METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Suontutkimusosasto
PL 18
01301 Vantaa 30

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA

1/1973

KOETULOKSIA METSÄOJITETTUJEN SOIDEN LANNOITUKSESTA.

Results of fertilization experiments on peatlands drained for forestry

Olavi Huikari

Helsinki 1973

Alkusanat

Metsittymään jääneet suoviljelykset ovat antaneet selviä viitteitä siitä, että lannoituksen ja maanmuokkauksen sekä ojituksen avulla voidaan alunperin hyvinkin ravinneköyhistä soista saada pitkäaikaisesti korkeatuottoisina pysyviä metsämaita. Ensimmäiset varsinaisesti metsänkasvatusta varten perustetut lannoituskokeet tehtiin soille heti metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston perustamisen jälkeen professori O.J. Lukkalan johdolla. Professori Lukkalan perustamat kokeet ovat kansainvälisestikin ajatellen varauksettoman tunnustuksen ansaitsevat. Niistä saatujen kokemusperäisten korvaamattoman arvokkaiden tietojen, joita Lukkala on useissa julkaisuissa selvittänyt, pohjalta on koetoimintaa ollut suhteellisen helppo viedä eteenpäin. Kokeita onkin sittemmin laajennettu jatkuvasti.

Metsäntutkimuslaitoksen maiden ulkopuolella on kokeita runsaimmin metsähallituksen mailla. Monet maanomistajat ovat perustaneet kokeita aivan itsenäisestikin saaden niistä apua omassa metsätalouden harjoittamisessa. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosasto on kaikissa vaiheissa saanut erikoisen merkittävää apua metsähallituksen suonkuivausosastolta, jossa osastopäällikkö, metsäneuvos Paavo B. Mansner, ylitarkastaja Arthur Bockström, ylimetsänhoitaja Urho Metsänheimo ja ylitarkastaja Olavi Klemelä sekä kaikki suonkuivausmetsänhoitajat ovat aktiivisesti koetoimintaa laajentaen ja itsenäisestikin kokeita

perustaen merkittävällä tavalla vaikuttaneet siihen, että maassamme on varhain ollut käytettävissä varsin laajat lannoituskoekentät soiden metsätaloudellista hyväksikäyttöä varten.

Erityisellä kiitollisuudella on myös mainittava H.G. Paloheimo Oy:n edesmenneen metsäpäällikön, metsänhoitaja Hannu Tengmanin aktiivinen kiinnostus jo varhaisessa vaiheessa riittävän laajojen lannoituskokeiden aikaansaamiseen. Tältä pohjalta maassamme on nyt iältäänkin jo huomattavat metsäojitettujen rahkasoiden typpilannoituskoekentät.

Tässä samassa yhteydessä on kiitollisuudella mainittava myös se tuki, mitä soiden metsänlannoituskoetoiminta on saanut sekä koti- että ulkomaiselta lannoiteteollisuudelta. Typpilannoituskokeiden laajemmalle perustamiselle antoi sysäyksen Ruhr-Stickstoff AG:n edustajien johtaja Karl Ramünken ja diplomlandwirt Herman Mayer-Krapollin käynti Suomessa v. 1956 tutustumassa metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston järjestämiin lannoituskokeisiin. Ruhr-Stickstoff AG on tukenut koetoimintaamme huomattavilla lannoitelahjoituksilla. Myös Norsk-Hydro ja Thomasfosfat Gesellschaft ovat toimittaneet koetarkoituksiin lannoitteita, jotka ovat merkittävällä tavalla täydentäneet kokeita. Erikoisesti on mainittava tunnettujen metsänlannoitustutkijoiden tohtori Hubert Baulen (Verkaufsgemeinschaft Deutscher Kaliwerke GmbH) ja agr., metsänhoitaja Claude Frickerin (Societe Commerciale des Potasses et de l'Azote) monet asiantuntijaneuvot ja heidän yhtiöittensä lannoitelahjoitukset. Tämä tuki on

meille jatkuvasti esimerkkinä mitä parhaimmalla tavalla toteutetusta kansainvälisestä yhteistyöstä.

Kotimaisista lannoitteiden maahantuojista on erityisellä kiitollisuudella mainittava Berner Oy ja johtaja Väinö Suontaan henkilökohtainen työ lannoituskoetoiminnan edistämisessä. Rikkihappo Oy on tukenut metsäojitettujen soiden lannoituskoetoimintaa sekä lannoitelahjoituksin että avustaen tulosten käsittelyssä. Vuorineuvos Martti Hovin samoin kuin kaikkien muidenkin Rikkihappo Oy:n edustajien asenne on ollut jatkuvasti koetoimintaa kohtaan mitä positiivisin ja yhtiöstä saamamme tuki suuriarvoista ei yksinomaan taloudellisessa vaam myöskin asiantuntemuksellisessa mielessä. Typpi Oy on myöskin tukenut koetoimintaa monin tavoin.

Kokeiden perustamisesta aiheutuu suuria kustannuksia ei vain lannoitteiden osalta vaan myös lannoitteiden levityksen ja kokeiden merkitsemisen osalta. Maanomistajan kannalta ei ole katsottava suinkaan vähäiseksi menetykseksi sitä, että hänen omistuksessaan olevaa maata sidotaan pitkiksi ajoiksi koeruutuihin, joiden alueella metsikön käsittely tapahtuu normaalin metsätalouden rytmistä poiketen ja eräillä koeruuduilla saatetaan jopa aiheuttaa puiden täydellinen kuoleminenkin. Niille lukuisille maanomistajille, jotka ovat tarjonneet maitaan koetoiminnan käytettäväksi ja säilyttäneet kokeet erikoisasemassa, esitän parhaimmat kiitokset.

Koekenttien suunnittelussa ja aineistojen mittausten sekä laskennan valvonnassa olen saanut korvaamatonta apua erikoisesti maat.-metsät. lisensiaatti Kimmo Paarlahdelta.

Metsäteknikot Aarne Rantalahti ja Toivo Välivuori ovat valvoneet suurimman osan kokeiden perustamisista ja mittaustöistä vanhimmista kokeista alkaen. Metsänhoitajat Pertti Östman ja Leo Lintu ovat suorittaneet tulosten laskennassa ja laskennan valvonnassa päätyön. Maisteri Pentti Kanerva ja luonnontiet. kand. Matti Eronen ovat ohjanneet aineiston matemaattisen käsittelyn. Kaikille edellä mainituille samoin kuin muillekin tämän julkaisun valmistelussa avustaneille esitän parhaat kiitokset.

Helsingissä toukokuun 2 päivänä 1966

Olavi Huikari

Tämä käsikirjoitus on ollut metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastossa neljänä kappaleena tutkijoiden käytettävissä osittain jo vuoden 1961 alusta alkaen. Kivisuon tulososa lisättiin vuonna 1965. Käsikirjoituksen tiedot ovat olleet perustana kaikissa lannoitusohjeissa. Mm. sellaiset kysymykset kuin typen, fosforin ja kalin lisäystarve eri suotyypeillä sekä erikoisesti typpilannoituksen tarpeen rajan määritys on suoritettu tässä käsikirjoituksessa esitettyihin tietoihin perustuen. Käsikirjoitusta ei ole esitetty painatettavaksi metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoissa lähinnä siitä syystä, että tässä esitetyistä kokeista on ollut jatkuvasti saatavissa uutta tietoa

ja tämän perustana olevan hyvin monivivahteisen ja laajan kenttäkoemateriaalin uudelleen käsittely olisi sitonut yhtenä kokonaisesityksenä liian paljon tutkijakapasiteettia, sekä allekirjoittaneen että muiden tutkijoiden osalta. Katsottiin olevan tärkeintä, että käsikirjoituksessa esitetyt tiedot ovat tutkijoiden käytettävissä, jolloin eteneminen erillistutkimuksissa rakentuu varmalle pohjalle.

Helsingissä 4 päivänä tammikuuta 1973

Olavi Huikari

Tämä julkaisu omistetaan professori Lukkalan muistolle

SISÄLLYSLUETTELO

		sivu
Alkusanat		
1.	Johdanto	9
2.	Koetoiminnan nykyinen laajuus	11
3.	Puiden kasvuun soilla vaikuttavista tekijöistä	12
	31. Ilmastolliset tekijät	12
	32. Maaperälliset tekijät	14
	(321. Vesitalous)	
	322. Ravinnetalous	14
4.	Maanparannuskokeet	20
	41. Mineraalimaan lisäys ja maan muokkaus	20
	42. Kalkitus	26
	43. Tuhkalannoitus	30
	44. Suonpinnan peittokokeet	40
5.	Väkilannoitekokeet	43
	51. Tutkimusmateriaali, koetulosten mittaus ja laskenta	43
	52. Lannoituksen vaikutus	51
	521. Eri ilmastoalueilla	51
	522. Eri ravinteisuustasoilla	56
	5221. Typpilannoitus	56
	5222. Fosforilannoitus	57
	5223. Kalilannoitus	58
	523. Kalkituksen vaikutus väkilannoitteiden ohella	60
	5231. Kalkituksen vaikutus eri suotyypeillä	61

sivu

5232. Kalkittujen ja kalkitsemattomien vertailu 63

524. Lannoituksen vaikutuksen kestävyys 65

525. Lannoituksen kuutiokasvua lisäävä vaikutus 72

526. Lannoituksen kannattavuus 77

6. Lannoitus ja ojitusteho 82

61. Lannoitus ja sarkaleveys 82

62. Lannoitus ja ojasyvyys 83

7. Erikoiskentät 89

71. Kivisuo 89

711. Hajalannoitus 90

712. Laikkulannoitus 97

713. Haja- ja laikkulannoituksen vertailu 97

714. Horsman esiintyminen 103

715. Hivenaineet 104

716. Lannoitustapakoe 105

717. Hies- ja rauduskoivun luontainen uudistuminen erilailla lannoitetuilla aloilla 110

72. Vertailevat kokeet eri lannoitelajeilla 120

721. Typpilannoitelajit 120

722. Fosforilannoitelajit 127

723. Kalilannoitelajit 135

8. Yhdistelmä 138

9. Kirjallisuusluettelo 141

10. Summary 146

1. Johdanto

Soiden metsätaloudellisessa hyväksikäytössä on toiminta kohdistunut pääasiassa kasvualustan vesitalouden parantamiseen ojituksen avulla. Ojitusta on suoritettu yleensä vain luontaisesti niin ravinnerikkailla mailla, että ne pystyvät ilman keinollista ravinnelisäystä tuottamaan puuta noin 50 m:n sarkaleveydellä toteutetulla ojituksella kiertoajan keskikasvuna yli 2 k-m^3 hehtaarilla vuodessa.

Soita on maassamme kaikkiaan 9,7 milj. hehtaaria ja soistuneita kangasmaita 1,5 milj. hehtaaria. Soita on ojitettu metsänkasvatusta varten Suomessa jo 2,5 milj. hehtaaria. Edelleen on ojittamattomana ilmastollisesti edullisissa oloissa 3,5 milj. hehtaaria sellaisia soita ja soistuneita kankaita, jotka voidaan muuttaa pelkällä ojituksella luontaisiin ravinnevaroihin perustuen kasvullisiksi metsämaiksi. Ojituksen ja lannoituksen avulla on tämän lisäksi mahdollista saada kasvullista metsämaata vielä noin 2,4 milj. hehtaaria (HUIKARI ja NUMMINEN 1964).

Ojitustyöt tehtiin 1950-luvun alkupuolelle saakka jokseenkin yksinomaan lapiotyönä. Kehitettyjen ja käyttöön otettujen metsäoja-aurojen ja muiden koneellisten ojankaivuvälineiden ansiosta on ojituskustannuksia saatu alennetuksi aikaisemmasta lapiokaivun kustannustasosta erittäin merkittävästi. Ojituksen kustannukset aurausmenetelmällä jälkisiivouksineen olivat v. 1955 tuntivuokrakonetyömailla 0,32 mk/m. Lapiokaivun kustannukset olivat samaan aikaan noin 1,19 mk/m (HUIKARI 1958).

Kun oja-aurojen merkityksestä kustannustason alentajina ja ojitustyön suorituksen nopeuttajina oli saatu koetoiminnassa varma käsitys, kävi myös ilmeiseksi, että aikaansaatua kustannussäästöä voidaan käyttää hyväksi mm. ojitusalueiden lannoituksessa kokonaiskustannusten silti nousematta niin suuriksi, että toimenpide olisi taloudellisesti vähemmän edullinen kuin ojitus lapiokaivulla. Niinpä ryhdyttiinkin metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta järjestämään 1950-luvun alkuvuosista lähtien mahdollisimman suuria ja perusteellisia lannoituskokeita metsäojitetuille soille maamme kaikkiin osiin.

Ensimmäiset metsäojitettujen soiden maanparannuskokeet perustettiin nimenomaan metsänkasvatus mahdollisuuksien tehostamista silmällä pitäen Vilppulan Jaakkoinsuolle 1926, kalkituskokeet vuonna 1929 ja väkilannoitekokeet vuonna 1930 Korkeakosken Siikanevalle, Ruotsinkylän kokeilualueen Suomisen rämeelle ja Raivolan kokeilualueen Pahasuolle.

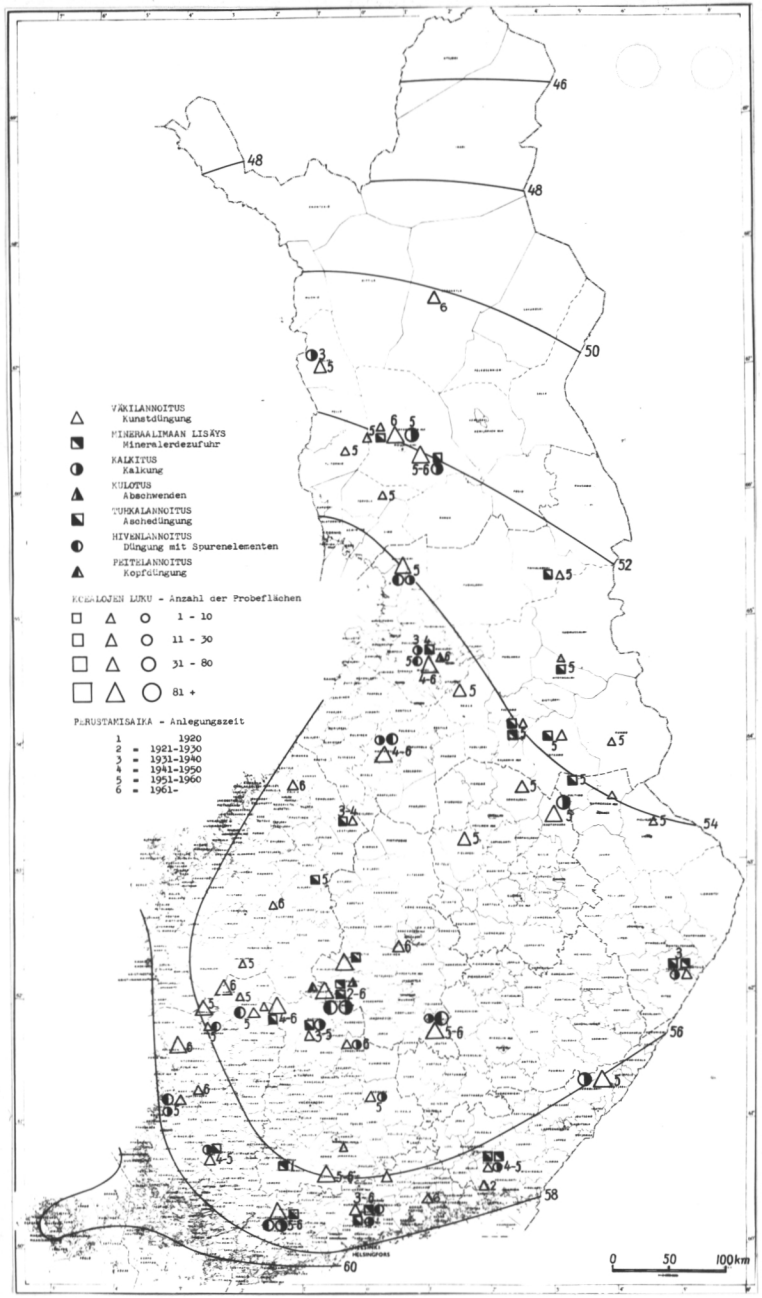
Koetoiminnan tuloksista on eri yhteyksissä esitetty ennakkotietoja sekä annettu metsäojitettujen soiden lannoituksen yleisohjeet. Tässä yhteydessä esitetään metsäojitettujen soiden maanparannus ja lannoituskoetoiminnan laajuus ja sisältö vuoden 1964 loppuun mennessä sekä suoritettujen mittausten antamat päätulokset.

2. KOETOIMINNAN NYKYINEN LAAJUUS

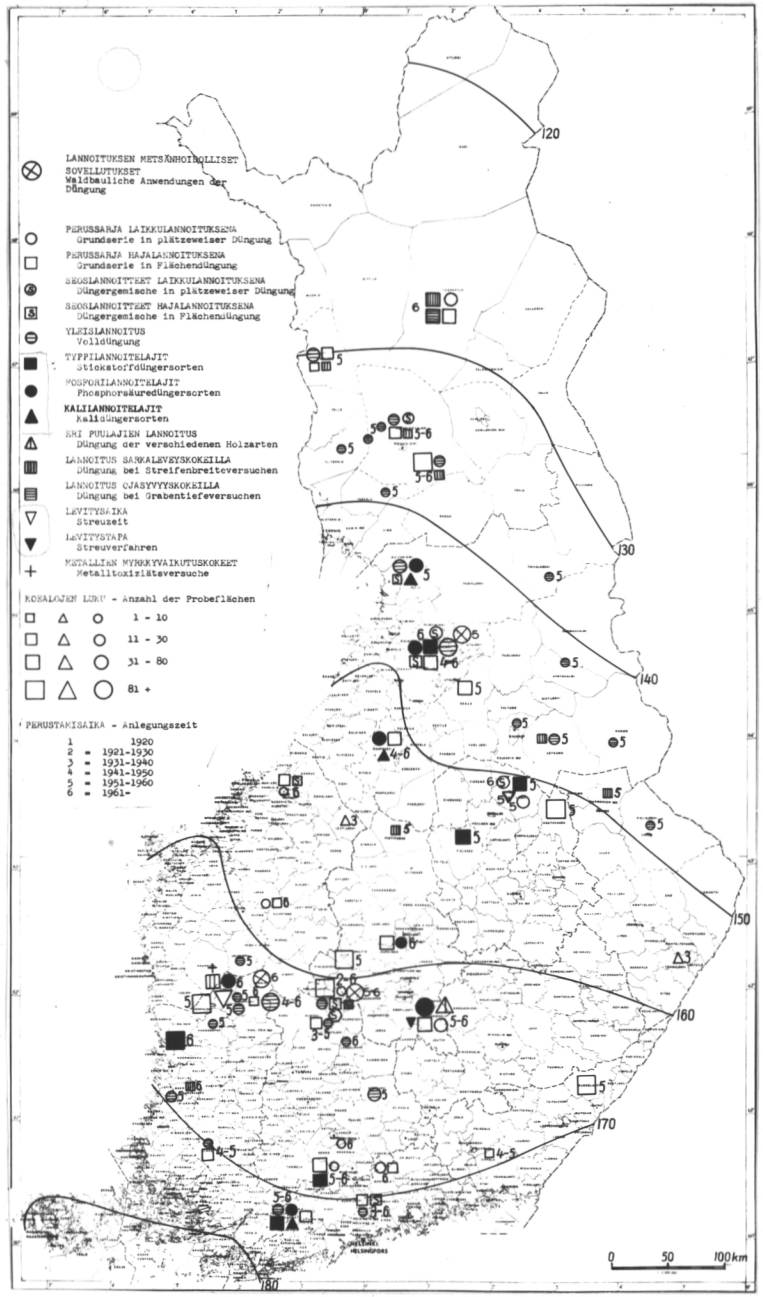
Kuvissa 1 ja 2 esitetyistä kartoista käy selville metsäojitettujen soiden kasvualustan ravinteisuuden parannuskokeiden sijainti, laatu, laajuus ja ikä vuoden 1964 lopussa.

Maanparannus- ja lannoituskoekenttiä oli vuoden 1964 lopussa yhteensä noin 530 kappaletta. Niiden yhteenlaskettu pinta-ala oli noin 700 hehtaaria ja niissä on noin 5 000 koealaa.

Vaikkakin nykyinen koetoiminta peittää jo sangen monipuolisesti eri osissa maata koetoiminnan tarpeen on sitä viime vuosina huomattavasti laajennettu eri maanomistajien ja tutkimusorganisaatioiden toimesta. Tästä eteenkin päin on koetoimintaa jatkuvasti uudistettava ja laajennettava aikaisemman koetoiminnan antamien tulosten pohjalta sekä mm. lannoiteteollisuuden kehittämien uusien lannoitteiden käyttömahdoolisuuksien selvittamiseksi. Samoin vaatii laajaa koetoiminnan lisäystä sen seikan selvittäminen, mitä muutoksia lannoituksen käyttö tuo mukanaan ja tekee mahdolliseksi metsänhoidossa kaikissa puuston kasvatuksen eri vaiheissa.



Kuva 1. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston valvonnassa olevat metsäojitetuille soille perustetut kasvualustan ravinnetalouden parantamiskokeet sekä kokonaissäteily vaakasuoralle pinnalle (kcal/cm^2) touko-syyskuussa.



Kuva 2. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston valvonnassa olevat metsäojitetuille soille perustetut väkilannoituskokeet sekä termisen kasvukauden pituus vrk (vuorokauden keskilämpötila vähintään +5°C).

3. PUIDEN KASVUUN SOILLA VAIKUTTAVISTA TEKIJÖISTÄ

Puiden menestymistä sääteleviä tekijöitä ryhmiteltäessä voidaan ne jakaa mm. ilmastollisiin ja maaperällisiin tekijöihin. Näiden keskinäistä merkitystä on yksityiskohtaisesti käsitelty erillistutkimusten pohjalta mm. julkaisussa HUIKARI (1965), joten tässä yhteydessä esitetään vain eräitä metsäojitettujen soiden lannoitukseen liittyviä peruspiirteitä.

31. Ilmastolliset tekijät

Jo se, että metsät ovat Suomessa vallitseva kasvillisuus, ilmaisee yleisilmastollisten olosuhteiden olevan maassamme metsiä muodostavien puiden menestymiselle suhteellisen edulliset. Todistuksena siitä, että valosäteilyn määrä on riittävä korkeaan kasviaineksen tuotantoon, ovat mm. kasvihuoneviljelmät (HIETANEN, Torakankorva), joissa pystytään tuottamaan suuria satoja yksinomaan auringon säteilyn avulla jopa napapiirin pohjoispuolella. Korkeimmat metsien kasvusta mitatut tulokset osoittavat, että tärkeimmät puulajimme pystyvät tehokkaasti käyttämään hyväksi saatavissa olevan valosäteilyn, ja se tuskin missään tapauksessa on metsien kasvun välittömänä minimitekijänä maassamme (HUIKARI, 1965). Maatalouspuolella ovat mm. POHJAKALLION (1933) apilattomien nurmien sadonlisäyksiä eri osissa maata koskevat tutkimukset osoittaneet, että Lapissa on lannoituksella päästy yhtä suuriin, jopa suurempiinkin perussadon lisäyksiin kuin Etelä-Suomessa kuten taulukosta 1 havaitaan. Yleisilmasto ei siis ole ollut kasvua välittömästi rajoittava minimitekijä nurmienkaan kasvatuksessa, jossa on kysymys pitkänpäivän kasvien solutuotannosta samoin kuin maamme metsien pääpuulajienkin kasvatuksessa.

Taulukko 1. Apilattomien nurmien perussadon lisäys paikalliskokeiden antamien tulosten perusteella täyslannoituksen saaneilla viljelyksillä hiekka-, hieta- ja hiekkamultamailla POHJAKALLION (1933) tutkimusten mukaan eri osissa maata.

Alue	Perussadonlisäys keskimäärin kg/ha
Ahvenanmaan maakunta	300
Turun ja Porin läänin etelä- ja lounaisosa	1 360
Uudenmaan ja Kymen l. eteläosa	1 300
Eteläisin sisämaan alue	1 360
Turun ja Porin l. sekä Hämeen l. pohjoisosa	1 490
Kymen lääni	1 570
Mikkelin ja Kuopion l. sekä Keski-Suomen l. eteläosa	1 390
Pohjois-Karjalan lääni	1 380
Vaasan läänin länsiosa	1 720
Vaasan l. itäosa ja Keski-Suomen l. pohjoisosa	2 150
Oulun läänin länsiosa	1 310
Oulun läänin itäosa	1 470
Lapin lääni	2 400

PUUSTJÄRVEN (1959 ja 1960) tekemät yhteenvedot timotein (Phleum pratense) perussadoista paikalliskokeiden tulosten valossa osoittavat taulukon 2 mukaisesti, että timotei antaa lannoituksen avulla suoviljelyksillä Lapissa vähintään yhtä hyvän satotuloksen kuin Etelä-Suomessa. Puustjärven mukaan on tämä selitettävissä siten, etta kasvukausi on timoteille riittävän pitkä ja lämmin Pohjois-Suomessakin. Tuloksista on myös pääteltävissä, että säteilyenergian saanto ei voi olla Etelä-Suomessa välitön minimitekjä soluaineksen muodostuksessa.

Taulukko 2. Timotein (Phleum pratense) perussadot soiden eri boniteettiluokissa (Bo 1-10) suoviljelyksillä paikalliskokeiden tulosten perusteella PUUSTJÄRVEN (1959 ja 1960) mukaan.

Bo	Sato kg/ha	
	Etelä-Suomi	Pohjois-Suomi
3	4620	5050
4	3350	5370
5	5330	4600
6	5710	5140
7	5570	6300
8	5670	6970
9	5910	6000
Keski-määrin	5166	5633

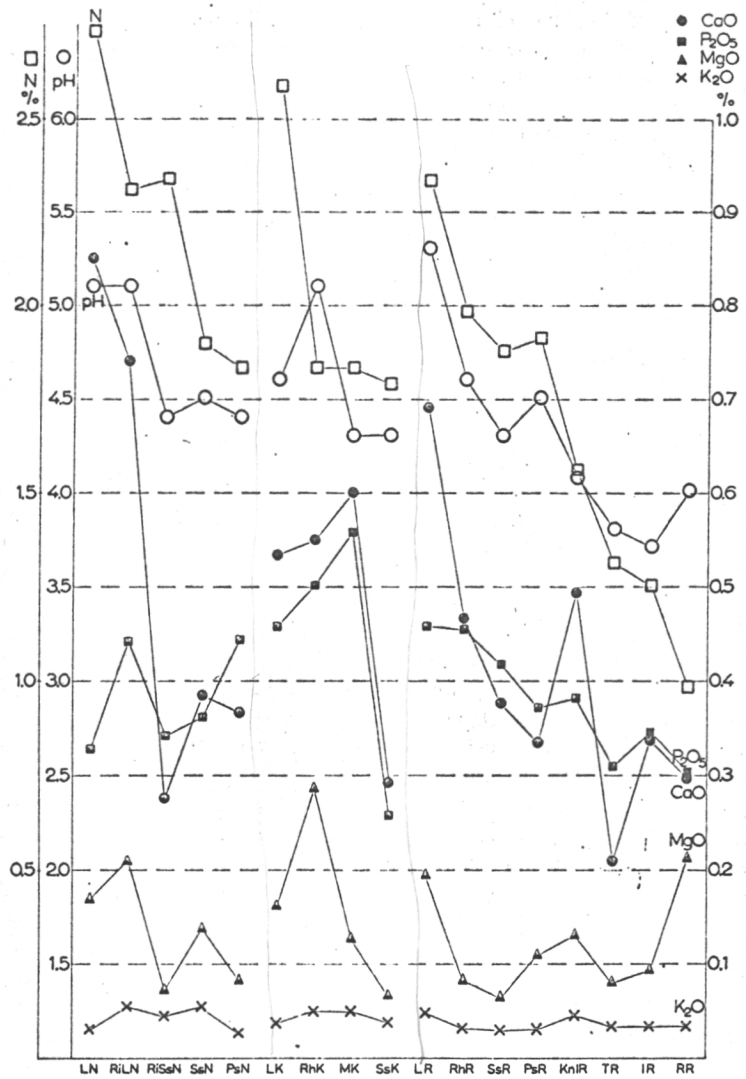
32. Maaperälliset tekijät

322. SOIDEN LUONTAINEN RAVINNETALOUS

Suot voidaan luontaisen ravinnepitoisuuden perusteella jakaa kuuteen ravinteisuusluokkaan "Ojitusopas" kirjassa (HUIKARI, MUOTIALA, VÄRE, 1963) esitetyllä tavalla.

Tämän tutkimuksen materiaaleja käsiteltäessä on luokitteluperustana käytetty Ojitusoppaassa esitettyä ravinteisuusluokitusta. Eri ravinteisuustasojen, eräiden suotyyppien pintaturpeen happamuus sekä typpi- fosfori- kali- kalkki- ja magnesiapitoisuus on esitetty kuvassa 3 VAHTERAN (1955) tutkimusten avulla laadittuna yhdistelmänä.

Turvemaat ovat yleensä varsin happamia maita pH- arvon vaihdellessa yleisimmin alueella 3,5 - 5,0. Kaikkein happamimpia ovat Sphagnum fuscumin vallitsemat rahkasuot, joiden turpeen pH saattaa olla jopa alle 3,5. Vähiten happamia ovat kalkkirikkaiden letto- ja lehtosoiden turpeet.



Kuva 3. Eräiden suotyyppien pintaturpeen ravinnepitoisuus ja happamuus Vahteran tutkimuksiin perustuen.

Suot ovat yleensä varsin typpirikkaita typpipitoisuuden vaihdellessa n. 1 - 2,5 % turpeen kuivapainosta. Kaikkein korkeimmat typpipitoisuudet tavataan letto - ja lehtomaisilla sekä ruohoisilla suotyypeillä, alhaisimmat Spahagnum fuscumin vallitsemilla rahkasoilla. Hiilen ja typen välinen suhde (C/N) on soissa yleensä varsin korkea vaihdellen välillä 15 - 38. C/N-suhteen lukuarvo on siis yleensä yli 10.

Turvemaat ovat sangen fosforiköyhiä. VAHTERAN (1955) tutkimusten mukaan P_2O_5-pitoisuudet vaihtelevat välillä 0,2 - 0,7 % turpeen kuivapainosta. Turpeiden fosforista on vain pieni osa, KAILAN (1956) mukaan vain 5 - 45 %, kasveille käyttökelpoisessa muodossa, loppu on vaikealiukoisina orgaanisina yhdisteinä.

Turpeiden kalipitoisuus vaihtelee n. 0,01 - 0,10 % K_2O turpeen kuivapainosta. Kalipitoisuus on ilmeisesti varsin voimakkaasti riippuvainen pinta- ja tulvavesien mukana suolle kulkeutuvista mineraaliainesmääristä sekä turvekerroksen paksuudesta. Laaja-alaiset ja paksuturpeiset suot ovat kaliköyhimpiä.

Turpeiden kalkkipitoisuus vaihtelee yleensä n. 0,2 - 1,0 % CaO turpeen kuivapainosta. Kalkkialueiden ravinnerikkaissa letto- ja lehtosoissa CaO- pitoisuus saattaa kohota aina 2 %:iin.

Turpeiden magnesiapitoisuus vaihtelee esim. VAHTERAN (1955) tutkimusten mukaan välillä 0,05 - 0,30 % MgO turpeen kuivapainosta. Magnesiapitoisuuden vaihtelut ovat hyvin samansuuntaisia kalkkipitoisuuden vaihtelujen kanssa.

SALMEN (1950) tutkimusten mukaan on kuparia soiden turpeissa noin 0,01 - 0,06 % tuhkamäärästä. Sinkkiä on yleensä alle 0,1 % ja mangaania 0,1 - 0,3 % tuhkamääräsatä.

Turpeet luokitellaan niitä muodostaneen alkuperäisen kasvillisuuden perusteella rahkaturpeisiin (St), saraturpeisiin (C-t), puunjäänneturpeisiin (L-t), eutrofisten rahkasammalten muodostamiin turpeisiin (EuS-t) ja ruskosammalturpeisiin (P-t) sekä näiden turvetekijöiden erilaisten seosten muodostamiin turpeisiin. Taulukossa 3 on esitetty turvelajien keskimääräistä ravinteisuutta kuvaavia arvoja HEIKURAISEN (1960) eri tutkijoiden tuloksista kokoamana asetelmana. Sadannekset ovat turpeen kuiva-ainepainosta laskettuja kokonaisravinnepaljouksia. Painoyksikköinä hehtaaria kohden (ton/ha, kg/ha) ilmoitetut luvut tarkoittavat 20 cm:n paksuisen pintakerroksen sisältämiä ravinnemääriä.

Taulukko 3. Turvelajien keskimääräistä ravinteisuutta kuvaavia arvoja.

Turve-laji	Tuhka o/o	N %	CaO		K_2O		P_2O_5		pH
			o/o	ton/ha	o/oo	kg/ha	o/oo	kg/ha	
S-t	3,0	1,2	0,4	1,5	0,20	200	0,6	250	3,5
CS-t	6,0	1,8	0,7	2,5	0,25	300	1,0	400	4,2
LS-t	6,0	1,8	0,6	1,8	0,50	600	1,6	500	4,3
C-t	9,0	2,5	1,0	4,0	0,30	300	1,4	450	5,0
SC-t	8,0	2,1	0,7	2,5	0,25	300	1,4	450	4,7
EuSC-t	10,0	2,3	1,2	4,5	0,60	700	1,3	400	5,5
LC-t	10,0	2,2	1,1	4,0	0,60	700	2,1	700	4,8
BC-t	10,0	2,2	1,9	7,5	0,50	600	1,6	650	5,7
SL-t	6,0	1,7	0,7	2,5	0,70	800	1,6	600	4,3
CL-t	10,0	2,2	1,1	4,0	0,80	900	2,1	700	4,8

Seuraavassa ~~asetelmassa~~ on esitetty VAHTERAN (1955) esittämä eri hyvyysluokkien ravinnepitoisuutta selvittävä asetelma. Asetelmassa hyvyysluokka vastaa LUKKALA - KOTILAINEN (1951) julkaisun metsäojituskelpoisuusluokkaa viisi luokkaisessa jaoituksessa.

Hyvyysluokka Qality class	I	II	III	IV	V
Tuhka Ash %	10	9	9	6	3
N %	2,3	2,0	1,9	1,8	1,0
CaO %	0,65	0,50	0,45	0,30	0,30
MgO %	0,20	0,14	0,15	0,09	0,21
P_2O_5 %	0,45	0,47	0,36	0,35	0,30
pH	5,0	4,5	4,5	4,2	4,0

4. MAANPARANNUSKOKEET

41. Mineraalimaan lisäys ja maan muokkaus

Suoviljelysten yhteydessä on turvemaiden mineraaliainespitoisuutta lisätty sekoittamalla turvemaan pintakerrokseen savea tai hiekkaa. Tällä tavalla käsitellyistä suoviljelyksistä on eräitä jäänyt metsittymään ja siten muodostunut metsätaloudellisessa mielessä mielenkiintoisiksi kokeiksi. Tällaisesta esimerkkinä mainittakoon (taulukko 4) Tammelan pitäjässä maanviljelijä Juho Tapanin omistuksessa oleva Torronsuon metsittynyt suoviljelys, jota metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta on jo pitkän aikaa seurattu puustonmittauksilla, vrt. LUKKALA (1949). Suo on alkuaan ollut rahkanevaa turvekerroksen paksuuden ollessa yli 4 m.

Vuonna 1904 suoritettu ojitus, raivaus ja maan muokkaus sekä saveus ja kalkitus ovat tehneet mahdolliseksi erittäin huomattavan kasvun lisäyksen. Puusto on kehittynyt järeäksi tukkipuustoksi.

