

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA

9/1979

LAMMIN (EH) LAAVIOSUO - SUON JA SIELLÄ
TEHTÄVÄN TUTKIMUSTYÖN ESITTELY

Harri Vasander



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
SUONTUTKIMUSOSASTON TIEDONANTOJA
9/1979

LAMMIN (EH) LAAVIOSUO - SUON JA SIELLÄ TEHTÄVÄN
TUTKIMUSTYÖN ESITTELY

Harri Vasander

Helsinki 1979

LAMMIN (EH) LAAVIOSUO - SUON JA SIELLÄ TEHTÄVÄN TUTKIMUS-
TOIMINNAN ESITTELY

LuK - työ kasvitieteessä

kevät 1979

Harri Vasander

Sisällysluettelo

1.	Johdanto.....	1
2.	Tutkimusalue.....	4
2.1.	Taustatietoja.....	4
2.2.	Laaviosuon kasvillisuus ja suotyyppit.....	6
2.3.	Ihmisen vaikutus Laaviosuolla.....	13
3.	Tutkimustoiminta Laaviosuolla.....	18
3.1.	Tutkimustoiminnan taustaa.....	18
3.2.	Jatkuvat ympäristömittaukset ja ilmestyneet julkaisut.....	18
3.3.	Lannoitekoealat.....	20
3.4.	Jatkosuunnitelmia.....	26
	Kirjallisuus.....	27

1. Johdanto

Suomi on suhteellisesti maapallon soisin maa. Ehkä osin tästä syystä luonnontilaisten soidemme tyypittely ja kasvimaan-tieteellinen aluejako tunnetaan hyvin (CAJANDER 1913, AUER 1922, AARIO 1932, PAASIO 1936, LUMIALA 1937, RUUHIJÄRVI 1960, HAVAS 1961, EUROLA 1962, TOLONEN 1967, EUROLA & KAAKINEN 1978). Paitsi suotyyppittelyn, on maamme myös soiden hyödyntämisen kärkimaita. Jo varhain 1600-luvulla alkaneen maataloudellisen soiden käytön rinnalla on soiden ojitus puuntuotantoa varten lisääntynyt 1800-luvulta alkaen, puunjalostusteollisuuden syntymisen jälkeen, erittäin nopeasti (HEIKURAINEN 1960, VUORELA 1975). Tämä on johtanut siihen, että varsinkin maamme eteläpuoliskoista on rehevimmät suotyyppit jo muutettu luonnontilasta eriasteisiksi ojikoiksi ja muuttumiksi (kts. LUKKALA & KOTILAINEN 1951, SARASTO 1962). Samalla on siirrytty ojittamaan yhä karumpia soita, joilla voimakas lannoitus on puuston kasvun kannalta välttämätöntä (HUIKARI & PAAVILAINEN 1972). Näiden karujen soiden ojitus ja lannoitus on yleensä jo taloudellisesti kannattamatonta (vrt. KELTIKANGAS & SEPPÄLÄ 1966, HEIKURAINEN & VEIJOLA 1971, HEIKURAINEN 1973, SEPPÄLÄ 1978). Lannoitusvaikutus ehtyy 5-10 vuodessa, jolloin alkuperäisiin kustannuslaskelmiin on lisättävä uusintalannoituskulut (HUIKARI & PAAVILAINEN 1972, IPATIEV & PAAVILAINEN 1975). Pääravinteiden yliannostus hivenaineiden kustannuksella saattaa toisealta aiheuttaa vakavia puuston kasvuhäiriöitä (HUIKARI 1977).

Ojitettujen ja lannoitettujen soiden puuston kasvua ja elpymistä on meillä viime vuosikymmeninä tutkittu melko paljon (esim. HEIKURAINEN 1959, HEIKURAINEN & KUUSELA 1962, HEIKURAINEN

& SEPPÄLÄ 1965, HUIKARI ym. 1968, PAAVILAINEN 1968, SEPPÄLÄ 1969). Huomiota on kiinnitetty edafisten ja ilmastollisten kysymysten ohella lähinnä ojasyvyyden ja sarkaleveyden vaikutukseen (esim. HUIKARI 1959, HUIKARI ym. 1966, SEPPÄLÄ 1972). Tutkimus on siis keskittynyt erittäin käytännönläheisiin ja pitkälti teknisiin aiheisiin. Lähes käsittelemättä on jätetty suon muiden kasviryhmien kasvun ja tuotoksen muutokset metsänparannustoimenpiteiden jälkeen.

