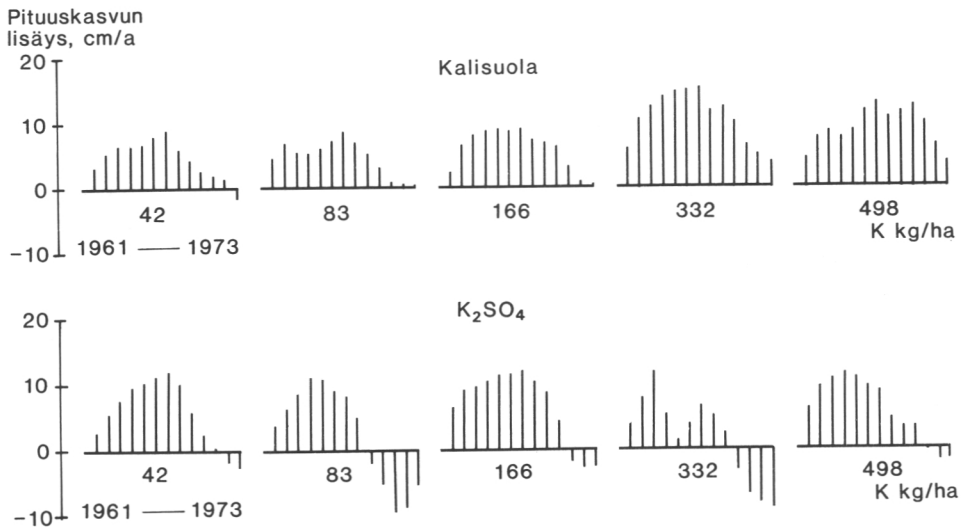
Tuloksia:

a. Kaliumlannoittelajikoe

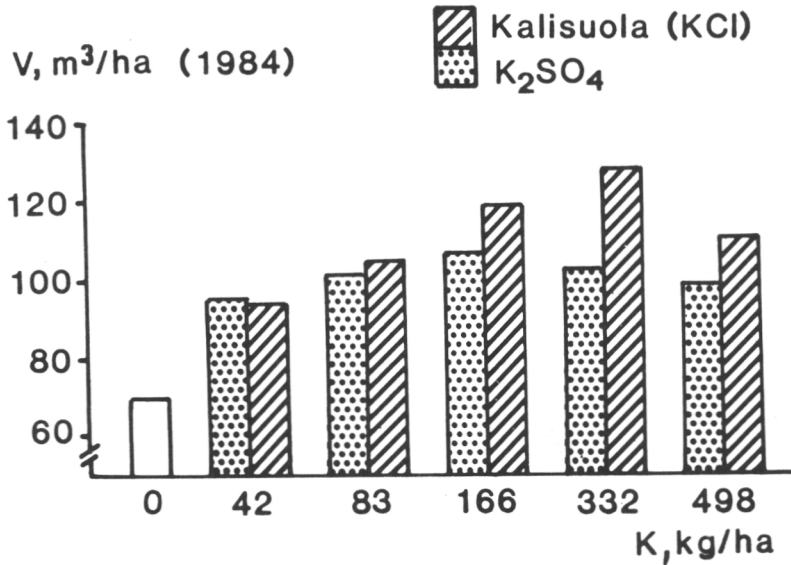
Kokeen ensimmäiset tulokset vuodelta 1965 osoittivat, että kaliumsulfaatti oli jonkin verran tehokkaampi kuin kaliumkloridi, kun tulosta arvioitiin taimien pituuskehityksen ja kuolleisuuden perusteella. Käytännöllistä merkitystä eroilla ei arveltu olevan. Pienille männyn taimille näytti

riittävän jo alinkin käytetty kaliummäärä takaamaan hyvän kasvun (ks. Huikari ja Paarlahti 1973). Vuoden 1973 mitausten perusteella näytti siltä, että kaliumsulfaattilla oli lyhempi vaikutusaika kuin valta-aseman kalilannoitteena Suomessa saaneella kalisuolalla (kuva 9). Myös kalisuolan kasvua lisäävä vaikutus alkoi suurillakin määrillä selvästi vähetä jo 1970-luvun alussa eli 8-9 vuoden kuluttua lannoituksesta.

Kaliumlannoittelajikoe jatkolannoitettiin osittain v. 1975 antamalla N-, P- ja NP- sekä hivenlannoituksia.



Kuva 9. Kaliumlannoitteiden vaikutus pituuskasvun lisäykseen (NPK-NP) vuosina 1961-73, koe IV.



Kuva 10. Kaliumlannoittelajin ja -määrän vaikutus mäntypuuston tilavuuskasvuun NP-peruslannoitetuilla koealoilla vv. 1961-84, koe IV.

Syksyn 1984 mittausten mukaan jatkolannoituksilla ei ollut vaikutusta puuston kokonaistilavuuteen, joten seuraavassa tarkastelussa ei niitä ole otettu huomioon (kuva 10). Neljällä ylimmällä tasolla (83...498 kg K/ha) kalisuola osoittautui merkittävästi paremmaksi kuin kaliumsulfaatti, mihin viittasi jo vaikutusaikaa koskeva tulos (kuva 9).

Koetuloksia ei tule ymmärtää siten, että näin suuria kaliummääriä tulisi kerralla antaa Kivisuon tapaisille paikoille. Yhdistämällä esitetyt tulokset voidaan pikemminkin arvioida, että metsänviljelylannoituksessa olisi riittänyt noin 40 kg K/ha ensimmäiset 7-8 vuotta, minkä jälkeen suoritettu normaali PK-lannoitus olisi tullut jo reagointikykyiseen taimekseen. On huomattava, että kaliumilla ei saada Kivisuon tapaisella paikalla mitään vaikutusta, ellei ankaraa fosforin puutetta ensin poisteta. Hienofosfaattiannos 400 kg/ha (P58) on vaikuttanut Kivisuolla oikeaan osuneelta ratkaisulta.

b. Fosforilannoitelajikoe

Kokeessa annettiin eri lannoiteyhdistelmissä seuraavia fosforilannoitelajeja kahtena toistona:

- monoammoniumfosfaattia (Paf)	(23.5%P)	222 kg/ha
- hienofosfaattia (Phf)	(14.4%P)	400 "
- kotkafosfaattia (Pkf)	(10.0%P)	520 "
- superfosfaattia (Psf)	(8.3%P)	630 "

Ravinteita käytettiin seuraavia määriä:

N=0 tai 100 kg/ha

P=0 tai 52 "

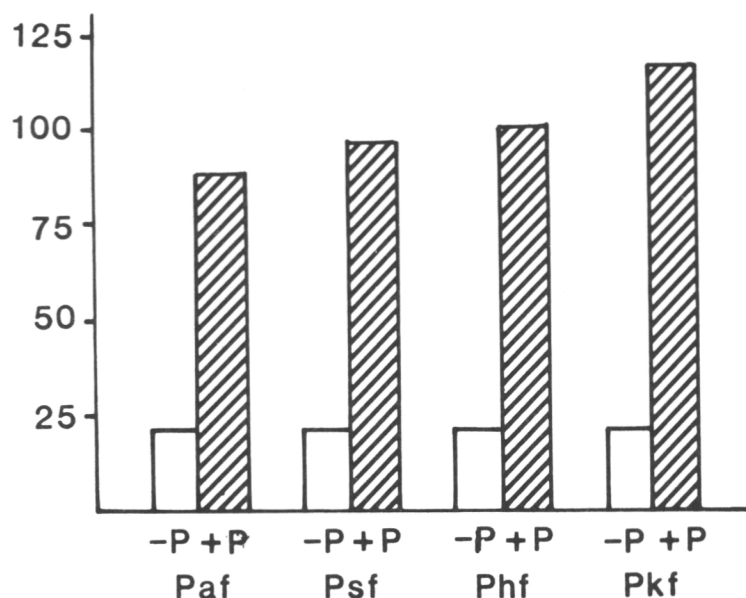
K=0 tai 42 "

Koe sisältää 2^3 -faktoriaalisen kokeen yhtenä toistona siten, että fosforilaji vaihtelee.

Vuoden 1969 mittauksen perusteella ei todettu vaikutuseroja eri fosforilannoitelajien välillä (Huikari ja Paarlahti 1973). Männyt olivat tuolloin noin 2,5 metrin pituisia. P-lajikoe kuuluu koko maan kattavaan koesarjaan, jonka tuloksia on julkaissut mm. Karsisto (1976, 1977).

Vuoden 1984 mittauksessa puuston pituus parhaimmilla koealoilla oli jo 9 metriä. Puuston tilavuutta oli lisännyt eniten kotkafosfaatti ja hienofosfaatti ja vähiten monoammoniumfosfaatti ja superfosfaatti (kuva 11).

V, m³/ha (1984)



Kuva 11. Fosforilannoitelajin vaikutus mäntypuuston tilavuuskasvuun vv. 1961-84, koe IV.

Parhaat yhdistelmät olivat kotkafosfaatti-kalисуоla ja hienofosfaatti-kalисуоla, kuten seuraavasta jaotelmasta selviää (m³/ha):

Lannoitus	Paf	Psf	Phf	Pkf
P	67,5	73,3	75,1	78,5
NP	71,7	90,9	80,7	133,9
PK	126,9	86,0	138,5	144,5
NPK	89,6	137,3	110,7	112,2

Kokeen suurimmalla loholla tehtiin ensiharvennus talvella 1984/85. Hakkuukertymä oli PK-koealoilla suurempi kuin NPK-koealoilla. Esim. kalисуоlan ja kotka- tai hienofosfaatin yhdistelmän saaneilta alueilta hakkuukertymä oli noin 67 m³/ha.

Koe V. Männyn laikkulannoituskoe (1959)

Männyn istutus ja lannoitukset suoritettiin samaan aikaan, kun kokeessa I (v. 1959). Kokeessa V on 52 koealaa (no:t 182-233).