Taulukko 4. Vuonna 1904 viljelyksen ojitetun ja raivatun, savet[illegible] ja kalkitun, noin v. 1910 luonnonsiemennyksestä metsittymään jääneen rahkanevan puusto. Tammela, Torronsuo.

Koealan n:o	mittaus vuosi	Jäljellä oleva puusto: runkoluku kpl/ha			keskiläpimitta cm			valtapituus m			järeätä puuta $D_{1.3}$ 20 cm yli kpl/ha	kuutiomäärä kuorineen m³/ha		Kasvu kuoretta	Kokonaistuotos kuorineen
		mä	ku	ko	mä	ku	ko	mä	ku	ko					
1 a	1940	978	233	1672	16	9	13	16			67	14.8	94.8	5.15	97.2
1 b	"	744	256	1594	18	11	15	16			128	28.1	113.1	6.16	113.1
1 c	"	761	300	1806	17	12	15	16			73	15.6	87.3	5.38	87.3
1	1950	705	60	385	16	8	16	18		19	83	25.1	138.7	8.17	187.6
2	"	1070	105	85	14	9	12	16			5	1.0	115.9	7.98	165.1
3	"	739	61	182	18	9	16	17		18	173	53.4	149.2	8.59	204.7
1	1954	495	60	195	18	9	17	19		19	100	34.3	127.6	8.73	228.6
2	"	760	95	60	17	12	14	18		17	80	21.9	130.4	9.43	208.7
3	"	548	52	78	21	10	19	19		20	252	89.9	156.5	8.97	244.5
1	1964	385	340	170	21	12	20	20		20	270	99.1	158.5	6.11	283.8
2	"	660	415	35	19	14	18	19		19	230	75.1	163.6	6.01	262.2
3	"	470	183	61	23	12	24	20		21	348	139.2	176.0	5.53	290.5

Turpeen muokkauksen vaikutuksesta puuston kehitykseen metsäntutkimuslaitoksella on esimerkki Mäntyharjun kunnassa metsäteknikko Aarne Rantalahden omistuksessa olevalla Pyhäsuolla. Suo on ollut ruohorämettä. Se on ojitettu vuosina 1918 - 1919 12 m:n levyisiin sarkoihin ja kuokittu samoina vuosina viljelystä varten, minkä jälkeen alue on jäänyt metsittymään. Puustoa on käsitelty toistuvin harvennuksin taulukossa 5 esitettyinä mittausvuosina.

Taulukko 5. Vuosina 1917 - 1918 viljelykseen ojitetun ja raivatun sekä kuokitun, noin v. 1920 luonnonsiemennyksestä metsittyneen ruohorämeen puusto. Mäntyharju kk, Pyhäsuo.

Mittausvuosi	Puuston ikä v.	Runkoluku kpl/ha		Valtapituus m		Puumäärä (kuorineen m^3/ha	Kasvu (kuoretta m^3/ha/v.	Kokonaistuotos m^3/ha
		mä	ko	mä	ko			
1950	30	4875	4292	9,8	10,4	125,46	10,75	125,46
1954	33	2533	1242	11,2	12,0	136,54	10,63	162,47
1956	36	1242	467	12,5	13,0	116,65	7,49	188,69

Havaitaan, että pintaturpeen kuokinnalla saadaan tiheän ojituksen kanssa ravinnerikkaasta suosta erittäin korkeatuottoinen kasvualusta. Kyseisen ruohorämeen puuston ikä v. 1956 on ollut 36 vuotta ja kokonaistuotos 188,69 m^3/ha kuorineen, mikä merkitsee 5,24 m^3:n vuotuista keskimääräistä kasvua hehtaaria kohti.

Taulukossa 6 on esitetty isovarpuisen rämeen pinalle levitettyjen eri suuruisten VT:n kankaan hiekkamäärien vaikutus puuston kehitykseen Vilppulassa Jaakkoinsuolla.

Taulukko 6. Vuonna 1909 ojitetun, vuonna 1926 hiekoitetun ja vuonna 1927 hajakylvöllä metsitetyn isovarpuisen rämeen puusto vuonna 1957. Vilppula, Jaakkoinsuo.

Hiekkaa v. 1926 m^3/ha	Runkoluku kpl/ha		Valtapituus m		Puumäärä (kuorineen) m^3/ha	Kasvu v.1957 m^3/ha/v.	Kokonaistuotos 1957 m^3/ha
	mä	ko	mä	ko			
250	3398	521	7,5	5,5	21,66	1,81	28,56
500	3512	119	7,1	5,0	21,36	1,52	32,42
750	3167	101	8,4	8,0	28,84	1,93	38,98

Metsäntutkimuslaitoksen toimesta on perustettu vuonna 1939 Tohmajärvelle Suomen Suonviljelysyhdistyksen koeaseman kanssa yhteistoiminnassa koe, jossa on annettu mineraalimaata taulukon 7 osoittamina määrinä eri koeruuduille maanpintaan levittäen. Suo oli viidennen ravinteisuusluokan nevaa valtalajina Scirpus caespitosus. Se on ojitettu vuonna 1929 50 m:n sarkoihin. Vuonna 1939 on alueella suoritettu männyn hajakylvö. Vuonna 1959 suoritetussa mittauksessa olivat männyn taimiston keskiläpimitta ja pituus taulukon 7 mukaiset.

Taulukko 7. Männyn taimien keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta ja pituus v. 1959 erilaista mineraalimaata v. 1939 saaneilla tupasluikkanevan koealoilla. Tohmajärvi.

Lisätyn aineen		Männyn taimien	
laji	määrä	$D_{1,3}$ cm	pituus m
Savi	5 cm paks.	2,4	2,28
Hieno hiekka (CIT)	5 cm "	3,4	3,23
Hieta (MT)	5 cm "	5,2	4,51
Sora	5 cm "	3,2	2,88
Hieta (MT) ja puuntuhka	5 cm " 10 000 kg/ha	8,8	6,37

Havaitaan, että saveuksen vaikutus on jäänyt sangen heikoksi. Mustikkakankaan hieta on vaikuttanut paremmin kuin ravinneköyhän jäkäläkankaan. Mustikkakankaan hieta yhdessä puuntuhkalannoituksen kanssa on antanut parhaimman tuloksen.

Sippolan pitäjän Kaihlassuolle on ojitetulle tupasvillanevalle perustettu vuonna 1950 hiekoituskoe, jossa on käytetty taulukon 8 osoittamat määrät samanlaista hiekkaa.

V. 1960 suoritetun mittauksen tulokset on esitetty taulukossa 8.

Taulukko 8. Mäntyjen keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta ja pituus v. 1960 tupasvillanevalla eri hiekkamäärät v. 1950 saaneilla koealoilla. Sippola, Kaihlassuo.

Hiekkakerroksen paksuus cm	Männyn taimien		
	$D_{1,3}$ cm	pituus m	ikä v.
0	1,4	1,8	23
2,5	3,0	2,8	21
5,0	2,2	2,1	24
7,5	2,2	2,2	20

Havaitaan, että hiekoitetuilla koealoilla puuston kasvu on ollut parempi kuin hiekoittamattomalla koealalla ja että käytetyn hiekkamäärän lisäämisellä ei näytä olleen kasvua parantavaa vaikutusta.

Yhteenvetona kaikista suoritetuista saveus- ja hiekoituskokeista voidaan todeta, että saveuksella sekoitettuna pintaturpeeseen saadaan ojituksen kanssa voimakas männyn kasvumahdollisuuksia parantava vaikutus jopa hyvinkin ravinneköyhillä soilla. Yhtenäiseksi laataksi turvekerroksen päälle levitettynä, kuten Tohmajärven kokeessa on tapahtunut, jää saveuksen vaikutus heikoksi varsinkin, jos myös ojitusteho on heikko. Hiekoituksessa vaikuttaa ravinnerikkaan kangasmaan hiekka voimakkaammin

kuin ravinneköyhän. Jo 2,5 cm:n paksuista kerrosta vastaava hiekan lisäys aiheuttaa kasvun suurenemisen, joka eräissä tapauksissa saattaa lisääntyä käytettäessä suurempia hiekkamääriä (vrt. LUKKALA 1949 ja 1951).

42. Kalkitus

Vanhimmat kalkituskokeet on perustettu Vilppulan kokeilualueen Jaakkoinsuolle vuonna 1929 tupasvillarämeelle ja puolukkakorpeen. Suo on ojitettu v. 1909. Taulukosta 9 selviää toimenpiteiden vaikutus puustoon. Havaitaan, että kalkituksella on ollut positiivinen vaikutus männyn kasvuun, mutta se on jäänyt määrältään vähäiseksi.

Taulukossa 10 on esitetty Vilppulan Jaakkoinsuolle tupasvillarämeelle v. 1929 perustetun kalkituksen vaikutukset turpeen ravinnepitoisuuteen. Ravinneanalyysit on tehty v. 1940.

Taulukossa 11 on esitetty Vilppulan Jaakkoinsuolle vuonna 1935 kalsiumoksiidilla, kalsiumhydroksiidilla ja kalsiumkarbonaatilla suoritetun kalkituksen antamat tulokset.

Taulukko 9. Tupasvillarämeen puusto v. 1964 ja puolukkakorven puusto v. 1963 eri määriä kalkkikivijauhetta v. 1929 saaneilla koealoilla, jotka on ojitettu v. 1909. Vilppula, Jaakkoinsuo.

Kalkkikivijauhetta v. 1929 kg/ha	Suotyyppi ennen lannoitusta	Puulaji	Puuston			
			Valtapituus m	Määrä m^3/ha	kasvu m^3/ha	Kokonaistuotos m^3/ha
0	Tupasvillaräme	Mänty	8	30	2,3	40
2000	-"-	-"-	7	25	1,6	35
4000	-"-	-"-	7	26	1,7	35
6000	-"-	-"-	9	37	2,6	52
8000	-"-	-"-	11	37	2,0	47
0	-"-	-"-	7	22	1,6	24
2000	-"-	-"-	8	27	1,6	35
4000	-"-	-"-	8	28	1,9	37
6000	-"-	-"-	8	31	2,2	43
8000	-"-	-"-	9	30	2,0	38
0	Puolukkakorpi	Kuusi	12	51		
2000	-"-	-"-	11	43		
4000	-"-	-"-	12	48		
6000	-"-	-"-	10	36		
8000	-"-	-"-	12	47		

Taulukko 10. Vuonna 1929 kalkitu ta tupasvillarämeen koealoilt vuonna 1940 otetuista turvenäytteistä saadut analyysitulokset. Vilppula, Jaakkoinsuo.

$CaCO_3$ v.1929 kg/ha	Syvyys-kerros cm	Turve-laji	Maatu-mis aste	Tuhka	N	CaO	P_2O_5	K_2O	pH (1940)	pH (1941)
					% kuiva-aineesta					
0	10-20	S	3	2,02	1,29	0,25	0,17	0,05	3,20	3,49
	30-40	S	4	1,26	1,22	0,30	0,11	0,02	3,59	3,82
	50-60	S	4	1,57	1,33	0,25	0,10	0,02	3,72	4,09
2000	10-20	S	3	3,25	1,53	0,25	0,14	0,04	3,32	3,53
	30-40	S(Er)	2-3	1,06	0,98	0,30	0,13	0,04	3,31	3,71
	50-60	S(Er)	4	1,50	1,72	0,29	0,07	0,02	3,69	3,98
4000	10-20	S(Er)	3	2,19	1,54	0,23	0,09	0,02	3,33	3,68
	30-40	S	3-4	1,09	1,19	0,24	0,09	0,02	3,51	3,88
	50-60	S	3-4	1,20	1,61	0,26	0,11	0,02	3,79	4,23
6000	10-20	S	2	3,31	1,44	0,28	0,14	0,03	3,24	3,79
	30-40	S	3	0,95	0,78	0,23	0,08	0,03	3,52	3,85
	50-60	S	4	1,24	1,54	0,22	0,10	0,02	3,67	4,00
8000	10-20	S(Er)	3	2,31	1,32	0,45	0,14	0,03	3,76	3,94
	30-40	S(Er)	4	1,60	1,11	0,30	0,08	0,02	3,57	3,71
	50-60	S	3	1,36	1,44	0,25	0,10	0,02	3,87	4,38
0	10-20	S	3	2,04	1,43				3,27	3,49
	30-40	S	4	1,35	1,82				3,60	3,82
	50-60	S	4	1,55	1,82				4,32	4,09
2000	10-20	S	3	1,66	1,55				3,52	3,53
	30-40	S(Er)	2-3	1,56	1,57				3,51	3,71
	50-60	S(Er)	4	3,42	1,32				3,81	3,98
4000	10-20	S(Er)	3	3,49	1,29				3,77	3,68
	30-40	S	3-4	2,08	1,61				3,61	3,88
	50-60	S	3-4	1,42	1,71				4,27	4,23
6000	10-20	S	2	2,90	1,40				3,51	3,79
	30-40	S	3	1,59	1,48				3,55	3,85
	50-60	S	4	1,10	1,39				3,77	4,00
8000	10-20	S(Er)	3	1,87	1,26				3,61	3,94
	30-40	S(Er)	4	1,00	0,87				3,78	3,71
	50-60	S	3	1,55	1,58				3,93	4,38

Taulukko 11. Puuston kokonaistuotos vuonna 1909 ojitetuilla ja vuonna 1935 eri kalkkilajeilla kalkituilla ruuduilla. Vilppula, Jaakkoinsuo.

Kalkitus v. 1935		Kokonaistuotos m^3/ha		
Kalkki-laji	kg/ha	1945	1953	1957
0	0	10,32	16,32	27,78
CaO	2 200	11,57	22,45	33,78
$Ca(OH)_2$	3 000	12,31	24,95	38,09
$CaCO_3$	4 000	8,12	21,86	34,50

Havaitaan, että kalsiumhydroksiidi ja kalsiumkarbonaatti ovat kokonaisvaikutukseltaan parhaita ja myös kalsiumoksiidi on parantanut männyn kasvua kalkitsemattomaan ruutuun verrattuna. Kalkituksen vaikutus yksistään annettuna on jäänyt kuitenkin suhteellisen vähäiseksi (vrt. LUKKALA v. 1951). Kalkituksen vaikutusta yhdessä väkilannoituksen kanssa on käsitelty myöhemmin kappaleessa ~~X~~.

43. Tuhkalannoitus

Tuhkalannoituksen käyttömahdollisuus on tullut tunnetuksi ruotsalaisten kokeiden ja tutkimusten perusteella. MALMSTRÖM on useissa yhteyksissä selvittänyt niiden antamia tuloksia. Suomessa perustettiin ensimmäiset tuhkalannoituskokeet metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta vuonna 1937. Ku assa 4 on esitetty typpirikkaalle, rimpiselle ruohonevalle Vilppulan Kaakkosuolle vuonna 1937 perustetun puuntuhkalannoituskokeen antama tulos. Havaitaan, että 7200 kg puuntuhkaa on pystynyt erittäin voimakkaasti ja pitkäaikaisesti parantamaan puiden kasvumahdollisuuksia (vrt. LUKKALA 1951).

Tuhkalannoituksen vaikutus maan pieneliöstötoimintaan ulottuu tehokkaastikin vaikuttavalla lannoituksella vain noin 10 cm:a paksuun kerrokseen maan pinnassa (HUIKARI 1953). Taulukossa 12 on esitetty Vilppulan Kaakkosuolta otetuista näytteistä saadut analyysitulokset lannoittamattomalta ja tuhkalannoitetuilta alalta, joista käy ilmi tuhkalannoituksen vaikutus analyysituloksiin eri syvyyksiltä otetuissa näytteissä (vrt. MALMSTRÖM 1952).

Kuvassa 5 on esitetty Alajärven pitäjään rimpiselle suursaranevalle vuonna 1950 perustetun tuhkalannoituskokeen antama tulos. Havaitaan, että kaikilla käytetyillä puuntuhkamäärillä on ollut voimakkaasti männyn taimien kasvua parantava vaikutus.

Kuvassa 6 on esitetty eri suuruisten puuntuhkalannoitusmäärien vaikutus edellä mainittua typpiköyhemmillä tupasvillanevalla vuonna 1952 suoritetun lannoituksen jälkeen. Havaitaan, että 1000 kg:n määrä hehtaarille riitti kohottamaan kasvua vain

vähäisessä määrin alkuvuosina, 2000 kg:n vaikutus on sen sijaan jo lähes yhtä hyvä kuin 4000 ja 6000 kg:n.

Myös turpeentuhkalla on positiivinen vaikutus männyn kasvumahdollisuuksiin ravinneköyhillä soilla. Sitä osoittavat kuvassa 7 esitetyt metsänhoitaja Häkkäsen perustaman kokeen tulokset. Koe on perustettu vuonna 1952 kohtalaisen typpirikkaalle tupasvillanevalle Oulun kaupungin maille Oulujoen pitäjään. Sekä 3000 kg että 4500 kg annos turpeentuhkaa hehtaarille on aikaansaanut selvän kasvunlisäyksen (vrt. MIKOLA ja MIKOLA 1958).

Eräät rahkanevoille perustetut tuhkalannoituskokeet (kuva 8) osoittavat, että puuntuhkalla ei yleensä pystytä typpiköyhillä soilla vaikuttamaan nopeasti männyn kasvua parantavasti. Aikaa myöten näilläkin tulee esille kasvun paranemisreaktioita, joskin ne jäävät huomattavasti pienemmiksi kuin typpirikkailla soilla. Tulos on yhdenmukainen MALMSTRÖMin (1956) esittämien tulosten kanssa.

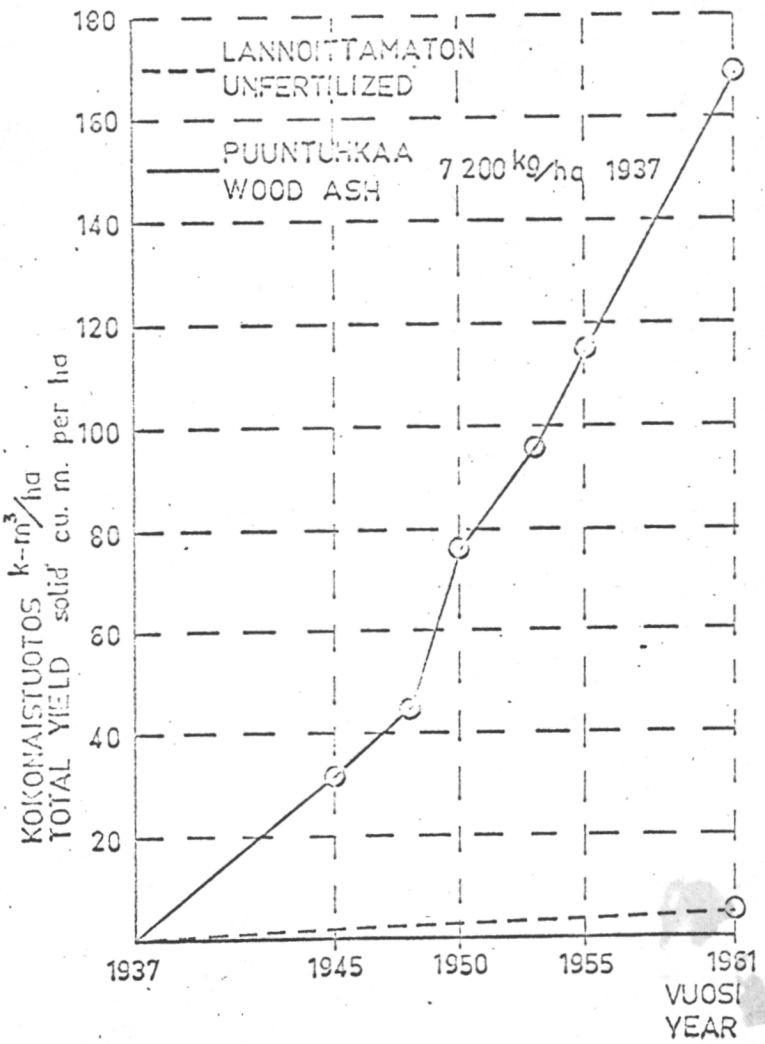
Kuvassa 9 on esitetty männyn kokonaistuotos Muhoksella tupasvillanevalla v. 1947 perustetuilla tuhkalannoituskoealoilla, joista toiselle kylvettiin puuntuhkaa 8000 kg/ha ja toiselle 16000 kg/ha. Lannoittamattomana jää tupasvillanevan tuotto erittäin alhaiseksi. Voimakkaalla puuntuhkalannoituksella on suon luontaisiin typpivaroihin perustuen saatu kasvu kohoamaan jopa suuremmaksi kuin Etelä-Suomen täysitiheän luonnonnormaalin OMT- kankaan männikön kasvu. Tämä todistaa vakuuttavasti, että yleisilmasto ei ole kasvua rajoittava minimitekijä Muhoksen ilmasto-oloissa OMT:n kasvutasolle pyrittäessä. Samoin on havaittavissa, että fosfori- ja kalilannoituksen vaikutus on pitkäaikainen ja luontainen typen mobilisaatio

riittävä ko. suolla turvaamaan typen tarpeen.

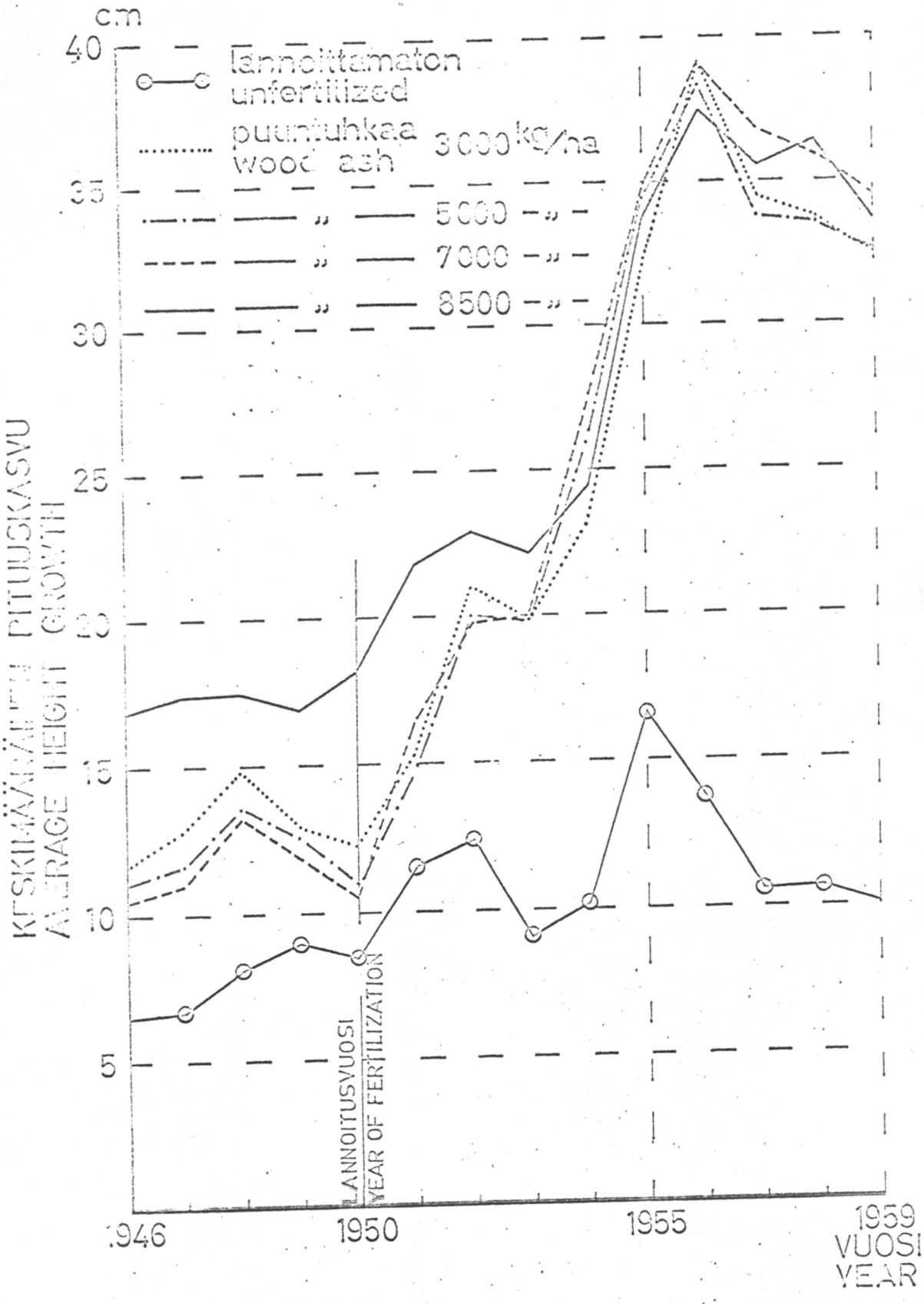
Perustetut puuntuhkalannoituskokeet osoittavat kuten MALMSTRÖM (1952) on esittänyt, että puuntuhkalannoituksen vaikutus perustuu lähinnä fosforin ja kalin lisäykseen. Kun tuhkan fosforipitoisuus on suhteellisen alhainen joudutaan tehokkaan vaikutuksen saamiseksi käyttämään suhteellisen suuria tuhkamääriä. Vaikkakaan puun ja turpeen tuhkan käytöllä ei ole käytännöllistä merkitystä muuta kuin poikkouksellisissa oloissa, ovat puuntuhkalannoitukset tutkimuksen kannalta erittäin arvokkaita.

Taulukko Vuonna 1937 tuhkalannoitetulta ja viereiselt lannoittamattomalta rimpisen ruohonevan koealalta vuonna 1940 otetuista turvenäytteistä saadut analyysitulokset. Vilppula, Kaakkosuo.

Käsittely		Syvyyskerros, cm				
		0-5	5-10	10-20	30-40	50-60
	Turvelaji			S(Er.Eq.C.)	S(Er.p.)	CS(Er.p.)
	Maatumisaste			2	3	3-4
		% kuiva-aineesta				
Lannoittamaton	Tuhka			2,98	2,99	2,78
	N			1,67	1,64	1,72
	CaO			0,27	0,18	0,20
	P_2O_5			0,15	0,14	0,13
	K_2O			0,02	0,02	0,02
	pH (1940)			4,13	4,07	4,16
	pH (1941)			4,17	4,34	4,42
	Turvelaji	S(C.)	S	S(C.Eq.)	S(C.)	S(Eq.)
	Maatumisaste	2-3	2-3	2-3	3	4
		% kuiva-aineesta				
Tuhkalannoitettu	Tuhka	18,06	12,33	5,20	3,60	3,06
	N	2,07	2,20	2,06	1,71	1,64
	CaO	1,31	0,44	0,30	0,20	0,19
	P_2O_5	0,004	0,11	0,13	0,12	0,16
	K_2O	0,18	0,04	0,03	0,02	0,07
	pH (1940)	4,92	4,45	4,15	4,04	4,21
	pH (1941)	7,21	-	4,07	4,18	4,45

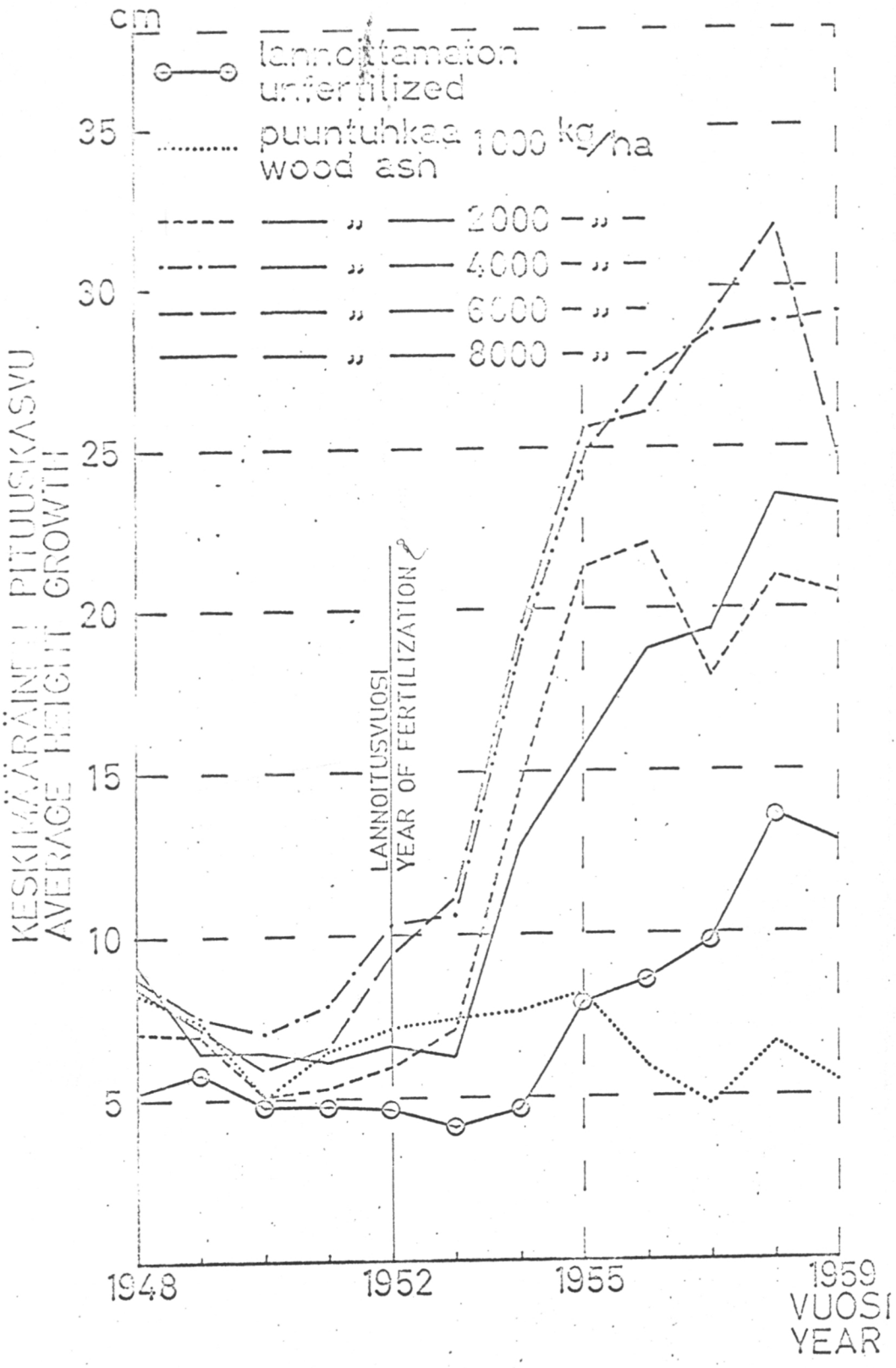


Kuva 4. Puuston kokonaistuloksen kehitys lannoittamattomalla ja v. 1937 puuntuhkalla lannoitetulla koealalla. Vilppula, Kaakkosuo.

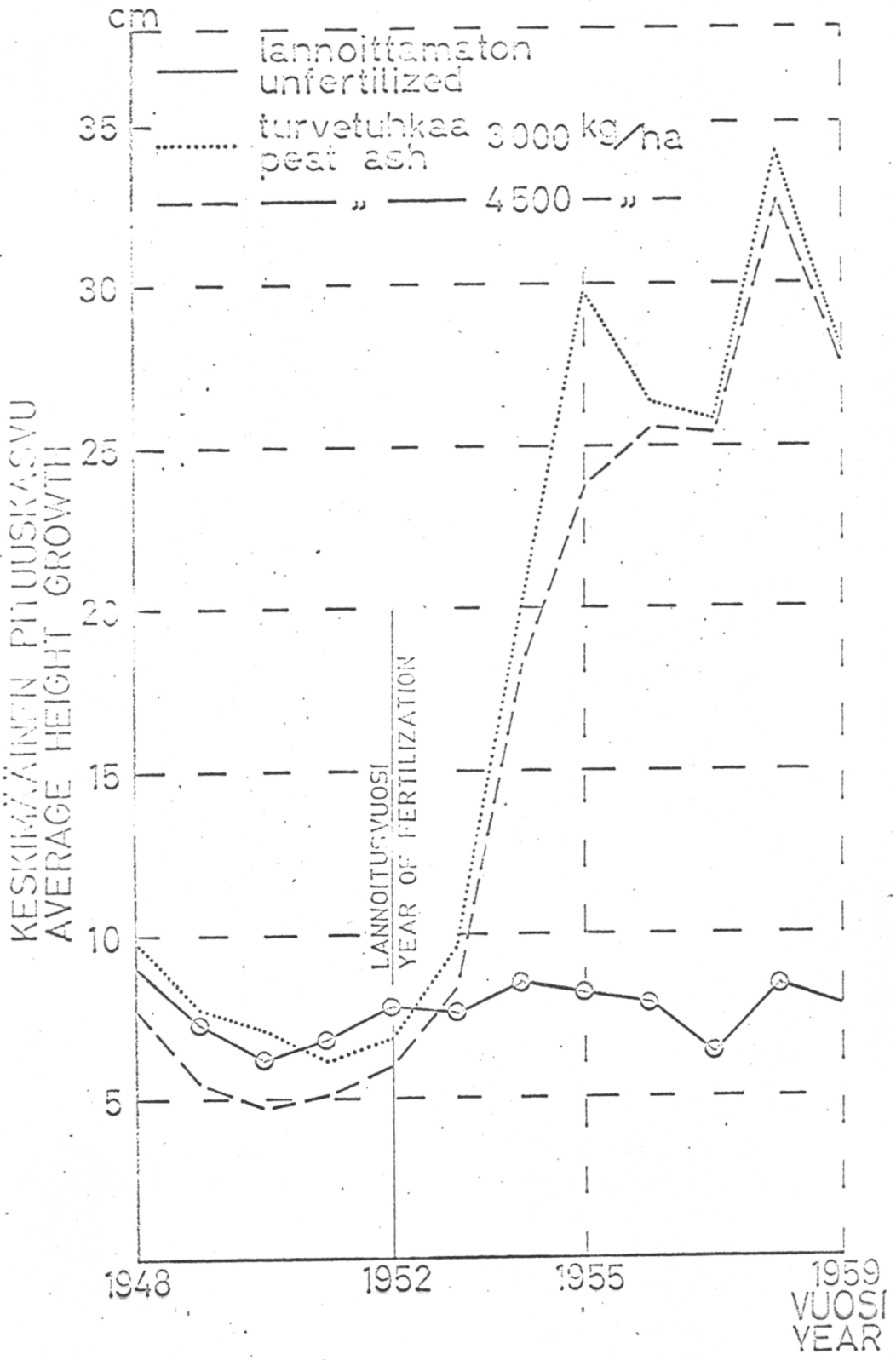


Kuva 5. Männyn taimiston pituuskasvun kehitys eri suuruiset puuntuhkamäärät ojitetulla nimpisen suursaranevan v. 1950 saaneilla koealoilla. Alajärvi, Matoneva.