Voidaan perustellusti sanoa, että soiden ekosysteemitason käsittely tutkimuksissa on miltei täysin laiminlyöty (kts. PAKARINEN 1975a, b, REINIKAINEN 1976). Suomessa on Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolla tehty isovarpuisen rämeen ja sen erilaisten muuttumien tuotantoekologisia selvityksiä (REINIKAINEN ym. 1974, KOSONEN 1976). Kanadassa (READER & STEWART 1972), Neuvostoliitossa (YELINA 1974, GLEBOV & TOLEIKO 1975), arktisilla ja subarktisilla peltasoilla (ROSSWALL & HEAL 1975, WIELGOLASKI 1975) sekä Englannin mereisillä peittosoilla (HEAL & PERKINS 1978) on myös tutkittu suoekosysteemiä kokonaisuutena.

Myös mielenkiintoinen tutkimusaihe ojitettujen soiden kasvillisuuden suksessiosta on melko intensiivisen alun jälkeen (esim. TANTTU 1915, LUKKALA 1919, 1929, 1951, MULTAMÄKI 1919, 1920, 1923,) jäänyt lähes yksittäisten tutkimusten varaan (SARASTO 1962). Näissä tutkimuksissa ei suksessiota ole käsitelty koko ekosysteemin kannalta. Ei myöskään aineiston käsittelyssä ole voitu käyttää apuna ATK:n nykyisin suomia analyysimahdollisuuksia (vrt. PAKARINEN & RUUHIJÄRVI 1978).

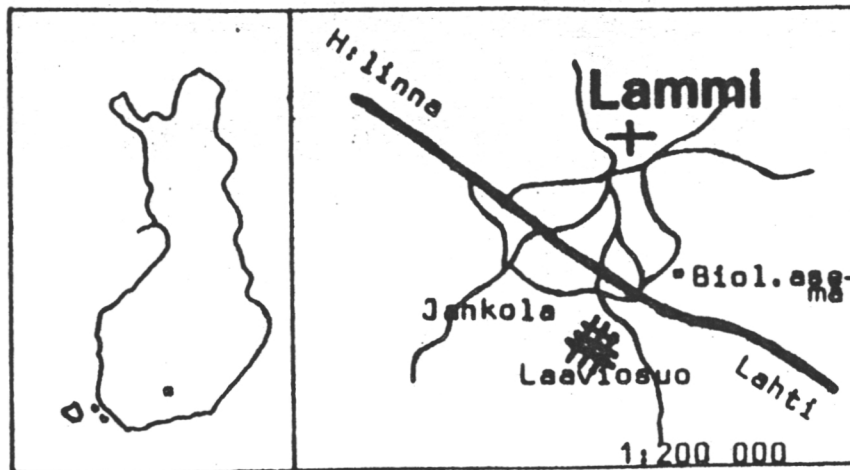
Lammin (EH) Laaviosuolla on vuodesta 1974 lähtien tehty tutkimusta, jonka tarkoituksena on osaltaan antaa vastauksia eo. kysymyksiin. Tutkimuksessa vertaillaan luonnontilaisen ja metsänparannustoimenpitein käsitellyn keidasräme-ekosysteemin rakennetta ja toimintaa. Samalla pyritään eri metsänparannustoimenpiteiden panos - tuotos -analyysiin. Koska on ilmennyt kiinnostusta tätä ekosysteemitutkimusta kohtaan, on tullut tarpeelliseksi lyhyen suota ja siellä tehtävää tutkimusta kuvailevan monisteen tekeminen. Eräänä lisäkohtana on myös kesällä 1978 perustettujen lannoituskokeiden esittely.