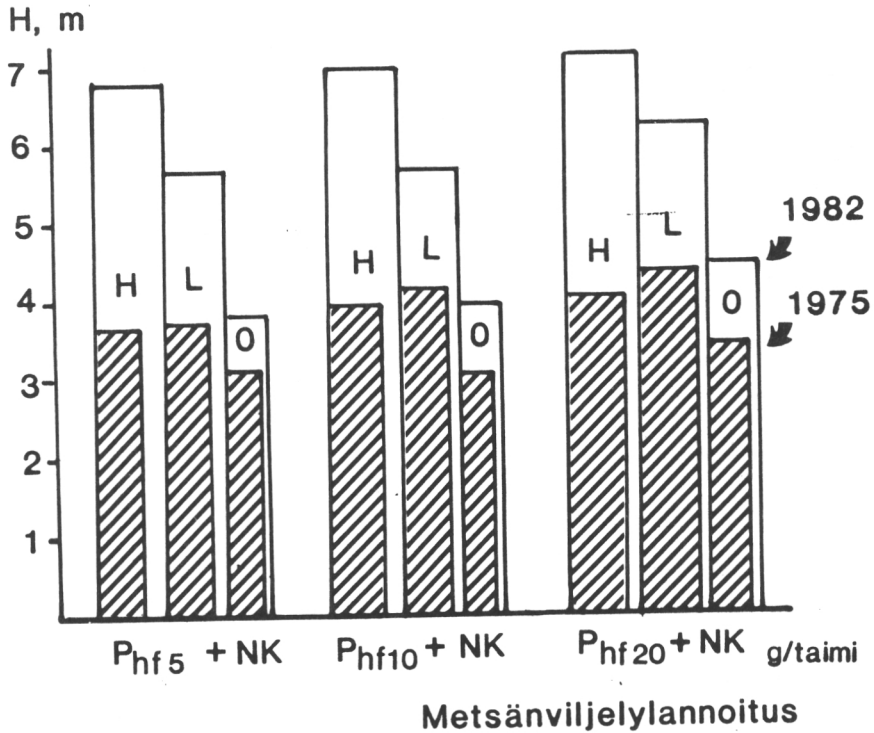
Jatkokäsittelyt:

- 1966 jatkolannoitus
- 1968 vaippojen raivaus
- 1977 kuorituukkoe (koealat 200, 203 ja 210)
- 1980 karsintakoe
- 1981 ojanperkaus
- 1985 toinen jatkolannoitus

Koe V sisältää suurimman osan kokeen I lannoitusyhdistelmistä, mm. kaikki sen NPK-, NP- ja PK-yhdistelmät. Toistoja ei ole. Ravinteet annettiin laikkulannoituksena 0,25 m² alalle, istutettujen taimien ympärille. Lannoitetta kului hehtaarille 1/16 hajalannoituksessa käytetystä määrästä. Tilannetta havainnollistaa jaotelma:

Hajalannoitus (Koe I)	Laikkulannoitus (Koe V)
100 kg/ha	6,2 kg/ha
200 "	12,5 "
400 "	25,0 "
600 "	37,5 "
800 "	50,0 "

Laikkulannoitusta on käytetty esim. karupohjaisilla vastaojitetuilla soilla ja istutustaimikoissa. Laikkulannoituksen tarkoituksena on taata taimien alkukehitys ja samalla välttää tarpeeton heinittyminen, koivuttuminen jne.



Jatkolannoitus v.1966

H=PK 600 kg/ha

L=PK 60 g/m²

O=vertailu.

Kuva 12. Metsänviljelylannoituksen, sen hienofosfaattitason ja jatkolannoituksen vaikutus männyn pituuden ja läpimitan (pylvään leveys) kehitykseen, koe V.

Viisi vuotta laikkulannoituksen jälkeen kokeen männysissä oli todettavissa kasvun taantumista ja ravinnepuutosoireita. Vuonna 1966 koealat jaettiin kolmeen osaan, joista a-osa sai suometsien PK-lannosta hajalannoituksena 600 kg/ha, b-osa 60g/m² laikkulannoituksena kullekin taimelle (150 kg/ha) ja c-osa jäi jatkolannoittamattomaksi vertailuksi. Tällöin NPK-laikkulannoitetuilla alueilla taimien keskipituus oli

lähes 1.5 m. Jatkolannoitukset lisäsivät puuston kasvua ja elinvoimaisuutta (kuva 12). Voitiin päätellä, että laikkulannoituksen vaikutusaika jäi 5-6 vuoteen (Huikari ja Paarlahti 1973).

Alkuperäisen lannoituslaikun ravinnemäärän vaikutus näkyi vielä v. 1975 puuston kasvussa. Puusto oli sitä suurempaa, mitä enemmän se oli saanut laikkulannoituksessa typpeä ja fosforia. Kalin vaikutusta ei ollut havaittavissa.

Sittemmin tälläkin kokeella oli kasvuhäiriötä, jotka näyttivät pahimmilta tehokkaimmin lannoitetuilla koealoilla (Veijalainen 1975). Yleiskuva jatkolannoitusvaikutuksista näkyy seuraavasta jaotelmasta vuodelta 1982, jolloin retkeilyreitit varrelta mitattiin 17 koealaa:

Jatkolannoitus v. 1966	H, m	D, cm	dm ³ /puu
vertailu (c)	4,1	4,9	5,5
PK 150 (b)	6,1	6,1	8,0
PK 600 (a)	7,1	9,5	29,0

Havaitaan, että kasvu vertailukoealoilla oli jäänyt pahoin jälkeen jatkolannoitetuista. Itse asiassa tilanne oli vieläkin pahempi, koska jo 1980-luvun alussa vertailukoealoilla alkoi yleisesti esiintyä taimien kuolemista, jonka aiheuttaja oli voimakas fosforin puute. Viereiseltä kasvuhäiriöön kuolleet alueelta levisi 1980-luvun alussa kaarnakuoriaisia sekä erilaisia sienitauteja (mm. ns. männynverso-syöpää), jotka yhdessä aiheuttivat kasvun taantumaa myös jatkolannoitetuilla koealoilla.

Kokeen V alueelle perustettiin männyn karsimiskoe kesän 1980 aikana. Neulasanalyysitutkimus talvella 1984 osoitti, että karsinta oli lisännyt neulasten kokoa ja kaikkien pääravin-

teiden sekä boorin pitoisuutta. Myös kuorituhkakokeen tulokset on mitattu (ks. Veijalainen 1982a). Kuorituhkan positiivinen vaikutus oli selvä.

Koe VI. Eri puulajien lannoituskoe (1962)

Kesäkuussa 1962 istutettiin tälle Kivisuon laajimmalle koekelle (koealat 601-860) mäntyä (2+1), kuusta (2+2), siperianlehtikuusta (2+1) ja puolalaista kuusta (2+2+1). Rauduskoivun (1+0) istutus suoritettiin keväällä 1963 ja täydennysistutus keväällä 1964, jolloin myös osalla mäntykoealoja suoritettiin täydennysistutuksia. Istutustiheys oli 2500 kpl/ha.

Taimien alkuperät olivat seuraavat:

Rauduskoivu	Lohja
Siperianlehtikuusi	Altai, Neuvostoliitto
Mänty	Itä-Häme
Puolalainen kuusi	Krakow, Puola (700 m, mpy)
Suomalainen kuusi	Etelä-Karjala

Taimet saivat erilaisia laikkulannoituksia (0.25 m^2) keväällä 1962. Koealat 871-910 saivat lisäksi kalkkikivijauhetta (35 %Ca) 400 g/taimi. Samat lannoituskäsittelyt (ei kalkitusta) uusittiin hajalannoituksena vuonna 1966. Vuonna 1980 suoritettiin tuhkalannoitus (sis. mm. P 48 kg/ha, K 123 kg/ha, B 1.3 kg/ha) koealoilla 736-740 ja ojanperkaukset vuonna 1982. Vuonna 1986 raivattiin lehtikuusi ja molemmat kuusialkuperät pois ja jäljelle jääneillä koealoilla tehtiin kunnostusraivaus vuonna 1987.

Hajalannoituksessa vuonna 1966 käytettiin seuraavia lannoitteita:

Suo-Y	(10-5-5), 10 eri tasoa
Y-norm	(8-5-7), 4 eri tasoa
Nos	(25 % N) 0,200 tai 400 kg/ha

Psf (8 % P) 0,350 tai 700 kg/ha
Ks (41 % K) 0,100 tai 200 kg/ha

Koealoilla 601-870 sijaitsee 3^3 -faktoriaalinen NPK-lannoituskoe, jossa on kahdesti toistettuna 27 erilaista lannoitetyhdistelmää annettuna viidelle eri puulajille. Seuraavassa tarkastellaan lähinnä tämän kokeen osan mänty- ja koi-vukoealojen tuloksia. Mainittakoon, että kalkitulta alueella on viiden puulajin 2^3 -faktoriaalinen NPK-koe, koealoilla 911-926 nouseva superfosfaattisarja 400-800-1200 kg/ha vakiosuuruisella kalisuolapohjalla (200 kg/ha) ja koealoilla 927-957 sarja Y-lannostasoja.

Tuloksia:

Vuoden 1973 lannoitusoppaan mukaan typpilannoitus lisäsi aluksi vain rauduskoivun pituuskasvua. Kuusten ja lehtikuusen kasvua se vähensi. Sensijaan PK-lannoituksella oli positiivinen vaikutus kaikkien puulajien kasvuun. Parhaiten menestyivät rauduskoivu ja mänty. Hallavauriot pitivät kuuset matalina pensaina. Lehtikuusikoealat näyttivät tarvitsevan runsaasti fosforia, mutta kärsivät suuresta kuolleisuudesta. Puolalainen kuusi menestyi vielä heikommin kuin suomalainen. Tältä kokeelta saatiin myös tieto, että typpilannoitus lisäsi lievästi hallavaurioita. Fosforilla ja kaliumilla oli yleensä päinvastainen vaikutus (Koskela 1970, Huikari ja Paarlahti 1973).

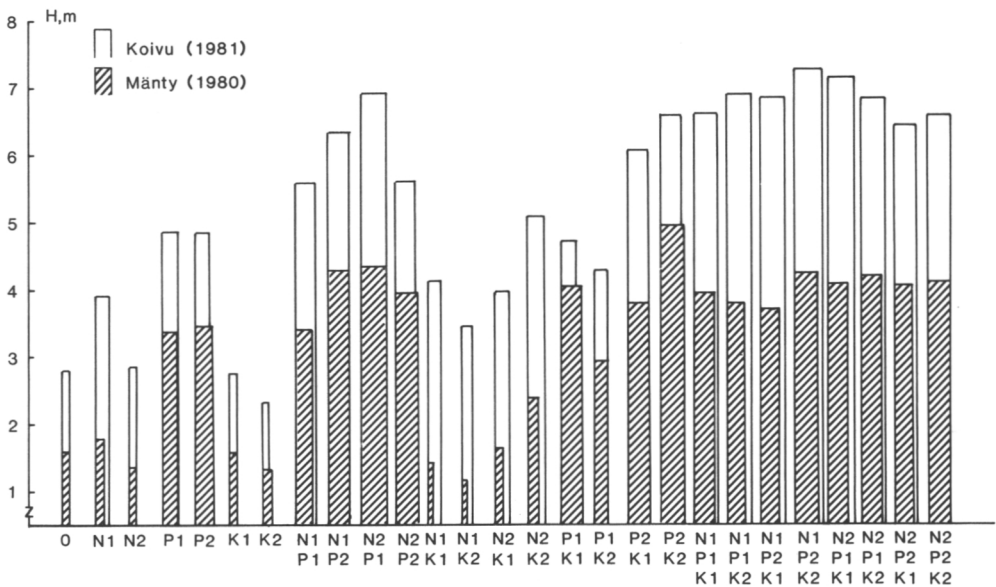
Vuonna 1980 mitattiin kokeen mäntykoealat ja vuonna 1981 rauduskoivukoealat. Mäntykoealoilta suoritettiin myös tuhoinventointi, jossa pääpaino kohdistui ravinnetalouden ja hirvituhojen riippuvuuden selvittämiseen.

Mänty ja rauduskoivu reagoivat jokseenkin samalla tavalla eri lannoituskäsittelyihin. Parhaat tulokset saatiin NP-, PK- ja NPK-lannoituksilla ja heikoimmat N- ja K- ja NK-lannoituksilla. Siten fosfori oli kasvua eniten rajoittava te-

kijä (kuva 13).

Rauduskoivu kasvoi pituutta nopeammin kuin mänty kaikilla lannoitusyhdistelmillä. Paksuuskasvussa ero koivun hyväksi ei ollut yhtä selvä.

Männyt olivat suurimpia koealoilla, jotka olivat saaneet superfosfaattia 700 kg/ha ($=P_2$) ja kalisuolaa 200 kg/ha ($=K_2$). Tulos aiheutui lähinnä fosforin voimakkaasta männyn kasvua lisäävästä vaikutuksesta. Tämä selvisi, kun laskettiin faktoriaaliset vaikutukset jokaisesta kahdeksasta kokeeseen sisältyneestä 2^3 - osakokeesta.