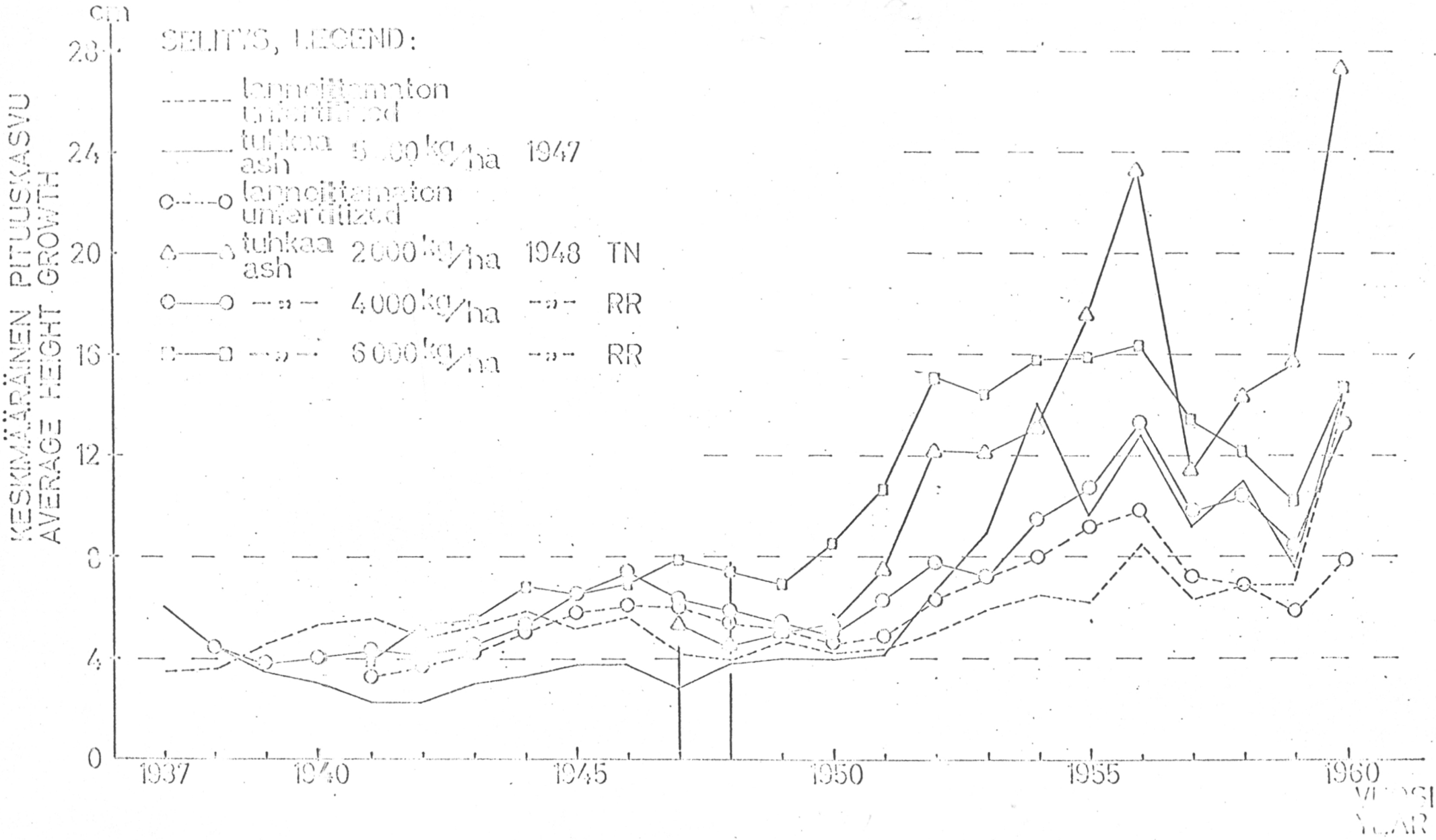
1932ja-50



Kuva 6. Männyn taimiston pituuskasvun kehitys eri suuruiset puun tuhkamäärät v. 1952 saaneilla ojitetuilla tupasvillaneven, koealoilla. Oulujoki.



Kuva 7. Männyn taimiston pituuskasvun kehitys eri suuruiset turpeentuhkamäärät
optetuilla tuuasvillanovan.
v. 1952 saaneilla/koealoilla. Oulujoki.


cm
28
24
20
16
12
8
4
0
KESKIMÄÄRÄINEN PITUUSKASVU
AVERAGE HEIGHT GROWTH
SELITYS, LEGEND:
lannoittamaton
unfertilized
tuhkaa 5000 kg/ha 1947
ash
lannoittamaton
unfertilized
tuhkaa 2000 kg/ha 1948 TN
ash
4000 kg/ha RR
6000 kg/ha RR
1937
1940
1945
1950
1955
1960
VUOSI
YEAR

Kuva 8

LANNOITUSVUOSI MUHOKSEN KOEALOILLA 1973
YEAR OF FERTILIZATION OF THE SAMPLE PLOTS IN MUHOS

44. Maan ~~Suo~~pinnan peittokokeet

Kasvualustan lämpötalouden merkitystä kasvutekijänä selvittävien kokeiden yhteydessä (HUIKARI 1961 ja 1965) on Vilppulan kokeilualueen Jaakkoinsuolle perustettu useita koealoja, joissa kasvualusta on peitetty noin 20 cm:n paksuisella olkikerroksella. Osa koealoista on perustettu ennen lumen tuloa ja osa maaliskuussa ennen lumen sulamista. Vaikka maaliskuussa perustetuilla koejäsenillä on aikaansaatu lumen ja roudan sulamisen huomattava viivästyminen (HUIKARI 1961 ja 1965), ei tämä ole vaikuttanut vahingollisesti puiden menestymiseen.

Taulukossa 13 on esitetty olkipeitekokeiden järjestely ja puustoa kuvaavat mittaustulokset. Ensimmäiset kokeet perustettiin vuonna 1958 peittämällä maaliskuussa ojilla isovarpuisella rämeellä ja korpisella ruohorämeellä sijaitsevat koealat. Havaitaan, että kummassakin tapauksessa kasvu on suurentunut. Koetta laajennettiin tämä jälkeen syksyllä 1958 perustamalla viisi uutta koesarjaa, jotka kukin käsittivät kolme koejäsentä. Yhdellä koejäsenellä maa pyrittiin pitämään lämpimänä suorittamalla ojilla peittäminen marraskuussa ennen lumen tuloa(käsittely b). Toisella koejäsenellä pyrittiin aikaansaamaan maan voimakas jäätyminen talven aikana ja ojilla peittäminen suoritettiin vasta maaliskuussa (käsittely c), sekä vielä toistettiin maaliskuussa vuonna 1960 samalla koejäsenellä. Kolmas koejäsen oli vertailuna (a), jolla ei suoritettu mitään toimenpiteitä. Käytetty koealakoko oli 20 m x 20 m. Havaitaan, että tupasvillarämeellä on olkipeite kumpaisessakin tapauksessa aiheuttanut voimakkaan kasvunlisäyksen.

Taulukko 13. Olkipeitteellä peitettyjen (b=marraskuussa, c=maaliskuussa) ja vertailukoealojen (a) alkuperäiset suo- ja metsätyypit sekä puusto ja puuston kasvu. Vilppula, Jaakkoinsuo.

Alkuperäinen suo- tai metsätyyppi	Käsittely- tapa	Käsittely- aika	Puulaji	Runkoluku v.1963 kpl/ha	Kuutiomäärä v.1963 m^3/ha	Vuotuinen juokseva kasvu vv.1959-63 m^3/ha	Kasvu- %
IR	a)Vertailu		Mä	1068	49	2,0	4,1
IR	c)Olkipeite	III. 1958	-"-	955	58	4,0	6,9
TR	a)Vertailu		Mä	784	46	1,2	2,6
TR	b)Olkipeite	1958 ja 1959	-"-	880	38	2,3	6,1
TR	b) -"-	1959 ja 1960	-"-	928	45	2,8	6,2
TR	a)Vertailu		Mä	1280	52	1,9	3,7
TR	b)Olkipeite	1958 ja 1959	-"-	1472	72	3,3	4,6
TR	c) -"-	1959 ja 1960	-"-	1312	59	3,4	5,8
SsR	a)Vertailu		Mä,Ko	1152	161	5,2	3,2
SsR	b)Olkipeite	1958 ja 1959	-"-	1120	157	6,8	4,3
SsR	c) -"-	1959 ja 1960	-"-	1024	164	6,1	3,7
KnRhR	a)Vertailu		Mä,Ku,Ko	1550	130	5,5	4,2
KnRhR	c)Olkipeite	1958 ja 1959	-"-	1025	179	8,5	4,7
LhK	a)Vertailu		Mä,Ku,Ko	732	257	11,7	4,6
LhK	b)Olkipeite	1958 ja 1959	-"-	1088	216	12,5	5,8
LhK	c) -"-	1959 ja 1960	-"-	816	214	10,6	5,0
MT	a)Vertailu		Mä	1712	138	7,7	5,6
MT	b)Olkipeite	1958 ja 1959	-"-	1472	187	7,5	4,0
MT	c) -"-	1959 ja 1960	-"-	1792	207	9,3	4,5

Ojitetun suursararämeen puustossa on olkipeite myös aiheuttanut kasvun lisäyksen. Lehtokorven ja mustikkatyypin kankaan koesarjoissa ei olkipeitteellä ole saatu kasvua parantavaa vaikutusta aikaan.

Olkipeitteellä aikaansaatu pitkäaikainen kasvun paraneminen perustuu ilmeisesti pääosaltaan pintakasvillisuuden tuhoutumiseen ja sitä kautta tapahtuneeseen käyttökelpoisten ravinteiden lisääntymiseen kasvualustassa sekä pintakasvillisuuden kilpailun poistumiseen ja myös olkien aiheuttamaan kosteuden lisäykseen. Kasvun paraneminen näyttää vaihtelevan 1 - 3 k-m^3/ha/v.

Olkipeiton käytöllä ns. peittolannoituksena tuntuisi olevan käytännöllistä merkitystä varsinkin pientiloilla metsänkasvun parantamismenetelmänä. Yhdistettynä väkilannoitteiden käyttöön sillä ilmeisesti on hyvin tehokas vaikutus pyrittäessä pitkäaikaisesti muuttamaan kasvualustan puuntuottokykyä. Kuivilla kangasmailla on ilmeisesti tärkeä merkitys olkipeitteellä haihdunnan pienenemisestä johtuvalla kosteuden lisääntymisellä, joka luonnollisesti ensimmäisenä vuonna seuraa myös roudan hitaammasta sulamisesta.

5. VÄKILANNOITEKOKEET

51. Tutkimusmateriaali, koetulosten mittaus ja laskenta

Vuosina 1959 - 1960 suoritettiin kaikkien lannoituskokeiden mittaus.

Taimistoissa, joissa puustoa ei voitu vielä kuutioida, mitattiin vuotuiset pituuskasvut. Nämä pyrittiin selvittämään myös vähintään viideltä lannoitusta edeltäneeltä vuodelta. Pituuskasvun lisäksi mitattiin taimien rinnankorkeusläpimitta, pituus, ikä ja neulasten pituus.

Varttuneissa metsissä, joiden puusto voitiin kuutioida, suoritettiin tätä varten tarpeelliset mittaukset. Tällöin koepuista mitattiin kasvainten pituus, rinnankorkeusläpimitta, kapeneminen, pituus, ikä ja neulasten pituus. Lisäksi otettiin rinnankorkeudelta kairalastut. Kaikilta koealoilta merkittiin lisäksi muistiin mm. suotyyppi, ojituksen ajankohta ja teho sekä turvekerroksen paksuus. Kaikki tutkitut alueet olivat paksuturpeisia noin 50 m sarkaleveydellä ja 0.8 m ojasyvyydellä ojitettuja soita.

Uudistamisvaiheessa olevilta koealoilta tutkittiin taimettumista lukien eri puulajien taimet määrävälein otetuilta koeruuduilta. Lisäksi mitattiin taimien keskimääräinen pituus, ikä ja neulasten pituus. Uudistumisvaiheesta ja varttuneista metsistä saatiin niin vähän materiaalia, että sen käsittely jätettiin perustettujen erikoiskokeiden mittausten yhteydessä tapahtuvaksi.

Tässä yhteydessä on esitetty kokonaismateriaalista valta-

osan muodostavan taimistojen ja nuorten metsien pituuskasvureaktioiden mittauksen antamat tulokset. Materiaali käsittää siltä osin 940 koealaa.

Aineistoa tarkastettaessa todettiin, että jos puusto oli syntynyt kylvöstä (kylvövuosi tiedetty) ja sen lisäksi sen ikä oli määritetty oksakiehkuroiden perusteella, oli täten määritetty ikä systemaattisesti keskimäärin 5 vuotta pienempi kuin kylvöajankohdasta laskettu ikä. Tämä osoittaa, että luonnontilaiseen suonpintaan kylvöä käyttämällä menetetään soiden metsityksessä n. 5 vuotta istutukseen verrattuna.

Kun pääosa materiaalia oli luonnontaimistoja, vähennettiin kylvötaimistojen kohdalla kylvövuoden perusteella lasketusta iästä 5 vuotta, jotta kylvötaimistot saatiin iältään vastaamaan luonnontaimistoja. Istutetun puuston iäksi otettiin istutuksesta kuluneen ajan ja taimien istutuksen aikaisen iän summa.

Pituuskasvun graafinen tarkastelu osoitti, että hyväkasvuisen puun ja hyväkasvuisen ruudun pituuskasvun absoluuttinen vuotuinen vaihtelu on tuntuvasti suurempi kuin huonokasvuisen, mutta että suhteelliset vaihtelut ovat samaa suuruusluokkaa. Tästä syystä kaikki laskennat suoritettiin ruutujen keskiarvojen logaritmeilla. Näin päästiin yhdistämään aineistoa suuremmassa määrin kuin olisi ollut mahdollista ilman logaritmista muunnosta. Teoreettisesti vielä edullisempaa olisi ollut muuntaa jo yksityiset havainnot logaritmiarvoiksi, mutta tämä olisi nostanut laskennan kustannuksia siinä määrin, että ei saavutettu pienehkö lisätarkkuus ~~ei~~ olisi ilmeisestikään ollut sen arvoinen. Jos suhteellista esitystapaa (keskiarvojen logaritmeja) ei olisi käytetty, olisi se vähentänyt aineistosta ir-

roitettavissa olevan information määrää, sillä pienten kasvujen pienet vaihtelut olisivat hävinneet suurten kasvujen suuriin vaihteluihin ja suurempaan hajontaan.

Laskentaa varten koealojen aineisto jaettiin pintakasvillisuuden perusteella seuraavaan kuuteen luontaista ravinteisuutta kuvaavaan ryhmään:

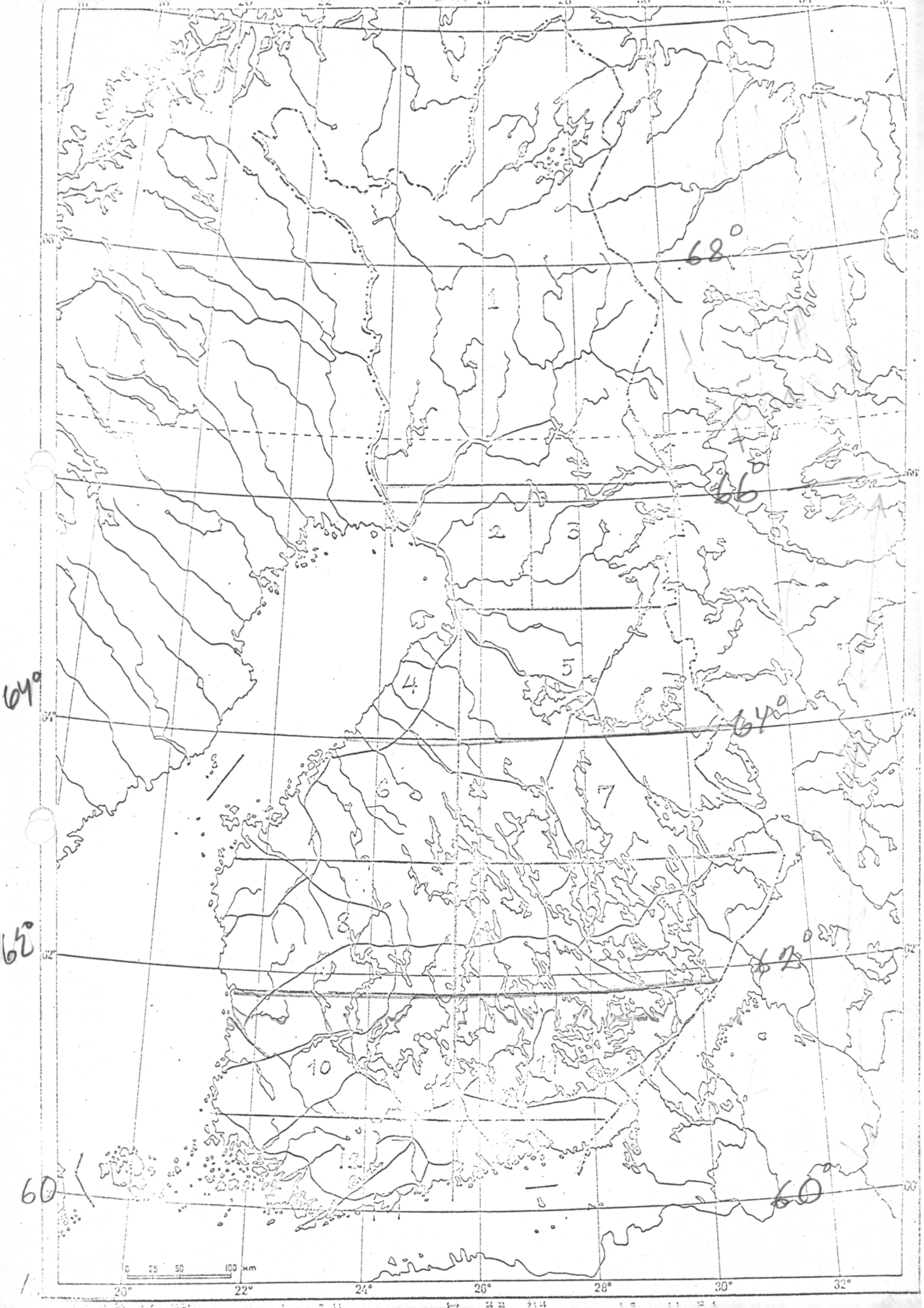
0	-ruskosammaleiset
1	-ruohoiset
2, 3	-suursaraiset, mustikkaiset
4, 5	-puolukkaiset, piensaraiset
6, 7, 8,	-tupasvillaiset, lyhytkortiset ja isovarpuiset
9	-rahka

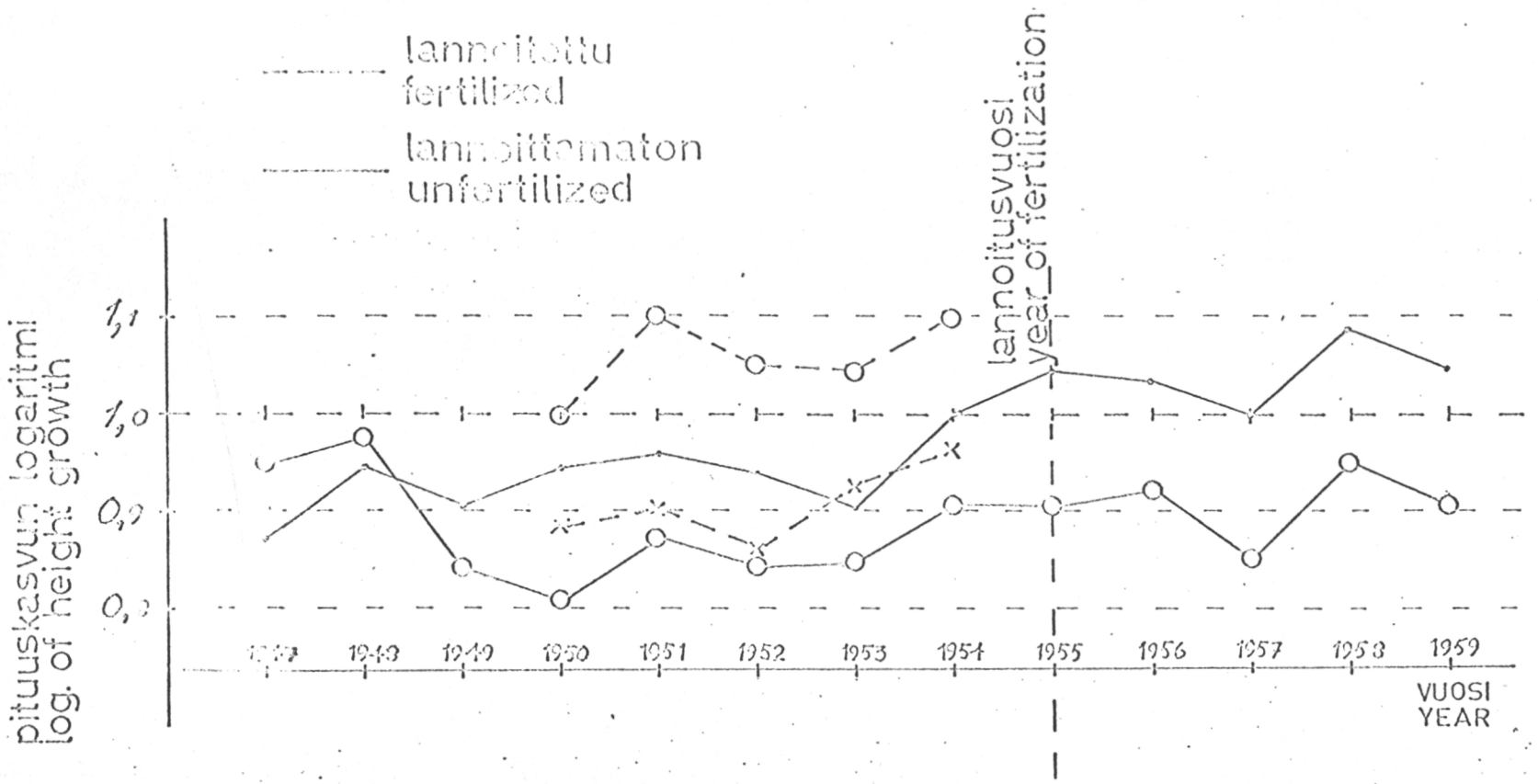
Ilmaston merkityksen tutkimista varten jaettiin maa 13 ilmastoalueeseen kuvan 10 osoittamalla tavalla.

Puuston ikäluokkia erotettiin 6 ryhmää seuraavasti:

10 - 14	v.	vuonna 1960
15 - 19	v.	" "
20 - 24	v.	" "
25 - 29	v.	" "
30 - 34	v.	" "
35+	v.	" "

Kunkin ravinteisuusluokan jokaiselle ikäluokalle laskettiin ilmastoalueittain kasvuindeksisarja. Kasvuindeksin laskemiseen käytettiin 0-ruutuja ja lannoitettujen ruutujen kasvuja ennen lannoitusta. Jotta kasvuindeksisarjat olisivat vastanneet luonnollista pituuskasvuja, on kunkin taso määrätty niiden vuosien perusteella, joissa on eniten lannoittamattomia


68°
66°
64°
62°
60°
1
2
3
4
5
6
7
8
10
11
12
0 25 50 100 km
20°
22°
24°
26°
28°
30°
32°



Kuva 11. Esimerkki kasvuindeksien laskennasta

ruutuja, kuten kuvassa 11 esitetty esimerkki osoittaa. Esimerkin esittämässä tapauksessa laskettiin ensin vuodet 1950 - 54 suoraan (logaritmien) keskiarvoina, jolloin saatiin indeksin indeksi näiden vuosien kohdalle ja samalla määrättyä indeksisarjojen taso. Sen jälkeen laskettiin 0-ruuduista oma sarjansa (1947 - 1959) kahden arvon keskiarvona. Kun esimerkissä 0-ruudut olivat keskimäärin eri tasoa kaikkien neljän ruudun keskiarvo vuosina 1950 - 54, siirrettiin 0-ruuduista saatua sarjaa siten, että se liittyi virheettömösti laskettuun perussarjan pätkään (vuodet 1950 - 54). Siirtoa varten käytettiin yleensä kahden vuoden sidosta. Tällaista kasvuindeksien laskutapaa käytettäessä on kaikki lannoittamaton kasvumateriaali voitu käyttää hyväksi. Toisaalta näin saadut indeksisarjat voitiin haluttaessa muuntaa takaisin lannoittamatonta pituuskasvua osoittaviksi sarjoiksi. Saadut logaritmiset kasvuindeksisarjat lävistettiin reikäkorteille ja käytettiin tietokonelaskennassa niiden avulla hyväksi.

Varsinaista lannoitusvaikutuksen tulosten laskentaa varten jaettiin käytetyt lannoitemäärät seuraavan asetelman osoittamiin ryhmiin.

kg

Taso	N	P	K
0	0	0	0
1	1 - 60	1 - 46	62
2	61 - 90	47 - 76	63 - 104
3	91 - 140	77 - 106	105 - 145
4	141 ≤	107 ≤	146 ≤

Kun lannoituksesta kuluneella ajalla on tärkeä merkitys jaettiin aineisto lisäksi ryhmiin siten, että vuodet 2 ja 3 lannoituksen jälkeen muodostivat yhden tulossarjan, vuodet 5, 6 ja 7 toisen ja vuodet 9, 10 ja 11 kolmannen.

Aineistosta käsiteltiin lisäksi kalkitsemattomat ruudut erikseen ja kalkitut erikseen.

Laskennassa selvitettiin lannoituksen vaikutusta 2 - 3 vuotta, 5 - 7 vuotta ja 9 - 11 vuotta lannoituksen jälkeen syntyneiden vuosikasvainten avulla. Aineistoa saatiin tällöin eri tarkasteluajankohtiin seuraavan asetelman osoittamat koealamäärät kalkitsemattomiin ja kalkittuihin jaettuna.

Kalkitsemattomat:

ryhmässä	2 - 3 v.	lannoituksesta	640 koealaa
"	5 - 7 v.	"	270 "
"	9 - 11v.	"	60 "

Kalkitut:

ryhmässä	2 - 3 v.	300 koealaa
"	5 - 7 v.	150 "
"	9 - 11v.	10 "

Lannoitusvaikutusiältään 9 - 11 v. vanha aineiston osa

osoittautui aineiston yleiskäytössä riittämättömäksi varianssianalyysin tuloksiin nojautuen.

Kasvun muutosta laskettaessa lajiteltiin aineisto siten, että kunkin ravinteisuusluokan ja ilmastoalueen puuston luokat yhdistettiin. Tulos korjattiin kussakin tapauksessa omalla kasvuindeksillään. Koeruudun luontaista kasvukykyä kuvastamaan käytettiin vuosia 1 - 3 ennen lannoitusta.

Lannoituksen vaikutus laskettiin esimerkiksi koealalta 123, joka oli lannoitettu v. 1950, seuraavasti:

Ensin laskettiin vuosien 1947 ja 1949 pituuskasvulukujen keskiarvo, joka osoitti koealan 123 puiden pituuskasvun keskimääräisen tason. Sitten laskettiin indeksisarjan samojen vuosien keskiarvo, joka vähennettiin edellisestä keskiarvosta. Näin saatu erotus osoitti, kuinka paljon koealan puiden pituuskasvu poikkeaa lannoittamattomien koealojen keskimääräisestä kasvusta (eli indeksistä). Tämä luku on korjaus. Sen jälkeen vähennettiin vuoden 1952 kasvusta vuoden 1952 kasvuindeksin ja korjauksen summa. Saatu erotus osoitti lannoituksen vaikutusta koealalla 123 2 vuotta lannoituksen jälkeen. Vastaavasti saatiin muiden vuosien arvot.

Tällaista ohjelmaa noudattaen tietokoneella käsiteltiin 4950 korttia. Tulokset otettiin sellaisessa muodossa, että saman tyypin ja ilmastoalueen eri ikäluokat yhdistettiin. Näin voitiin jälkeenpäin tarkastella reaktioiden eroja toisaalta tyyppien välillä ja toisaalta ilmastoaluiden välillä.

Kun kasvureaktiot oli laskettu kullekin tyypille ja ilmastoalueelle lannoituskombinatioittain, ilmeni, että ruutujen määrä oli eräissä tapauksissa pieni. Tästä syystä pyrittiin

aineiston pohjalta määrittämään mitä ryhmiä voidaan yhdistellä. Suoritetut yhdistelyt tapahtuivat varianssianalyysin tuloksiin pohjautuen.

52. Lannoituksen vaikutus

521. Eri ilmastoalueilla

Tarkastelu suoritettiin vertaamalla eri ilmastoalueiden välisiä kasvuja 2 - 3 vuotta lannoituksen jälkeen. Samoin lannoitetut ruudut samoilla tyypeillä olivat aina keskenään vertailtavina eri ilmastoalueissa.

Varianssianalyysiä käyttäen todettiin, että eri ilmastoalueiden välille ei saada merkitseviä reaktioeroja alkuperäisen aluejaoittelun puitteissa. Ilmastoalueita ryhmiteltäessä havaittiin, että suursaraisilla tyypeillä on kasvureaktioissa tilastollisesti merkitsevä ero maan eteläosan (ilmastoalueet 10, 11, 12, ja 13), keskiosan (ilmastoalueet 6, 7, 8 ja 9) sekä pohjoisosan (ilmastoalueet 1, 2, 3, 4 ja 5) välillä. Muiden tyyppiryhmien sisällä havittavat erot jäivät tässäkin ilmastoalueryhmittelyssä tilastollisesti merkitsemättömiksi. Analysointi tapahtui aikaisemmin kuvattujen suhteellisten lannoitusreaktioiden tarkastelun avulla.

Testauksen perusteella pyrittiin määrittelemään, mitkä tyypit voidaan yhdistää ts. mitkä tyypit ovat suhteellisilta lannoitusreaktioiltaan samanlaisia koko maassa. Tällöin todettiin, että ainoastaan ruskosammaleiset tyypit voidaan yhdistää ruohoisiin. Mustikka-, puolukka- ja pallosara-tyypeillä oli vain

viisi lannoituskombinaatioita ja niissäkin vähän koeruutuja, joten ne jouduttiin kokonaan jättämään tarkastelun ulkopuolelle. Näin päästiin neljään ryhmään:

Rh = ruskosammaleiset ja ruohoiset,

Ss = suursaraiset,

T = tupasvillaiset, lyhytkortiset, isovarpuiset,

Ra = rahkaiset.

Suursaraisten tyyppien aineisto jaettiin kolmeen ilmastoalueryhmään, jolloin tulokset muodostuivat taulukon 14 mukaisiksi. Tulokset ovat yhdenmukaisia POHJAKALLION (1933) ja PUUSTJÄRVEN (1959 ja 1960) sekä SALOSEN, TAINION ja TÄHTISEN (1962) maanviljelypuolella saamien tulosten kanssa. EBELING (1955 ja 1957) on osoittanut, että puiden kasvu voi olla yllättävän hyvä jopa maamme perimmäistä Lappia vastaavillakin leveyspiireillä. Ojitettujen soiden kasvun välittömänä minimitekijänä lienee täten yleisimmin koko maassa ja aivan erityisesti Pohjois-Suomessa maiden heikko ravinteiden luovutuskyky.

Muiden suotyyppien tai tyyppiryhmien aineisto ei antanut mahdollisuutta ilmastoryhmittelyyn. Taulukossa 15 on esitetty keskimääräinen pituuskasvu lannoittamattomilla koeruuduilla ravinteisuusluokittain ennen lannoitusta (v. 1950-1959) ja 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen. Taulukossa 16 on esitetty pituuskasvun vaihteluvälit lannoituksen jälkeen metsäojitettujen soiden eri ravinteisuusluokilla.

Taulukko 14. Männyn keskimääräinen pituuskasvu ikävuosittain ja ilmastoalueittain tasoitettuna suursaraisilla ojitetuilla soilla maan eri osissa 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen. Ojitus noin 50 m sarkaleveydellä.

Ilmastoryhmä		Pituuskasvu, cm eri lannoitusyhdistelmissä	
		O	N
Etelä-Suomi	O	9,1	7,5
(60° - 62° leveysasteiden	P	16,6	10,0
välillä)	K	9,6	.
	PK	13,2	12,0
Keski-Suomi	O	11,8	.
(62° - 64° leveysasteiden	P	16,2	.
välillä)	K	15,1	.
	PK	21,4	13,8
Pohjois-Suomi	O	8,9	9,1
(64° - 66° leveysasteiden	P	20,9	.
välillä)	K	13,8	.
	PK	30,9	38,0

Taulukon kasvuluvuista ovat tilastomatemaattisessä tarkastelussa vain PK- lannoitusyhdistelmillä saatujen arvojen erot maan eri osien välillä osoittautuneet merkitseviksi (5 %:n riskitasolla).

Taulukko 15. Keskimääräinen männyn pituuskasvu koesarjojen O-ruuduille eri ravinteisuusluokissa ennen lannoitusta v. 1950 - 1959 ja 2 - 3 vuotta muiden koeruutujen lannoituksen jälkeen.

Kasvualustan ravinteisuus-luokka		Lannoittamattomien koeruutujen keskimääräinen pituuskasvu, cm/v.	
		Muiden koeruu-tujen lannoituk-sen jälkeen 2-3 v.	Ennen muiden koeruutujen lannoitusta vv. 1950-59(x)
Ruskosammaleiset		14,4	
Ruohoiset	Rh	10,8 K.a. 12,7	12,9
Suursaraiset	Ss	9,6	9,8
" pohjoisosa			8,9
" keskiosa			11,8
" eteläosa			9,1
Tupasvillaiset lyhytkortiset, isovarpuiset	T	8,2	8,3
Rahkaiset	Ra	6,6	7,6

(x) Laskettu vuosien 1950-59 geometrisena keskiarvona.

Taulukko 16. Männyn pituuskasvun 95 %:n vaihteluvälit metsäojitettujen soiden eri ravinteisuusluokissa 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen.

Kasvualustan ravinteisuusluokka	Lannoitus	Männyn pituuskasvu, cm	
		O	N
Rh Ruskosammaleiset ja ruohoiset	O	11,5 - 14,5	9,5 - 14,4
	P	14,1 - 18,6	12,6 - 19,1
	K	13,8 - 17,4	14,1 - 21,4
	PK	19,1 - 31,7	16,5 - 21,8
Ss Suursaraiset, maan eteläosa	O	6,6 - 12,6	5,7 - 9,9
	P	10,5 - 26,3	6,9 - 14,5
	K	7,5 - 12,4	-
	PK	10,0 - 17,4	9,3 - 15,5
Ss Suursaraiset maan keskiosa	O	10,0 - 13,9	-
	P	14,4 - 18,2	-
	K	11,7 - 19,4	-
	PK	16,6 - 27,6	7,2 - 26,3
Ss Suursaraiset maan pohjoisosa	O	7,9 - 10,0	7,2 - 11,5
	P	17,8 - 24,5	-
	K	11,8 - 16,2	-
	PK	25,1 - 38,0	27,5 - 52,5
T Tupasvillaiset	O	7,7 - 8,9	7,2 - 10,0
	P	12,3 - 14,8	10,2 - 14,1
	K	8,6 - 10,8	8,1 - 13,6
	PK	11,5 - 13,8	12,9 - 17,0
Ra Rahkaiset	O	5,9 - 9,8	-
	P	11,5 - 19,1	21,9 - 36,3
	K	-	5,8 - 21,0
	PK	12,6 - 18,1	22,9 - 57,5

522. Eri ravinteisuustasoilla

5221. Typpilannoitus

Typpilannoituksen, samoin kuin muidenkin väkilannoitteiden, merkitystä on tutkittu eri ravinteisuustasoilla mitattujen pituuskasvureaktiomateriaalien välillä suoritettujen varianssianalyysien avulla. Laskentamateriaalina on käytetty 2-3 ja 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen saatuja tuloksia.

Vertailtavina ravinteisuustasoina ovat olleet 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen ruskosammaleiset yhdistettyinä ruohoisiin, suursaraiset, tupasvillaiset ja rahkaiset. 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen ovat vertailtavina olleet muuten samat tasot paitsi rahkaiset (vrt. taulukko 17 s. 59).