Työni ohjaajan ja tutkimusryhmän vastuullisen johtajan apul. prof. Rauno Ruuhijärveh ansiota on, että saan samalla käyttää tämän esittelyn yliopistollisena opinnäytetyönäni. Olen tästä hänelle kiitollinen. Hän on myös Lammin biologisen aseman esimiehenä antanut aseman tilat tutkimuskäyttöön. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastolta haluan kiittää sen esimiestä, prof. Olavi Huikaria, joka on suhtautunut suopeasti tutkimusprojektiin koko sen olemassaoloajan. Osaston tutkija fil. lis. Antti Reinikainen on auttanut minua monissa niin käytännön kuin teorian kysymyksissä, mistä hänelle lämpimät kiitokseni. Kimmo Tolonen on ystävällisesti antanut käyttööni omaa julkaisematonta aineistoaan. Kenttätöiden teko Tapio Lindholmin ja Ilkka Markkulan kanssa on aina ollut mieluista ja innostavaa. Lopuksi haluan kiittää Lammin biologisen aseman tutkijoita ja henkilökuntaa asemalla vallitsevasta miellyttävästä ilmapiiristä.

2. Tutkimusalue

2.1. Taustatietoja

Laaviosuo sijaitsee Jahkolan kylässä n. 4 km Lammin biologiselta asemalta länteen - $61^{\circ}, 02' N$, $24^{\circ}, 58' E$ - (kuva 1). Suon pinta-ala on 64 ha, ja se on useiden maatilojen omistuksessa (kuva 2). Korkeimmalta kohdaltaan suon korkeus merenpinnasta on 151 m.



KUVA 1: Tutkimusalue

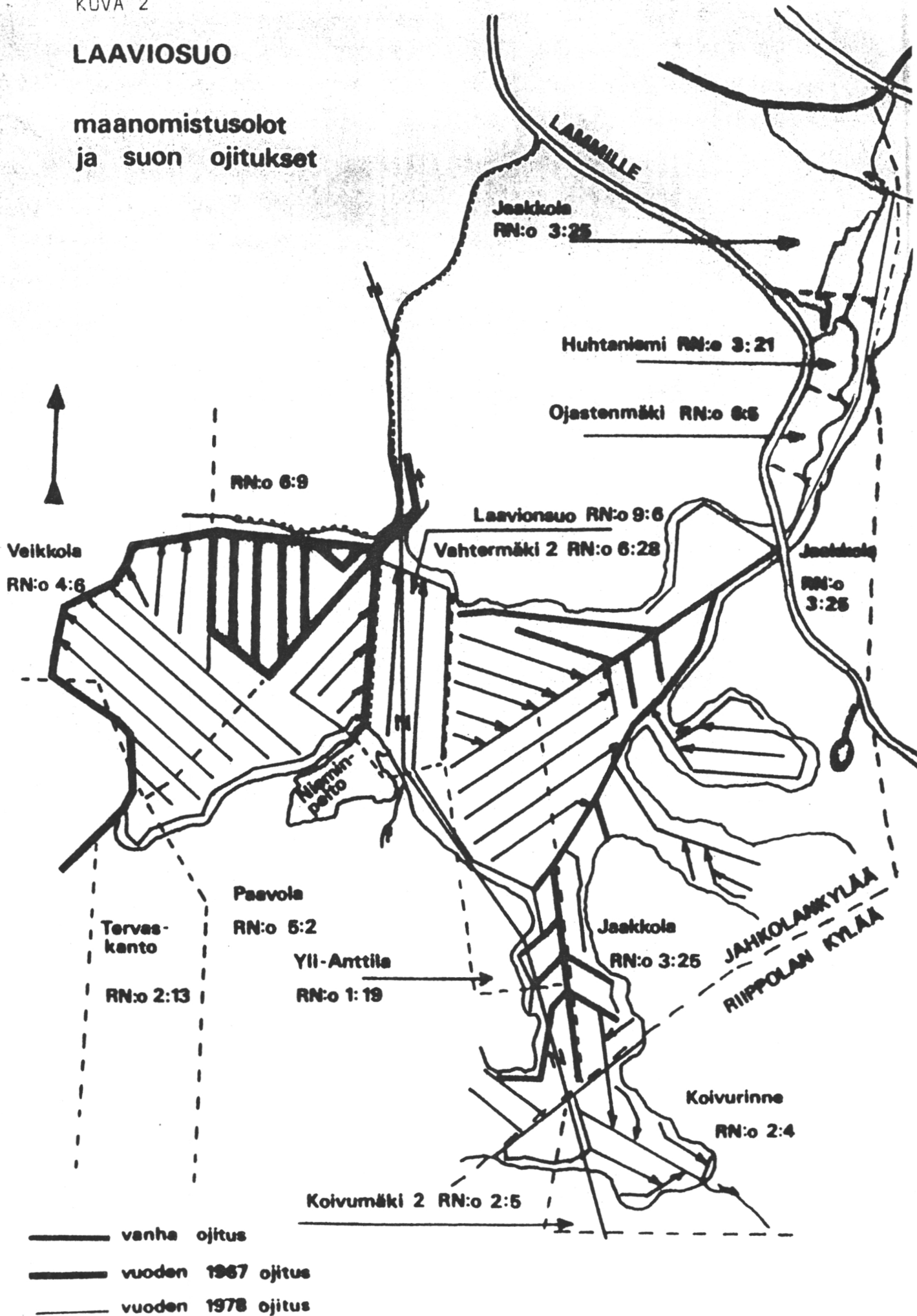
Alue kuuluu toisen Salpausselän etumaastoon (OKKO 1972), jonka painanteeseen suo on syntynyt. Alueen tehoisten lämpötilojen summa on hieman yli 1200 (KOLKKI 1966), ja se kuuluu eteläboreaaliseen kasvillisuus- ja suovyöhykkeeseen (AHTI, T. ym. 1968, EUROLA 1968). Lisää Lammin ilmastollisia tunnuksia on RUUHIJÄRVI (1974) kuvannut seuraavasti:

TAULUKKO 1: Lammin pitäjän makroilmasto (vuosien 1961 - 1971 keskiarvo).

vuoden keskilämpötila	+ 3.1 $^{\circ}C$
alle $0^{\circ}C$ keskilämpötilaperiodin pituus	181 vrk.
kasvukauden pituus (yli + $5^{\circ}C$)	163 vrk.
vuotuinen keski sadanta	600 mm.
evapotranspiraatio	450 mm.
lumipeitteen kesto aika	137 vrk.
pysyvän lumipeitteen sataminen ja sulaminen	7. XII - 23. IV

LAAVIOSUO

maanomistusolot
ja suon ojitukset



Laaviosuon suurin syvyys on n. 6 m (maantieteen kenttäkursien 1976 - 1978 tulosmonisteet). Soistuminen on alkanut n. 9000 v. sitten (K. TOLONEN, julkaisematon C₁₄-ajoitus). Viereisen Kaurastensuon tapaan (vrt. NIIRANEN 1973) on Laaviosuokin alkuaan syntynyt muinaisjärven umpeenkasvun tuloksena. Tosin Laaviosuosta ei ole kairauksissa löydetty läheskään yhtä laajaa muinaisjärven painannetta kuin Kaurastensuosta. Suurimmalta osaltaan onkin Laaviosuo ilmeisesti metsämaasoistumaa. Minerotrofista vaihetta kuvaavaa metsäsara- ja saraturvetta on Laaviosuossa erittäin ohut kerros. Kaurastensuossa on minerotrofinen kausi ollut huomattavasti pidempi. Rahkoittuminen on Laaviosuolla alkanut huomattavan aikaisin, jo n. 7000 v. sitten. Tästä johtuen on rahkaturvet kerros keskimäärin n. metrin paksumpi kuin Kaurastensuolla (4 m ↔ 3 m). Alaosistaan kerros koostuu Sphagnum magellanicum Brid.-turpeesta ja yläosistaan Sphagnum rubellum Wils. ja S. fuscum (Schimp.) Klinggr. luonnehtimasta turpeesta, joka vastaa myös suon nykykasvillisuutta. Laaviosuo muistuttaa siis kehitykseltään suuresti AUERin (1951) kuvaamaa Satakuntalaisen keidassuon kehitystä.

2.2. Laaviosuon kasvillisuus ja suotyypit

Laaviosuon jakaa morfologisesti kahtia Nieminpellolle vievä turvetie (kts. kuva 2). Tien itäpuolelle jäävä osa on tyypillistä Sisä - Suomalaisista metsäkeidasta (EUROLA 1962). Itäosan laiteilla tavataan kapeita kangaskorpivyöhykkeitä. Suurin osa suon tämänpuoleisista reunaosista on isovarapuräme- ja nevarämemuuttumia, mikä aiheutuu vanhojen ojien kuivatusvaikutuksesta (kts. kuva 2). Kapea suokaistale Lammi - Ditti - tien

koillispuolella on pääasiassa ruoho- ja kangaskorpea (RhK, KpK).