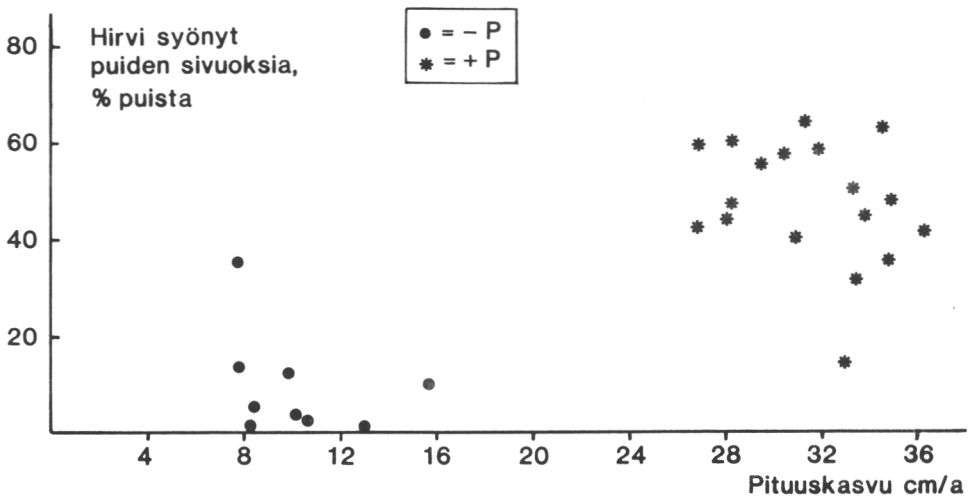


Kuva 13. Lannoituksen vaikutus männyn ja rauduskoivun pituuteen ja läpimittaan (pylvään leveys), koe VI.

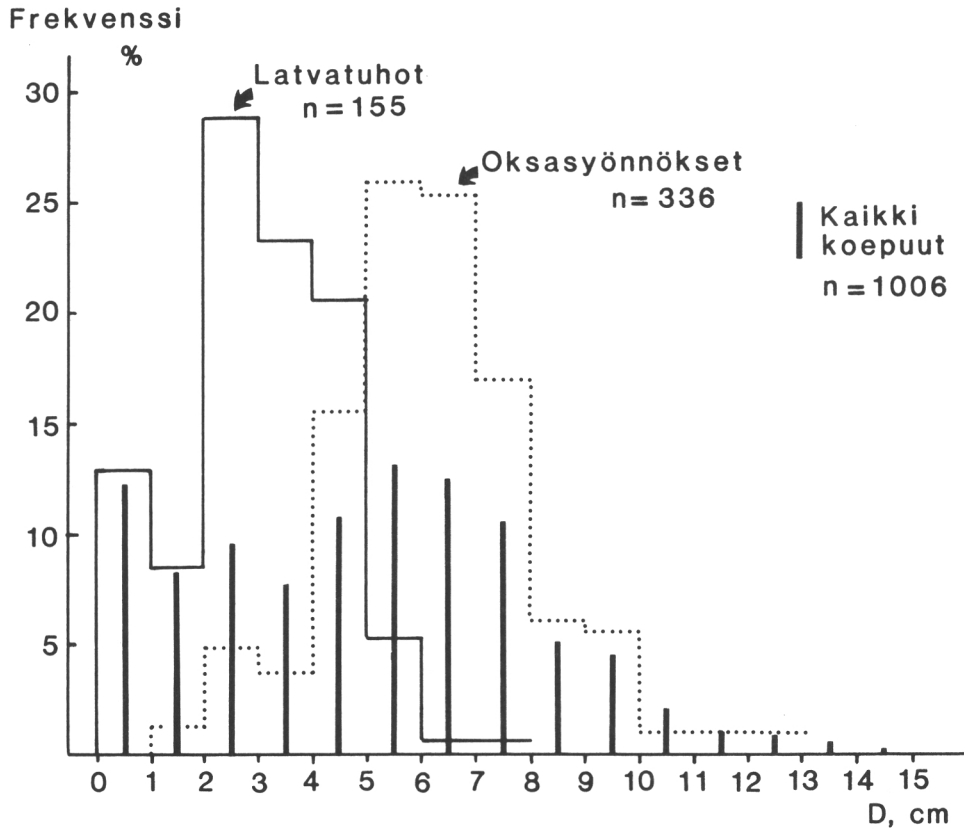
Myös rauduskoivun pituutta ja läpimittaa lisäsi ensisijaisesti fosforilannoitus, mutta esille tuli usein myös typen ja joskus kaliumin kasvua lisäävä vaikutus (kuva 13).

Suurempi fosforiannos näytti edistävän voimakkaammin männyn kuin koivun paksuuskasvua. Huomattakoon, että tässä koeksessa fosforin lähteenä oli käytetty superfosfaattia, jossa fosfori on helppoliukoisessa muodossa.

Hirvituhojen inventointi osoitti, että hirvet olivat mieltyneet hyväkasvuisten, siis fosforilla lannoitettujen mäntyjen oksiin (kuva 14). Samalla kävi ilmi, etteivät ne olleet suosineet millään tietyllä lannoitteella käsiteltyjen mäntyjen latvoja. Hirvien oksasyönnökset jakoutuivat jokseenkin tasaisesti eri läpimittaluokkiin, mutta latvatuhot rajoittuivat alle 5 cm paksuihin mäntyihin (kuva 15).



Kuva 14. Fosforilannoituksen näennäinen vaikutus hirvien ravinnon valintaan, koe VI.



Kuva 15. Hirvituhojen kohteeksi joutuneen mäntypuuston ja koepuuston läpimittajakautumien vertailua, koe VI.

Koe VII. Männyn ja koivun istutuskoe (1987)

Alueelle istutettiin vuonna 1963 kuusi (2+2, alkuperä Urjala) ilman suojuspuustoa. Koejärjestely oli sama kuin ko-
keessa X.

Tuloksia:

Kuusi ei menestynyt ilemisesti hallatuhojen vuoksi, joten koe lopetettiin vuonna 1985. Ojat perattiin vuonna 1983 ja puusto raivattiin maahan vuonna 1986.

Seuraavana kesänä perustettiin alueelle hiven-PK-lannoksen tasokoe, jossa samalla tutkitaan mänty-koivuistutuksen menestymisedellytyksiä.

Lannoituskäsitteyt:

Hiven-PK-lannosta kg/ha	Koealan numerot		
0	3	8	11
300	1	6	10
600	4	7	9
900	2	5	12

Koe VIII. Kuusen kalkituskoe (1964)

Kuusen istutus suoritettiin koulituilla 3-vuotiailla taimilla, jotka saivat Y-lannosta suomaille ja eri määriä kalkkikivijauhetta laikkulannoituksena.

Tuloksia:

Kuusen taimet juroivat aina 1980-luvulle asti, jolloin koe-

loille oli kehittynyt paikoin ylitiheä mänty-koivu verhopuusto. Vuonna 1983 suoritettiin verhopuuston harvennus ja vuonna 1984 jatkolannoituksia. Kokeessa on vain 6 koealaa (390-395).

Koe IX. Suometsien PK-lannoksen tasokoe (1984)

Koe on alunperin v. 1964 perustettu männyn laikkulannoituskoe, jolle perustettiin vuonna 1984 suometsien PK-lannoksen tasokoe. Kokeeseen kuuluvat koealat 367-389 ja 396-399. Ojanperkaus suoritettiin vuonna 1981 taimikon perkaus ja harvennus vuonna 1983. Huomattakoon, että tämä PK-lannos sisältää booria (0.2%), joka on lisätty siihen lannoiteboraattina. Lisäksi lannoite sisältää jonkin verran (2 %) tyypeä, ja osa fosforista on vesiliukoisessa muodossa.

Lannoitukset vuonna 1984:

SuoPK kg/ha	Koealat lohkoittain			
	I	II	III	IV
0	378	381	386	398
250	377	369	383	396
375	380	382	374	399
500	367	388	385	372
750	379	376	387	397
1000	368	370	373	371

Koealaa 384 ei ole lannoitettu kummallakaan kerralla.

Koe X. Männyn laikkulannoituskoe (sijoitustapakoe) (1965)

Koetta perustettaessa v. 1965 istutettiin koulittuja (2+1)

männyn taimia 2500 kpl/ha. Laikkulannoituksessa annettiin metsän Y-lannosta suomaille (14-8-8) käyttäen erilaisia lannoitteen sijoitustapoja (ks. taulukko 2). Kokeessa on kaksi toistoa, joissa molemmissa on 10 erilaista laikkulannoitusvaihtoehtoa. Koe lopetettiin alkuperäisessä tarkoituksessaan v. 1986, jolloin se mitattiin ja suoritettiin PK-jatkolannoitus (500 kg/ha) tarkoituksena seurata laikkulannoituksen antamien erojen säilymistä jatkolannoituksen jälkeen. Ojat perattiin v. 1983.

Tuloksia:

Laikkulannoitustavalla oli tilastollisesti merkitseviä vaikutuksia puuston kasvuun ja kuolleisuuteen. Suorastaan haitalliseksi osoittautui Y-lannoksen sijoittaminen istutuskuoppaan. Parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautui suurin lannoitemäärä ja suurin laikku.

Taulukko 3. Puuston pituus, läpimitta ja kuolleisuus -% (v.1986) eri tavoin laikkulannoitetuilla (v. 1965) aloilla.

Lannoitustapa	H,m	D,cm	Kuolleisuus,%
1. Ei lannoitusta	2,02	2,6	41
2. 25g/istutuskuoppa	2,40	3,6	72 ^b
3. 25g/1m ²	3,01	3,8	20
4. 50g/0,5m ²	2,90	3,9	14
5. 100g/1m ²	5,16 ^a	7,0 ^a	16
6. 100g/0,5m ²	4,29	5,6 ^a	12
7. 100g/0,25m ² , r=0	2,79	3,5	32
8. 100g/0,25m ² , r=5	3,53	4,4	12
9. 100g/0,25m ² , r=10	2,73	3,4	25
10. 100g/0,25m ² , r=20	3,00	4,0	20
F/käsittelyt	5,2*	6,1**	4,8*

r=lannoittamattoman alan säde, cm
a=eroaa merkitsevästi vertailusta
b=eroaa merkitsevästi muista lannoitustavoista,
mutta ei vertailusta

Koe XI. Männyn lannoituskoe rahkanevalla (1964)

Koe XI poikkeaa useimmista Kivisuon muista kokeista sekä kasvualustaltaan että ojitustavaltaan. Se sijaitsee turpeen kuivatuskentän ulkopuolella rahkanevalla, joka on suurten rimpimäisten painanteiden (kuljujen) halkomaa. Mätäspinoilla on paikoitellen kasvanut kituliaita mäntyjä, jotka raivattiin pois koetta perustettaessa, mutta ovat ilmeinen selitys niille luonnontaimille, joita paikoitellen nousi runsaasti ojituksen ja lannoituksen jälkeen (Kaunisto 1972).

Kokeessa on 142 koealaa (20x20 m), jotka saivat 4³-faktoriaalisen koejärjestelmän mukaisen lannoituksen kahtena lohkona. Koealat erotettiin toisistaan 30-40 cm:n syvyisillä vako-ojilla. Lannoitustasot olivat seuraavat (kg/ha):

N	P	K
0	0	0
50	29	42
100	58	83
200	86	166

Koe XI on siis järjestelyltään samanlainen kuin koe I, paitsi että tässä käsittelyt arvottiin kahteen lohkoon, kun ne kokeessa I asetettiin systemaattiseen järjestykseen.