Pelkän typen aiheuttamat pituuskasvureaktiot eivät 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen eroa toisistaan eri tyypeillä. Kun typen ohella annetaan fosforia, eroavat reaktiot rahkaisilla ja tupasvillaisilla tyyppeillä toisistaan. Rahkaisilla tyypeillä on typen aikaansaama kasvun lisäys tasolla 4 (vrt. s. 59) yhdessä fosforin (taso 2) kanssa ollut hyvin merkitsevästi suurempi kuin tupasvillaisilla tyypeillä. Ero näyttää kasvavan sitä suuremmaksi, mitä suurempia fosfori- typpimääriä annetaan. Ilmeisesti typen lisäys tehostaa myös kali + fosforin vaikutusta, koska (tasolla 4) kali + fosfori- lannoituksella ei tupasvillaisten ja rahkaisten tyyppien välillä saada merkitseviä eroja, mutta lisättäessä typpeä ainoastaan ensimmäisen tason verran saadaan em. tyyppien kasvureaktioiden välillä erittäin merkitsevä ero rahkaisten tyyppien hyväksi.

Pelkän typen aikaansaamat kasvureaktiot 5-7 vuotta lannoituksesta eri tyyppien välillä ovat vähäiset. Myöskään lannoitekombinaatioissa typen lisäys ei näytä vaikuttavan kasvureaktioihin vartailtavilla tyypeillä merkitsevästi.

5222. Fosforilannoitus

Pelkän fosforin aikaansaamissa kasvureaktioissa 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen on eroa ruskosammaleisten - ruohoisten sekä suursaraisten tyyppien välillä. Suurasraisilla tyypeillä on fosforin reaktio tasoilla 2 ja 4 ollut merkitsevästi suurempi kuin ruskosammaleisilla - ruohoisilla. Suursaraisten ja tupasvillaisten tyyppien välillä ei ole merkiseviä eroja. Myöskään tupasvillaisten ja rahkaisten tyyppien välillä ei fosfori ole yksinään aikaansaanut merkitseviä eroja kasvureaktioissa.

Fosfori yhdessä muiden lannoitteiden kanssa on aiheuttanut eroja ainoastaan tupasvillaisten ja rahkaisten tyyppien välillä. Fosfori on tasoilla 1, 3 ja 4 yhdessä typen (taso 4) kanssa lisännyt kasvua merkitsevästi enemmän rahkaisilla kuin tupasvillaisilla tyypeillä.

Pelkän fosforilannoituksen aiheuttamat reaktiot eivät eroa 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen merkitsevästi ruskosammaleisten, ruohoisten sekä suursaraisten välillä. Systemaattinen ero suursaraisten tyyppien hyväksi käy kuitenkin selvästi ilmi lisättäessä fosforimääriä. Samoin vaikuttaa fosforin lisäys silloin, kun on annettu kalia tai typpeä, joskaan merkitsevää eroa kasvureaktioissa ei tyyppien välillä ilmene. Pelkän fos-

forilannoituksen vaikutus on näin ollen tasoittunut verrattuna vaikutukseen 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen.

Fosforilannoituksen aiheuttama kasvureaktio on ollut voimakkaampi suursaraisilla kuin tupasvillaisilla tyypeillä, mutta ero ei ole tilastollisesti merkitsevä.

5223. Kalilannoitus

Kalin aiheuttamissa kasvureaktioissa ei 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen ole merkitseviä eroja ruskosammaleisten - ruohoisten ja suursaraisten tyyppien välillä. Sen sijaan suursaraisilla tyypeillä kali on saanut aikaan yleensä voimakkaamman reaktion kuin tupasvillaisilla. Reaktioiden välinen ero on ollut hyvin merkitsevä kalitasolla 4. Kalin mukaantulo eri lannoitekombinaatioihin on lisäksi yleensä edistänyt kasvureaktioiden välisiä eroja. Sen sijaan on kali (tasolla 4) yhdessä fosforin (taso 1) kanssa annettuna nostanut kasvua merkitsevästi enemmän rahkaisilla kuin tupasvillaisilla tyypeillä.

Kali ei yksin annettuna ole saanut aikaan merkitseviä kasvueroja 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen ruskosammaleisten - ruohoisten ja suursaraisten eikä suursaraisten ja tupasvillaisten tyyppien välillä. Kun typpi (taso 1) - fosfori (taso 1) - lannoitukseen lisätään kalia tasoa 2 vastaava määrä, ovat kasvureaktiot ruskosammaleisilla - ruohoisilla tyypeillä hyvin merkitsevästi suurempia kuin suursaraisilla tyypeillä. Kun fosforin (taso 1) yhteydessä annetaan kalia tasoa 2 vastaava määrä, on suursaraisten tyyppien kasvureaktio erittäin merkitsevästi suurempi kuin tupasvillaisten. Tässä yhteydessä on tosin

todettava, ettei tyyppien välillä esiinny enää merkitseviä eroja, kun fosforin ohella annettava kalin määrä nousee tasoa 3 vastaavaksi.

523. Kalkituksen vaikutus väkilannoitteiden ohella

Kalkituksen vaikutusta on analysoitu vertaamalla eri lannoitteiden ja määrien aiheuttamia kasvureaktioita eri tyyppiryhmien välillä, kun koeruuduille on annettu peruslannoitteena kalkkia, sekä vertaamalla pituuskasvureaktioiden eroja kalkittujen ja kalkitsemattomien koejäsenten välillä.

5231. Kalkituksen vaikutus eri suotyypeillä

Tyypeistä, joille oli annettu kalkkia väkilannoitteiden ohella, olivat 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen tarkastelun kohteena sekä 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen ruskosammaleiset - ruohoiset, suursaraiset ja tupasvillaiset. Näistä on vertailtu toisiinsa 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen ruohoisia ja suursaraisia sekä suursaraisia ja tupasvillaisia. Niiden tulostan perusteella, jotka on saatu 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen, on vertailu suoritettu ruskosammaleisten - ruohoisten ja suursaraisten sekä suursaraisten ja tupasvillaisten välillä.

Pelkkä typpilannoitus ei ole aiheuttanut tyyppien välillä

minkäänlaisia tilastollisesti merkitseviä eroja 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen. Kun typpeä on annettu tasoa 4 vastaava määrä yhdessä fosforin (taso 3) ja kalin (taso 4) kanssa on tämä aikaansaanut merkitsevästi suuremman kasvun lisäyksen tupasvillaisilla tyypeillä kuin suursaraisilla. Kun taas typpeä on annettu tasoa 1 vastaava määrä fosforin (taso 1) ja kalin (taso 3) kanssa, on reaktio ollut edelliseen nähden päinvastainen eli suursaraisilla tyypeillä ovat kasvureaktiot olleet merkitsevästi suuremmat kuin tupasvillaisilla.

Typpi ei ole aiheuttanut yksin annettuna eikä erilaisissa lannoitekombinaatioissa 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen merkitseviä eroja kasvureaktioissa vertailtavien tyyppien välillä.

Fosforilannoitus ei yksinään ole saanut aikaan 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen eroja ruohoisten ja suursaraisten eikä suursaraisten ja tupasvillaisten tyyppien kasvureaktioissa. Sen sijaan lannoitetasolla 4 on fosfori yhdessä kalin (taso 4) kanssa vaikuttanut siten, että reaktio ruohoisilla tyypeillä on ollut voimakkaampi kuin suursaraisilla. Suursaraisilla tyypeillä taas on fosforin yhdessä kalin kanssa aiheuttamat reaktiot merkitsevästi suurempia kuin tupasvillaisilla. Varsinkin kalitasolla 3 tämä tulee hyvin selvästi ilmi. Suurin ero voidaan havaita fosfori (taso 3) - kali (taso 3) - lannoituksen saaneiden ruutujen välillä. Ero on ollut erittäin merkitsevä. Lisäksi kalitasolla 3 yhdessä fosforin (taso 2) kanssa ovat reaktiot olleet suursaraisilla merkitsevästi paremmat kuin tupasvillaisilla.

5-7 vuotta lannoituksen jälkeen on pelkkä fosfori ainoas-

taan tasolla 2 aiheuttanut merkitsevästi voimakkaamman kasvureaktion suursaraisilla kuin ruskosammaleisilla - ruohoisilla. Suursaraisten ja tupasvillaisten välillä ei fosfori yksinään ole aikaansaanut merkitseviä kasvueroja, joskin kaikilla fosforin tasoilla on suursaraisilla tyypeillä ollut voimakkaampi kasvureaktio kuin tupasvillaisilla tyypeillä.

Fosfori (taso 2) yhdessä kalin (taso 4) kanssa annettuna on saanut aikaan suurasraisilla tyypeillä merkitsevästi suuremman kasvun kuin ruskosammaleisilla - ruohoisilla. Myös muilla fosfori - kalikombinaatioilla on suursaraisilla tyypeillä ollut voimakkaampi kasvureaktio kuin ruskosammaleisilla - ruohoisilla., vaikkakaan ei merkitsevyysmarginaalien rajoissa. Tupasvillaisilla tyypeillä on fosfori - kalilannoitekombinaatio lannoitetasolla 4,1 lisännyt kasvua hyvin merkitsevästi enemmän kuin suursaraisilla. Sen sijaan tyyppien vertailu muilla fosfori-kalitasoilla ei anna luotettavaa kuvaa aineiston pienuuden ja heterogeenisuuden takia.

Pelkkä kali ei ole aiheuttanut eroja ruohoisten ja suursaraisten eikä suursaraisten ja puensaraisten tyyppien kasvureaktioissa 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen. Sen sijaan kali on yhdessä fosforin kanssa saanut aikaan merkitseviä eroja kuten edellä fosforin yhteydessä on mainittu.

Myöskään 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen eivät kalin aiheuttamat reaktiot ole osoittaneet tilastollisesti merkitseviä eroja eri tyyppien kesken. Kali yhdessä fosforin kanssa annettuna on sen sijaan saanut aikaan tilastollisesti merkitseviä kasvueroja tyyppien välillä, kuten edellä fosforin yhteydessä on jo mainittu.

5232. Kalkittujen ja kalkitsemattomien vertailu

Vertailuja kalkittujen ja kalkitsemattomien ruutujen välillä on 2-3 vuotta lannoituksen jälkeen suoritettu ruskosammaleisilla - ruohoisilla, suursaraisilla, tupasvillaisilla ja rahkaisilla tyypeillä. Lähes kaikkien tyyppien pelkästään kalkkia saaneilla ruuduilla ovat kasvureaktiot olleet hieman suurempia kuin kalkitsemattomilla ruuduilla. Poikkeuksen muodostavat tupasvillaiset tyypit, joilla ei näytä esiintyvän eroja kalkittujen ja kalkitsemattomien ruutujen välillä.

Typen aiheuttamat kasvureaktiot ovat olleet ruskosammaleisten - ruohoisten tyyppien kalkituilla ruuduilla suuremmat kuin kalkitsemattomilla. Erot eivät ole kuitenkaan tilastollisesti merkitseviä, vaikkakin systemaattisesti edellä mainitun suuntaisia. Myös suursaraisilla ja tupasvillaisilla tyypeillä vaikuttaa typpi kalkituilla alueilla voimakkaammin kuin kalkitsemattomilla. Ero kalkittujen hyväksi ei kuitenkaan tässäkään taoauksessa ole tilastollisesti merkitsevä. Rahkaisilla tyypeillä ei ole aineistoa.

Fosforilannoituksen antaman reaktioon on kalkitukselle ollut epäedullinen vaikutus kaikilla tyypeillä, joskaan ei aina tilastollisesti merkitsevänä. Myös kalin aiheuttamiin reaktioihin on kalkituksella ollut epäedullinen vaikutus kaikilla tyypeillä. Ruskosammaleisilla - ruohoisilla tyypeillä on kalkilla todettu olevan jonkin verran epäedullinen vaikutus kali - fosforin ja täyslannoituksen aikaansaamiin kasvureaktioihin.

Suursaraisilla ja tupasvillaisilla tyypeillä on kalkin vaikutus ollut epäselvä, mutta yleisesti ottaen voidaan kuitenkin todeta, että kalilannoituksen saaneiden alueiden kasvureaktioihin on kalkitus vaikuttanut ilmeisen epäedullisesti. Kalinkaan kohdalla ei kalkittujen ja kalkitsemattomien välisiä eroja ole voitu todeta tilastollisesti merkitseviksi.

Kalkittujen ja kalkitsemattomien välisiä vertailuja on suoritettu 5-7 vuotta lannoituksen jälkeen ruskosammaleisilla - ruohoisilla, suursaraisilla ja tupasvillaisilla tyypeillä. Kaikilla näillä tyypeillä on pelkkä kalkitus lisännyt kasvua. Tupasvillaisilla on ero ollut tilastollisesti merkitsevä kalkittujen ruutujen hyväksi. Muiden tyyppien osalta erot ovat ainoastaan suuntaa antavia. Ruskosammaleisilla - ruohoisilla ja suursaraisilla tyypeillä ei väkilannoitus ole aiheuttanut eroja kalkittujen ja kalkitsemattomien ruutujen välillä. Tupasvillaisilla tyypeillä on kalkitus fosfori - kalilannoituksen kera huonontanut kasvureaktioita hyvin merkitsevästi. Samoin on kalkituksen ohella täyslannoituksen (NPK tasoilla 1, 1, 3) saaneilla ruuduilla kasvu on ollut merkitsevästi pienempi kuin pelkän täyslannoituksen saaneilla ruuduilla.

Fosforilannoituksen aiheuttamaan reaktioon näyttää kalkilla yleisesti ottaen olevan negatiivinen vaikutus. Samoin se näyttää vaikuttavan kalin reaktioon, joskin edellistä heikommin. Typpilannoituksen aiheuttamaan reaktioon taas näyttää kalkituksella olevan parantava vaikutus.

524. Lannoituksen vaikutuksen kestävyys

Turvemailla suoritettujen kertalannoitusten vaikutukset ovat osoittautuneet varsin pitkäaikaisiksi. Lannoituksella on myöskin sekundäärisiä vaikutuksia, jotka aiheuttavat sen, etteivät puuston kasvun lisäykset johdu yksinomaan annetuista lannoitteista, vaan kiertokulkuun tulee mukaan kasvualustan luontaisiakin ravinteita.

Soille annettujen ravinnelisäysten pitkäaikaisesta vaikutuksesta ovat varsin selvinä esimerkkeinä Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa tehdyt tuhkalannoituskokeet, joiden tuloksia LUKKALA (1951), MALMSTRÖM (mm. 1952) ja THURMAN-MOE (1958) ovat esitelleet useissa yhetyksissä. Ruotsissa v. 1922 perustetun tuhkalannoituskokeen (puuntuhkaa 12,5 tn/ha) vaikutus on kestänyt jo 40 vuotta. Myöskin Suomessa on päästy lähes vastaaviin tuloksiin. Kuvassa 4 on esitetty vuonna 1937 Vilppulan Kaakkosuolle perustetun tuhkalannoituskokeen vaikutus puuston kokonaistuotokseen, joka käsittelyn ansiosta on 25 vuodessa saavuttanut varsin korkeam tason.

Myös väkilannoitteiden vaikutusaika on koetulosten mukaan pitkä. Kuvassa 12 on esitetty Korkeakosken hoitoalueen Viheriäisennevalle vuonna 1930 perustetun laikkulannoitetun koealasarjan kasvun kehitys.

Kuvasta 12 havaitaan, että fosforin, kalin ja typen yksittäisvaikutusten sekä kaikkien annettujen lannoitteiden yhteisvaikutuksen seurauksena puuston pituuskasvunnkehitys on tässä kokeessa ollut sangen yhdenmukainen, mutta fosfori - ja kaliruutujen kasvu on päässyt N- ja NPK-ruutujen kasvun tasolle

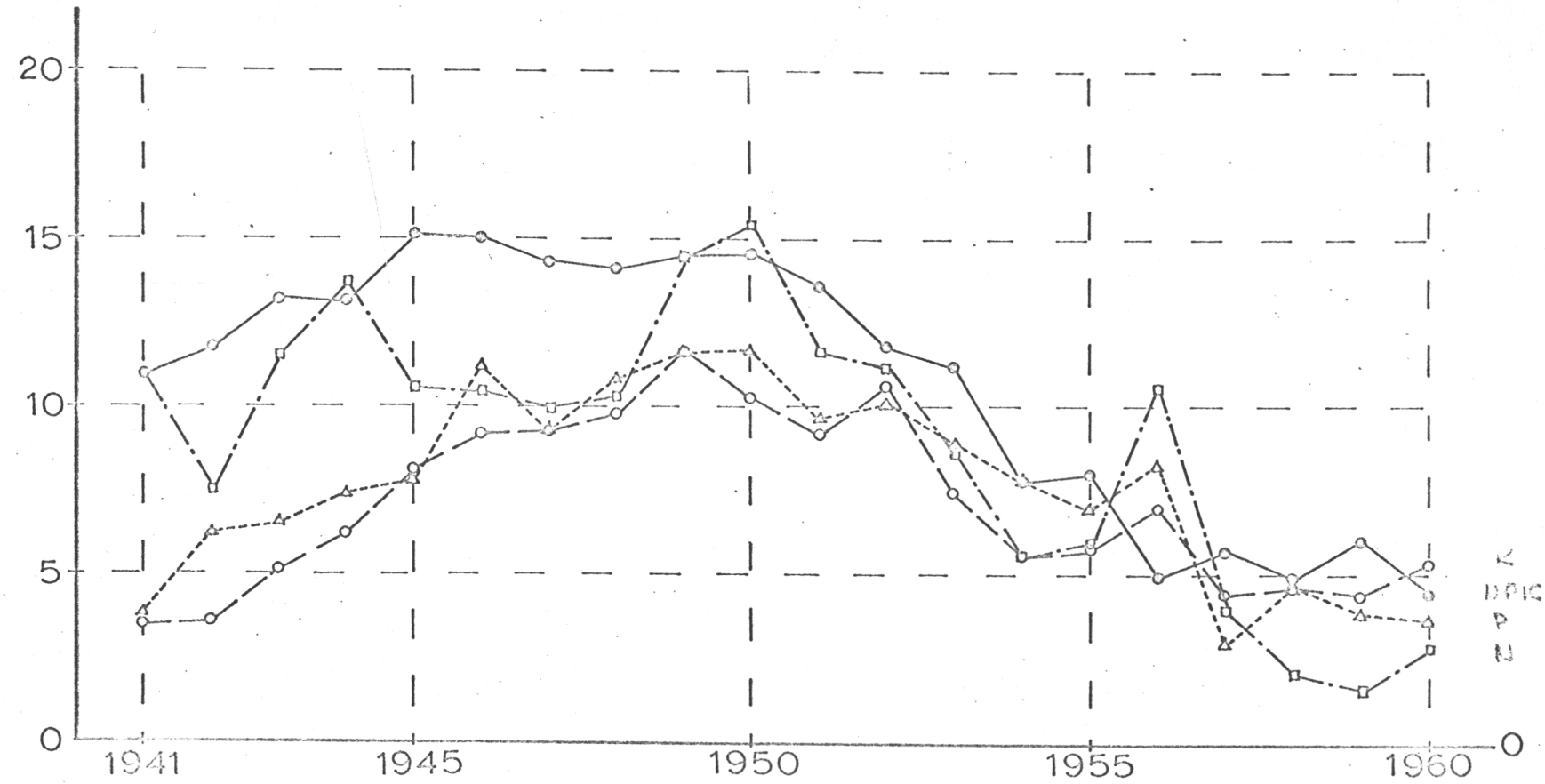
n. 15 vuoden kuluttua lannoituksesta. Käytetyillä erittäin pienillä ravinnemäärillä pituuskasvu on kohonnut n. 20 vuodeksi lähes 15 cm vuodessa suuremmaksi kuin lannoittamattomalla ruudulla. Vielä 30 vuoden kuluttua lannoituksesta lannoitettujen ruutujen puut kasvavat n. 5 cm vuodessa paremmin pituutta kuin lannoittamattomien. Yllättävää tässä kokeessa on typpilannoitteen tasaveroinen vaikutus muihin lannoitteisiin verrattuna.

Lannoituksen vaikutus ei kuitenkaan ole kaikissa kokeissa ollut yhtä pysyvä ja pitkäaikainen. Esimerkkinä siitä, että lannoituksen vaikutus saattaa turvealustallakin jäädä vähäiseksi, esitetään tässä kaksi Muhoksen Pyhäkoske~~n~~lla ~~vaillinaisesti~~ levitään sarkaan ojitet~~tua~~ulla rahkaise~~n~~lla tupasvillaneva~~n~~lla olevaa lannoituskoetta kuvissa 13 ja 14.

Kuvasta 13 havaitaan, että lannoituksen vaikutusteho on lisännyt pituuskasvua vain 3 vuotta, minkä jälkeen kasvu on alkanut huomattavasti taantua pudoten N- ja NP- lannoituksen saaneilla ruuduilla O-ruutuun tasolle. Muillakin lannoitekombinatioilla taantuminen on varsin selvää niin, että 7 vuoden kuluttua lannoituksesta eri lannoiteyhdistelmien kasvu on keskim. 1,5-kertainen O-ruutuun nähden, kun se 3 vuotena lannoituksen jälkeen on ollut yli kaksikertainen. Syynä tällaiseen kehitykseen lienevät ~~liian~~ alhaiset lannoitemäärät ja vaillinainen ojitus, joka aiheuttaa rahkoittuneella tupasvillanevalla rahkoittumisilmiön jatkuvan ylläpysymisen.

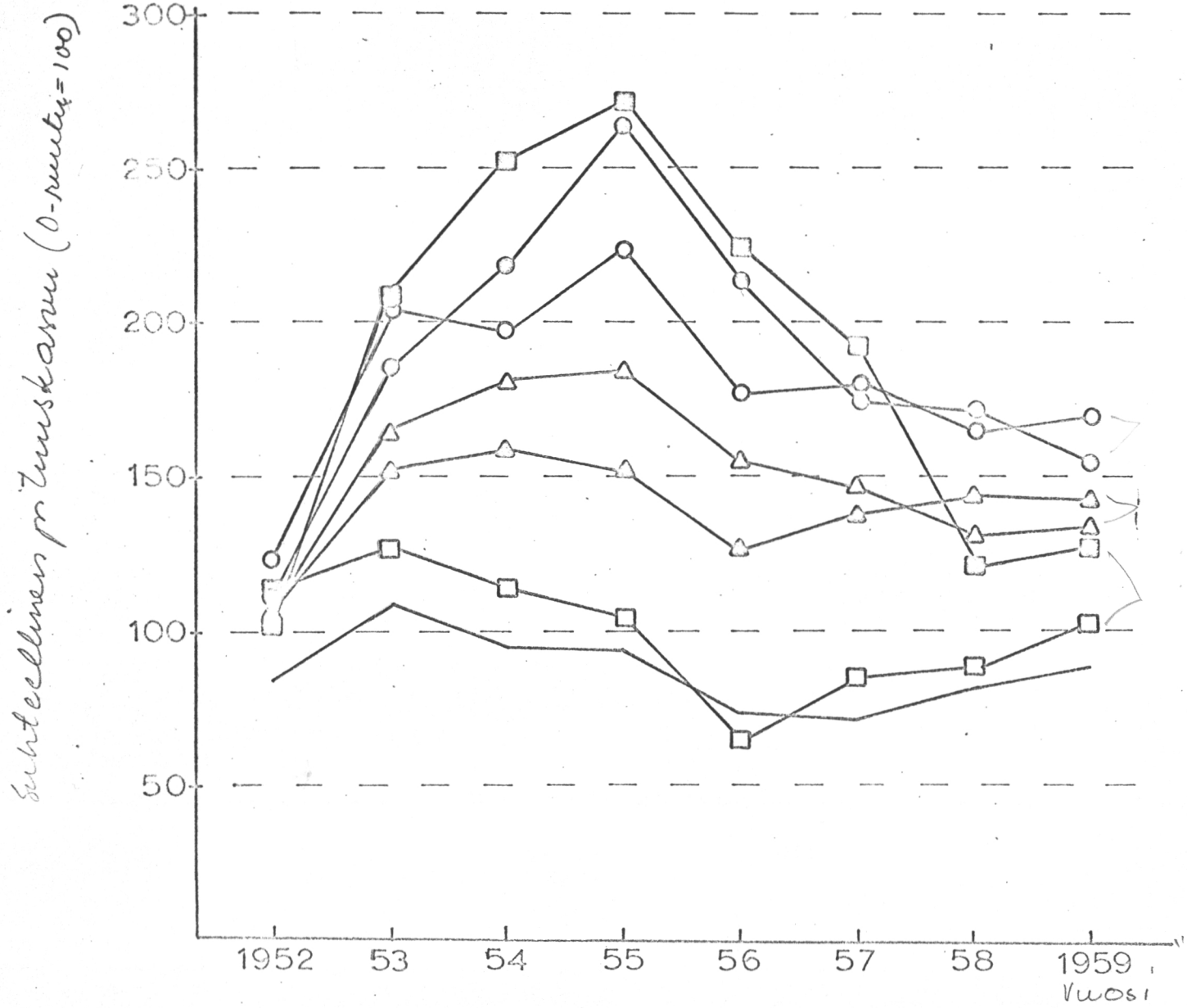
Toinen esimerkki on suursararämeeltä (kuva 14), joka on ojitettu vuonna 1933 ja lannoitettu vuonna 1952 ns. perussarjana. Kokeessa käytettiin eri lannoitteita seuraavia määriä:

Kuva 12.



Kuva 15

Olesansuo



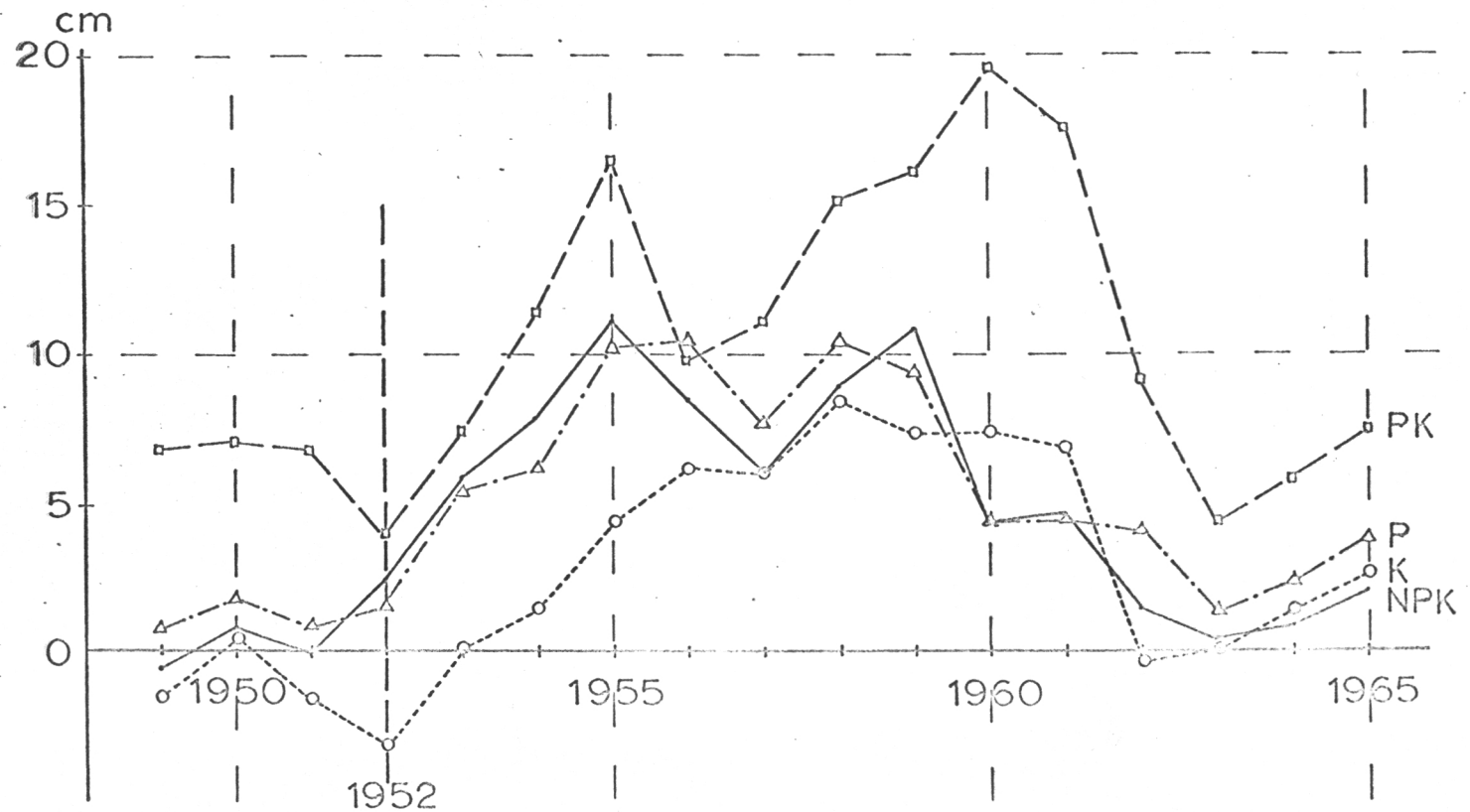
-65 -66

-68-

Pyhäkoski Oisavansuo

1952

Kuva 14



N = montansalpietari 75 kg/ha 26,0 %

P = kotkafosfaatti 300 kg/ha 22,5 %

K = kalisuola 300 kg/ha 50,0 %

Lannoituksen vaikutusta ko. sarjassa on seurattu vuosittain syksyyn 1965 saakka. Täyslannoituksen ja eri lannoiteiden yksittäisvaikutusten kulminaatio on sattunut vuoteen 1959 eli 7 vuotta lannoituksen jälkeen. Vuonna 1965 eli 3 vuotta lannoituksesta on P-, K- ja NPK-lannoitusruuduilla puiden pituuskasvu ollut enää vain n. 3 cm suurempi kuin 0-ruudulla. PK-lannoituksen vaikutusteho tässä sarjassa on ollut hieman edellisiä suurempi. Kasvua suurentaneen vaikutuksen heikentyminen on alkanut v. 1960, jolloin kasvu on ollut n. 20 cm suurempi kuinj 0-ruudulla. V. 1965 kasvu on ollut kuitenkin vielä 8 cm suurempi kuin 0-ruudulla.

Näiden kokeiden tulokset osoittavat, että lannoitusta suoritettaessa on käytettävä peruslannoituksessa lannoitteita riittävän suuria määriä, jotta vaikutusaika muodostuu pitkäksi ja ojitus on oltava tehokasta. Niinpä julkaistuissa lannoitusohjeissa onkin suositeltu niitä lannoitemääriä, joita suuremmilla määrillä kasvu ~~ei enää parane~~ m paranemisen vähenee suhteessa lannoitelisäykseen ja joilla saadaan selvät reaktiot puiden kasvussa eri suotyypeillä.

Lannoituksen vaikutusajan pituudessa ei maassamme näytä olevan suuriakaan ilmastollisista olosuhteista johtuvia eroja, vaan lannoitusteho on osoittautunut sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa lähes yhtä pitkäaikaisiksi. Tuhkalannoituskokeissa Vilppulassa ja Muhoksella on päästy samankaltaisiin tuloksiin (vrt. kuvat 4 ja 9). Muhoksen kokeessa tuhkalannoituksen vaiku-

tus on kestänyt jo tähän mennessä 20 vuotta heikkenemättä ja Vilppulassa vastaavasti 25 vuotta.

Edellä selostetut esimerkit lannoituksen vaikutuksesta osoittavat, että vaikutustehon kestoajassa on varsinkin ojitustehosta riippuen vaihtelua. Näyttäisi siltä, että tarpeeksi suuria määriä ja oikeita lannoiteyhdistelmiä käytettäessä päästään väkilannoitteilla turvemailla varsin pitkäaikaisiin ja pysyviin tuloksiin mikäli ojitus on tehokas ja se pidetään kunnossa. Typen vaikutuksen kestoaika lienee alla 10 vuotta, mutta kalilla teho kestää ainakin 20 vuotta ja fosforilla ehkä 30 vuotta. Samoin tuhkalannoitus saa aikaan kauan kestävän puuston kasvulisäyksen.

525. Lannoituksen kuutiokasvua lisäävä vaikutus ja edullisuus

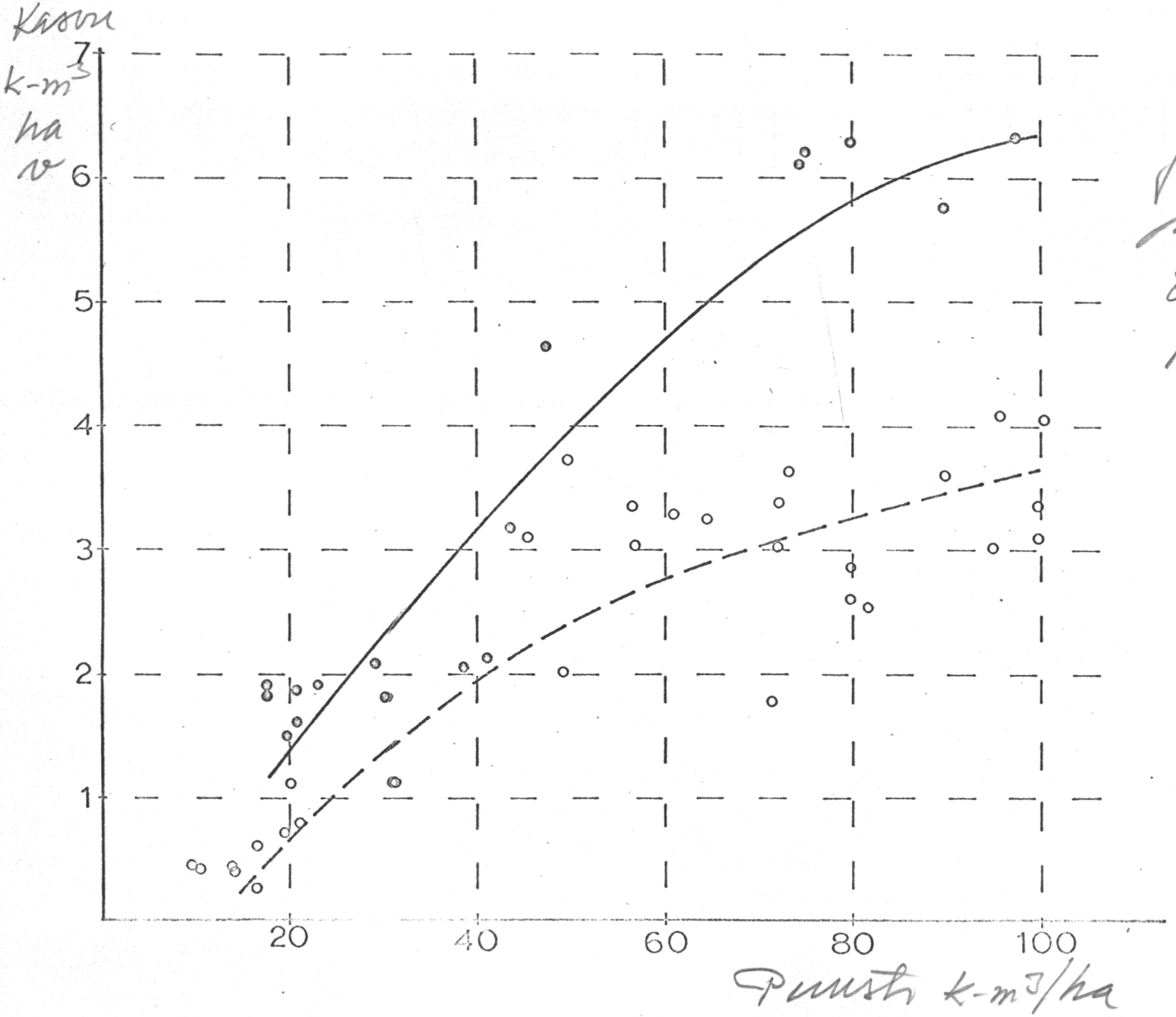
Huolimatta siitä, että tässä julkaisussa käsitelty materiaali on varsin laaja, aineisto on toistaiseksi osoittautunut puutteelliseksi lannoituksen kuutioksvua lisäävää vaikutusta selvitettäessä. Tältä osin on kokeita laajennettu erikoisesti viimeisen viiden vuoden aikana. Kuviin 15 ja 16 on kerätty Etelä-Suomen osalta täystiheisiin ja ojitettuihin IR:n ja MK:n puustoihin suoritettujen lannoitusten aiheuttamat kuutiokasvuvaikutukset. Lannoituksen pohjaksi on otettu PK-lannoitus, jossa alimpina lannoitemäärinä on käytetty fosforilannoitetta 100 kg/ha P_2O_5:nä laskien ja kalilannoitetta 100 kg/ha K_2O:na laskien. P- ja K- lannoitteiden määrä on aineistoksi hyväksytyssä materiaalissa saanut olla suurempikin ja tarkasteluun on otettu mukaan sellaiset koeruudut, joissa lannoituksessa on ollut mukana fosforin ja kalin ohella myös typpi. Näin on katsottu voitavan menetellä, koska typen vaikutus on todettu kumpaakin nyt käsiteltävänä olevaa suotyyppiä koskevassa Etelä-Suomen materiaalissa vähäiseksi ja fosforin ja kalin määrien lisäämisen edellä esitetyistä määristä ei myöskään ole todettu sanottavasti lisäävän kasvua.