Vuonna 1964 istutettiin (kiilaistutus) 2500 kpl/ha 2+1-vuotiaita männyn taimia, jotka olivat peräisin Itä-Hämeestä.

Myöhemmin koealueella on suoritettu seuraavia toimenpiteitä:

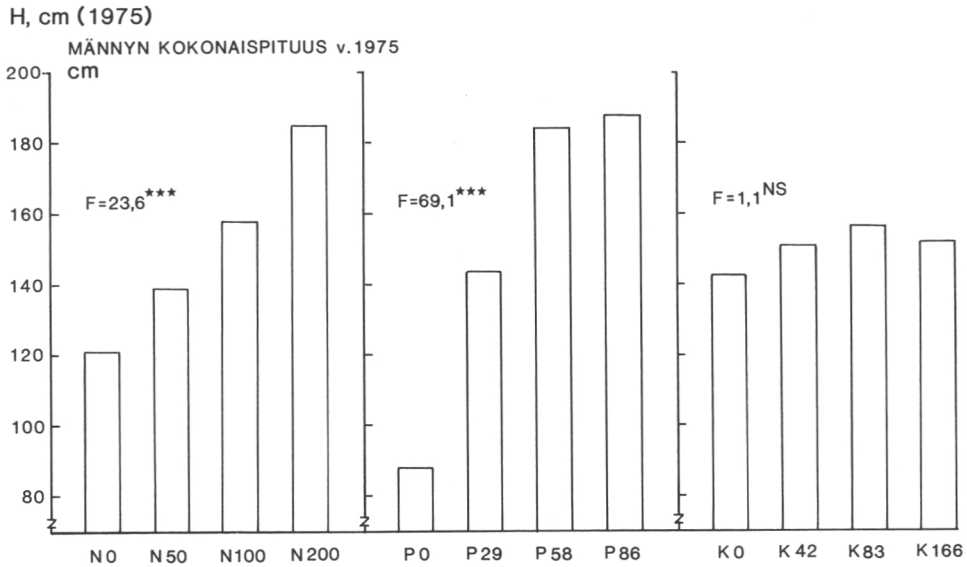
- 1981 täydennysojitus
- 1983 koivun raivaus, jätettiin vain puuttuvan istutusmännyn kohdalle
- 1985 uusintalannoitus; toistettiin alkuperäinen lannoitus

Tuloksia:

Taimikko mitattiin vuonna 1971. Samaan aikaan otettu turve-analyysi osoitti, että turve sisälsi typpeä ja fosforia niukasti, mutta kaliumia melko runsaasti. Turve oli hyvin happanta (pH 3.01-3.35). Kahdeksan vuotta istutuksen ja lannoitusten jälkeen saatiin seuraavat puustoa koskevat tulokset (Kaunisto 1972):

- lannoituksilla ei ollut vaikutusta istutustaimien elossapysymiseen (keskimäärin 80 % elossa)
- fosforilannoitus lisäsi koivun taimien määrää
- istutustaimien kasvua oli voitu parantaa typellä ja fosforilla, muttei kaliumilla

Koe mitattiin uudelleen kesällä 1975, jolloin todettiin mm., että taimikuolleisuus oli suurinta painanteissa (22.2 %) ja pienintä mätäspinnan ja painanteen rajalla (8.3 %). Lannoitustasojen vaikutusta tarkasteltiin siten, että laskettiin kunkin ravinteiden eri tasojen tuottama tulos koko kokeessa, ts. esim. typen 0-taso sisältää kaikki PK-lannoitusvaihtoehdot sekä 0-ruudut ja on täten keskiarvo 18:lta koealalta, samoin kuin kaikki muutkin kuvassa 16 esitetyt tasokohtaiset tulokset. Nähdään, kuinka typen vaikutus on sitä parempi, mitä enemmän sitä lisätään NPK-yhdistelmässä. Fosforin vaikutuksen nousu näyttää pysähtyvän P58 kg/ha tasolla. Kaliumin vaikutus oli edelleenkin vähäinen (kuva 16).



Kuva 16. Ravinnetason vaikutus männyn pituuteen, kun kahden muun ravinteiden tasot vaihtelevat (pylväessä $n = 32$), koe XI.

Koivujen peittävyys oli suurin NP- ja NPK-koealoilla (37 ja 45 %). Vuonna 1975 todettiin, että tupasvillasta oli tullut useimpien koealojen valtalaji, joskin ruskean rahkasammalen vallitsevia koealojakin vielä löytyi. Joillakin koealoilla valtalajeina esiintyivät myös variksenmarja, karhunsammalet ja juolukka.

Paras männyn pituuskasvu oli koealoilla, jotka olivat saaneet käsittelyn N 200, P 86 ja K 166 kg/ha. Istutustaimien keskipituus oli 2,30 m.

Ilman lannoitusta taimien pituus oli 54 cm. Yli 2 metrin keskipituutta ei saavutettu millään pinnanmuodolla eikä millään lannoitusyhdistelmällä, jossa oli typpeä vähemmän kuin 100 kg/ha ja samalla fosforia vähemmän kuin 58 kg/ha.

Tulos vaikuttaa heikonpuoleiselta Kivisuon muihin lannoitus-
kokeiden tuloksiin verrattuna, mutta se vastaa viljellyn
OMT-kankaan männyntaimikon pituuskehitystä samassa ajassa
Etelä-Suomessa. On myös odotettavissa, että karun rahka-
nevan männystä tulee laadultaan parempaa kuin viereisen tur-
peenkuivatuskentän lannoituskokeen (I/1) parhaiten kasva-
villa koealoilla. Näyttää siltä, että rahkaisilla soilla
näytetään lannoituksesta selvittävän ainakin aluksi ilman
kaliumia samaan tapaan kuin eräissä korvissa ja kivennäis-
mailla. Missään tapauksessa tällaisia soita ei kannata lan-
noittaa PK:lla ilman tyyppiä, koska se antoi huonomman tu-
loksen kuin NP- tai NPK-lannoitus kaikilla lannoitusta-
soilla. Tulosta arvioitaessa on huomattava, että kokeen
ojitusteho oli vajavainen aina vuoteen 1981 asti.

Kokeella suoritettiin uusintalannoitus vuonna 1985 eli 21
vuotta ensilannoituksen jälkeen, koska neulasanalyysin mu-
kaan piilevää ravinteiden puutetta alkoi esiintyä sellaisil-
lakin koealoilla, joiden lannoitus alunperin näytti tyydyt-
tävältä.

Koe XII. Laikkulannoituksen toistamiskoe (1965-69)

Männyn (2+1) istutuksen (2500 kpl/ha) yhteydessä jokainen
taimi sai SuoY-lannosta $25\text{g}/0.25\text{m}^2$. Uusintalannoitukset
suoritettiin vuosina 1966-69 suometsien PK-lannoksella
(0-7,4-12,5) laikkulannoituksena $25\text{g}/0.25\text{m}^2$. Ojien perkaus
suoritettiin vuonna 1983 ja vuonna 1986 koko koe sai jatko-
lannoituksena suometsien PK-lannosta (0-9-17, + B0.2)
500kg/ha.

Tuloksia:

Koe mitattiin syksyllä 1986. Lannoituskäsittelyjen väliset
erot olivat selviä (taulukko 3). Mitä useammin PK-jatkolan-
noitus oli toistettu, sitä suurempaa oli puusto. Yhden jat-
kolannoituskerran ajoittamisella ei näyttänyt olleen vaiku-

tusta taimien kasvuun. PK-jatkolannoituksen siirtämisestä näytti olleen seurauksena taimikuolleisuuden lisääntyminen.

Taulukko 4. Pienialaisten (0.25m^2) laikkulannoitusten käyttö metsityksen yhteydessä ja PK-jatkolannoituksissa.

Laikkulannoitukset Mittaustulokset v.1986

	Suo-Y		SuoPK			H,m	D,cm	Kuolleisuus-%
	1965	-66	-67	-68	-69			
1. X	-	-	-	-	-	3.40 ^b	4.3 ^b	15.8
2. X	X	-	-	-	-	4.66 ^{ab}	5.9 ^a	15.8
3. X	X	X	-	-	-	4.81 ^a	6.0 ^a	11.2 ^c
4. X	X	X	X	-	-	5.21 ^a	7.0 ^a	20.2
5. X	X	X	X	X	-	5.81 ^a	7.4 ^a	15.8
6. X	-	X	-	-	-	4.48 ^b	5.9 ^a	9.0 ^c
7. X	-	-	X	-	-	4.25 ^b	5.6 ^b	33.8
8. X	-	-	-	X	-	4.57 ^{ab}	5.8	22.5
F/lannoitukset						8.58***	7.62***	3.15*

Tukeyn testi:

a= ero 1- käsittelyyn merkitsevä

b= ero 5- käsittelyyn merkitsevä

c= ero 7- käsittelyyn merkitsevä

Koe XIII. Männyn istutustiheys- ja rivilannoituskoe (1966)

Saraille tehtiin niiden pituussuunnassa tasavälein (n. 5,5m) neljä vako-ojaa, jonka molemmin puolin metrin etäisyydelle istutettiin mäntyä (2+1). Täten taimirivien väliin jäi 3,5 metriä leveä väylä, jonka oli tarkoitus helpottaa työkoneiden liikkumista. Taimiväli oli rivissä 0,5, 1,0 tai 1,5m , mikä merkitsee istutustiheyksinä 2400, 3550 ja 7100 kpl/ha. Lannoitus (SuoY 363, 727 tai 1454 kg/ha) annettiin

metrin levyiselle kaistalle puurivin kohdalle ns. rivilannoituksena vuonna 1966. Kunkin lannoituslohkon sisällä on neljä lohkoa, joissa taimiväli vaihtelee (koealat 422-445 ja 449-460). Koealat 447-449 ja 473 jätettiin ilman lannoitusta. Koealoille 461-472 jäi 4 ylimääräistä taimivälilohkoa, joissa oli käytetty keskimmäistä lannoitustasoa. Näille ylimääräisille koealoille perustettiin vuonna 1968 ns. lannoituskertakoe. Koko kokeen alueella suoritettiin jatkolannoitus vuonna 1974. Tällöin annettiin puuriveille metrin levyiselle kaistalle suometsien PK-lannosta 728 kg/ha (P72, K87 kg/ha). Ilmenneitä kasvuhäiriöitä pyrittiin torjumaan vuoden 1975 hivenlannoituksella (koealat 425-430, 440-445, 452-454 ja 458-460) ja vuoden 1978 hiekka-kalisuola ja kaliumnitraatti-käsittelyillä (koealat 451-459). Vuonna 1981 kaivettiin poikkiojat. Puustoa harvennettiin lievästi v. 1984. Hivenlannoituksessa 1975 annettiin taimiriveille 1 m:n levyiselle kaistalle seuraavaa seosta:

Kuparisulfaattia (Cu25%)	10 kg/ha
Lannoiteboraattia (B14%)	10 kg/ha
Mangaanosulfaattia (Mn26%)	50 kg/ha

Tuloksia:

Koe mitattiin syksyllä 1976, jolloin kokeen perustamisesta oli kulunut 11 ja hivenlannoituksesta 2 kasvukautta.

Todettiin, että puuston keskipituuteen vaikutti vain taimiväli ($F=4,7^{**}$). Puusto oli vähän pitempää harvaan istutetuissa kuin tiheään istutetuissa riveissä, kuten seuraava jaotelma osoittaa:

<u>Taimiväli</u>	<u>H,m</u>
0,5 m	2,76
1,0 m	2,90
1,5 m	2,98

Hivenlannoitus lisäsi pituuskasvua vain voimakkaamman lannoituksen saaneilla koelajoilla. Hivenlannoituksen jälkeisessä pituuskasvussa (1975-76) voitiin todeta selvän istutusetäisyyden vaikutuksen ($F=15.1^{***}$) ohella melko selvä hivenlannoituksen vaikutus ($F=5.3^*$). Vaikutuksen suunta ja suuruus näkyy seuraavasta asetelmasta:

Taimiväli rivissä	Hivenlannoitus	
	-	+
	(cm/a)	
0,5 m	35,0	35,0
1,0 m	36,2	39,4
1,5 m	39,1	41,0

Havaitaan, että puusto oli suhteellisen hyväkasvuista, ja hivenkäsittelyjen vaikutukset olivat itse asiassa vähäisiä. Merkittävintä lieneekin se, että tällä kokeella saatiin esille toistaiseksi harvinainen hivenlannoituksen puuston kasvua parantava vaikutus, mikä tukee kokeen II hiukan epävarmaksi jäänyttä havaintoa.

Puuston keskiläpimittaan vaikuttivat taimiväli ($F=21,0^{***}$) ja peruslannoitustaso ($F=6.5^{**}$) tavalla, joka näkyy seuraavasta asetelmasta (D,cm):

NPK-lannoitus kg/ha	Taimiväli, m			x
	0,5	1,0	1,5	
363	3,2	3,9	4,0	3,7
727	3,3	3,8	4,4	3,8
1454	3,4	4,4	5,1	4,3
x	3,3	4,1	4,5	

Lannoitusvaikutus ei tule näissä laskelmissa kokonaan näkyviin, koska lannoittamattomat koealat jätettiin laskuista pois.

Kokeesta inventoitiin myös kasvuhäiriöt, jotka jaettiin latvakatoa aiheuttaneisiin, ns. pahoihin, ja vain kasvutapaan vaikuttaneisiin eli lieviin kasvuhäiriöihin. Viimemainittujen syntyä ei voitu luotettavasti selittää kokeen perusteella. Hivenlannoituksella ei näyttänyt olevan ollenkaan parantavaa vaikutusta tämän ryhmän häiriötiloihin. Pahasta kasvuhäiriöstä kärsiviä puita oli eniten koealoilla, jotka olivat saaneet keskimmäisen peruslannoituksen. Lannoituksen tehostaminen näytti lisäävän jonkin verran pahasta kasvuhäiriöstä kärsivien puiden määrää ($F=9.1^{**}$).

Kuolleiden puiden määrään vaikuttivat lisäävästi taimivälin suureneminen ($F=7.8^{**}$) ja erityisesti lannoitustason kohottaminen ($F=12.7^{***}$). Hivenlannoitus on aivan ilmeisesti vähentänyt kuolleisuutta kahdella ylimmällä peruslannoitustasolla ($F=4.7^{*}$).

Taimivälin pienetessä puiden solakkuus lisääntyi ($F=29.7^{***}$) samoin kuin lisättäessä lannoitemäärää ($F=14.7^{***}$). Täten solakimmat, joskaan eivät suurimmat puut esiintyivät tiheissä, lievimmän lannoitetuissa riveissä.

Tämä koe kuuluu osana laajempaan ns. H-kulttuurikokeiden sarjaan. Niinpä tälläkin alueella on suoritettu riistapelto- ym. sivutuotantokokeiluja yhteistyössä Suomen 4H-liiton kanssa.

Vuoden 1982 neulasanalyysit osoittivat, että hivenlannoitus oli kohottanut lähinnä neulasten, kalium-, boori- ja kuparipitoisuutta ja alentanut typen ja fosforin pitoisuutta sekä sadan neulasen massaa. Hivenlannoituksen positiiviset vaikutukset näkyivät edelleen (ks. Veijalainen 1982a).

Koe XIV. Männyn rivikylvökoe (1968)

LAMU-prototyypillä (muokkaus- kylvö- ja lannoituslaite) lannoitettiin ja muokattiin 0.5 m leveitä kaistoja. Muokkaus-syvyys oli 15-20 cm. Koneellisessa rivikylvössä siementiheys oli 10 kpl/m. Kuhunkin koealaan tuli neljä kylvöriiviä. Lannoitemäärät kaistalle laskettuina koealoittain olivat seuraavat:

SuoPK (0-10-12) g/m ²	Koealojen n:ot	
0	4	10
10	5	9
20	3	6
40	1	8
80	2	7

Havaintoja: Kylvöjälki on epätasainen. Kokonaistulos on epätyydyttävä varsinkin ilman lannoitusta. Lannoitusvaikutus on heikko, jäljellä olevissa taimissa näkyy fosforinpuutosoireita.

Koe XV. Koivun viljely- ja kalkituskoekoe (1969-70)

Koe sijaitsee paksuturpeisella rahkanevalla, turpeenkuivaustuskentän ulkopuolella. Koealat erotettiin keväällä 1969 toisistaan matalilla jyrsinojilla, joita on n. 20 m välein. Sarkaleveys on 40 m ja sarkaojien syvyys alunperin 80 cm. Vuonna 1969 suoritettiin myös koivun viljelyt. Kylvöt uusittiin vuonna 1970. Myös ojia on jouduttu myöhemmin perkaamaan.

Kalkin hajalevitys suoritettiin ennen muokkausta. Lannoitteet annettiin laikkulannoituksena istutustaimille 0.5 m² alalle tai 15 cm halkaisijaltaan olevan kylvöaikun ympä-

rille.

Kokeessa käytettiin neljää viljelytapaa:

1. Rauduskoivun (1+1) istutus
2. Rauduskoivun (1+0) istutus
3. Rauduskoivun kylvö
4. Hieskoivun kylvö

Kokeessa on 21 muokkaus-, kalkitus- ja lannoituskäsittelyä, 3 toistoa. Kalkitus ja lannoitus suoritettiin muokkauksen jälkeen. Muokkaus suoritettiin LAMU II- koneella, joka teki kaksi 15 cm syvää ja 50 cm leveätä muokkauskaistaa.

Cad = (37% Ca) 0,4,8 tn/ha
Nos = (26% N) 0,15,10 g/taimi
SuoPK = (10% P, 12% K) 0,25,50 g/taimi

Tuloksia:

Kylvöt epäonnistuivat jokseenkin täydellisesti. Hirvet vahingoittivat rauduskoivuistutuksia, jotka seuraavassa on yhdistetty taimien iästä riippumatta. Syksyllä 1986 suoritettun pistearvostelun perusteella voitiin todeta, että muokkauksesta oli jonkin verran hyötyä, jos samalla oli käytetty PK- tai NPK-lannoitusta. Kalkituksella ei ollut mitään havaittavaa vaikutusta (ks. Huikari ja Paarlahti 1973). NPK-lannoitus antoi kaikilla muokkaus- ja kalkitusyhdistelmillä paremman tuloksen kuin PK-lannoitus, kuten seuraava jaotelma osoittaa:

Lannoitus Nos	g/taimi suoPK	Pisteet ¹⁾ (0-10)	Koealoja kpl
0	0	2,4	15
0	25	4,6	15
15	25	7,1	15
0	50	5,8	9
30	50	6,9	9

- 1) 0 = ei elossa olevia viljelytaimia
5 = kohtalaisesti viljelytaimia, joista vain
muutama hyväkasvuinen
10 = runsaasti hyväkasvuisia viljelytaimia

Koe osoittaa, että rauduskoivun viljely voi onnistua ja taimien alkukehitys olla kohtalaista hyvinkin karuilla metsäo-
jitusalueilla (ks. myös kokeet VI ja XVI), mutta koivujen
myöhempi huono kehittyminen osoitti, että kasvupaikka oli
aivan liian karu koivulle. Koivuttomille alueille oli syn-
tynyt luontaisesti paikoin hyvinkin tiheitä männyn taimi-
koita.

Koe XVII. Sarkaleveys- ja ojasyvyyskoe (1967)

Koe sijaitsee osittain rahkanevalla ja osittain Kivisuon
laitaosassa rahka-tupasvillarämeellä, jossa turvekerroksen
paksuus on laajoilla alueilla 1.5-2.5 m. Ohutturpeisiakin
paikkoja on kokeen laitaosissa.

Kokeessa on 16 toisistaan eristettyä valuma-aluetta, joilta
valuvat vedet poistuvat mittapadon kautta. Sekä nevilla,
että rämeellä on kaksi ojasyvyyslohkoa, joissa ojan syvyys
on 40 tai 80 cm. Ojasyvyyslohkojen sisällä on neljä valu-

ma-alueita, joissa sarkaleveys on 5, 10, 20 tai 50 m.

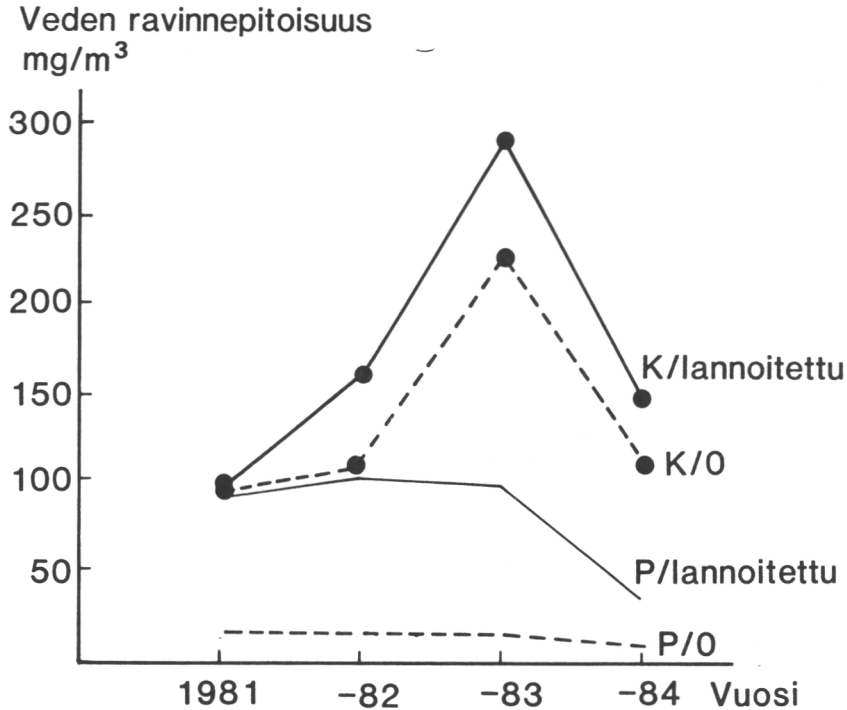
Rämeosa lannoitettiin vuonna 1967 antamalla Suometsien Y-lannosta 600 kg/ha. Matalimmat ojat perattiin alkuperäiseen syvyyteensä vuonna 1976, jolloin rakennettiin myös uudet padot. Vuosina 1967-76 keskityttiin ojituksen lumettoman ajan valuntavaikutusten tutkimiseen, minkä jälkeen on mitattu myös ravinteiden huuhtoutumista, puustoja ja neulasten ravinnepitoisuuksia. Käynnissä on koe lannoitteiden talvi-levityksen vaikutuksesta valumavesien ravinnekuormitukseen (1987).