Kuvista 15 ja 16 havaitaan niinkuin on luonnollista, että kuutiokasvun lisääntyminen lannoituksen seurauksena on suuresti riippuvainen puuston määrästä. Niinpä kuutiomäärän ollessa IR:llä 30 k-m^3/ha kohoaa kasvu n. 1 k-m^3/ha vuodessa. Kuutiomäärän noustessa 90 k-m^3:iin hehtaarilla on lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys n. 2,5 k-m^3/ha vuodessa. MK-lla lannoitus

on lisännyt kasvua 2 k-m^3:llä hehtaaria kohti vuodessa, kun puuston kuutiomäärä on 100 k-m^3/ha. Puuston määrän ollessa 200 k-m^3/ha on kasvu MK:lla kohonnut n. 3 k-m^3:llä hehtaaria kohti vuodessa. Havaitaan,että IR:n kasvua voidaan tarkastelussa käytetyllä lannoituksella kohottaa keskimäärin 2 k-m^3:llä/ha vuodessa ja MK:n vastaavasti 2,5 k-m^3:llä/ha vuodessa.

Taulukkoon 18 on koottu eräiden lannoittamattomien ja eri tavoin lannoitettujen n. 50 m:n sarkaan ojitettujen soiden kasvulukuja peruspuustoltaan erilaisilta koraloilta Etelä-Suomesta. Havaitaan, että puuston kuutiomäärän suuretessa suurenee myöskin lannoituksen aiheuttama kuutiokasvun lisäys.

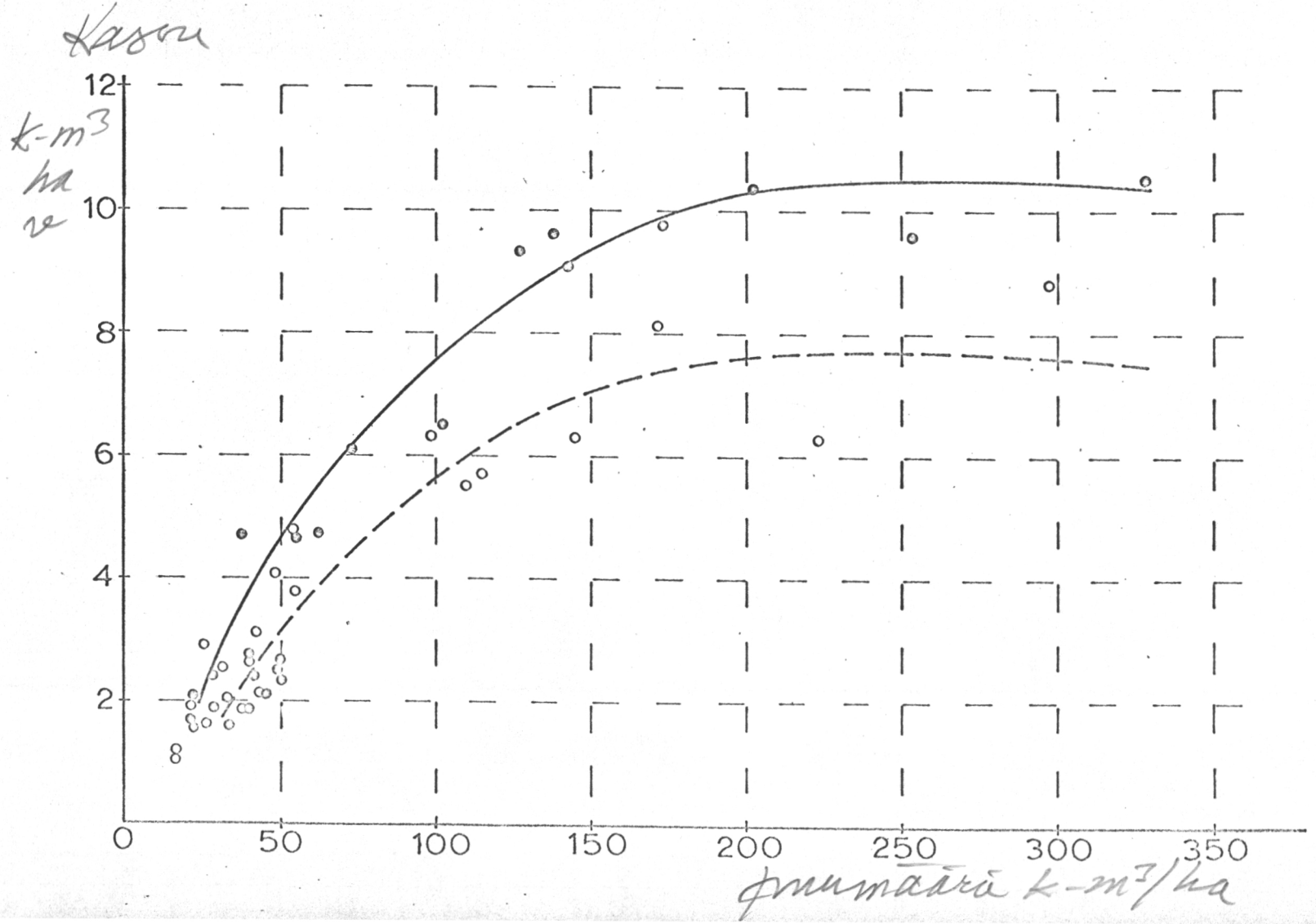
Kuva 15



Kasvu kannoitetuilla ja kannoittamattomilla tutkimuskoealoilla.

Kuva 16

Kasvu lannoitetuilla ja lannoitlamatto-milla mustikkakorvu ojitusaloilla.



Taulukko 18. Eräiden suotyyppien kuutiokasvu lannoittamatta ja lannoitettuna Etelä-Suomessa.

Lannoitus ja ravinteisuusluokka		Lannoitetun metsikön puusto k-m^3/ha											
		< 25,0		25,1-50,0		50,1-100,0		100,1-150,0		150,1-200,0		> 200,1	
		Kasvu k-m^3/ha/v. kuoretta a) lannoittamatta b) lannoitettuna											
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
PK- ja NPK-lann.													
II	korvet	-	-	-	-	-	-	6,45	8,35	-	-	-	-
III	korvet	1,41	1,84	2,27	2,36	3,61	4,32	5,46	9,73	7,35	9,70	8,06	10,20
	rämeet	0,85	1,08	2,22	3,45	4,09	4,34	-	-	-	-	-	-
	nevat	1,18	1,32	2,04	3,29	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	rämeet	1,03	1,64	2,10	2,17	-	-	5,62	6,40	-	-	-	-
	nevat	1,94	3,22	2,12	2,85	-	-	-	-	-	-	-	-
V	rämeet	0,64	1,49	1,26	2,64	2,34	5,05	6,48	-	-	-	-	-
	nevat	-	-	0,99	3,45	-	-	-	-	-	-	-	-
NP-lann.													
IV	rämeet	1,03	1,00	2,10	2,76	-	-	-	-	-	-	-	-
V	rämeet	0,64	0,94	1,26	2,43	2,34	3,84	-	-	-	-	-	-
NK-lann.													
V	rämeet	0,64	0,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P-lann.													
III	nevat	1,18	1,28	2,04	3,17	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	rämeet	1,03	1,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	nevat	1,94	2,17	2,12	3,31	-	-	-	-	-	-	-	-
V	rämeet	0,64	0,99	1,26	2,62	2,34	3,49	-	-	-	-	-	-
	nevat	0,99	1,55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K-lann.													
III	nevat	-	-	2,04	3,84	-	-	-	-	-	-	-	-
IV	rämeet	1,03	0,92	2,10	1,72	-	-	-	-	-	-	-	-
V	rämeet	0,64	0,95	1,26	1,35	2,34	3,42	-	-	-	-	-	-
	nevat	0,99	2,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N-lann.													
IV	rämeet	-	-	2,10	0,84	-	-	-	-	-	-	-	-
V	rämeet	-	-	1,26	1,50	2,34	3,58	-	-	-	-	-	-
Tuhka													
III	nevat	-	-	2,04	4,80	3,80	8,13	4,43	6,40	-	-	-	-
IV	nevat	1,94	0,41	2,12	4,33	-	-	-	-	-	-	-	-
V	rämeet	0,64	1,74	1,26	3,81	2,34	4,70	3,81	7,04	-	-	-	-
	nevat	0,99	2,79	0,99	3,57	0,10	6,41	-	-	-	-	-	-
Hiekoitus													
V	rämeet	0,64	1,50	1,26	2,47	2,34	4,97	3,81	6,61	4,02	6,72	-	-
	nevat	0,99	0,51	0,99	1,55	0,70	3,77	-	-	-	-	-	-
Savi + kalkki													
VI	rämeet	-	-	-	-	7,00	5,41	1,50	6,98	1,50	7,74	2,00	7,06

526. Lannoituksen kannattavuus

Seuraavassa on pyritty selvittämään lannoituksen edullisuutta isovarpuisella rämeellä (IR) ja mustikkakorvella (MK). (Laskelma on mh. S. Kaunisto tekemä)
Laskelmassa eri suotyypeillä käytetyt lannoitemäärät ja -lajit ilmenevät seuraavasta asetelmasta:

Suotyyppi	Lannoite	Määrä kg/ha	Kust. mk/ha
IR	PK = P = hienofosf.	400	121,5
	K = kalisuola	200	
IR	NPK = Metsien Y-lannos suomaille	600	217,8
MK	P^K, kuten edellä		

Laskelmassa on käytetty lannoitteille vuoden 1966 maalis- kesäkuun hintoja, sekä levityskustannuksien osuudeksi arvioitu 5 p/kg. Kantohinnat perustuvat metsäntutkimuslaitoksen Etelä-Suomesta keräämään tilastoon hakkuuvuodelta 1963/64 (VÄÄNÄNEN 1965).

Laskelmassa on oletettu, että kasvu, kyseisten suotyyppien metsiköissä em. lannoitemääriä käyttäen, on kuutiomäärän funktio kuvien 15 ja 16 esittämällä tavalla. Koska IR:llä, saattaa pelkkä PK-lannoitus riittää aikaansaamaan lähes yhtä suuren kasvun kohoamisen kuin NPK-lannoitus, on tässäkin määritetty myös P^K-lannoituksella saavutettava kannattavuus.

Lannoituksen vaikutus rahassa mitattuna on saatu lannoitetun ja lannoittamattoman metsikön hakkuuarvojen erotuksena, kun alkupuusto on sama, eli kaavana:

$$H_{A\ 10} - H_{B\ 10} = \Delta H$$

jossa $H_{A\ 10}$ = lannoitetun metsikön hakkuuarvo 10 v:n kuluttua lannoituksesta

$H_{B\ 10}$ = lannoittamattoman metsikön hakkuuarvo 10 v:n kuluttua lannoituksesta

ΔH = hakkuarvon lisäyä.

Sijoitetulle pääomalle saatava korkoprosentti voidaan laskea VIRON (1966) käyttämästä yhtälöstä tähän tapaan sovellettuna:

$$K\ (1{,}0\ p)^{10} = H$$

Jos lannoituksen vaikutusaika on pitempi kuin 10 v, on tämä otettu huomioon lisäämällä ΔH:hon metsikköjen hakkuuarvojen lisäysten erotus

a) 5 v:n b) 10 v:n kuluttua diskontattuna 10 v:n päähän lannoituksen suorittamisesta. Tämä tapahtuu lisäämällä ΔH:hon tekijät:

a) $\dfrac{\Delta H_5}{(1{,}0p)^5}$ b) $\dfrac{\Delta H_{10}}{(1{,}0p)^{10}}$

joissa $\Delta H_5 = (H_{A\ 15} - H_{A\ 10}) - (H_{B\ 15} - H_{B\ 10})$

$\Delta H_{10} = (H_{A\ 20} - H_{A\ 10}) - (H_{B\ 20} - H_{B\ 10})$

$H_{A\ 15}$ = lannoitetun metsikön hakkuuarvo 15 v. lannoituksesta

$H_{A\ 20}$ = -"- -"- 20 v. -"-

$H_{B\ 15}$ = lannoittamattoman -"- 15 v. -"-

$H_{B\ 20}$ = -"- -"- 20 v. -"-

Taulukossa 19 on laskettu kannattavuusprosentteja erilaisia alkupuustoja ja lannoituksen vaikutusaikoja käytettäessä. IR:llä on kolmantena tekijänä otettu huomioon investoinnin suuruus (NPK, PK). Käytännössä IR:llä yleensä tulee kysymykseen NPK-lannoitus, ja tässäkin laskelmassa voitaneen näin saatuja kannattavuusprosenttejä pitää lähinnä todellisuutta vastaavina.

Taulukko 19. Lannoituksen kannattavuus erilaisilla alkupuustoilla ja vaikutusajoilla laskettuna 10 v:n päähän lannoitushetkestä IR:llä ja MK:lla.

Esim. n:o	Suotyyppi	Alkupuusto k-m^3/ha	Lannoitus	Sij. pääomalle saatu korko %		
				Lannoit. vaikutusaika		
				10 v.	15 v.	20 v.
1	IR	20	NPK	neg.	2	6
	-"-	-"-	PK	1	7	10
2	IR	25	NPK	3	7	9
	-"-	-"-	PK	9	14	15
3	IR	40	NPK	7	11	13
	-"-	-"-	PK	12	15	16
4	MK	30	PK	9	13	15
5	-"-	50	PK	12	16	17
6	-"-	65	PK	15	18	18
7	-"-	85	PK	17	20	20
8	-"-	100	PK	20	21	22
9	-"-	155	PK	21	22	22

Lähdettäessä liikkeelle pienillä alkupuustoilla on investoinnin suuruudella tärkeä merkitys, esim. 1 ja 2. Sensijaan alkupuuston kuutiomäärän noustessa investoinnin suuruuden vaikutus vähenee, esim. 3.

Lannoituksen kestoajan vaikutus tulee esille parhaiten pienillä ja pienehköillä alkupuustoilla (taul. 19 ~~ja kuva 1~~). Niinpä esimerkki 1:ssä muuttuu korkoprosentti NPK-lannoituksella negatiivisesta 6:een ja PK-lannoituksella 1:stä 10:een vaikutusajan pidentyessä 10:stä 20 v:een. Sensijaan suurilla, yli 100 k-m^3:n alkupuustoilla korkoprosentin pääosa muodostuu jo

kymmenen lannoitusta seuraavan vuoden hakkuuarvon lisäyksestä.

Näin laskettu lannoituksen kannattavuus paranee ensin hyvin voimakkaasti alkupuuston kuutiomäärän kohotessa (~~kuva 1~~, taul. 19). Esim. IR:llä 20 k-m^3:n alkupuustolla on korkoprosentti negatiivinen 10 v:n vaikutusajalla ja 15 v:n sekä 20 v:n vaikutusajallakin vastaavasti vain 2 ja 6 käytettäessä NPK-lannoitusta ja laskettaessa vain käytännössä todella saatavat hakkuutulot. Sensijaan jo 5 k-m^3:n lisäys alkupuustoon kohottaa korkoprosentit 3:een, 7:ään ja 9:ään. Toisaalta alkupuuston suureneminen 85 k-m^3:stä 155 k-m^3:iin aiheuttaa 15 ja 20 vuoden vaikutusajalla vain 2:n prosenttiyksikön lisäyksen korkoprosenttiin.

Lähdettäessä olettamuksesta, että lannoituksen vaikutusaika kyseisiä lannoitteita ja määriä käytettäessä on 15-20 vuotta jopa pitempikin, kuten tämänkin tutkimuksen yhteydessä on todettu, saadaan jokaisessa lasketussa esimerkissä sijoitetulle pääomalle normaalia talletuskorkoa suurempi korko, parhaassa tapauksessa jopa lähes 5-kertainen. On kuitenkin otettava huomioon, että puuston ollessa pieni lannoitushetkellä, ei 10 v:n päästä voidakaan lannoitetun alan hakkuutuloilla peittää toimenpiteestä aiheutuneita menoja, vaan joudutaan ehkä odottamaan vielä seuraavat 10 vuotta. Tämän vaikutusta korkoprosenttiin on pyritty selvittämään seuraavassa asetelmassa, eräissä esimerkkitapauksissa. Laskelmassa on oletettu, että lannoituksen vaikutusaika on 20 v. ja että puusto tällöin on realisoitavissa.

Suotyyppi	Alkupuusto	Lannoitus	Korko-%
IR	20	NPK	6
		PK	10
IR	25	NPK	8
		PK	11
MK	30	PK	10

Kun verrataan asetelman lukuja taulukon 19 vastaaviin korkoprosentteihin, voidaan havaita, että pienimmällä alkupuuston kuutiomäärällä (20 k-m^3/ha) päästään kummassakin tapauksessa samoihin prosenttilukuihin saman lannoituksen vaikutusajan ollessa kysymyksessä. Alkupuuston kuutiomäärän kohotessa jäävät asetelman luvut taulukon 19 lukuja vähän pienemmiksi.

Varsinaisten taimistojen osalta ei käytetyllä laskentamenetelmällä ole voitu määrittää lannoituksen edullisuutta. Ilmeistä kuitenkin on, että taimistojenkin lannoitus soilla muodostuu varsin edulliseksi esim. uudistumista nopeuttavana ja varmistavana sekä kasvatusaikaa lyhentävänä toimenpiteenä.

6. LANNOITUS JA OJITUSTEHO

Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta on 1950-luvulla perustettu eri puolille maatamme varsin laajoja sarkaleveys- ja ojasyvyyskoekenttiä, joissa selvitellään ojitustehon ja lannoituksen vaikutuksia puustoon. Kokeiden tuloksia on osittain jo käsitelty ja tullaan myöhemmin käsittelemään erillisissä julkaisuissa tarkemmin. Koska ojitusteholla on osoittautunut olevan voimakas vaikutus lannoitustehoon, on katsottu olevan paikallaan esittää tässäkin yhteydessä muutamien esimerkkien avulla eräitä näiden tutkimusten tuloksia (vrt. HUIKARI 1963 ja 1965).

61. Lannoitus ja sarkaleveys

Kuvassa 17 on esitetty Kivalon Mortin sarkaleveyskokeen tuloksia. Sarkaleveyssarja on perustettu v. 1956 ohutturpeiselle korpiselle piensararämeelle, joka on lannoitettu v. 1961. Kuvassa 17 on lannoittamattomana ja ojattamattomana perusarvona käytetty vv. 1952-1956 keskiarvoa. Ojituksen vaikutusta on tarkasteltu vuoden 1961 pituuskasvujen keskiarvoilla ja lannoituksen vaikutuksia vuoden 1964 pituuskasvujen keskiarvoilla. Näin ollen kuvassa 17 esitettyjen käyrien poikkeamat 0-tasosta kuvaavat kunkin toimenpiteen vaikutusta.

Kuvasta 17 havaitaan, että ojituksen vaikutus laskee jyrkästi siirryttäessä 10 m:n sarkaleveydestä 60 m:n sarkaleveyteen. Ojituksen vaikutus on 80 m:n ja 100 m:n saroilla samansuuruinen ja varsin vähäinen (vrt. TANTTU 1915 ja LUKKALA 1937).

Myös ojituksen ja lannoituksen yhteisvaikutus vähenee voimakkaasti siirryttäessä 10 m:n sarkaleveydestä 60 m:n sarkaleveyteen. Leveillä saroilla lannoituksen vaikutus perustuu sarkojen laitaosien kasvun paranemiseen.

Kuvasta 18 havaitaan, että Parkanon Liesnevalla ojituksen sekä ojituksen ja lannoituksen vaikutukset männyn pituuskasvuun ovat samansuuntaisia kuin Mortissa kuusen pituuskasvuun.

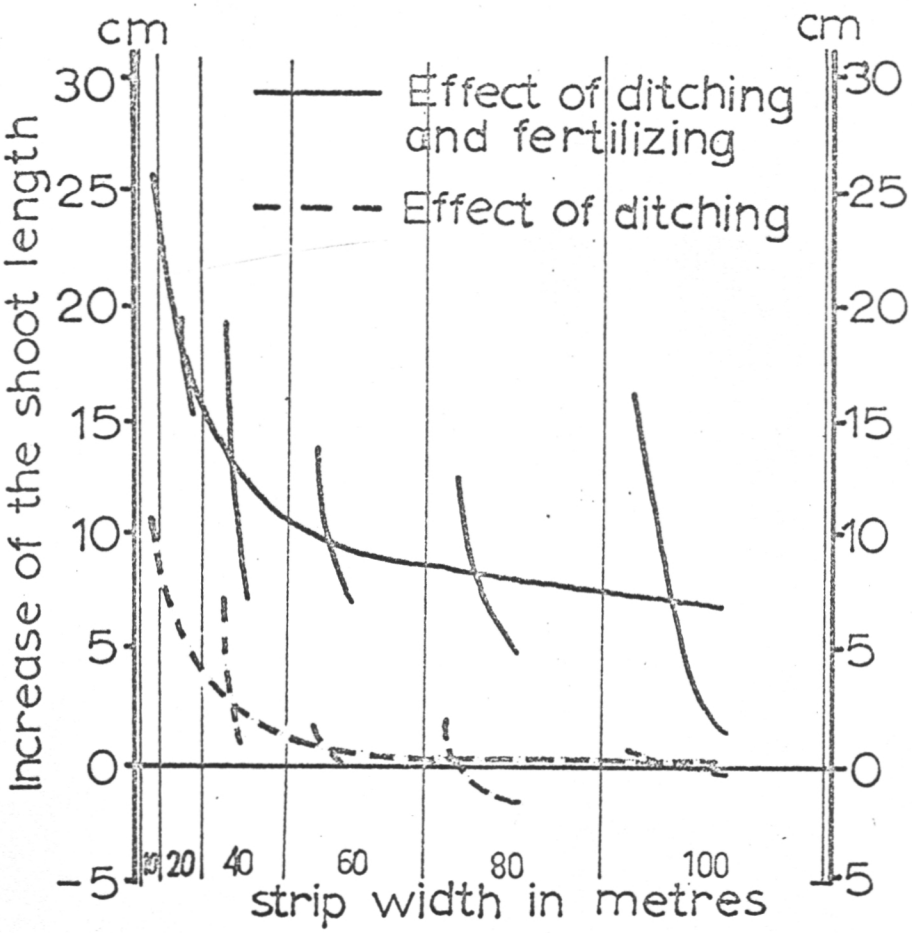
Yhteenvetona sarkaleveyden ja lannoituksen vaikutuksesta männyn ja kuusen pituuskasvuun voidaan todeta, että 60-100 m:n sarkaleveyksillä ojituksen vaikutukset jäävät vähäisiksi. 40 m:n saralta alkaen pituuskasvu paranee voimakkaasti sarkaleveyden pienentyessä. Lannoituksella saadaan sitä parempi kasvun paraneminen mitä kapeampaa sarkaa käytetään.

62. Lannoitus ja ojasyvyys

Ojasyvyyden sekä lannoituksen ja ojasyvyyden vaikutuksista on esitetty esimerkit Vilppulan koealueelta, rämeeltä, joka on lannoitettu syksyllä 1961 fosfori- ja kalilannoitteilla ja keväällä 1962 typpilannoitteella. Kuvassa 19 on esitetty männyn pituuskasvureaktiot ja kuvassa 20 männyn paksuuskasvureaktiot (vrt. HUIKARI 1965).

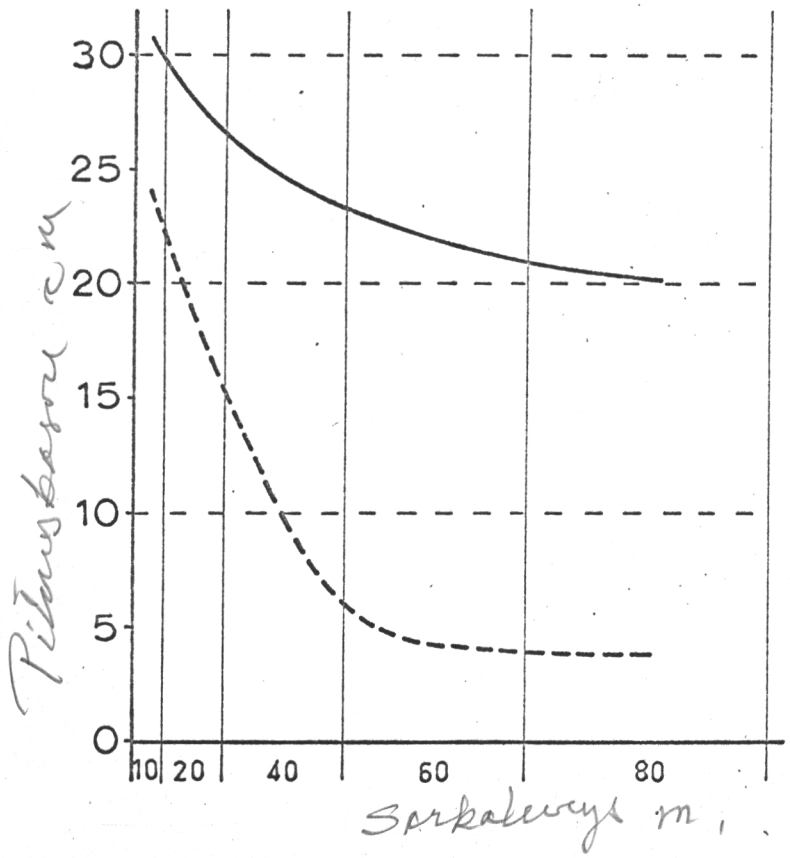
Kuvasta 19 havaitaan, että v. 1962 on saavutettu lannoittamatta kuivavarasyvyyksillä 10-70 cm lähes sama pituuskasvu. Vuonna 1963 on pituuskasvu ollut kaikilla kuivavaroilla edellistä vuotta pienempi. Pienentyminen on ollut vähäisintä 70 cm:n kuivavaralla joka näyttää jääneen pysyvästi parhaaksi.

Lannoituksella ei ole vuonna 1962 ollut vielä vaikutusta



Kuva 17.
~~Figure 60.~~ Effect of ditching in 1961 and effect of ditching and fertilizing in 1964 on the height growth of spruce in a Carex globularis spruce-pine swamp with shallow peat. Ditched in 1956, fertilized in 1961. The height growth average for the five years preceding the ditching served as reference. Mortti, rural commune of Rovaniemi.

Kwa 18.

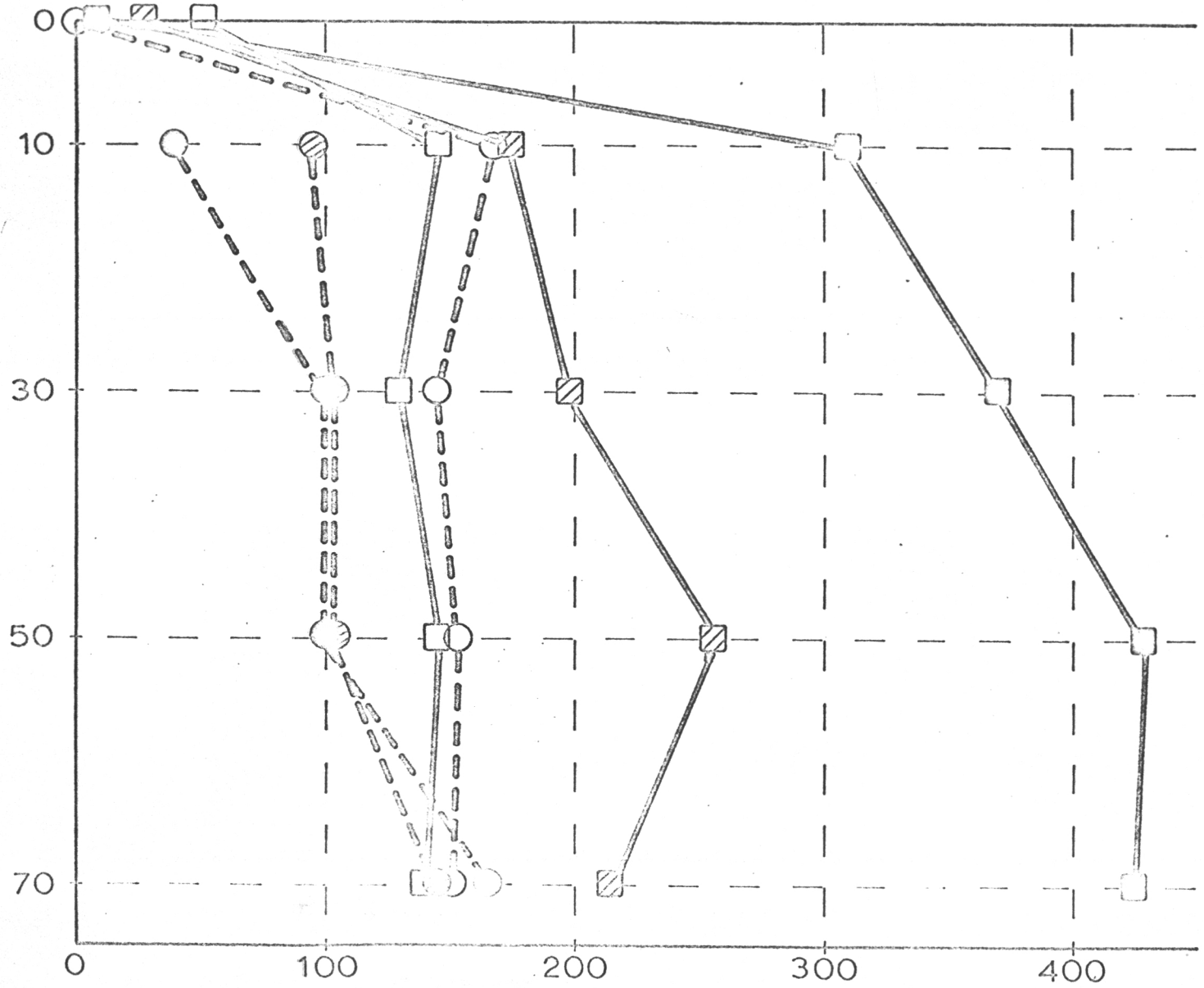


muuta kuin 0-kuivavaralla, jossa suurin osa puista jäi lannoituksen ansiosta henkiin. Vuosina 1963 ja 1964 lannoituksen vaikutusteho on tullut selvästi esille. Verrattaessa 10 cm:n kuivavaran ja 50 cm:n kuivavaran tulosta havaitaan, että pituuskasvu on 50 cm:n kuivavaralla ollut parempi ja parantunut enemmän. Sen sijaan kuivavaran lisääntyessä 50 cm:stä 70 cm:iin pituuskasvussa ei ole tapahtunut paranemista.

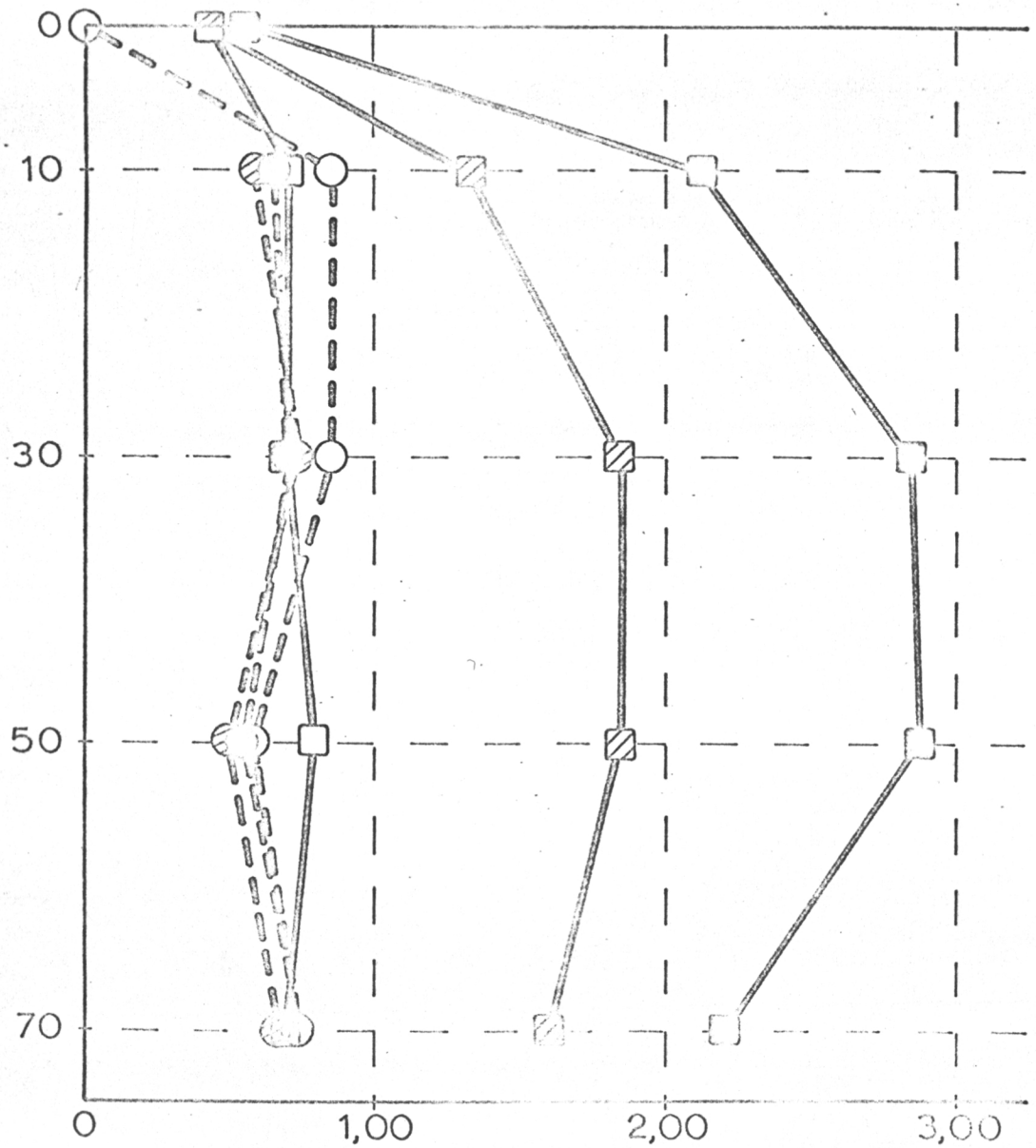
Kuvasta 20 havaitaan, ettei lannoittamatta ole saatu männyn paksuuskasvua lisääntymään suurentamalla kuivavaraa 10 cm:stä 70 cm:iin, vaan kaikilla näillä kuivavaroilla on lähes sama paksuuskasvu. Lannoitettuna paksuuskasvu lisääntyy kuivavaran suuretessa 10 cm:stä 50 cm:iin. Tätä syvemmällä kuivavaralla ei rahkaturpeessa saavuteta enää paksuuskasvun parantumista, vaan ylikuivatuksesta johtuen kasvu pienenee.