Tuloksia:

Valuntamittaukset osoittivat, että ojituksen tehostuessa lumettoman kauden valunta lisääntyi ja valumahuiput terävöityivät. Valunta oli tasaisempaa syvään ojitetuilla kuin matalaan ojitetuilla alueilla.

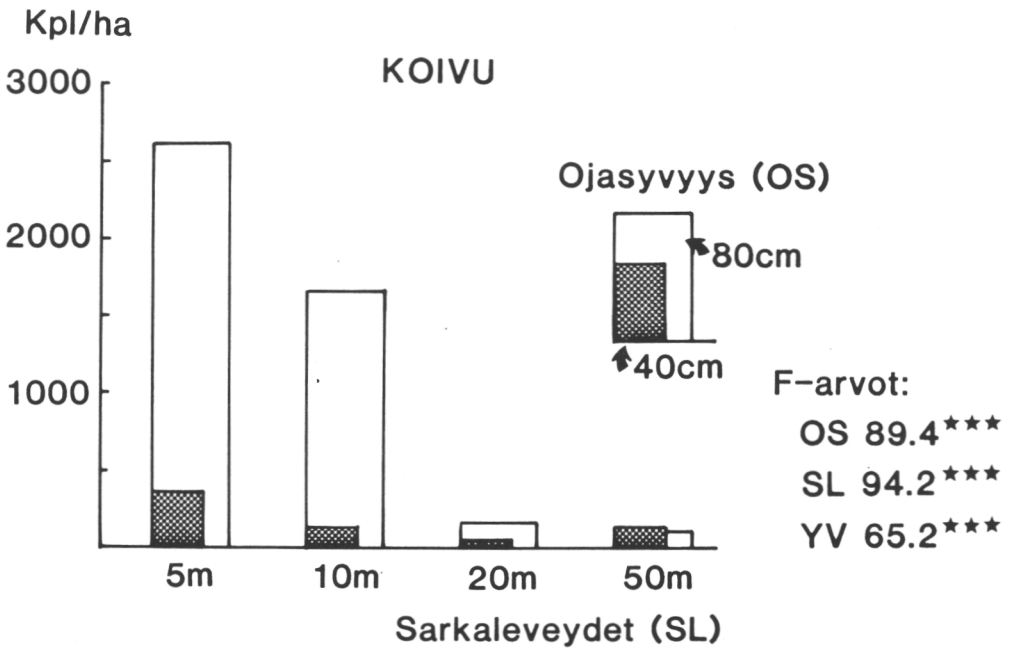
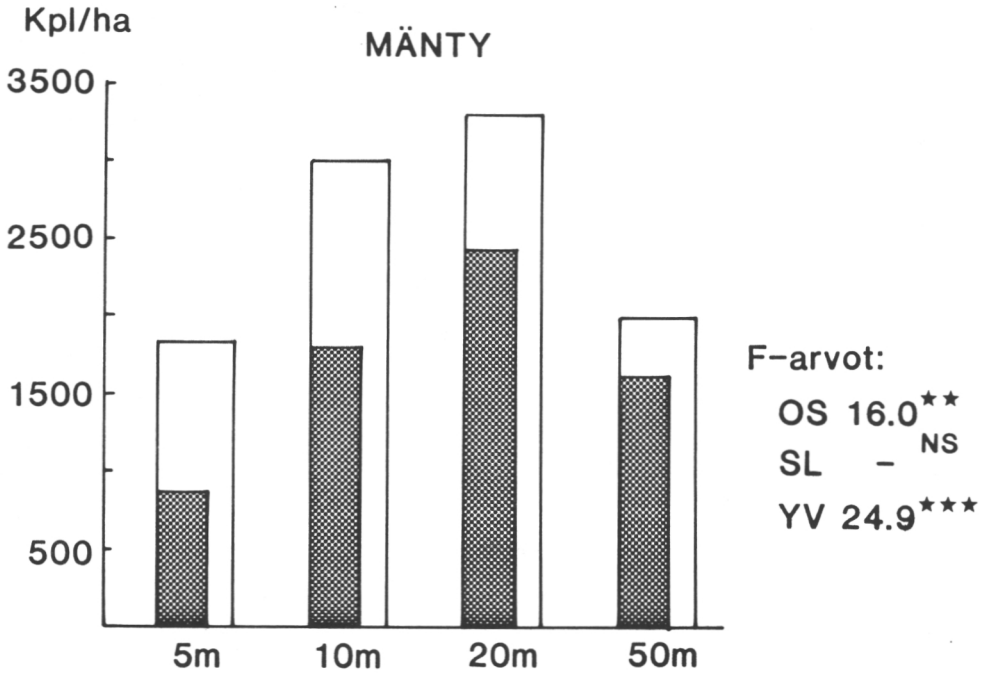
Ravinteiden huuhtoutumistutkimus osoitti, että superfosfaattipohjaisesta lannoitteesta aiheutui fosforikuormitusta vielä 13-17 vuotta lannoituksen jälkeen (Ahti 1983 ja kuva 17). Sen sijaan kaliumin ja erityisesti typen huuhtoutuminen oli jo vähäistä.

Talvilannoituksen vaikutuksia selvittelevän kokeen ensimmäisen kesän tulokset osoittavat, että fosforin huuhtoutuminen on lumelle levitettäessä huomattavasti ennakoitua voimakkaampaa. Vuoden kuluttua lannoituksesta oli huuhtoutunut n. 6 kg fosforia hehtaarilta. Myös sulaan maahan tehdyn lannoituksen jälkeen todettiin 1-2 kilon fosforihuuhtoutuma hehtaarilta. Ero aikaisempiin tutkimuksiin, joiden mukaan fosforia huuhtoutuu vain muutamia satoja grammoja hehtaarilta, aiheutuu mm. siitä, että käytetty suometsien PK-lannos sisälsi yllättäen jonkin verran vesiliukoista fosforia.



Kuva 17. Valumavesien fosfori- ja kaliumpitoisuuksien vertailua lannoitetulla ja lannoittamattomalla suolla, koe XVII.

Rämeosalla puustoa oli koetta perustettaessa 1-5 m³/ha. Vuoteen 1982 mennessä puuston kasvu oli selvästi elpynyt ojituksen ja lannoituksen seurauksena. Mäntypuustoa oli nyt 5-25 m³/ha, kun puuston tilavuus laskettiin pinta-alalle, jossa ojat ovat mukana. Uutta taimikkoa oli noussut harvan rämemännikön aukkoihin. Tehokkaimmin ojitetut alueet olivat muuttumassa koivuvaltaisiksi (kuva 18). Männyn uudistumisen kannalta parhaaksi sarkaleveydeksi osoittautui 20 m, jota pienemmillä sarkaleveyksillä männyn runkoluku alkoi selvästi vähetä oja-aukkojen ja koivuttumisen vaikutuksesta molemmilla ojasyvyysvaihtoehdoilla.



Kuva 18. Ojasyvyyden ja sarkaleveyden vaikutus männyn ja koivun runkolukuun hydrologi-
 sen kokeen rämeosalla v. 1982, koe XVII.

Koe XVIII. Hieskoivikon lannoituskoe (1979)

Koe perustettiin hydroturpeen kuivatusalueen reunaan luonnosta syntyneeseen hieskoivikkoon. Alue on ojitettu vuosina 1945-47. Sarkaleveys on noin 23 m ja ojasyvyys 90 cm. Ravinteisuustasoltaan alueen on arvioitu vastaavan mustikkakorpea. Turvetta on 1.0-1.5 m. Ylitiheässä koivikossa on suoritettu harvennuksia vuosina 1979 ja 1984. Kokeessa on neljä isoa koealaa, jotka saivat vuonna 1979 seuraavat lannoitukset:

Käsittely:	N	P	K
	kg/ha		
1. SuoPK	-	43	83
2. O	-	-	-
3. Nos+SuoPK	110	43	83
4. Nos	110	-	-

Tuloksia:

Vuoteen 1986 mennessä raippamaisista koivuissa on kehittynyt koivumetsä, jonka kenttäkerroksessa oulunsalpietarin (N) käyttö aiheutti vadelmakasvuston syntymisen. Koe mitattiin neljä kasvukautta lannoituksen jälkeen, ennen vuoden 1984 harvennusta, jolloin runkoluku vaihteli koealoittain 1580-1800 kpl/ha. Koivikon vuotuinen tilavuuskasvu oli lisääntynyt typpiannoksen ansiosta keskimäärin 1.18 m³/ha/v ja PK-annoksella 0.33 m³/ha/v. Täten suurin kasvunlisäys oli saatu NPK-lannoituksella, kuten seuraavasta asetelmasta havaitaan:

Lannoitus	V, m ³ /ha		V, %	Iv
	1979	1983	1979-83	m ³ /ha/v
O	51,0	84,4	65,3	8,34
N	48,8	87,6	79,7	9,70
PK	31,6	67,0	112,0	8,85
NPK	53,2	92,6	65,6	9,85

Koe XX. Tuhka- ja typpilannoituskoe (1984)

Koe sijaitsee hydroturpeen kuivatuskentän ulkopuolella lyhytkortisella rahkamättäisellä nevalla. Turvetta on yli 1.5 m. Sarkaleveys on 12 m ja ojasyvyys 80 cm (1982). Tie- ym. ojien vaikutuspiiriin syntynyt harva, kitukasvuinen männikkö raivattiin v. 1982 ja koealoille istutettiin männyn taimia (2+1) kesäkuussa 1984 (2500 kpl/ha).

Koejärjestely on seuraava:

Nos	Tuhka	Koealojen	
- kg/ha -		n:ot	
0	0	6	12
0	5000	5	8
100	5000	7	10
200	5000	4	9
0	10000	1	11
100	10000	3	14
200	10000	2	13

Ensimmäisiä havaintoja: Tyypeä saaneille tuhkakoealoille nousi maitohorsmakasvusto ensimmäisinä lannoituksen jälkeisinä kesinä.

Koe XXI. Hieskoivikon lannoituskoe (1985)

Koe perustettiin hydroturpeen kuivatuskentän osaan, missä on aikoinaan varastoitu puutavaraa ja yritetty viljellä kauraa. Varsinkin puutavaravaraston kohdalle syntyi luontaisesti tiheä hieskoivikko, josta löytyy myös muutamia rauduskoivuja. Puusto harvennettiin talvella 1983/84. Seuraavana vuonna koivikkoon perustettiin 12 lannoituskoealaa, joissa käytettiin seuraavia ravinmääriä (alkuaineena kg/ha):

N	P	K	B	Koealat
0	0	0	0	3, 7, 8, 11
0	50	93	1.1	5
0	100	187	2.2	2
100	0	0	0	1
100	50	93	1.1	12
100	100	187	2.2	9
200	0	0	0	10
200	50	93	1.1	4
200	100	187	2.2	6

Lannoitteena käytettiin oulunsalpietaria (360 ja 720 kg/ha) sekä suoPK-lannosta (550 ja 1100 kg/ha).

Koe 22. Varttuneen kuusikon lannoituskoe (1974)

Koe sijaitsee maantien varressa (ks. kartta 1). Koealue oli mustikkakorpiuuttumaa, jossa turvetta on noin 0.8 m. Alue oli ojitettu vuonna 1962, ja se täydennysojitettiin vuonna 1978 40 metrin sarkaan.