Maan vesitalouden parantamisessa on siis käytettävä kapeaa sarkaa ja matalia ojia, jotta myös lannoituksen kasvua parantavat vaikutukset tulisivat mahdollisimman täydellisesti esille.

Kuva 19



Kuva 20



7. ERIKOISKOEKENTÄT

Seuraavassa on käsitelty eräiden erikoiskoekenttien tuloksia, jotka eivät sisälly edellä käsiteltyyn yleismateriaaliin.

71. Kivisuo

Kivisuon lannoituskoekenttä sijaitsee Leivonmäen kunnassa. Koekenttä on ojitettu 10 m:n ojaetäisyydellä. Suonpinta oli istutettaessa muokattu sekä lähes täysin kasvipeitteetön. Turve on raakaa rahkaturvetta ja turvekerros 1-4 m paksu. Tässä käsitellään Kivisuon lannoituskoesarjoista hajalannoituskoesarjat, joissa on 64 eri kombinatiota väkilannoitteita kerran toistettuna erillisenä kenttänä laikkulannoituskoekenttä ja hivenlannoitus- ja laikkulannoituksen toteuttamistapakoekentän tuloksia (vrt. HUIKARI ja PAARLAHTI 1966).

Koekentiltä on tehty erillistutkimukset kasvipeitteen kehityksestä (REINIKAINEN 1964 ja 1965) sekä lumihomeen (Fomes annosus) esiintymisestä (KURKELA 1965) ja ravinnepuutosten ilmenemisestä puiden taimissa sekä muussa kasvillisuudessa (REINIKAINEN 1966), joita ei tässä yhteydessä käsitellä.

Haja- ja laikkulannoituskoekenttien koealojen käsittelyä ei ole arvottu, vaan lannoitukset on sijoitettu etukäteen suunnitellun viereisiä sarkoja vastakkain etenevän järjestelmän mukaan siten, että toisilleen läheiset kombinatiot tulevat lähekkäin. Näin on menetelty retkeilyllisistä syistä silmämääräisten havaintomahdollisuuksien parantamiseksi sekä

nousevien lannoituskäsittelyjen pysyttämiseksi mahdollisimman suuressa määrin toisiinsa vertailukelpoisissa oloissa. Koekentän tulokset antavat perustietoja männyn ravinnetarpeesta ja lannoituksen käyttömahdollisuudesta metsänviljelyn yhteydessä tehokkaasti ojitetuilla ja muokatuilla soilla. Tuloksilla on myös yleisempää merkitystä mm. männyn ravinnetarvetta ja kasvureaktioita selvitettäessä.

711. Hajalannoitus

Käytetyt lannoitteet ja lannoitemäärät hajalannoituksessa ovat seuraavat:

N = oulunsalpietaria, 25 % N

P = hienofosfaattia, 33 %, P_2O_5

K = kalisuolaa, 50 %, K_2O

N_0	=	0	kg/ha	= 0 kg	N/ha
N_2	=	200	-"-	= 50 kg	-"-
N_4	=	400	-"-	= 100 kg	-"-
N_8	=	800	-"-	= 200 kg	-"-
P_0	=	0	kg/ha	= 0 kg	P/ha
P_2	=	200	-"-	= 28.8 kg	-"-
P_4	=	400	-"-	= 57.6 kg	-"-
P_6	=	600	-"-	= 86.3 kg	-"-
K_0	=	0	kg/ha	= 0 kg	K/ha
K_1	=	100	-"-	= 41.5 kg	-"-
K_2	=	200	-"-	= 83.0 kg	-"-
K_4	=	400	-"-	= 166.0 kg	-"-

Koekentät istutettiin (2+0 v.) männyn taimilla ja lannoi-

tettiin keväällä 1959, jolloin myös ensimmäiset mittaukset taimien pituuskasvusta suoritettiin. Lannoituksen vaikutusta on tutkittu mittaamalla vuosittain taimien pituuskasvu. Taulukossa 20 on esitetty pituuskasvun keskiarvot vuosina 1959-63, siis vuotta ennen lannoitusta sekä neljänä vuotena lannoituksen jälkeen.

Kuten taulukosta voidaan havaita, on kasvu vuonna 1959, siis ennen lannoitusta, ollut sangen homogeenista eri ruuduilla, ollen keskimääräinen vaihtelu noin 1 cm:n luokkaa. Tämä on sangen luonnollista, koska mitatut taimet olivat samanaikaisesti istutettuja 2+0 v:n ikäisiä männyn taimia. Vuonna 1960 voidaan jo havaita kuitenkin selviä eroja pituuskasvussa. Varsinkin runsaimmin lannoitetuissa ruuduissa on jo yhden vuoden aikana syntynyt noin 10 cm suurempi kasvu kuin edellisenä vuotena. Seuraavina kolmena vuotena, 1961-63, on lannoituksen vaikutuksena pituuskasvuun todettavissa lisäystä, joka on runsaasti lannoitetuilla ruuduilla noin 20 cm suurempi kuin lannoittamattomilla. Eri lannoitelajien yksittäin aikaansaamat kasvureaktiot poikkeavat selvästi toisistaan. Taulukossa 21 on jaettu lannoitemäärien perusteella sekä lannoitelajeittain tulokset puun pituuden funktiona ns. kahden suunnan taulukkoon, josta näkyy selvemmin eri lannoitelajien ja määrien vaikutus. Tällöin kunkin taulukon lukuihin sisältyy kolmannen lannoitteen vaikutus kaikkien käytettyjen määrien vaikutuksen keskiarvona.

Kuten luvuista nähdään, on fosforilannoite vaikuttanut kaikkein voimakkaimmin mäntyjen pituuskasvuun. Myöskin kali- ja typpilannoitteella on ollut selvästi positiivinen vaikutus puiden ragointiin, mutta kuitenkin selvästi pienemmässä määrin

Taulukko 20. Männyn taimien pituuskasvun keskiarvot (cm) v. 1959-63 eri lannoitteita ja eri määriä hajalannoituksena saaneilla ruuduilla. Leivonmäki, Kivisuo.

		N_0					N_2					N_4					N_8					Keskiarvot				
		1959	1960	1961	1962	1963	1959	1960	1961	1962	1963	1959	1960	1961	1962	1963	1959	1960	1961	1962	1963	1959	1960	1961	1962	1963
P_0	K_0	4.1	4.1	7.0	8.2	10.7	3.9	4.3	4.0	6.1	9.4	3.2	3.7	6.7	10.1	9.4	3.9	5.1	8.8	11.2	10.3	3.8	4.3	6.6	8.9	10.0
	K_1	3.8	4.9	6.4	9.2	10.1	4.3	5.0	7.2	10.4	14.2	4.4	6.3	13.1	15.9	16.5	3.9	6.7	17.2	19.1	16.2	4.1	5.7	11.0	13.6	14.2
	K_2	4.3	4.5	7.2	7.6	8.9	4.2	4.7	5.9	10.9	15.3	4.1	5.1	10.0	14.9	16.7	3.9	5.5	14.0	18.7	15.6	4.1	5.0	9.3	13.0	14.1
	K_4	4.0	4.0	4.4	7.2	10.3	4.0	4.8	10.2	15.9	15.0	4.0	5.5	9.5	15.6	15.5	4.4	6.4	14.8	15.7	15.9	4.1	5.2	9.7	13.6	14.2
P_2	K_0	4.6	4.8	9.8	13.1	16.5	4.1	9.3	19.4	23.8	27.1	4.0	9.1	15.2	21.5	22.9	3.5	10.0	18.9	23.6	24.2	4.0	8.3	15.8	20.5	22.7
	K_1	5.0	8.5	19.8	25.6	28.5	5.4	13.4	24.6	21.9	23.7	4.9	14.2	28.7	25.9	24.3	4.9	13.1	24.9	23.4	25.7	5.0	12.3	24.5	24.2	25.6
	K_2	3.8	7.8	20.7	24.9	27.1	4.5	12.6	28.4	25.5	26.2	5.7	15.8	28.2	24.9	23.7	4.8	15.0	27.3	21.7	19.5	4.7	12.8	26.2	24.2	24.1
	K_4	4.6	10.8	26.4	27.4	26.5	4.7	11.3	27.6	25.4	26.6	4.1	12.9	27.7	24.9	23.4	4.0	11.0	24.3	18.5	21.4	4.3	11.5	26.5	24.0	24.5
P_4	K_0	5.3	7.5	14.9	21.6	20.0	3.7	12.1	23.7	23.3	22.0	4.6	10.6	22.8	24.0	24.8	4.8	12.6	18.4	22.3	18.4	4.6	10.7	20.0	22.8	21.3
	K_1	4.7	9.0	21.4	25.0	26.3	4.5	12.6	26.1	23.7	22.4	5.1	15.7	26.0	22.6	22.6	5.0	17.3	19.8	20.5	21.8	4.8	13.6	23.3	23.0	23.3
	K_2	3.8	8.9	24.4	25.4	25.4	4.5	16.4	31.4	22.9	20.4	4.6	18.6	23.9	24.6	20.0	4.4	18.0	24.6	20.3	18.4	4.3	15.5	26.1	23.3	21.0
	K4	4.2	13.5	31.6	26.7	23.4	4.6	18.2	33.9	26.2	24.3	4.1	14.5	28.1	21.4	18.5	4.1	14.4	23.9	20.9	14.4	4.2	15.2	29.4	23.8	20.2
P_6	K_0	5.4	7.8	17.1	22.9	19.8	4.5	7.5	13.6	17.7	13.4	5.3	10.6	15.5	19.4	15.7	4.4	11.4	19.2	25.3	21.1	4.9	9.3	16.4	21.3	17.5
	K_1	4.0	9.8	26.6	16.4	28.5	4.0	12.9	27.2	24.1	22.4	4.4	16.2	26.5	24.8	21.3	3.8	16.9	27.7	23.6	22.3	4.0	14.0	27.0	22.2	23.6
	K_2	4.6	14.5	30.4	27.2	24.5	4.8	15.5	29.9	23.0	20.3	4.1	17.7	30.0	23.5	22.0	4.3	14.6	27.8	20.2	19.0	4.5	15.6	29.5	23.5	21.4
	K_4	6.1	11.5	28.5	28.8	25.1	5.2	15.9	32.1	28.8	23.5	4.9	16.4	26.1	24.9	21.7	5.4	20.3	27.6	19.7	15.7	5.4	16.0	28.6	25.6	21.5
Keskiarvot		4.5	8.2	18.5	19.8	20.7	4.4	11.0	21.6	20.6	20.4	4.5	12.1	21.1	21.2	19.9	4.3	12.4	21.2	20.3	18.7	4.4	10.9	20.6	20.5	20.0

Taulukko 21. Männyn taimien pituus (cm) syksyllä 1963.

		N_0	N_2	N_4	N_8	Ka
P_0	K_0	43	33	38	44	39,5
	K_1	39	47	62	68	54,0
	K_2	38	44	57	67	51,5
	K_4	35	57	62	62	54,0
P_2	K_0	54	91	80	88	78,2
	K_1	91	94	100	96	95,2
	K_2	93	101	110	95	99,8
	K_4	110	103	99	85	99,2
P_4	K_0	75	94	95	83	86,8
	K_1	93	93	97	98	95,2
	K_2	96	106	104	95	100,0
	K_4	107	114	92	81	98,5
P_6	K_0	78	63	88	86	78,8
	K_1	104	95	99	99	99,2
	K_2	107	95	102	90	98,5
	K_4	104	110	102	95	102,8
Keskiarvot		79,2	83,8	86,7	83,2	

Taulukko 22. Männyn taimien pituus (cm) syksyllä 1963. Eri lannoitteiden ja määrien vaikutus lannoitepareittain tarkasteltuna.

	P_0	P_2	P_4	P_6	Keskiarvo
N_0	38,8	87,0	92,8	98,2	79,2
N_2	45,2	97,2	101,8	90,8	83,8
N_4	54,8	97,2	97,0	97,8	86,7
Keskiarvo	49,7	93,1	95,1	94,8	
K_0	39,5	78,2	86,8	78,8	70,8
K_1	54,0	95,2	95,2	99,2	85,9
K_2	51,5	99,8	100,2	98,5	87,5
K_4	54,0	99,2	98,5	102,8	88,6
Keskiarvo	49,7	93,1	95,1	94,8	
	N_0	N_2	N_4	N_8	Keskiarvo
K_0	62,5	70,2	75,2	75,2	70,8
K_1	81,8	82,2	89,5	90,2	85,9
K_2	83,5	86,5	93,2	86,8	87,5
K_4	89,0	96,0	88,8	80,8	88,6
Keskiarvo	79,2	83,8	86,7	83,2	

kuin fosforilla. Jotta eri lannoitteiden ja määrien keskinäinen paremmuus tulisi ilmi, testattiin vuoden 1963 hajalannoituksista saadut tulokset tilastollisesti. Testausta varten jouduttiin saadut kasvuarvot tasoittamaan, koska eri lannoiteruutujen paikkoja ei oltu määrätty arpomalla lannoitettaessa. Tämän vuoksi katsottiin systemaattisen virheen välttämiseksi molempien kenttien arvojen tasoitus aiheelliseksi. Tasoitus suoritettiin ruutujen välissä sijatsevien lannoittamattomien vaippojen taimien pituuskasvuarvojen avulla. Tasoitus suoritettiin siten, että vaippojen koko keskiarvosta vähennettiin kunkin rivin vaippojen keskiarvo. Saatu erotus lisättiin kaikkiin saman suuntaisella rivillä olevien lannoiteruutujen todellisiin arvoihin. Näin saatuja tasoitettuja arvoja käytettiin sitten hyväksi testauksessa. Tulosten luotettavuuden lisäämiseksi testattiin koesarja myös tasoittamattomilla arvoilla, jolloin saatiin yhtä pitävät tulokset tasoitetuilla arvoilla suoritetun testauksen kanssa.

Yhteenvetona tuloksista saatiin seuraavaa:

1. <u>Lannoitteiden vaikutus yksinään</u>

   N Ei merkitseviä eroja pituuskasvussa.

   P Lisää hyvin (xx) tai erittäin (xxx) merkitsevästi pituuskasvua.

   K Ei merkitseviä eroja pituuskasvussa.

2. <u>Lannoitteiden vaikutus parittain</u>

   NP 1. Kun fosforia annettu, ei typpilannoitus suurenna merkitsevästi pituuskasvua.

2. Kun typpeä annettu, suurentaa fosforilannoitus merkitsevästi pituuskasvua (vaihtelua eri fosforin määrillä, merkitseviä $^{(x)}$ ja hyvin merkitseviä $^{(xx)}$ pituuskasvun lisäyksiä).

NK Ei merkitsevää vaikutusta.

PK 1. Annettaessa fosforia (P_2), suurentaa kalilannoitus merkitsevästi $^{(x)}$ pituuskasvua kaikilla käytetyillä kalilannoitus määrillä.

2. Annettaessa kalia suurentaa fosforilannoitus kaikilla käytetyillä fosforilannoitus määrillä erittäin merkitsevästi $^{(xxx)}$ pituuskasvua.

3. Kaikki kolme lannoitetta

NPK NK; P:n lisäys aiheuttaa merkitsevän pituuskasvun lisäyksen.

NP; K:n lisäyä ei aiheuta merkitsevää pituuskasvun lisäystä.

PK; N:n lisäys ei aiheuta pituuskasvun lisäystä, vaan merkitsevän negatiivisen vaikutuksen.

4. Lannoitemäärien paremmuus

Tuloksia tarkasteltaessa on muistettava, että kysymyksessä on tehokkaasti ojitettu kasvipeitteetön ja muokattu suonpinta. Näyttää siltä, että fosforilla ja kalilla saataisiin tällöin istutusta seuraavina vuosina edullisin vaikutus pituuskasvuun käyttämällä tässä kokeessa käytettyjä alimpia määriä lannoitteita (P_2 ja K_1). Typellä ei saada merkitsevää pituuskasvun paranemista aikaan vaan pituuskasvun pienenemistä.

Jatkuu siv. 98

712. Laikkulannoitus

Laikkulannoituksen tulokset osoittavat yhtäläisyyttä hajalannoitusten tulosten kanssa. Pituuskasvu on tosin ollut jonkin verran haikompaa, esim. v. 1963 keskimäärin noin 15 % pienempi kuin vastaavien hajalannoitettujen mäntytaimien pituuskasvu sellaisilla ruuduilla, joilla on annettu kaikkia kolmea lannoitetta. Taulukossa 23 on esitetty väkilannoitteiden vaikutus eri vuosina taimien pituuskasvuun, kun lannoitetta on annettu 0,25 neliömetrin alalle taimen ympärille maanpintaan, eli vain 1/16 osalle vastaavasta hajalannoitusalasta. Siten esim. N_2 = 1,25 g N/taimi, P_2 = 1,65 g P_2O_5/taimi, K_1 = 1,25 g K_2O/taimi.

713. Haja- ja laikkulannoituksen vertailu

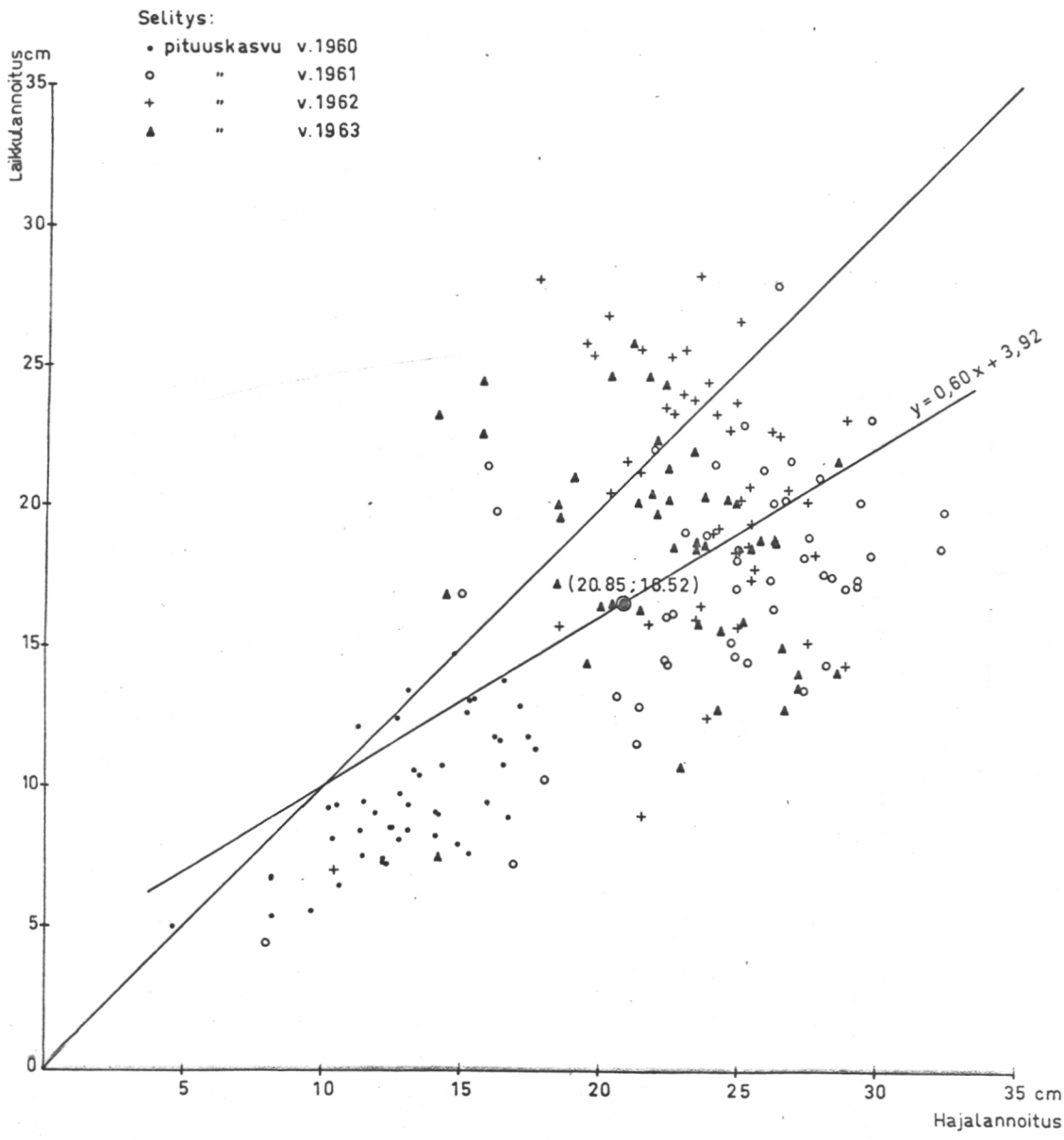
Selvemmän kuvan saamiseksi laikkulannoituksen ja hajalannoituksen välisestä erosta esitetään piirroksessa 21 haja- ja laikkulannoituksen vertailu vuoden 1963 keskimääräistä arvoista.

Piirroksissa 22 ja 23 on esitetty erikseen männyn pituuskasvun kehittyminen vuosina 1960-63 haja- ja laikkulannoitetuilla koealoilla. Kuten kummastakin piirroksesta ilmenee, ovat lannoitteet lisänneet huomattavasti kasvua. Hajalannoituskokeesta voidaan todeta, että siinä on lannoituksessa

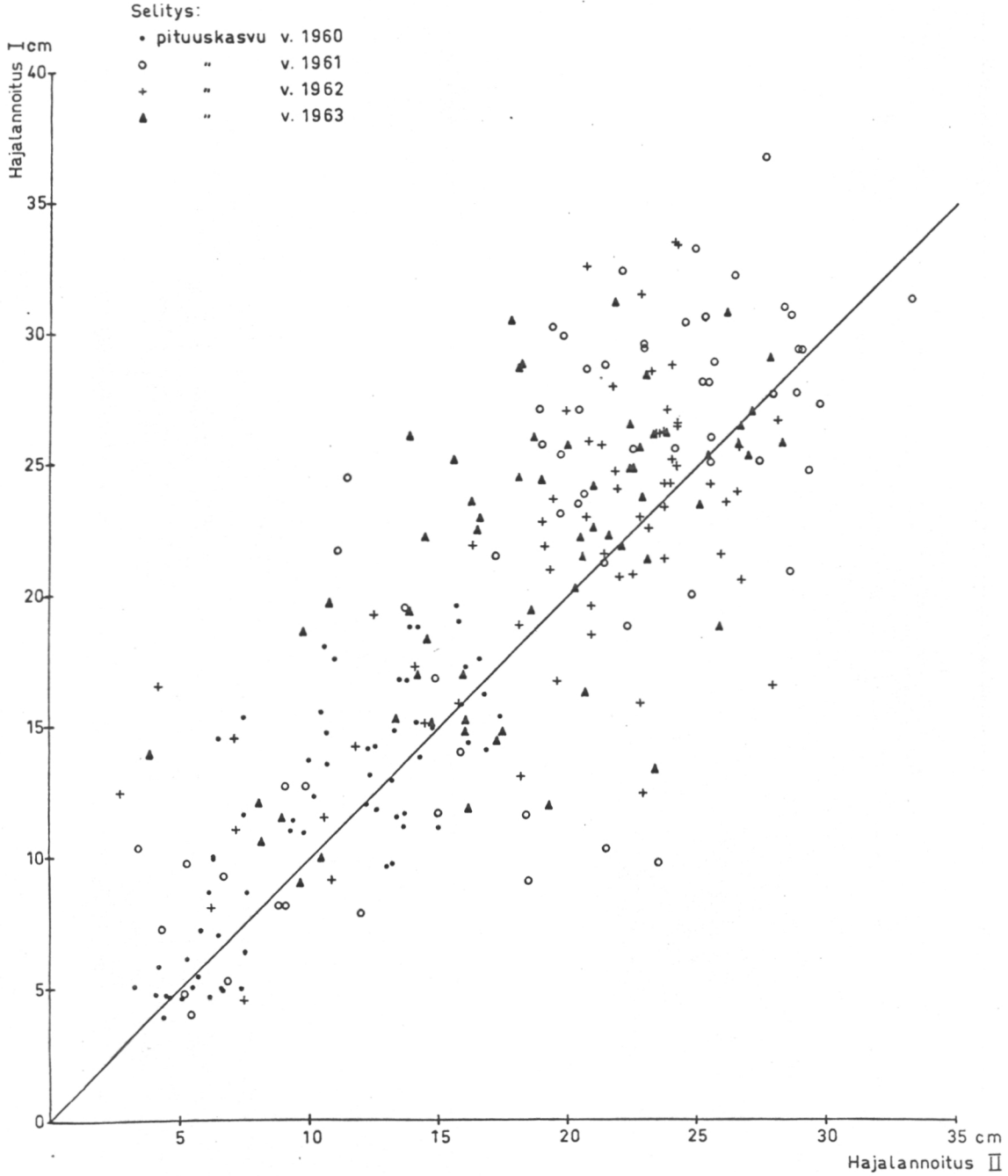
Taulukko 23.

		N_0				N_2				N_4				N_8				Keskiarvot			
		1960	1961	1962	1963	1960	1961	1962	1963	1960	1961	1962	1963	1960	1961	1962	1963	1960	1961	1962	1963
P_0	K_0	4.4	5.7	5.9	8.0													4.4	5.7	5.9	8.0
	K_1					5.1	4.5	7.1	7.5									5.1	4.5	7.1	7.5
	K_2																				
	K_4																				
P_2	K_0					7.3	11.6	12.5	13.6	5.7	7.3	9.0	10.7	6.5	10.3	16.5	12.8	6.5	9.7	12.7	12.4
	K_1	6.9	14.4	18.6	14.1	9.1	16.2	16.0	18.6	10.9	19.0	20.2	21.9	9.1	15.2	19.2	18.8	9.0	16.2	18.5	18.4
	K_2	6.8	14.6	15.7	14.1	8.6	17.4	17.8	18.8	9.2	17.2	18.4	20.3	8.0	14.5	15.8	14.4	8.1	15.9	16.9	16.9
	K_4	7.6	13.5	15.2	15.0	8.3	17.1	17.4	12.8	8.5	16.4	18.4	18.5	10.5	14.7	15.8	16.3	8.7	15.4	16.7	15.6
P_4	K_0					7.5	19.1	23.8	19.7	9.8	18.5	19.1	20.1	9.4	19.8	23.5	20.0	8.9	19.1	22.1	19.9
	K_1	5.5	12.1	20.2	18.7	10.7	21.0	24.4	21.3	11.9	20.2	23.3	18.5	12.2	22.0	25.6	20.4	10.1	18.8	23.4	19.7
	K_2	9.3	18.1	19.4	18.5	13.2	20.1	24.0	16.5	11.9	17.1	22.7	16.4	11.5	17.6	20.5	17.2	11.5	18.2	21.6	17.2
	K_4	8.6	18.2	20.6	18.7	9.0	19.8	22.7	15.6	9.5	17.4	21.2	19.6	8.2	16.1	21.6	16.8	8.8	17.9	21.5	17.7
P_6	K_0					9.5	21.4	28.1	23.2	8.5	16.9	25.8	22.5	7.4	13.3	20.7	25.8	8.5	17.2	24.9	23.8
	K_1	9.4	20.1	22.5	21.6	12.5	17.5	23.3	20.2	13.1	18.9	23.7	20.1	13.8	21.3	28.2	24.3	12.2	19.4	24.4	21.6
	K_2	7.7	18.3	18.3	20.2	14.8	27.9	25.6	24.6	13.0	22.9	25.3	22.3	13.5	21.6	26.8	21.0	12.2	22.7	24.0	22.0
	K_4	8.2	14.4	14.4	15.9	11.8	18.5	23.1	15.8	12.7	23.1	26.6	24.6	10.9	21.5	25.4	24.4	10.9	19.4	22.4	20.2
Keskiarvot		7.4	14.9	17.1	16.5	9.8	17.8	20.4	17.6	10.4	17.9	21.1	19.6	10.1	17.3	21.6	19.4	8.9	15.7	18.7	17.2

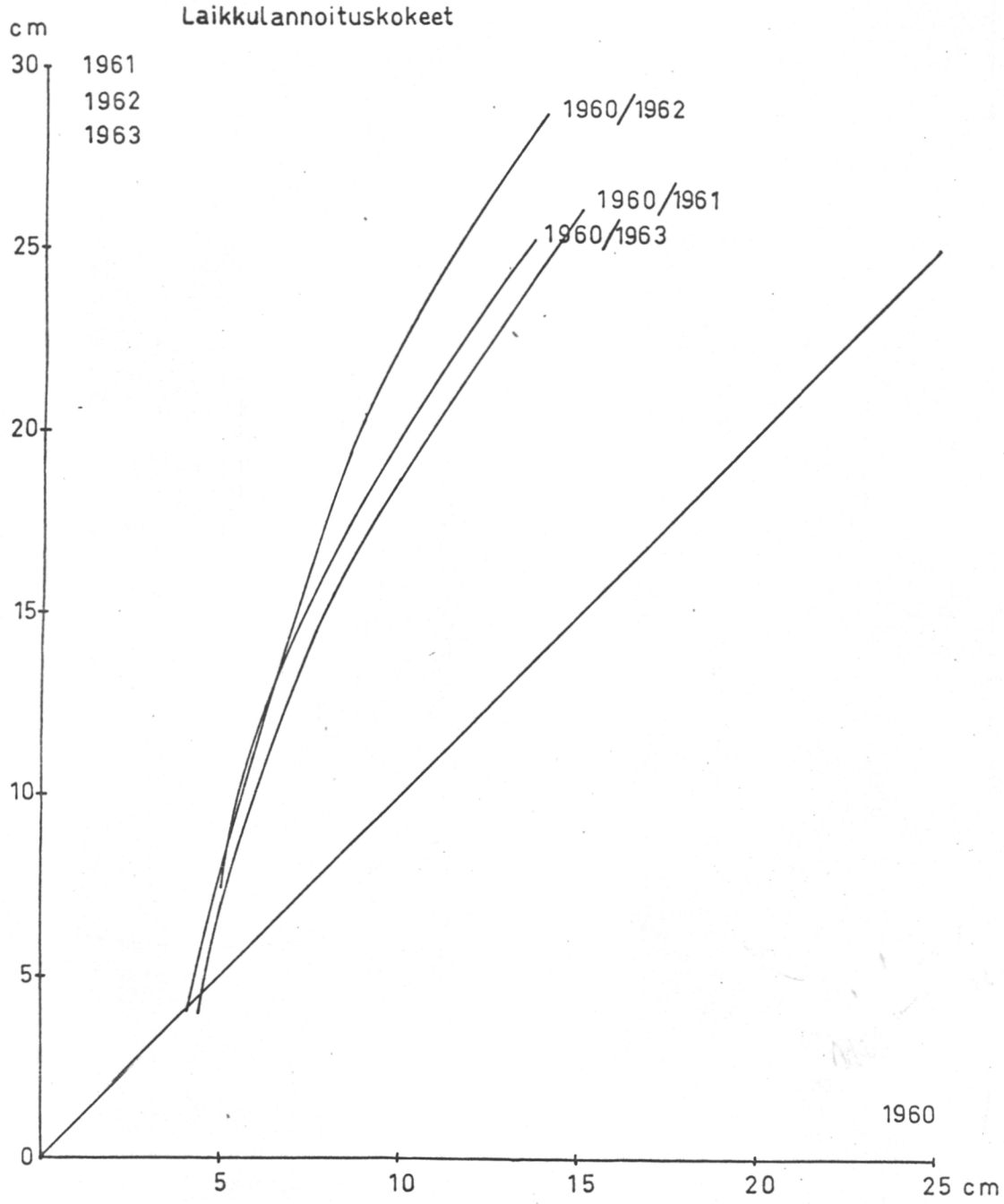
Männyn pituuskasvun kehittyminen vv. 1960 – 63
haja – ja laikkulannoitetuilla koealoilla



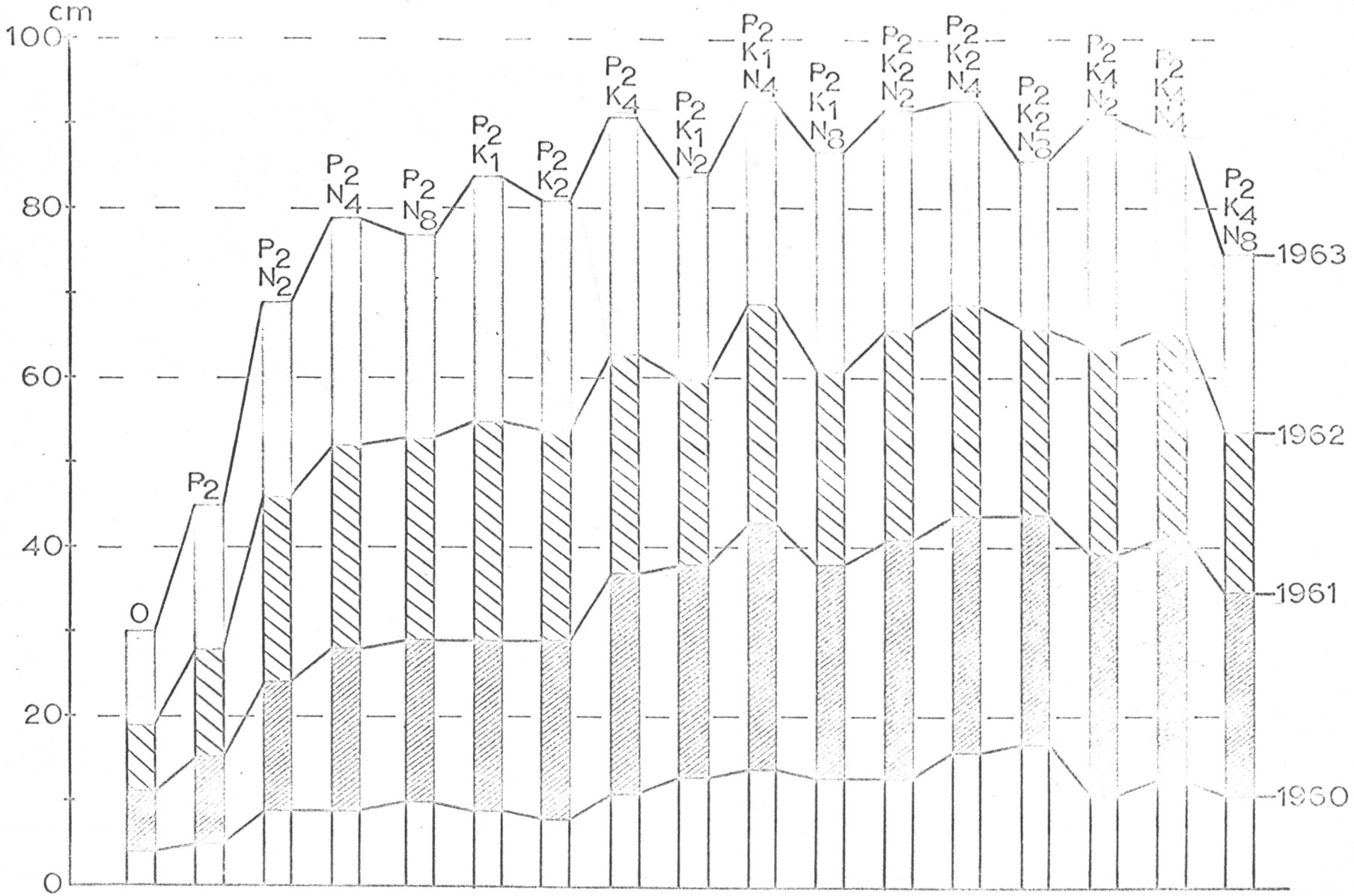
Männyn keskimääräinen pituuskasvu vv. 1960–63
Hajalannoituskokeet I ja II
Leivonmäki, Kivisuo



Männyn pituuskasvun kehittyminen vv. 1960–63
haja- ja laikkulannoitetuilla koealoilla
Leivonmäki, Kivisuo



Kuva 24


cm
100
80
60
40
20
0
O
P2
P2 N2
P2 N4
P2 N8
P2 K1
P2 K2
P2 K4
P2 K1 N2
P2 K1 N4
P2 K1 N8
P2 K2 N2
P2 K2 N4
P2 K2 N8
P2 K4 N2
P2 K4 N4
P2 K4 N8
1963
1962
1961
1960

päästy v. 1961, eli siis toisena vuotena lannoituksen jälkeen, kaikkein korkeimpiin lukemiin, alentuen tuloksen jonkin verran aina seuraavina vuosina. Laikkulannoituksessa näyttää lannoitteiden vaikutus olleen tehokkaimillaan vuonna 1962, eli kaksi vuotta lannoituksen jälkeen. Piirroksesta 24 näkyy aikaisemmin mainittuun taulukkoon 20 liittyen havainnollisesti eri lannoitelajien- ja määrien vaikutus puun pituuskasvuun hajalannoituksessa.

714. ~~Maito~~horsman esiintyminen

Samanaikaisesti kuin lannoitetuilta ruuduilta tutkittiin pituuskasvua, pyrittiin myös selvittämään erilaisten väkilannoitusten vaikutusta maitohorsmaan (Epilobium augustifolium), kun kaikkia lannoitteita käytettiin (vrt. REINIKAINEN 1964, 1965 ja 1966). Analysoinnin tuloksena voitiin todeta seuraavaa:

Kalin lisäyksellä (100 200 400 kg) saadaan aikaan horsman peittävyyden nousu, joka on erittäin merkitsevä tilastollisesti.

Typen lisäyksellä (200 400 800 kg) saatiin vastaavanlainen tulos.

Fosforin lisäyksellä (200 400 600 kg) saatu muutos on tosin positiivinen, so. horsma lisääntyi, kun fosforia lisättiin, mutta muutos ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Horsman peittävyydeksi saatin seuraava, kun kaikkialla lannoitteita käytettiin:

N	200	62 %	K	100	60 %	P	200	68 %
N	400	70 %	K	200	73 %	P	400	69 %
N	800	82 %	K	400	81 %	P	600	78 %

Samoilta ruuduilta, joilta tutkittiin horsman peittävyys, analysoitiin männyn pituuskasvu, jolloin horsman peittävyyden lisäystä näyttää alkuvaiheessa seuranneen pituuskasvun pieneneminen.

715. Hivenaineet

Kivisuon lannoituskoesarjasta on myös pyritty tutkimaan hivenlannoitteiden vaikutusta pituuskasvuun. Tällöin on hivenlannoitteina käytetty kuparia, booria, mangaania sekä sinkkiä seuraavia määriä:

Cu = kuparisulfaattia 50 kg/ha
B = booraksia 50 kg/ha
Mn = mangaanisulfaattia 50 kg/ha
Zn = sinkkisulfaattia 50 kg/ha

Hivenaineiden vaikutusta männyn pituuskasvuun ei ole toistaiseksi voitu selvittää maitohorsman aiheuttamien häiriöiden takia. Tilastollisessa analysoinnissa todettiin seuraavat merkitsevät erot maitohorsman suhteen eri hivenlannoitteilla:

Kupari lisää horsman peittävyyttä.
Mangaani vähentää horsman peittävyyttä.
Sinkki vähentää horsman peittävyyttä.

Vilppulan Haapavedelle ja Muhokselle v. 1951 perustetuissa hivenlannoituskokeissa ei ole saatu kuparilla, boorilla,

sinkillä eikä mangaanilla männyn taimien kasvuun selviä eroja.

716. Lannoitustapakoe

Kivisuon lannoituskentälle on perustettu keväällä 1963 lannoitustapakoe, jossa on pyritty selvittämään istutuksen yhteydessä erilaisia laikkulannoitusmenetelmiä. Istutuksessa on käytetty kuusen taimia (2+2 v.) ja samanaikaisesti on suoritettu laikkulannoitus suometsä-Y-lannoksella (10 % N, 12 % P_2O_5, 6 % K_2O).

Koe jakaantuu kolmeen osaan, joista ensimmäisellä pyritään selvittämään samaa lannoitekonsentraatiota käyttäen erisuuruisen lannoitusalan merkitystä. Tässä on käytetty pinta-aloja 1/4 m^2 (25 g lannoitetta), 1/2 m^2 (50 g lannoitetta) ja 1 m^2 (100 g lannoitetta). Toisessa koejäsenessä on selvitetty eri suuruisten konsentraatioiden ja eri suuruisten alojen merkitystä ja tässä on käytetty pinta-aloja 1/2 m^2 ja 1 m^2. Molemmille aloille on annettu 25 g lannoitetta. Kolmas koejäsen pyrkii selvittämään, mille etäisyydelle taimen juuresta lannoite on syytä antaa. Etäisyys taimen juuresta (= säde) on kokeessa ollut 5, 10 ja 20 cm. Lannoitettu pinta-ala on kaikissa ollut 1/4 m^2 ja käytetty lannoitemäärä 25 g. Lisäksi kokeessa on jäsen, jossa taimen istutuskuoppaan on pantu lannoitetta 25 g.

Kokeen mittaus on suoritettu v. 1965. Tällöin on mitattu taimien pituus ja vuoden 1965 vuosikasvain. Samoin on kiinnitetty huomiota taimien kuolleisuuteen Aineisto on käsitelty aritmeettisena keskiarvolaskentana.

Taulukossa 24 on esitetty ensimmäisen koejäsenen antamat tulokset istutuksen onnistumisen ja taimien kasvun sekä pituuden osalta.

Taulukko 24. Lannoitetun alan koon merkitys samaa lannoitekonsentraatiota käytettäessä. Leivonmäki, Kivisuo

V. 1965 mitatut tunnukset	Lannoitetta g/m^2 v. 1963			
	0/0	25/0,25	50/0,50	100/1,00
Taimia elossa %	97,5	90,9	77,8	79,8
Elävien taimien keskim. pituus cm	31,1	34,6	33,4	33,0
Elävien taimien keskim. kasvu cm	1,6	4,6	3,0	4,0

Taulukosta 24 havaitaan, että istutus on onnistunut parhaiten lannoittamattomilla ruuduilla, joissa taimia on 97,5 % elossa. Taimien kuolleisuus on suurentunut lannoitusta käytettäessä. Sekä taimien pituus että vuosikasvain (1965) on paras ruudulla 25 g/0,25 m^2. Erot muihin lannoitusmenetelmiin nähden ovat kuitenkin vähäiset, pituudessa n. 1 cm:n ja kasvussa vajaa 1 cm:n luokkaa.

Taulukko 25. Lannoitekonsentraation vaikutus kuusen taimien pituuteen ja kasvuun sekä istutuksen onnistumiseen. Leivonmäki, Kivisuo.

V. 1965 mitatut tunnukset	Lannoitetta g/m^2 v. 1963				
	Istutus kuoppa	25/0,25	25/0,50	25/1,00	0/0
Taimia elossa %	13,6	90,9	93,9	96,0	97,5
Elävien taimien keskim. pituus cm	32,3	34,6	32,3	30,9	31,3
Elävien taimien keskim. kasvu cm	2,5	4,6	4,0	3,4	1,6

Havaitaan, että lannoitekonsentraation pienetessä istutus on onnistunut paremmin. Käytännössä merkitsevästi poikkeaa muusta aineistosta lannoitustapa, missä lannoite on kokonaisuudessaan annettu istutuskuoppaan. Tällöin suurin osa taimista on kuollut niin, että elossa olevia on v. 1965 ollut vain 13,6 %. Samoin istutuskuoppaan annetulla lannoitteella on ollut haittavaikutusta taimien kasvulle, koska vuoden 1965 kasvain on jäänyt lannoittamattoman tasolle. Taimien kasvu ja pituus ovat sitä suurempia, mitä voimakkaampi lannoitekonsentraatio on ollut lukuunottamatta taimia, jotka ovat saaneet lannoitteen istutuskuoppaan.

Taulukko 26. Lannoitetun alan ja taimen välisen etäisyyden vaikutus samaa lannoitekonsentraatiota (25 g / 0,25 m^2 v. 1963) käytettäessä. Leivonmäki, Kivisuo.

V. 1965 mitatut tunnukset	Istutuskuoppaan 25 g	Lannoitetun alan etäisyys taimesta, cm				0-ruutu
		0	5	10	20	
Taimia elossa %	13,6	90,9	95,4	98,5	97,5	97,5
Elävien taimien keskim. pituus cm	32,3	34,6	34,0	34,0	32,1	31,3
Elävien taimien keskim. kasvu cm	2,5	4,6	4,0	2,5	2,7	1,6

Havaitaan, että taimen ja lannoitusalan etäisyyden kasvaessa istutuksen onnistumisprosentti paranee. Selvin ero on tässäkin istutuskuoppaan kohdistetun menetelmän ja muiden menetelmien välillä. Elossa olevien taimien lukumäärä kasvaa lannoittamattoman vaipan säteen kasvaessa 10 cm:iin. Säteen suuretessa 10 cm:sta lannoituksen vaikutus istutuksen onnistumiseen ei näytä tämän aineiston mukaan muuttuvan. Niinpä lannoittamattoman tason ja tason, missä taimen ympärillä on 10 cm:n lannoittamaton vaippa, onnistumisprosenttien ero on vain 1 %:n luokkaa (vrt. VIRO 1962). Taimien kokonaispituus ja kasvu ovat parantuneet lannoituksen vaikutuksesta siten, että kasvu ja pituus suurenevat lannoittamattoman vaipan säteen pienenty-

essä. Korkeimmat pituus- ja kasvuarvot on saavutettu tasolla, jossa lannoiteannos on annettu välittömästi taimien ympärille.

Yhteenvetona Kivisuon laikkulannoitustapakokeesta voidaan todeta, että istutuskuoppaan annettuna lannoituksella on taimiin voimakas tuhoamisvaikutus. Myös eloon jääneiden kasvu näyttää kärsivän tätä tapaa käytettäessä. Istutus on tässä kokeessa onnistunut kaikilla lannoituskoejäsenillä hyvin. Taimien kasvu on pintalannoituksessa parantunut lannoitemäärän kasvaessa (vrt. ZEHETMAYER 1954 ja HOLMEN 1966). Tulokset tukevat aikaisemmin annettuja lannoitusohjeita (vrt. mm. HUIKARI 1966).

717. Hies- ja rauduskoivun luontainen uudistuminen erilailla lannoitetuilla aloilla

Aineisto koottiin Kivisuon koekentältä kesällä 1964 vuonna 1959 perustetulta hajalannoituskokeelta ja sen toistolta. Aineisto saatiin laskemalla taimien lukumäärä eri tavalla lannoitetuille koealoille sijoitetuilta 3 x 3 m suuruisilta koeruuduilta. Taimet luokiteltiin koon mukaan luokkiin 0,5 m, 0,5 - 1,0 m ja 1,0 m. Viimeksi mainitun luokan edustajia ei ole jatkossa käsitelty erikseen niiden vähälukuisuuden vuoksi. Ne on kuitenkin otettu huomioon tutkittaessa kaikkien taimien esiintymistä.

Laskentaan osui peruskenttä ja toisto yhteenlaskettuina 1077 hieskoivua ja 846 rauduskoivua. Ne jakaantuivat kokoluokkiin seuraavan asetelman mukaisesti:

Koivulaji	Kokoluokka			
	0,5 m	0,5-1,0 m	1,0 m	kaikki
B. verrucosa	377	417	52	846
B. pubescens	580	416	81	1077

Näin saadun aineiston perusteella on selvitetty eri lannoitteiden ja määrien vaikutusta koivujen esiintymiseen. Tätä varten yhdistettiin peruskentän ja sen toiston aineisto laskemalla koivulajeittain kutakin lannoitekäsittelyä vastaava keskiarvo. Keskiarvot laskettiin erikseen koko aineistosta ja kokoluokista 0,5 m ja 0,5 - 1,0 m.

Rauduskoivun lukumäärään ovat vaikuttaneet pääasiassa fosfori ja kali (taulukot 28 ja 29). Fosfori on kolminkertaistanut taimien lukumäärän. Eri fosforimäärien välillä ei ole ollut sanottavaa eroa. Kalilannoitus on kaksinkertaistanut rauduskoivujen määrän ja suurimmalla kalitasolla lähes kolminkertaistanut. Typellä ei näytä olevan vaikutusta taimien lukumäärään.

Lannoitteet ovat vaikuttaneet eri tavalla pienten taimien ja suurten taimien esiintymiseen. Erityisesti kalin vaikutus on tässä suhteessa erilainen, sillä se on vaikuttanut suurten taimien (0,5-1,0 m) lukuisuuteen positiivisemmin kuin pienten taimien. Pienten taimien lukumäärän on kali kaksinkertaistanut, eikä eri tasojen vlillä ole eroja, kun taas suurten taimien lukumäärän se on suurimmilla kalimäärillä jopa nelinkertaistanut. Tämä johtunee siitä, että runsaasti lannoitetuille ruuduille ei muun kasvillisuuden voimistumisen vuoksi ole voinut syntyä nuorta rauduskoivun taimistoa.

Rauduskoivun suhteellista vaateliaisuutta osoittaa myös taulukko 27, josta selviää taimien keskimääräinen luku eri ravinneyhdistelmiä saaneilla ruuduilla.

Taulukko 27. Rauduskoivun (Betula verrucosa) taimien lukumäärä eri ravinneyhdistelmiä saaneilla koeruuduilla. Leivonmäki, Kivisuo.

Lannoitus	Taimia kpl/9 m^2		
	0,5 m	0,5 - 1,0 m	Kaikki
0	1,2	0,8	2,0
N	0,2	0,7	0,8
P	1,8	1,7	3,5
K	0,3	0,5	0,8
NP	2,0	1,6	4,0
NK	2,2	1,1	3,3
PK	5,4	2,6	8,4
NPK	3,8	3,7	9,6

Taulukko 28. Betula verrucosa taimien (kaikki taimet) lukumäärä 3 m x 3 m ruudulla v. 1964 (vuonna 1959 lannoitettu) peruskenttä ja toistot yhdistettynä. Leivonmäki, Kivisuo.

Lannoitus		Taimia kpl/9 m^2			
		Ko	K_1	K_2	K_3
Po	No	2,0	1,5	-	1,0
	N_1	1,0	2,5	1,0	3,5
	N_2	0,5	5,0	2,5	0,5
	N_3	2,0	1,0	11,0	2,5
P_1	No	2,5	2,5	7,5	13,5
	N_1	4,5	7,0	12,0	22,0
	N_2	7,0	10,5	14,5	20,5
	N_3	4,0	10,5	15,0	11,0
P_2	No	2,0	5,0	8,0	11,5
	N_1	4,0	10,5	8,5	15,0
	N_2	5,5	5,0	11,5	4,0
	N_3	1,0	4,5	12,0	9,5
P_3	No	6,0	10,0	7,5	10,5
	N_1	2,5	5,5	1,5	10,5
	N_2	1,5	8,0	7,0	15,5
	N_3	6,0	5,0	6,5	1,0

Taulukko 29. Eri lannoitteiden ja määrien vaikutus Betula verrucosan taimien lukuisuuteen lannoitepareittain tarkasteltuna v. 1964. Vuonna 1959 lannoitettu peruskenttä ja toistot yhdistettyinä. Leivonmäki, Kivisuo.

Lannoitus	Taimia kpl/9 m^2				
	Po	P_1	P_2	P_3	$\bar{X}$
No	1,1	6,5	6,6	8,5	5,7
N_1	2,0	11,4	9,5	5,0	7,0
N_2	2,1	13,1	6,5	8,0	7,4
N_3	4,1	10,1	6,8	4,6	6,4
$\bar{X}$	2,3	10,3	7,4	6,5	
Ko	1,4	4,5	3,1	4,0	3,3
K_1	2,5	7,6	6,3	7,1	5,9
K_2	3,6	12,3	10,0	5,6	7,9
K_3	1,9	16,8	10,0	9,4	9,5
$\bar{X}$	2,3	10,3	7,4	6,5	
	No	N_1	N_2	N_3	
Ko	3,1	3,0	3,6	3,3	3,3
K_1	4,8	6,4	7,1	5,3	5,9
K_2	5,8	5,8	8,9	11,1	7,9
K_3	9,1	12,8	10,1	6,0	9,5
$\bar{X}$	5,7	7,0	7,4	6,4	

NPK-lannoitetut ruudut ovat rauduskoivun kasvun kannalta edullisimmat, mutta PK-lannoituksen saaneet ruudut näyttävät olevan lajin taimettumisen ja pienten taimien toimeentulon kannalta parhaat.

Hieskoivun esiintymiseen ovat vaikuttaneet kaikki lannoitteet positiivisesti (taulukot 30 ja 32). Fosfori on lisännyt taimien lukumäärän lähes kaksinkertaiseksi. Eri tasojen välillä ei näytä olevan eroja. Kalin vaikutus ei ole aivan yhtä voimakas. Eniten taimia esiintyy suurimman kalilannoituksen saaneilla ruuduilla. Typpi ei vaikuta käytettäessä pienintä lannoitemäärää, vaan vasta toiseksi suurimmalla ja suurimmalla lannoitetasolla.

Fosfori ei ole vaikuttanut taimien esiintymiseen kokoluokassa 0,5 m, kun taas kokoluokassa 0,5 - 1,0 m on taimien lukumäärä jopa kolme kertaa suurempi fosforilannoituksen saaneilla ruuduilla kuin niillä ruuduilla, jotka eivät ole saaneet fosforia. Kalilannoitus näyttää vaikuttaneen pienten taimien (0,5 m) lukuisuuteen positiivisemmin kuin suurten (0,5 - 1,0 m) eli päinvastoin kuin rauduskoivulla. Typen vaikutusta ei aineiston perusteella voida todeta.

Hieskoivujen keskimääräinen luku v. 1964 eri ravinneyhdistelmiä saaneilla ruuduilla selviää taulukosta 30.

Täyslannoitetut ja fosfori-kalilannoituksen saaneet ruudut ovat hieskoivun esiintymisen kannalta edullisimmat. Täyslannoitus on vaikuttanut voimakkaimmin pienten taimien esiintymiseen ja fosfori-kalilannoitus taas suurten taimien. Erona rauduskoivuun havaitaan hieskoivun runsaus useimmille kasveille epäedullisilla typpi-, kali- ja typpi-kaliruuduilla. (vrt. MALMSTRÖM 1952 ja REINIKAINEN 1966).

Taulukko 30. Hieskoivun (Betula pubescens) taimien lukumäärä v. 1964 eri ravinneyhdistelmiä saaneilla koeruuduilla. Vuonna 1959 lannoitettu peruskenttä ja toistot yhdistettynä. Leivonmäki, Kivisuo.

Lannoitus	Taimia kpl/9 m^2		
	0,5 m	0,5 - 1,0 m	Kaikki
0	2,2	0,7	3,1
N	3,0	0,8	3,8
P	2,2	3,7	6,5
K	1,3	0,7	2,5
NP	3,5	3,8	7,6
NK	5,4	1,8	7,6
PK	6,4	2,6	10,1
NPK	4,7	4,4	10,1

Table 30. Number of young Betula pubescens plants on experimental plots which had been given different nutrient compounds.

Lannoitus = Fertilizer

Taimia .. = Young plants, pcs/ 9 m^2

Taulukko 31. Betula pubescens taimien (kaikki) lukumäärä 3 x 3 m ruudulla v. 1964 (v. 1959 lannoitettu) peruskenttä ja toistot yhdistettyinä. Leivonmäki, Kivisuo.

Lannoitus		Taimia kpl/9 m^2			
		Ko	K_1	K_2	K_3
P_o	No	3,0	4,0	0,5	3,0
	N_1	4,5	2,0	1,5	6,0
	N_2	2,5	12,0	9,0	9,0
	N_3	4,5	10,5	11,5	7,0
P_1	No	2,5	7,5	7,0	16,0
	N_1	6,5	6,5	8,0	15,5
	N_2	8,5	9,5	12,0	11,0
	N_3	8,5	14,0	15,0	8,5
P_2	No	3,5	11,0	9,0	6,5
	N_1	5,5	9,0	8,5	12,0
	N_2	11,0	8,0	10,5	18,0
	N_3	7,0	6,0	9,0	14,0
P_3	No	13,5	12,0	10,0	11,5
	N_1	5,0	10,0	5,5	12,0
	N_2	9,5	11,0	5,5	9,0
	N_3	7,0	6,0	10,5	4,0

Taulukko 32. Eri lannoitteiden ja määrien vaikutus Betula pubescensin taimien lukuisuuteen v. 1964 lannoitepareittain tarkasteltuna. Vuonna 1959 lannoitettu peruskenttä ja toistot yhdistettyinä. Leivonmäki, Kivisuo.

Lannoitus	Taimia kpl/9 m^2				
	Po	P_1	P_2	P_3	$\bar{X}$
No	2,6	8,3	7,5	11,8	7,5
N_1	3,5	9,1	8,8	8,1	7,4
N_2	8,1	10,3	11,9	8,8	9,8
N_3	8,4	11,5	9,0	6,9	9,0
$\bar{X}$	5,7	9,8	9,3	8,9	
Ko	3,6	6,5	6,8	8,8	6,4
K_1	7,1	9,4	8,5	9,8	8,7
K_2	5,6	10,5	9,3	7,9	8,3
K_3	6,3	12,8	12,6	9,1	10,2
$\bar{X}$	5,7	9,8	9,3	8,9	
	No	N_1	N_2	N_3	
Ko	5,6	5,4	7,9	6,8	6,4
K_1	8,6	6,9	10,1	9,1	8,7
K_2	6,6	5,9	9,3	1,5	8,3
K_3	9,3	11,4	11,8	8,4	10,2
$\bar{X}$	7,5	7,4	9,8	9,0	

72. Vertailevat kokeet eri lannoitelajeilla

721. Typpilannoitelajit

Typpilannoitelajien vaikutusta soilla kasvavien puiden reagointiin on Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston toimesta tutkittu järjestälmällisesti viime vuosikymmenen lopulla perustettujen kokeiden avulla, joissa eri typpilannoitelajit esiintyvät joko yksinään tai yhdessä kalin, fosforin tai kalifosforinyhdisteen kera. Täydelliset sarjat eli kahdeksaa eri typpilannoitelajia on neljällä eri koealueella: 1) Noormarkku, Ahlainen, 2) Loppi, Rautasuo, 3) Muhos, Pyhäkoski, 4) Sonkajärvi, Jyrkkä. Koealueilla on koeruutujen paikat määrätty arpomalla. Typpilannoiteruutujen lisäksi on vertailuruutuina: 1) lannoittamattomia ruutuja (0-ruutu) sekä 2) kali, 3) fosfori ja 4) kalifosforiruutuja.

Typpilannoitelajeina on käytetty seuraavia lannoitteita:

					N/kg/ha
N_1	=	ammoniumsulfaatti	490 kg/ha,	20,5 % N	100,5
N_2	=	oulunsalpietari	400 kg/ha,	25,0 % N	100,0
N_3	=	montansalpietari	385 kg/ha,	26,0 % N	100,1
N_4	=	ammoniakkikaasu	120 kg/ha,	82,5 % N	99,1
N_5	=	typpiliuos	500 l/ha,	20,0 % N	100,0
N_6	=	urea	220 kg/ha,	46,0 % N	101,2
N_7	=	urearuiskutus	80-110 l/ha,	46,0 % N	(0,7 %:nen liuos)
N_8	=	kalkkisalpietari	645 kg/ha,	15,5 % N	100,0

Jokaiselle typpilannoitelajikoeruudulle on annettu puhdasta typpeä yhtä suuri määrä eli 100 kg/ha.

Muita lannoitteita on annettu seuraavasti:

K	=	kalisuola	100 kg/ha, 50 %, K_2O
P	=	hienofosfaatti	400 kg/ha, 32 %, P_2O_5
(KP)	=	kalisuola + hienofosfaatti	500 kg/ha,

Lannoitteiden vaikutusta on tutkittu puun vuosittaisen pituuskasvun perusteella. Koealoilta on kultakin koeruudulta mitattu satunnaisesti 20 taimen kasvainten pituus ja laskettu näistä keskiarvo. Mittaukset on suoritettu neljänä vuonna: v. 1959 ennen lannoitusta, v. 1960 lannoitusvuotena sekä lannoituksen jälkeisinä vuosina 1961 - 1963.

Aineisto on koottu vuosittain ja testattu kolmipuolisella varianssianalyysillä tarkoituksena selvittää, onko eri typpilannoitelakia saaneiden puiden pituuskasvussa merkitsevää eroa toisiinsa ja 0-ruutuun nähden 95 %:n luotettavuustasolla. Lisäksi pyrittiin selvittämään typpilannoitusvaikutuksen pysyvyyttä.

Testauksessa olivat tekijöinä:

- kentät

- P, K, PK ja eri N-lajit sekä 0-ruutu
- eri vuodet

Testauksen tuloksena voitiin todeta, että 1) eri koekenttien kesken ei ole ollut eroa, 2) erivuosien kesken ei ollut merkitsevää eroa, 3) eri typpilajien kesken oli eräissä tapauksissa merkitsevä ero 95 %:n luotettavuudella.

Eri typpilannoitelajien keskinäinen merkitsevyyden ero selvitettiin 95 %:n luotettavuusrajojen avulla. Tällöin todettiin, että N_1, N_2, N_3, N_5, N_6 ja N_8:lla ei ole merkitsevää eroa toisiinsa, mutta kyllä 0-ruutuun nähden. N_4 ja N_7 osoittautuivat heikoimmiksi lajeiksi (N_7 merkitsevyyden rajoilla). Ne poikkesivat toisista typpilannoitelajeista, eikä niillä 95 %:n luotettavuudella ollut merkitsevää eroa 0-ruutuun nähden.

Taulukossa 33 on esitetty eri koekenttien keskiarvona eri typpilannoitelajikoealojen puiden pituuskasvut vuosilta 1961, 1962 ja 1963 sekä vuosien 1961-1963 keskiarvona. Esitetyt arvot ovat pelkän typpilajin (N_1, N_2 ...) ja P:n, K:n ja PK:n + typpilajin (N_1, N_2 ...) keskiarvoja. Suluissa olevat arvot ovat osoituksena pelkän P:n, K:n ja PK:n sekä .annoitta - mattomien ruutujen pituuskasvusta. Eri tekijöiden järjestys on esitetty pituuskasvun paremmuuden perusteella.

Taulukko 33. Männyn pituuskasvu cm/v eri typpilannoitelajeja hajalannoituksena saaneilla koealoilla.

1961		1962		1963		1961 - 1963	
(PK)	13,9	(PK)	20,4	(PK)	19,7	(PK)	18,0
N_1	13,6	N_1	19,9	N_3	19,4	N_1	17,2
N_2	13,3	N_5	19,6	N_6	18,6	N_5	17,1
N_5	13,3	N_6	19,6	N_5	18,3	N_6	17,0
N_8	13,1	N_2	19,2	N_1	18,2	N_2	16,9
N_6	12,9	N_8	19,0	N_2	18,2	N_8	16,7
N_7	12,5	N_3	18,3	N_8	17,9	N_3	16,4
N_3	11,6	N_7	16,6	N_7	15,6	N_7	14,9
N_4	10,7	(P)	15,8	N_4	15,1	N_4	13,7
(0)	10,3	N_4	15,3			(P)	13,2
				(P)	13,8		
(P)	9,9	(0)	11,9	(0)	10,9	(0)	11,0
(K)	6,5	(K)	9,3	(K)	9,0	(K)	8,3

Kuten aikaisemmin on mainittu, ei 95 %:n luotettavuudella typpilannoitelajien vaikutus puiden pituuskasvureaktioihin poikkea toisistaan, lukuun ottamatta ammoniakkikaasua (N_4) ja urea-ruiskutusta (N_7), joiden annostus ei ole ollut toisiin menetelmiin rinnastettavaa ja ilmeisesti vaatisi lisätutkimuksia. Tämä ilmenee melko selvästi myös eri vuosien pituuskasvun havaintotuloksista. Vuonna 1961 urea-ruiskutuksen vaikutuksen ei voitu vielä todeta poikkeavan muista N-lannoitteista. Seuraavina kahtena vuotena on muiden typpilannoitelajien paitsi ammoniakkikaasun reagointi pituuskasvuun ollut jo 2-4 cm voimakkaampaa kuin urea-ruiskutuksen. Tämä ilmenee myös vuosien 1961-1963 keskiarvosta. Ammoniakkikaasulla on koko ajan eri vuosina ollut selvästi heikompi vaikutus kuin muilla typpilannoitelajeilla. Kuitenkaan ei 95 %:n luotettavuuseroa ole syntynyt urea-ruiskutukseen nähden. 0-ruutua merkitsevästi suurempi kasvu sillä on ollut ainoastaan 1962 ja 1963.

Muiden kuuden typpilannoitelajien väliset pituuskasvuerot vaihtelevat vuosittain 0-2 cm:n välillä. Selvää yksityisen N-lannoitelajin paremmuutta ei ole saatu esille. Vertailtaessa pelkän fosforin, kalin sekä kali-fosforin aikaansaamia pituuskasvulukemia eri typpilannoitelajien vastaaviin arvoihin, että kali ja fosfori yhdessä annettuina antavat melkein poikkeuksetta suurimmat kasvuarvot. Tässä valossa näyttäisi siis siltä, että typen lisäyksellä olisi jopa negatiivinen vaikutus. kuten aiemmin on jo s. todettu. Kasvualustojen luontainen typpirikkaus vaikeuttaa täten tulkintaa kokeen tässä kehitysvaiheessa ja onkin tältä osin suunnattava jatkotutkimuksissa

paksuuskasvuun, jossa kasvua parantavat typpivaikutuserot tulevat paremmin esille. Pelkkää fosforia tai kalia saaneista ruuduista suoritetut pituuskasvuhavainnot osoittavat selvästi heikompaa kasvua kuin mitä on typen lisäyksellä saavutettu.

Eri typpilannoitelajien keskinäistä eroa pyrittiin edellä esitetystä syystä selvittämään nyt käytettävissä olevasta materiaalista tutkimalla vain pelkästään Ahlaisten Lampin tilan ja Sonkajärven Jyrkän kokeita, joissa suotyyppi oli alunperin kaikista typpiköyhintä. Laskennasta jätettiin myös pois ruudut, jotka olivat saaneet joko pelkän typpilannoituksen tai kali-typpilannoituksen.

Vuosittaisten analyysien tulokset on esitetty taulukossa 37. Taulukossa 38 on esitetty eri typpilannoitelajien hajonta 95 %:n luotettavuustasolla.

Taulukko 34. Vuonna 1960 suoritetun typpilannoituksen eri typpilannoitelajien vaikutus männyn pituuskasvuun. Taulukon arvot ovat pituuskasvun neliöjuuria. Ahlainen, Lampin tila ja Sonkajärvi, Jyrkkä.

1961	1962	1963	1961-63 summa
N_6 = 3,34	N_6 = 4,45	N_2 = 4,57	N_6 = 12,20
N_2 = 3,29	N_8 = 4,12	N_6 = 4,41	N_2 = 11,77
N_5 = 3,20	N_5 = 4,03	N_3 = 4,39	N_8 = 11,57
N_8 = 3,17	N_3 = 4,01	N_8 = 4,28	N_3 = 11,56
N_3 = 3,16	N_1 = 3,96	N_5 = 4,12	N_5 = 11,35
N_1 = 2,98	N_2 = 3,91	N_1 = 4,01	N_1 = 10,95
N_0 = 2,57	N_0 = 3,13	N_0 = 4,59	N_0 = 9,92
N_4 = 2,50	N_4 = 3,08	N_4 = 4,33	N_4 = 8,91
N_7 = 2,40	N_7 = 2,99	N_7 = 4,22	N_7 = 8,61

Taulukko 35. Typpilannoitelajien vaikutuksen 95 %:n luotettavuusväli taulukossa 34 olettaen, että eri typpilannoitelajien vaikutusten mittaustulosten hajonta on sama sekä merkitsevän keskiarvojen ero 95 %:n tasolla vuosina 1961-63.

Vuosi	Luotettavuusväli 95 %	Merkitsevä keskiarvojen ero 95 %:n tasolla vuosina 1961-63
1961	2,019 x 0,120 = $\pm$ 0,24	2,019 x 0,200 = $\pm$ 0,40
1962	2,019 x 0,221 = $\pm$ 0,45	2,019 x 0,271 = $\pm$ 0,55
1963	2,019 x 0,229 = $\pm$ 0,46	2,019 x 0,276 = $\pm$ 0,56
1961+ 62+63	2,019 x 1,634 = $\pm$ 3,30	2,019 x 0,737 = $\pm$ 1,49

Kuten taulukosta 32 voidaan havaita, ovat tulokset suhteellisesti yhtäpitäviä taulukon 32 yhteydessä esitettyihin tuloksiin . Tässäkin tapauksessa ainoastaan lannoitelajit N_4 ja N_7 eroavat muista typpilannoitelajeista tilastollisesti merkitsevästi, muttaeivät 0-tasosta todennäköisesti heikomman ja epätasasen annostuksen takia. Tulokset ovat mielenkiintoisia männyn typpiravinteiden oton sekä ammonium-virtsa-aine- ja nitraattitypen käyttömahdollisuuksien ja tarpeen selvittämisen kannalta. Nitraattitypellä on saatu ammoniumtypen kanssa yhdenmukainen reaktio, joka on pysytellyt ammoniumtyppeä tehokkaampana ja vaikuttanut pitkäaikaisesti. Käytännön lannoitustoiminnan kannalta on tärkeää urean nopea, tehokas ja pitkäaikainen vaikutus.

72. Fosforilannoitelajit

Tutkimuksen kohteena oli neljä eri fosforilannoitelajia, joita annettiin puhtaaksi fosforiksi laskettuna jokseenkin yhtä suuret määrät

		P_2O_5 %	P kg/ha
P_1	= hienofosfaatti, 400 kg/ha	33 %	57
P_2	= superfosfaatti, 630 kg/ha	19 %	52
P_3	= kotkafosfaatti, 520 kg/ha	23 %	52
P_4	= monoammoniumfosfaatti, 222 kg/ha	54 %	52
		(11,5 % N)	

Lisäksi annettiin peruslannoituksena kullekin lannoitusruudulle kalia kalisuolana (50 % K) 100 kg/ha K_2O:n laskien sekä typpeä montansalpietarina (26 % N) 385 kg/ha tai kalkkiammonsalpietarina (25 % N) 400 kg/ha. Lisäksi on yhdellä koealueella annettu montansalpietaria vain 280 kg/ha. Koska typpilannoitelajikokeessa todettiin, että eri typpilannoitelajeilla ei ole sanottavia eroja, katsottiin edellä mainitut kalkkiammonsalpietaria ja montansalpietaria saaneet ruudut tulosten käsittelyssä saman arvoisiksi.

Tutkimusaineisto koottiin viideltä koealueelta:

Kenttä 1 Äänekoski, Kilpisuo
Kenttä 2 Äänekoski, Ruotokassinsuo
Kenttä 3 Leivonmäki, Kivisuo
Kenttä 4 Kettula, Lahnajärvi, alue 2
Kenttä 5 Kettula, Lahnajärvi, alue 1

Lannoitus oli suoritettu kaikilla koealueilla v. 1961. Mittaukset on suoritettu lannoituksen jälkeisinä vuosina 1962 ja 1963. Laskennassa on käytetty edellä mainittujen vuosien pituuskasvun arvoja.

Taulukoissa 36 ja 37 on nähtävissä eri kenttien keskimääräiset pituuskasvut vuosina 1962 ja 1963. Jokainen yksityinen arvo on kahden ruudun pituuskasvujen keskiarvo, ts. kaksi kertaa kahdenkymmenen taimen pituuskasvuhavainnon keskiarvo. Jos jollakin kombinaatiolla oli useampia ruutuja, arvottiin näistä ainoastaan kaksi mukaan jatkokäsittelyyn. Samoin jos joltakin kombinaatiolta puuttui ruutu, täydennettiin se laskennallisesti. Tämä toimenpide oli välttämätön testauksen kannalta. Jotta taulukon esittämät arvot vastaisivat testauksen menetelmiä, on katsottu aiheelliseksi myöskin taulukoissa esittää arvot samoin kuin analyysissä on käytetty.