Puusto on luontaisesti syntynyttä kuusikkoa, perustettaessa yli 100-vuotista. Joukossa oli muutamia koivuja. Lähtöpuustoa oli 120-170 m³/ha. Koejärjestely tähtää korpikuu-

sikon tyyppien ja PK-tarpeen tutkimiseen ja on seuraavanlainen:

Lannoituskäsittelyt	Koealat	
O	4	6
N	1	7
PK	3	5
NPK	2	8

N = Nos 400 kg/ha (1974 ja 1985)

PK = SuoPK 500 kg/ha (1974 ja 1985)

Koe siis uusintalannoitettiin vuonna 1985. Veto-ojat perattiin vuonna 1983, jolloin puusto myös harvennettiin.

Tuloksia:

Paras tulos kokeessa saatiin NPK-lannoituksella. Tyyppien kasvua lisäävä vaikutus jäi odotettua heikommaksi, kuten seuraavasta asetelmasta havaitaan:

Lannoitus	N kpl/ha	V, m ³ /ha		Kasvu 1976-83	
		1975	1983	%	m ³ /ha/a ¹⁾
O	736	163	247	6,4	10,5
N	608	131	199	6,5	10,6
PK	602	154	239	6,9	11,2
NPK	666	141	223	7,3	11,9

1) Lähtötasokorjattu arvoja

Havaittiin myös, että puusto kasvoi jokseenkin tyydyttävästi myös ilman lannoitusta ja ilman lähtötasokorjausta (10,5 m³/ha/a). Koe kuuluu laajempaan koesarjaan, jonka mukaan NPK-lannoitus lisäsi varttuneen korpikuusikon vuotuista kasvua Etelä-Suomessa noin 1,4 m³/ha (Paarlahti ja Paavi-

lainen 1985), mikä on samaa suuruusluokkaa kuin varttuneissa rämemänniköissä (Paavilainen 1979).

4. YHTEENVETO

Kivisuon tapaista karua nevaa ei ole suositeltu ollenkaan ojitettavaksi, eikä valtiolta saa rahoitusapua tällaisiin hankkeisiin. Eri syistä maassamme on kuitenkin ojitettu jopa tätäkin suota epäedullisempia kohteita. Turpeennostokentän ulkopuolelta saadut koetulokset soveltuvat käytettäväksi vastaavilla, hyvin karuilla ojitusalueilla, Etelä- ja Keski-Suomessa.

Turpeennostokentän tulokset puolestaan paljastavat osan niistä ongelmista, jotka ovat ehkä tyypillisiä turpeennoston paljastamille suonpohjille, turvemaiden peltoheitoille ja rimpisille, suhteellisen runsasravinteisille nevoille. Tämä kaksijakoisuus on syytä muistaa koetuloksien soveltamista harkittaessa.

41. Ojitusalueen metsitys

Turpeenkuivatuskentän ulkopuolella, ilman turvekatetta Jääneellä alueella männyn ja koivun istutus on osoittautunut täysin kannattamattomaksi ilman oikeata peruslannoitusta (7, 12, 13).

NP-peruslannoituksen jälkeen saadaan täystiheitä mäntytaimikkoja istuttamalla, mutta ilmeisesti myös luontaisesti (12). Puuttomaksi jäänyt hydrologisen koekentän keskiosa puolestaan osoittaa, että ojitusinvestointikin voi mennä pahasti hukkaan, ellei tarpeellista peruslannoitusta suoriteta (1). Koivun kylvö ei näin karulla ojitusalueella näytä onnistuvan ollenkaan (13).

Turpeenkuivatuskentälläkään ei ilman peruslannoitusta viihdy kuin koivu, joka näyttää menestyvän parhaiten suon reunaosissa (koe XXI). Hieskoivun seassa on yllättävän runsaasti raudusta (7, 29, 30). PK-peruslannoituksen jälkeen saadaan hyviä tuloksia sekä männyn kylvöllä että istutuksella (koe III). Rauduskoivun istutus vaatii tuekseen NPK-peruslannoituksen (koe VI).

Kuusen istutus Kivisuolla on kärsinyt hallatuhosta ilman verhopuustoa (17). Luontaisesti syntynyttä kuusta Kivisuolla ei juuri tapaa. Mäntyistutuksen alla (koe II) kuusi on elossa, mutta kasvaa kituvasti voimakkaista lannoituksesta huolimatta (48). Siperialaisen lehtikuusen taimista kuoli pian istutuksen jälkeen suuri osa, mutta jäljelle jääneiden perusteella pääteltiin, että tämä puulaji olisi tarvinnut erilaisen peruslannoituksen kuin mänty (6).

Männyn istutustiheydet 2400 ja 2500 kpl/ha ovat osoittautuneet Kivisuolla liian alhaisiksi, mikä osittain aiheutuu istutuksenjälkeisestä kuolleisuudesta. Sensijaan riviviljelyssä istutustiheys 3600 kpl/ha (kasvuala 1 x 2,75m) on jonkin verran vähentänyt puuyksilöiden kasvua (koe XIII), mutta kuitenkin selvästi vähemmän kuin istutustiheys 7 300 kpl/ha (kasvuala 0,5 x 2,75m). Tuloksista voidaan päätellä, että sopiva istutustiheys turpeenkuivatuskentän puolella olisi ollut noin 3 000 kpl/ha. Luontaisella suonpinnalla istutustiheys olisi saanut olla huomattavasti pienempi.

42. Ojitusalueen lannoitus

Turvemaiden nykyiset lannoitusohjeet perustuvat osaltaan Kivisuon koetuloksiin (3, 5, 6, 8, 21, 26, 31, 32, 33) yksinkertaisesti siitä syystä, ettei turvemaiden missään muualla ollut yhtä laajaa lannoituskoekenttää 1960-luvun lopulla, jolloin ensimmäiset ojitusalueiden lannoitusohjeet laadittiin.

Lannoituskokeet osoittavat yksiselitteisesti, että Kivisuon turpeenkuivatusalueella olisi riittänyt männyn istutuksen yhteydessä PK-lannoitus ja sen ulkopuolella NP-lannoitus (7, 12).

Rauduskoivu on hyötynyt pienimmästä typpilisäyksestä eli 50 kg N/ha (koe VI). Siperialainen lehtikuusi puolestaan lisätystä fosforista (7).

43. Männyn jatkolannoitus

Kivisuolla lähdettiin kokeilemaan PK-jatkolannoitusta jo 10 vuotta peruslannoitusten jälkeen. Tulos oli tyrmistyttävä. Voimakkaimmin lannoitetuille alueille ilmestyi kasvuhäiriöitä, joiden todettiin aiheutuvan ravinnetasapainon häiriintymisestä ja boorin puutteesta (14, 15, 18, 28, 36, 38, 39, 43, 45-54). Kuolevasta puustosta sieni- ja hyönteistuhot levisivät lähiympäristön tasapainoisestikin lannoitetuille koealoille. Tuhon vuoksi jouduttiin suorittamaan hätähakkuu noin 9 ha:n suuruisella alueella. Kasvuhäiriö heikensi lähinnä puun teknistä laatua (35).

Kun PK-jatkolannoitus annettiin täsmälleen samalla tavalla peruslannoitetuille koealoille 15 vuotta peruslannoituksen jälkeen ei tuhoja ilmennyt mainittavasti (51). Monipuolisella pääravinteiden ja hivenravinteiden seoksella on havaittu olevan kasvuhäiriötä ennalta ehkäisevä vaikutus (48).

Kivisuon turpeenkuivatuskentällä suoritettavat kokeet osoittavat, että metsänviljelyn yhteydessä suoritettu laikkulannoitus on sitä tehokkaampi, mitä enemmän ravinteita on annettu, mutta 5-6 vuoden jälkeen laikkulannoitus ei enää riitä turvaamaan puun kasvua. Tällöin on suoritettava jatkolannoitus, mikäli halutaan puuston kasvavan moitteettomasti (koe V). Tällaista lannoitusjärjestelyä voidaan ajatella käytettäväksi harvaksi jääneissä taimikoissa, joissa vesoittumis- tai heinittymisvaara on suuri.

Täten saadaan jatkolannoituksen ajankohdalle kaksi erilaista käytännön suositusta:

1. 15-20 vuotta tehokkaan peruslannoituksen jälkeen
2. 5-6 vuotta laikkulannoituksen jälkeen

Jos peruslannoitus on ollut puutteellinen tai tasapainoton, tai mikäli kasvupaikan omat ravinnesuhteet ovat poikkeukselliset, voi jatkolannoitustarve ilmetä jo 8-10 vuotta peruslannoituksen jälkeen.

44. Lannoitustarpeen määrittäminen

Kivisuon lannoituskokeita on pyritty käyttämään lannoitustarpeen määrittämisessä muutenkin kuin mittaamalla puuston kasvua eri tavoin lannoitetuilla koealoilla. Jo 1960-luvulla aloitettiin pintakasvillisuuden (29, 30), ravinnepuutosoireistojen (31-33) ja juuristojen (22-25, 27) tutkimukset, joiden tavoitteena oli lannoitustarpeen määrittäminen. Täältä kerättiin myös ensimmäinen kesäaikainen neulasnäyteaineisto, joka sittemmin todettiin käyttökelpottomaksi, kun ryhdyttiin käyttämään talviaikana otettuja neulasnäytteitä (esim. 45, 52, 54). Kasvuhäiriötutkimusten yhteydessä on lannoitustarvetta yritetty määrittää myös turveanalyysin, injektiokokeiden ja kasvihuonekokeiden (15, 46) avulla ilman erityistä menestystä.

Paljolti Kivisuolla suoritettujen tutkimusten perusteella on päädytty nykyiseen käytäntöön, jossa lannoitustarpeen määrittäminen turvemailla tapahtuu seuraavasti:

1. Huikarin ravinteisuusluokituksen (8, 26) mukaan, kun kyseessä on nuori ojitusalue ja ensilannoitus
2. Reinikaisen ravinnepuutosoireita (31, 32) ed. apuna käyttäen, jos niitä on selvästi näkyvillä. Sopii myös toiseen puusukupolveen ja eri-ikäisille ojitusalueille syntyneisiin taimikoihin
3. Edellisten tukena käytetään neulasanalyysiä erityisesti, jos:

- esiintyy kasvuhäiriöitä
 - kyseessä on metsitetty pelto, neva tai muu puuton alue
 - kyseessä on vanha ojikkko, muuttuma tai turvekangas tai jatkolannoitus
 - muilla perusteilla suoritettu lannoitus on antanut kehnon kasvutuloksen
4. Turveanalyysi otetaan, ellei lannoitustarvetta voida selvittää em. menetelmillä.
 5. Lannoituskoe perustetaan, jos tilanne ei muuten selviä tai jos ongelman selvittämisellä katsotaan olevan laajempaa teoreettista tai käytännöllistä merkitystä
 6. Juuristoanalyysistä on hyötyä eräiden hivenravinneongelmien selvittelyssä
 7. Koko puun ravinnemäärien tutkimuksia (36) suoritetaan lähinnä vain, kun tutkitaan lannoitustoiminnan perusteita.

45. Lannoitelajitutkimukset

Kivisuolla sijaitsee osa laajemmasta fosfori- ja kalilannoitelajikokeiden sarjasta. Niiden perusteella on voitu todeta, että hidasliukoiset fosforiyhdisteet ovat käyttökelpoisia turvemaiden lannoitteina (10, 11). Samoin on voitu todeta, että epäilyt kalisuolan myrkyllisyydestä olivat turhia (koe IV).