Taulukko 36. Männyn keskimääräinen pituuskasvu (cm/v) v. 1962 eri fosforilannoitelajeilla lannoitetuilla koekentillä.

Kenttä	0	KN	KN			
			P_1	P_2	P_3	P_4
1	10,4	13,2	14,3	15,2	11,9	15,6
2	7,8	6,8	11,0	10,7	13,7	10,7
3	5,4	11,5	17,5	14,9	16,1	19,0
4	4,7	7,3	11,6	11,6	12,9	13,3
5	11,7	14,4	15,2	15,8	17,9	17,1

Taulukko 37. Männyn keskimääräinen pituuskasvu (cm/v) v. 1963 eri fosforilannoitelajeilla lannoitetuilla koekentillä.

Kenttä	0	KN	KN			
			P_1	P_2	P_3	P_4
1	13,0	13,0	18,7	17,7	14,6	17,9
2	6,2	11,6	19,4	15,1	25,0	16,1
3	8,0	15,0	22,2	19,2	20,1	19,6
4	6,3	6,7	19,4	18,4	20,2	19,6
5	10,2	16,7	22,1	21,8	19,9	23,7

Kutem taulukoista 36 ja 37 havaitaan, on eri fosforilannoitelajien välinen vaihtelu hyvin pieni eri kenttien kesken. Sen sijaan voidaan havaita merkittävää eroa pituuskasvuissa vuosien 1962 ja 1963 välillä. Tämä käy parhaiten ilmi taulukosta 38, jossa on esitetty keskimääräinen kasvu vuosina 1962 ja 1963 sekä näiden vuosien keskiarvo.

Taulukko 38. Männyn keskimääräinen pituuskasvu (cm/v) eri koekenttien keskiarvona vuosina 1962 ja 1963 sekä näiden keskiarvona eri fosforilannoitelajeilla lannoitetuilla koekentillä.

1962		1963		Keskimäärin	
KNP_4	15,1	KNP_1	20,3	KNP_4	17,3
KNP_3	14,4	KNP_3	19,9	KNP_3	17,2
KNP_1	13,9	KNP_4	19,4	KNP_1	17,2
KNP_2	13,6	KNP_2	18,4	KNP_2	16,0
KN	10,6	KN	12,6	KN	11,6
0	8,0	0	9,0	0	8,5

Tilastollisesti testaus suoritettiin varianssianalyysinä. Tekijöinä olivat kentät sekä eri lannoitelajit. Fosforilannoitelajein osalta todettiin, että kumpanakaan havaintovuotena ei syntynyt merkitseviä eroja eri fosforilannoitteiden kesken. Sen sijaan 0-tasoon sekä kali-typpi-tasoon nähden fosforia saaneissa ruuduissa oli todettavissa tilastollisesti merkitsevästi suurempi kasvu. Vuonna 1962 oli myös eri kenttien välillä 95 %:n luotettavuudella eroja kasvureaktioissa. Vuonna 1963 olivat kasvut ilmeisesti tasantuneet niin paljon, että tilastollisia eroja ei enää voitu todeta kenttien välillä.

Edellä esitettyjen fosforilannoitelajien lisäksi on kokeiltu myös tuomaskuonaa (P_5), (16 % P_2O_5) ja kalkkiapatiittia (P_6), (18,5 % P_2O_5) fosforilannoitteita. Näitä lannoitteita koskevat kokeet on perustettu Pyhäkosken kokeilualueeseen Oisavansuolle ja Karvialle Alkkiannevalle vuonna 1961. Kokeissa ovat olleet mukana myös hienofosfaatti (P_1), superfosfaatti (P_2) ja kotkafosfaatti (P_3). Alkkiassa on peruslannoitteena annettu oulunsalpietaria 400 kg/ha ja kalisuolaa 200 kg/ha. Oisavansuo on riittävän typpirikas niin, ettei typpilannoitusta ole tarvinnut suorittaa. Kalia on sen sijaan annettu kalisuolan muodossa 200 kg/ha.

Eri lannoitelajien vertailu perustuu pituuskasvun tutkimiseen. Kummankin kokeen tulokset on esitetty erikseen. Tämä osaksi siitä syystä, että pituuskasvujen absoluuttiset arvot poikkeavat selvästi toisistaan, ja osaksi siksi, että aineisto on koottu eri tavalla. Alkkiassa on aineisto koottu mittaamalla 12 ruudun keskellä olevan puun pituuskasvu ja laskemalla niiden keskiarvo. Oisavansuolla on mitattu saran poikki olevilta linjoilta 20 puun pituuskasvu ja laskettu näiden perusteella kutakin lannoitekäsittelyä vastaava ruudun keskiarvo.

Molemmilla koekentillä on tutkittu myös eri fosforilannoitemäärien vaikutusta puiden kasvuun. Tasot ovat pelkäksi fosforiksi muunnettuina olleet seuraavat:

22 kg/ha (1 x P)
44 kg/ha (2 x P)
66 kg/ha (3 x P)

Pyhäkosken, Oisavansuon tulokset on esitetty taulukossa 39.

Taulukko 39. Männyn keskimääräinen pituuskasvu (cm) eri fosforilannoitelajeja ja määriä v. 1961 saaneilla v. 1934 - 1937 ojitetun rimpinevan koeruuduilla vuosina 1963 - 1965. Pyhäkoski, Oisavansuo.

Vuosi	Fosfori-lannoi-tustaso	0	K+						$\bar{X}$
			0xP	P_1	P_2	P_3	P_5	P_6	
	1 x P			17,1	24,5	19,6	24,9	15,7	20,4
1963	2 x P	8,6	7,1	19,4	23,2	22,8	16,9	10,2	18,5
	3 x P			13,0	19,2	20,5	16,6	13,7	16,6
$\bar{X}$		8,6	7,1	16,5	22,3	21,0	19,5	13,2	
	1 x P			26,1	30,1	27,5	36,2	22,0	28,4
1964	2 x P	8,2	7,5	30,7	29,9	31,5	23,8	15,3	26,2
	3 x P			21,4	24,8	26,2	25,0	20,7	23,6
$\bar{X}$		8,2	7,5	26,1	28,3	28,4	28,3	19,3	
	1 x P			33,2	32,5	32,7	38,8	30,6	33,6
1965	2 x P	10,7	11,2	36,9	30,8	35,9	29,2	27,2	32,0
	3 x P			29,1	28,5	30,7	32,0	29,4	29,9
$\bar{X}$		10,7	11,2	33,1	30,6	33,1	33,3	29,1	

Tarkastelun kohteena ovat olleet vuosien 1963, 1964 ja 1965 pituuskasvut. Vuoden 1962 pituuskasvuja ei ole otettu mukaan, koska koe on perustettu elokuussa 1961, eivätkä lannoitteet tätem ole vielä ehtineet vaikuttaa lannoitusta seuraavan vuoden pituuskasvuun. Eri lannoitelajien ja määrien

välisten erojen selvittämiseksi suoritettiin variannsianalyysi. Sen perusteella voidaan todeta, ettei eri lannoitelajien eikä eri lannoitetasojen välillä ole merkitseviä eroja tarkastelun kohteena olevina vuosina. Vertailtaessa eri fosforilannoitelajien aikaansaamia pituuskasvuja lannoittamattomien puiden pituuskasvuihin on fosforilannoitelajeilla merkitseviä eroja. Vuonna 1963 eivät kalkkiapatiitti- ja hienofosfaattilannoituksen saaneilla ruuduilla kasvaneiden puiden pituuskasvut eronneet merkitsevästi nollaruuduilla kasvaneiden pituuskasvuista. Vuonna 1964 ainoastaan kalkkiapatiitin vaikutus oli niin heikko, ettei nollaruutuihin nähden syntynyt merkitsevää eroa. Vuonna 1965 kaikkien fosforilannoitelajien aikaansaamat pituuskasvut olivat merkitsevästi suuremmat kuin lannoittamattomilla aloilla kasvaneiden puiden pituuskasvut. Tämän mukaan näyttää siltä, että kalkkiapatiitti vaikuttaa muita fosforilannoitelajeja hitaammin, mutta silläkin on käyttömahdollisuutta ainakin rahkasoiden fosforilannoitteena. Tämä viittaisi myös laivakarkean raakafosfaatin käyttömahdollisuuksiin. Tätä koskevat koskevat myöhemmin perustetut kokeet ovatkin vahvistaneet raakafosfaatin käyttömahdollisuudet rahkasoiden lannoituksessa metsänkasvatusta varten.

Karvian Alkkiannevan tulokset on esitetty taulukossa 70.

Taulukko 90. Männyn keskimääräinen pituuskasvu (cm) eri fosforilannoitelajeja ja määriä v. 1961 saaneilla 20 m:n sarkaan ojitetun rahkanevan koeruuduilla v. 1963-1965. Karvia, Alkkia.

Vuosi	Fosforilannoitustaso	O	N	K	NK+						$\bar{X}$
					OxP	P_1	P_2	P_3	P_5	P_6	
	1 x P					37,2	27,8	37,6	29,4	28,2	32,0
1963	2 x P	15,4	18,2	19,4	24,9	27,2	45,4	42,0	38,3	38,6	38,4
	3 x P					41,5	55,8	34,3	41,3	41,6	42,9
$\bar{X}$		15,4	18,2	19,4	24,9	35,5	43,0	38,0	36,3	36,1	
	1 x P					37,6	28,3	36,0	24,0	25,9	30,3
1964	2 x P	14,4	16,5	18,9	22,1	37,8	35,3	37,5	33,3	34,1	35,6
	3 x P					32,0	33,7	37,1	41,4	35,2	35,8
$\bar{X}$		14,8	16,5	18,9	22,1	35,8	32,4	36,9	32,9	31,7	
	1 x P					43,9	38,2	45,8	28,2	31,9	37,6
1965	2 x P	17,5	20,4	27,6	27,0	39,6	43,1	49,0	34,7	47,8	42,8
	3 x P					44,6	54,8	39,5	38,2	42,1	43,8
$\bar{X}$		17,5	20,4	27,6	27,0	42,7	45,4	44,8	33,7	40,6	

Suoritetun varianssianalyysin mukaan kokeesta saadut tulokset ovat lähes samanlaiset kuin Pyhäkosken kokeessa. Erona on se, että kunakin tarkastelun kohteena olevana vuotena ovat kaikkien fosforilannoitelajien aiheuttamat kasvut olleet merkitsevästi suurempia kuin nollatasolla. Eri lannoitelajien välillä ei esiintynyt merkitseviä eroja. Myöskään eri lannoitetasot eivät eronneet merkitsevästi toisistaan.

723. Kalilannoitelajit

Kalilannoitteiden vertailua varten on perustettu v. 1961 kokeet Leivonmäen Kivisuolle ja Suomusjärvelle Kettulaan. Tutkimuksen kohteena ovat olleet kalisuola ja kaliumsulfaatti. Peruslannoitteina on annettu Suomusjärven kokeessa hienofosfaattia 400 kg/ha (= P 58 kg/ha) ja montansalpietaria 385 kg/ha (= N 100 kg/ha). Kivisuon kokeessa on peruslannoitus fosforin osalta sama, typpilannoitteena on käytetty kalkkiammonsalpietaria, joita on annettu 400 kg/ha (= N 100 kg/ha).

Kalisuolan ja kaliumsulfaatin vaikutuksen vertailu perustuu pituuskasvun tutkimiseen. Aineisto on saatu mittaamalla vuosien 1962 ja 1963 kasvainten pituudet. Saatuja aineistoja ei voitu yhdistää, koska koealueilla suoritetut lannoitukset poikkesivat toisistaan sekä lannoitemäärin että -yhdistelmiin nähden.

Kalilannoitteita kokeiltiin myös eri suuruisina määrinä. Käytetyt määrät kaliumiksi muunnettuina ilmenevät taulukoista 40 ja 42, joissa on esitetty myös eri lannoitusmääriä vastaavat keskimääräiset pituuskasvuluvut vuosilta 1962 ja 1963.

Taulukko 41. Männyn keskimääräinen pituuskasvu (cm) v. 1962-1963 eri määriä kalisuolaa ja kaliumsulfaattia v. 1961 saaneilla v. 1959 ojitetun rahkarämeen koeruuduilla. Suomusjärvi, Kettula.

K kg/ha	Kalisuola (K_1)			NP Kaliumsulfaatti (K_2)		
	1962	1963	1962-1963	1962	1963	1962-1963
0-taso	3,5	3,2	3,4	3,5	3,2	3,4
50	8,0	9,9	9,0	6,3	8,5	7,4
100	7,1	9,9	8,5	8,3	11,5	9,9
200	6,1	8,4	7,2	5,8	8,2	7,0
400	6,6	8,3	7,4	5,6	9,1	7,3
800	5,0	6,8	5,9	6,1	8,3	7,2

Taulukko 42. Männyn keskimääräinen pituuskasvu (cm) v. 1962-63 kalisuolaa ja kaliumsulfaattia v. 1961 saaneilla v. 1946 ojitetun rahkanevan ruuduilla. Leivonmäki, Kivisuo.

K kg / ha	Kalisuola (K_1)			NP Kaliumsulfaatti (K_2)		
	1962	1963	1962-1963	1962	1963	1962-1963
0-taso	4,7	7,1	5,9	4,7	7,1	5,9
50	15,8	18,7	17,3	17,9	18,4	18,2
100	22,5	22,7	22,6	19,0	20,0	19,5
200	18,0	21,8	19,9	19,7	23,4	21,6
400	18,8	23,7	21,3	18,2	22,2	20,2
600	15,9	24,4	20,2	19,1	25,0	22,1

Kalilannoitelajien välisen ja eri lannoitemäärien välisten erojen selvittämiseksi testattiin kumpikin koealue vuosittain ja vuosien keskiarvona yksipuolista varianssianalyysiä käyttäen. Tällöin eri lannoitekombinaatioiden keskiarvojan erotukset analysoitiin t-testillä.

Saatujen testaustulosten mukaan kummallakaan koealueelle ei esiintynyt tilastollisesti merkitsevää eroa kalisuolalla ja kaliumsulfaatilla lannoitettujen taimien pituuskasvujen välillä tarkastelun kohteena olevina vuosina ja niiden keskiarvona.

Lannoittamattomilla ruuduilla kasvaneiden taimien pituuskasvut ovat olleet erittäin merkitsevästi pienempiä kuin kalilannoituksen saaneilla ruuduilla.

8. Yhdistelmä

Tutkimuksessa käsitellyt metsäojitettujen soiden koetulokset osoittavat, että soiden ravinnetaloutta voidaan parantaa tehokkaasti ja pitkäaikaisesti maan muokkaukseen yhdistetyllä mineraalimaanlisäyksellä, jolloin saveus on antanut hiekoitusta ja sorausta paremmat tulokset.

Puuntuhkalannoitus on vaikutukseltaan osoittautunut erittäin voimakkaaksi ja pitkäaikaiseksi. Parhaisiin tuloksiin päästään sellaisilla soilla, joissa luontaista typpeä on riittävästi. Myöskin turpeentuhkalla on puuston kasvua lisäävä vaikutus, joskin se jää vähäisemmäksi kuin puuntuhkan vaikutus.

Kalkitus on yleensä vaikuttanut positiivisesti puiden kasvuun, mutta vaikutus on jäänyt erittäin heikoksi. Eräissä kokeissa kalkituksella on ollut jopa negatiivinen vaikutus niin, että se on heikentänyt väkilannoitteiden tehoa.

Metsäekologisten tutkimusten yhteydessä on kasvualustan lämpökokeissa suoritettu maanpinnan peittokokeita olkipeitteellä. Se on tuhonnut pintakasvillisuuden ja lisännyt kosteutta aiheuttaen puustossa 1-3 k-m^3:n vuotuisen kasvunlisäyksen hehtaaria kohti.

Varsinaisissa väkilannoituskokeissa on todettu, että lannoituksella on voimakas kasvua parantava vaikutus kaikissa osissa maata. Fosforilannoitus on tehokkain ja pitkäaikaisin puuston kasvun lisääjä, seuraavaksi tärkein ja myös pitkäaikainen on vaikutukseltaan kalilannoitus ja näiden yhteisvaikutus on parempi kuin erillisvaikutukset. Typpilannoituksella on

Etelä-Suomessa puuston kasvua parantava vaikutus vain kaikkein ravinneköyhimmillä rahkasoilla ja se jää lyhytaikaisemmaksi kuin fosfori- ja kalilannoituksen vaikutus. Pohjois-Suomessa typpilannoitus on osoittautunut tehokkaammaksi kuin Etelä-Suomessa ja sen kasvua lisäävät vaikutukset ulottuvat muunkin tyyppisille soille.

Lannoituksen vaikutus tulee tehokkaasti esille vain mikäli kasvualustan vesitalous on järjestetty ojituksen avulla puiden menestymisen kannalta edulliseksi. Tällöin on tärkeää, että käytetään kapeaa sarkaleveyttä ja matalia kuivatusojia. Yli 50 cm:n syvyisiä ojia käytettäessä on olemassa ylikuivatuksen mahdollisuus rahkaturvesoilla.

Isovarpuisen rämeen ja mustikkakorven ojitusalueille täysitiheisiin puustoihin perustettujen lannoituskokeiden antamien kuutiokasvulisäyksistä saatujen mittaustulosten pohjalta suoritetut laskelmat lannoituksen edullisuudesta ovat osoittaneet, että lannoituksessa investoidulle pääomalle saadaan jo viiden vuoden kuluttua suoritussa hakkuussa sangen korkea korko. Lannoitus on metsänviljelyn yhteydessä osoittautunut soilla tärkeäksi ja taimistojen kehitystä voimakkaasti nopeuttavaksi sekä varmistavaksi toimenoiteeksi ja on tästä syystä ilmeisen edullinen.

Kivisuon koekentältä on muusta aineistosta erillään tutkittu metsitysten yhteydessä sopivaa lannoitusmenetelmää. Kapeaan sarkaan ojitetuilla ja maanmuokkauksella käsitellyillä soilla voidaan metsitysten yhteydessä käyttää hyvällä menestyksellä lannoitusta. Fosfori- ja kalilannoituksella on suoritetuissa kokeissa saavutettu erittäin suuria kasvun lisäyksiä ja alimmilla käytetyillä lannoitemäärillä (66 kg P_2O_5/ha,

50 kg K_2O/ha ja 50 kg N/ha). Tutkimuksen mukaan metsitysten yhteyteen soveltuu laikkulannoitus paremmin kuin hajalannoitus, sillä edellinen on kustannuksiltaan huomattavasti halvempi kuin jälkimmäinen ja toisaalta laikkulannoituskin on osoittautunut teholtaan varsin hyväksi. Sen vaikutusteho on osoittautunut olevan viitenä lannoituksen jälkeisenä vuotena noin 80 % hajalannoituksen vaikutustehosta.

Kivisuolla tutkittiin myös erilaisten laikkulannoitustapojen soveltuvuutta istutuksen yhteyteen. Kokeessa osoittautuivat parhaiksi sellaiset laikkulannoitustavat, joissa lannoite levitetään taimen ympärille maanpintaan.

Kivisuon tulokset osoittavat edelleen, että NPK- ja PK-lannoituksella voidaan tehokkaasti parantaa sekä raudus- että hieskoivun luontaista uudistumista ja kasvumahdollisuuksia ravinneköyhilläkin soilla.

Vertailevat lannoitelajikokeet osoittavat, että typpilannoitelajeista ammonium-, nitraatti- sekä virtsa-ainetyppi ovat vaikutukseltaan yhtä tehokkaita ja pitkäaikaisia. Ammoniakkikaasu ja urearuiskutus neulasiin ovat tutkituista lannoiteaineista ja lannoitustavoista olleet vaikutukseltaan muita heikompia. Fosforilannoitelajikokeiden tulokset osoittavat, että käytettyjen fosforilannoitelajien välillä ei ole rahkasoilla suuria eroja vaikutustehossaan ja -ajassa. Kalilannoitelajikokeissa ovat kalisuola ja kaliumsulfaatti osoittautuneet jokseenkin yhtä hyviksi vaikutusteholtaan ja -aikaan nähden.

9. KIRJALLISUUSLUETTELO

BERG, E. 1954. Gödsling av skog. Översättning. Växt-Närings-Nytt. Häfte 2. Stockholm.

BRÜNING, D. 1959. Forstdüngung. Ergebnisse älterer und jüngerer Versuche. Zusammenfassung in russischer Sprache. Zusammenfassung in englischer Sprache. Leipzig.

EBELING, F. 1955. Norrländska Skogsvårdsfrågor. Kompendium i skogskötsel för statens skogsskolor i Norrland. Hälsingborg.

-"- 1957. Den nuvarande Norrlandslinjen inom svenskt skogsbruk-Tillfälling moderiktning eller välgrundad nyaning. Summary: The new Norrland line of policy in swedish forestry: A passing fashion or a well-Founded reorganisation? Särtryck ur Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift n:o 4. Uppsala.

HEIKURAINEN, L. 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. Porvoo-Helsinki.

HEIKURAINEN, L., PÄIVÄNEN, J., SEPPÄLÄ, K. 1966. Koetuloksia männyn kylvöstä ja istutuksesta ojitetuilla soilla. Summary: Some results of pine seeding and planting on drained peat soils. SF 119. Helsinki.

HOLMEN, H. 1966. Gödsling av torvmark i Norge. Växt-Närings-Nytt. Häfte 1. Stockholm.

HUIKARI, O. 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Summary in english: Studies on the effect of drainage and ash fertilization upon the microbes of some swamps. MTJ 42:2. Helsinki.

HUIKARI, O. 1958. Metsäojituksen koneellistamisesta. Deutsches Referat: Über die Mechanisierung der Waldentwässerung. MTJ. 49:7. Helsinki.

-"- 1961. Roudasta puiden kasvutekijänä. Zusammenfassung: Über den Bodenfrost als Wachstumsfaktor. Terra n:o 1. Helsinki.

-"- 1965. Importance of soil temperature height of water table, and microclimate as, growth factors of pine, spruce and birch. Final report for project number E8-FS-36 (PL 480). Helsinki. Moniste metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston käsikirjastossa ja FAO:ssa Roomassa.

-"- Metsänhoidon perusteista. Metsätal. Aikak. lehti.

-"- 1966. Puiden kasvutekijöistä ja metsien lannoituksesta Metsäkalenteri. Vammala.

HUIKARI, O., MUOTIALA, S., WÄRE, M. 1963. Ojitusopas. Helsinki.

HUIKARI, O., NUMMINEN, E. 1964. Talousalueittainen selvitys maassamme suoritetuista metsäojituksista ja jäljellä olevista metsäojitustehtävistä. Valtakunnansuunnittelutoimiston julkaisusarja. B:6. Helsinki.

HUIKARI, O., PAARLAHTI, K. 1966. Kivisuon retkeilyopas. Eripainos Leipä leveämmäksi. Helsinki.

JOHANSSON, B., ÅHGREN, A. 1959. Gödsling av skogsmark. Intryck från studieresor i Norge och Tyskland samt redogörelse för gödslingsförsök inom SCA. Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift 1959:IV. Stockholm.

KAILA, A. 1956. Phosphorus in virgin peat soils. Selostus: Luonnontilaisten turvemaitten fosforista. Maatalous-tieteellinen Aikakauskirja 28. Helsinki.

KURKELA,

LUKKALA, O.J. 1937. Nälkävuosien suonkuivausten tuloksia. Referat: Ergebnisse der in den Hungerjahren angelegten Moorentwässerungen. MTJ. 24:3. Helsinki.

-"- 1949. Metsän kasvatusta varten ojitettujen soiden hiekoituksesta, kalkituksesta ja lannoituksesta. Koetoim. ja käytäntö n:o 6. Helsinki.

-"- 1951. Kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta. Summary: Experiences from Jaakkoinsuo experimental drainage area. MTJ 39:6. Helsinki.

MALMSTRÖM, C. 1952. Svenska gödslingsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväxt på torvmark. MTJ 40:7. Helsinki.

MIKOLA, P., MIKOLA, I. 1958. Suon metsittäminen polttoturpeen noston jälkeen. Suo n:o 3. Helsinki.

POHJANKALLIO, O. 1933. Viljelysmaiden lannoitus Suomessa lannoituskokeiden valossa. Referat: Åkerjordens gödsling i Finland belyst genom fältförsök. Referat: Die düngung des Ackerbodens in Finnland im Lichte von Feldversuchen. Valtion Maatalouskoetoiminnan julkaisusarja 53. Helsinki.

PUUSTJÄRVI, V. 1959. Eri boniteettiluokkien ja suotyyppien tuottokyvystä paikalliskokeiden antamien tulosten valossa.

On the produktivity of the different degrees on lant quality, and bog types in the light of results produccal by local experiments. Suo n:o 5-6. Helsinki.

PUUSTJÄRVI, V. 1960. Pohjois-Suomen soista ja niiden tuottokyvystä etelän soihin verrattuna. On the bogs in North-Finland and their productivity as compared with bogs in the south. Suo n:o 2. Helsinki.

REINIKAINEN, A. 1964. Kasvillisuustutkimuksia Kivisuon rahkaturvealustaisilla lannoitusaloilla. Vegetationsuntersuchungen auf dem Waddüngungsversuchsfeld von Kivisuo in Mittel-Finnland. FF n:o 6. Helsinki

-"- 1965. Vegetationsuntersuchungen auf dem Walddüngungsversuchsfeld des Moores Kivisuo, Kirchsp. Leivonmäki, Mittelfinnland. MTJ 59:5. Helsinki.

-"- 1966. Puulajien ja eräiden metsä- ja suokasvien ekologiasta ja erityisesti niiden ravinnepuute- ja tasapainottomuusoireista Kivisuon metsänlannoituskokeiden valossa. Suometsätieteen lisensiaattityö.

SALMI, M. 1950. Turpeiden hivenaineista. On trace elements in peat. Geoteknillisiä julkaisuja n:o 51. Helsinki.

TANTTU, A. 1915. Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä. AFF.5.2.Helsinki.

THURMAN-MOE,

VAHTERA, E. 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore. MTJ 45:4. Helsinki.

VIRO, P.J. 1962. Metsien lannoittaminen kangasmaalla. Suomen Puutalous n:o 1. Helsinki.

-"- 1966. Metsän lannoituksen kannattavuudesta. Summary: The profitability of forest fertilization. MA n:o 3. Helsinki.

VÄÄNÄNEN, S. 1965. Yksityismetsien kantohinnat 1963/64. Stumpage prices in private forests durind the cutting-season 1963/64. FF 11. Helsinki.

ZEHETMAYER, J.W.L. 1954. Skogsgödsling i Storbritannien. Översättning. Växt-Näring-Nytt. Häfte 2. Stockholm.

Lyhenteet:

AFF = Acta Forestalia Fennica

FF = Folia Forestalia

MTJ = Metsäntutkimuslaitoksen Julkaisuja

MA = Metsätal. Aikakauslehti

10. SUMMARY

This paper deals with the results of soil improving and fertilizing experiments on peatlands drained for forestry purposes. The experiments were established under the supervision of the Swamp Forestry Department of the Forest Research Institute. The earliest experiments were established in 1929. Some of the most important results of the experiments carried out up to date are compiled within this paper as a preliminary report in order to show a general view of the present situation. The experimental use of fertilizer on forestry-drained peatlands has now already been subdivided to quite a broad extent as to its aims in investigation.

The scope of the experimental activity within the investigation can be seen from Figs. 1 and 2, which show the situation extant up to the end of 1964.

Factors influencing tree growth on peatlands

For the growth of pine, spruce, and birch, the general climatic conditions are quite favourable in almost the whole of Finland for the part of radiation energy as well as air and soil temperature when these function as direct growth factors. On the other hand, the conveyability of nutrients of soils in their natural state lessens greatly from the

south to the north. This factor is of decisive importance upon the growth standard in unfertilized forests. Because of this circumstance, the growth of unfertilized forests is, on an average smaller and smaller, the farther north and/or the higher above the sea level one measures. It has been proved within the field of experimental agriculture that, as is apparent from Tables 1 and 2, by using fertilizer, the yield of hay (Phelum pratense) has been greater in northern Finland than in south Finland. This proves that artificial addition of nutrients is of decisive importance also in forestry when striving for greater yields.

The hydrology of swamps in their natural state is unsatisfactory from the viewpoint of flourishing tree growth, but this can quite inexpensively be taken care of with the modern mechanical devices and machinery for ditching.

Peatlands in Finland lack phosphor and potassium, as is shown by Figure 3. The greater part of the swamps is made up of land rich in nitrogen, its content being more than 2 % of the weight of the dry matter. Only in Sphagnum peat, the nitrogen content does not reach 2 % of the weight of the dry matter.

Soil improvement experiments

If clay is added to peat soil in connection with tilling of the ground, it has been proved to be a soil improvement material that is effective and of long duration, as is to

be seen from Tables 4 and 5. The addition of sand to the soil to be improved also has a definite positive and lasting effect, even though not as effective as is clay in use.

The use of lime alone as a fertilizer has increased the growth, but only to a small extent, so it seems that the addition of lime, at least without any tilling of the ground and addition of other nutrients, does not pay as a way of improving forestry-drained peatlands when growing pinewood.

In accord with experiments begun in Sweden using wood-ash as fertilizer, Finland has also made some investigations on forestry-drained peatlands fertilized with wood-ash. The effectiveness of wood-ash and peat-ash fertilizer is very good and of long duration, shown in Figures 4, 5, 6, 7, and 8.

In connection with investigations of forest ecology, experiments on the temperature of the substratum have been made by covering the surface of the soil with a blanketing of straw. The results of the straw-blanket experiments presented in Table 13 show that this method could appreciably improve the growth and as such, especially used in combination with fertilizing, would be an effective method. Its main effect is upon the extermination of the ground vegetation and its transforming into a green fertilizer, as well as the elimination of the competition of the ground vegetation and the timber, competition that seems to subtract from the latter some 1-3 solid cubic metres per year and hectare.

The results of fertilization experiments using synthetic fertilizers

The results of the experiments were obtained on the basis of measurements on fertilization sample plots in 1959 and they have been dealt with here as comprehending the whole country. On the basis of the material introduced, an attempt was also made to make clear the significance of the various climatic conditions prevailing in different parts of the country for the effect of fertilization. It can be proved from the results obtained that in spite of the quite diverging climatical differences, the effectiveness of fertilization has no appreciable differences as to locality, but that with fertilization, approximately the same increase in the increment holds true over the whole country (cf. Table 14).

This investigation also shows that of the various fertilizers used, phosphor is the most effective on peatlands. According to the findings, it makes for an increase in growth on all kinds of swamp types, even though its effect decreases in proportion to the increase of natural fertility. In phosphor fertilization an amount of 100-120 kg P_2O_5 per hectare can be used. Greater amounts do, to be sure, cause an additional increase in growth, but this increase tends to be quite small in comparison with the effectiveness of the above mentioned amount.

According to the results obtained, an addition of potassium to phosphor fertilization does much to increase its effect,

using 100 kg K_2O per hectare of potassium. On the other hand, the use of potassium alone gives a very minor increase in growth.

Because of the generous natural nitrogen content in peatlands the growth-increasing effect of nitrogen is restricted to swamp sites of poor fertility. The results of the investigations prove that positive results with the use of nitrogen are obtained when among the indicators of natural fertility of swamps only Eriophorum vaginatum and Sphagnum fuscum thrive in the ground vegetation. Nitrogen fertilizer is as a rule more often required in north Finland than in the south. It also seems as though nitrogen added to PK-fertilizer speeds up the effects of potassium and phosphor. On the basis of the material handled in this paper it can be observed that the use of nitrogen by itself has rather little effect upon the growth improvement. Swamps with a low nitrogen content by nature those characterized by Eriophorum vaginatum and Sphagnum fuscum as a rule call for full fertilization (NPK), then using nitrogen 100 kg N per hectare.

The effect of using lime, either by itself or in combination with synthetic fertilizer, has proved to be of very little good from the point of view of the growth increase of the timber. Within this investigation lime has in some cases had a negative effect so that it has even weakened the effectiveness of the fertilizer.

The effectiveness of fertilizing peatlands has proved to be of quite long duration. This is shown by the experiments using wood-ash as fertilizer (see Figure 4). The use of synthetic fertilizer also leads to good and durable results in regard to the increase in growth.

The investigations tend to show that when using phosphor in sufficient amounts, its effects on peatlands last at least 30 years, potassium effects about 20 years and nitrogen from 5 to 15 years.

Table 18 shows growth statistics for timber on fertilized and nonfertilized peatlands in southern Finland. The figures were obtained from sample plots located in tree stands of different structure on peatlands, which have been drained using about 50 m ditch spacing. Figures and show in a graph form the increase in growth due to fertilization on cottongrass-pine swamp and Myrtillus-spruce swamp. Through the calculations made (Tables and) it was possible to show in some sample cases, the fact that economically it paid to use fertilizer.

Some experiments of the Department of Swamp Forestry of the Forest Research Institute which had to do with the effectiveness of drainage on tree-growth were also combined with fertilization. The results show that tree growth increases when using narrower ditch spacing (Figures 17 and 18). An increase in tree-growth is achieved on strips of all widths, when using fertilizer. On wide strips, the increase in tree-growth is especially apparent on the trees growing near the ditches. Figures 19 and 20 show that the effectiveness of the depth of the ditch increases up to 50 cm dry-margin on fertilized

strips, but when using a dry-margin of 70 cm the results show too great dryness in pine swamps and open swamps.

Kivisuo Experimental Field

Apart from the other field experiment results brought forth in this paper, it also presents the results from the experimental field at Kivisuo in Leivonmäki. This was established in 1959 as an experimental field for fertilization, on the site of a former hydro-peat harvesting field. As to its drainage, Kivisuo is especially suitable as a base for investigations, because it has been ditched into strips 10 metres wide. In addition, the peat quality of the field is quite homogenous.

In this connection Kivisuo has been used to clear up the primary results of fertilizing with nitrogen, phosphor and potassium, in both the wide-spread and localized method of fertilizing. Findings show that phosphor has given the best results as to growth increase with pines. The lowest phosphor level (66 kg P_2O_5/ha) has given nearly the best results. Both nitrogen and potassium have given the same results, but these have been much less than those achieved with the use of phosphor. Nitrogen and potassium both also have given almost the best results on a low level (50 kg N/ha and 50 kg K_2O/ha) (Tables 19 and 21). When comparing the effects of the two fertilizing techniques (wide-spread and localized) it can be observed that the localized-fertilization effectiveness is about 80 % of that of the wide-spread method (Picture 21). This recommends the

use of the localized method in connection with a renewal-process, since the wide-spread techinque is much more costly. Experiments with the localized technique show results with 25 g/0,25 m^2 NPK-fertilizer spread on the surface of the soil as giving the best results. (Tables 23, 24, and 25).

At Kivisuo the natural renewal possibilities of Betula verrucosa and Betula pubescens have been checked as to their possibilities on a fertilized peat-soil. According to the results of the statistics, both Betula types´sapling stage and early stage of growth have best succeeded in plots that have been given the NPK fertilizing. Phosphor and potassium have been the most effective, and there is no difference to be observed between the levels of fertilizer, as can be seen from Tables 26 and 28.

Comparative experiments with different fertilizers

When making experiments comparing the different types of nitrogen fertilizers, ammonium gas and urea-spray have been proved to be inferior to other nitrogen fertilizers. These, on the other hand, have all proved to be about as effective on the same effectivity level. (Tables 30 and 31).

In the experiments with phosphor-type fertilizers, all different types seem to have given about the same results as to effectiveness, as shown by Tables 35 and 36. The same can be said of potassium-type fertilizers (potassium salts,

chloride, and potassium sulphate), they are all equally effective when used as fertilizers for forestry-drained peatlands. (See Tables 38 and 39).