Alueella on tehty myös pienialaisia kokeita hivenlannoitelajin paremmuuden testaamiseksi (koe XIX) ja entistä parempien hivenlannoiteseosten kehittämiseksi. On nimittäin todettu, etteivät paljon kokeissa käytetyt lannoiteboraatti ja kuparisulfaatti yhdessä annettuina sovi männylle (48) eivätkä koivulle (15).

Alueelle on perustettu myös tuhkalannoituskokeita, joista on julkaistu vasta muutamia alustavia tuloksia (16, 49).

46. Metsänparannustoiminnan sivuvaikutukset

Kivisuon turpeenkuivatuskentille ilmestyi 1960-luvun lopussa erittäin satoisa kangasrouskuesiintymä lannoitettujen juuri sulkeutuneiden männyn istutustaimikoiden alle. Ensimmäisten mittausvuosien tulokset osoittivat, että kangasrousku hyötyi samoista lannoitteista kuin mänty (P ja K), mutta kärsi typ-pilannoituksesta (7, 40-42 ja 44).

Alueella on tutkittu myös lannoituksen vaikutusta sienitau-teihin (19, 20), hirvituhoihin (koe VI), puiden hallankestä-vyyteen (16) ja kasvuhäiriöiden ilmaantumiseen (43). Hydro-logisella koekentällä on suoritettu karpalo- ja hillasatojen mittauksia ja sittemmin myös ravinteiden huuhtoutumistutki-muksia (1, 2), joita tätä kirjoitettaessa ollaan voimak-kaasti tehostamassa talviaikaisen lannoituksen päästöjen suuruuden määrittämiseksi.

KIVISUOTA KÄSITTELEVÄ
KIRJALLISUUS

1. Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilla soilla. Commun. Inst. For. Fenn. 111: 1-20.
2. "- & Paarlahti, K. 1988. Ravinteiden huuhtoutuminen talvella lannoitetulta metsäojitusalueelta. Summary: Leaching of nutrients from a peatland area after fertilizer application on snow. Suo 39:19-25.
3. Huikari, O. 1961. Koetuloksia metsäojitettujen soiden ravinnetalouden keinollisesta parantamisesta. Metsätaloudellinen aikakauslehti 5(1961).
4. "- 1972. H-kulttuuri. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja. Moniste. 2/1972: 1-19.
5. "- 1973. Koetuloksia metsäojitettujen soiden lannoituksesta. Summary: Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 1: 1-153.
6. "- 1974. Hivenaineet ja puiden kasvu. Metsä ja Puu 11/1974.
7. "- & Paarlahti, K. 1966. Kivisuon metsänlannoituskokeet. Kenttäopas. I painos. (II painos v. 1973, 57 s.).
8. "- & Paavilainen, E. 1972. Metsänlannoitus. 68p. Kirjayhtymä, Helsinki.
9. "- & Veijalainen, H. 1982. The Kivisuo fertilization area, introduction Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Excursion Guide, Leivonmäki-Kivisuo, 13.10.1982: 1-3.
10. Karsisto, K. 1976. Fosforilannoitelajit suometsien lannoituksessa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6(1976).
11. "- 1977. Kotimaisten fosforirikasteiden käyttökelpoisuus suometsien lannoituksessa. Suo 28.2.

12. Kaunisto, S. 1972. Lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ja luonnontaimien määrään rahkanevalla. Tuloksia Kivisuon koekentältä. Summary: Effect of fertilization on successful planting and the number of naturally born seedlings on a fuscum bog at Kivisuo experimental field. Folia For. 139: 1-11.
13. -"- 1973. Raudus- ja hieskoivun viljelystä metsäojitetulla suolla. Summary: Afforestation of open peatlands with Betula pubescens and Betula verrucosa. Suo 24.1.
14. Kolari, K. K. 1979. Hivenravinteiden puute metsäpuilla ja männyn k4svuhäiriöilmiö Suomessa - kirjallisuuskatsaus. Abstract: Micro-nutrient deficiency in forest trees and dieback of Scots pine in Finland - a review. Folia For. 389: 1-37.
15. -"- & Veijalainen, H. 1981. Boorin, kuparin ja kalkin vaikutus rauduskoivun alkukehitykseen kasvuhäiriöalueen turpeella. Summary: Effect of boron, copper and calcium on the initial growth of *Betula pendula* on peat from a growth disturbance area. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 31: 1-26.
16. -"- & Veijalainen, H. 1982. Experiment using non-industrial wood ash. Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Excursion Guide. Leivonmäki-Kivisuo 13.10.1982: 19-20.
17. Koskela, V. 1970. Havainnot kuusen, männyn, rauduskoivun ja siperialaisen lehtikuusen halla- ja pakkaskuivumisvaurioista Kivisuon metsänlannoituskoekentällä. Summary: On the occurrence of various frost damages on Norway spruce, Scots pine, silver birch and Siberian larch in the forest fertilization experimental area at Kivisuo. Folia For. 78: 1-25.
18. Kosonen, R. & Silfverberg, K. 1976. Havainnot "eskimosis" ilmiöstä männyllä Kivisuolla. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 8: 1-15.
19. Kurkela, T. 1965. Männyn lumikaristetaudin ja lannoituksen suhteesta Kivisuon metsänlannoitusalueella. Summary: On the relationship between the snow blight (*Phacidium infestans* Karst.) and fertilization in Scots pine seedlings.

- Folia For. 14: 1-8.
20. -- 1983. Early observations on die-back of Scots pine in the fertilization experiments at Kivisuo. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 10-13.
 21. Paarlahti, K. & Paavilainen, E. 1985. Turvemaiden varttuneiden kuusikoiden ja koivikoiden lannoitus. Ennakkotuloksia. Summary: The fertilization of mature spruce and birch stands on peat soils. Preliminary results. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 206: 4-18.
 22. Paavilainen, E. 1967. Juuristoanalyysin käyttömahdollisuus suometsien lannoitustarpeen selvittelyssä. Summary: Potential use of root analysis in determining the fertilizer requirements of peatland stands. Suo 18.6.
 23. -- 1968. Juuristotutkimuksia Kivisuon metsänlannoituskoe-kentällä. Summary: Root studies at the Kivisuo forest fertilization area. Commun. Inst. For. Fenn. 66(1): 1-31.
 24. -- 1969. Juuristojen ja kasvualustan hivenainepitoisuuksien välisistä suhteista suometsissä. Summary: On the correlation between the contents of trace elements in roots and growth substratum in certain peatland sites. Suo(2): 25-29.
 25. -- 1974. Die Einwirkung der Düngung auf die Wurzelverhältnisse der Kiefer auf Moorböden. II Intern. Symp. E kologie und Physiologie des Wurzelwachstums. Potsdam 1971.
 26. -- 1979. Metsänlannoitusopas. 112p. Kirjayhtymä. Helsinki.
 27. -- & Raitio, H. 1977. Männyn juuristosuhteista Kivisuon kasvuhäiriöalueella. Abstract: Pine root condition and growth disturbances. Folia For. 313: 1-16.
 28. -- & Veijalainen, H. 1982. Results from Experiment I at Kivisuo, Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Excursion Guide. Leivonmäki-Kivisuo 13.10.1982: 4-10.
 29. Reinikainen, A. 1964. Kasvillisuustutkimuksia Kivisuon rahkaturvealustaisilla lannoitusaloilla. Referat: Walddüngungsversuchsfeld von Kivisuo in Mittel-Finland. Folia For. 6: 1-17.

30. "- 1965. Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungs-Versuchsfeld des Moores Kivisuo, Kirchsp. Leivonmäki, Mittel.Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 59(5): 1-62.
31. "- 1967. The appearance of nutrient deficiency in plants growing in the experimental area for forest fertilization at Kivisuo. Proceedings of the 5th Colloquim of the International Potash Institute. Jyväskylä, Finland 1967.
32. "- 1968. Ravinteiden puuteoireista puulajeilla. Teoksessa: Jamalainen. E. A. Kasvien puutostaudit. Helsinki. Kirjayhtymä. s. 101-109, 123-124.
33. "- 1973. Koivulajien ravinnepuuteoireista turvemilla. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 3: 1-17.
34. "- 1982a. General geographic survey. In: Excursion Guide; Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Leivonmäki-Kivisuo 13.10.1982: i-iii.
35. "- 1982b. Wood quality and growth disturbances. Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Excursion Guide. Leivonmäki-Kivisuo 13.10.1982: 38.
36. "- & Silfverberg, K. 1983. Significance of whole-tree nutrient analysis in the diagnosis of growth disorders. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 48-58.
37. Ristaniemi, O. 1985. Keski-Suomen muinaisrannat. Keski-Suomen Seutukaavaliiton julkaisu N:o 73B. Jyväskylä.
38. Silfverberg, K. 1979. Männyn kasvuhäiriön ajoittuminen ja alkukehitys turvemaan boorinpuutosalueella. Abstract: Phenology and initial development of a growth disorder in Scots pine on boron decificent peatland. Folia For. 396: 1-19.
39. "- 1983. Development of growth disturbance in Scots pine. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 31-35.
40. Veijalainen, H. 1974a. Berries, mushrooms and wild life on drained peatlands. Proceedings of the International Symposium on Forest Drainage. Jyväskylä-Oulu, Finland, 1974.
41. "- 1974b. Metsäojitusalueiden sienisadosta. Summary: Mushroom production on drained peatlands. Suo 25(2): 31-33.

42. -"- 1974c. Ojitettujen soiden sienisadosta. Sienilehti 2.
43. -"- 1975. Kasvuhäiriöistä ja niiden syistä metsäojitusalueilla. Summary: Dieback and fertilization on drained peatlands. Suo 26(5): 87-92.
44. -"- 1976. Effect of forestry on the yields of wild berries and edible fungi. Ecol. Bull. 21: 63-65.
45. -"- 1977. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittäksessä turvemailla. Commun. Inst. For. Fenn. 92(4): 1-32.
46. -"- 1978. Kuparilannoitteiden vaikutus rauduskoivun pituuskasvuun kasvuhäiriöalueen turpeella. Kasvihuonekoe. Esitulosia. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2: 1-5.
47. -"- 1979. Hivenlannoitteiden Cu, B ja Mn vaikutus kasvuhäiriöpuuston elpymiseen Kivisuolla. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 6: 1-10.
48. -"- 1981. Hivenlannoituksen vaikutus istutusmännikön kehitykseen turvemaalla. Summary: Long-term responses of Scots pine to micronutrient fertilization on acid peat soil. Folia For. 477: 1-15.
49. -"- 1982a. Micronutrient mixture experiment in an intensively fertilized Scots pine stand. Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Excursion Guide. Leivonmäki-Kivisuo 13.10.1982: 12-18.
50. -"- 1982b. Refertilization and growth disorders, Kivisuo I, 2. Ibid: 21-25.
51. -"- 1982c. Results of micronutrient fertilization experiments at Kivisuo. Ibid. 32-37.
52. -"- 1982d. Bark ash fertilization. Int. Workshop on Growth Disturbances of Forest Trees. Ibid: 39-41.
53. -"- 1983. Preliminary results of micronutrient fertilization experiments in disordered Scots pine stands. Commun. Inst. For. Fenn. 116: 153-159.
54. -"- 1984. Hivenlannoituksen vaikutus erään istutusmännikön ravinnetalouteen turvemaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 126: 1-19.

ISBN 951-40-1012-4

ISSN 0358-4283

Hakapaino Oy, Helsinki 1988