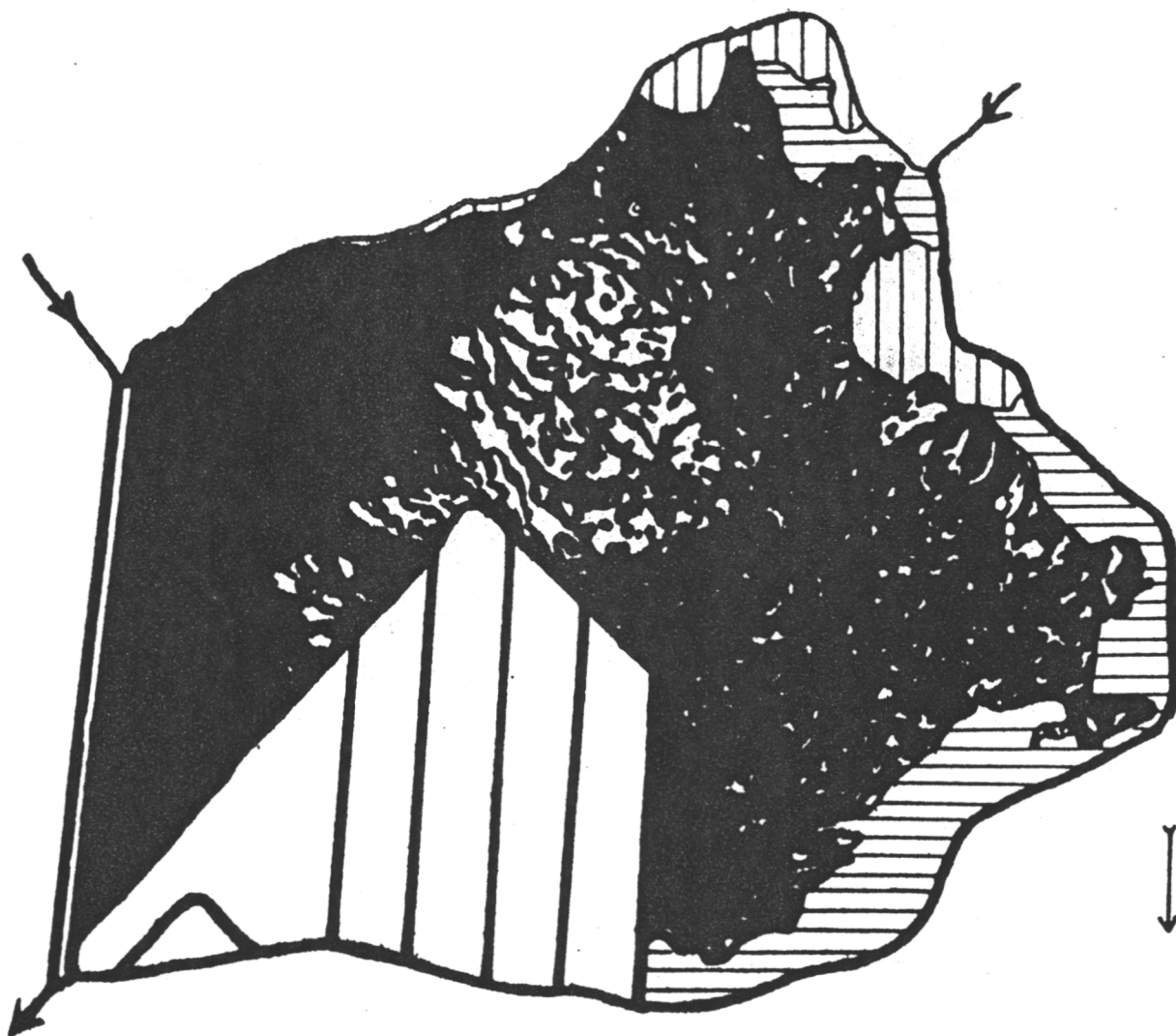
Suon länsiosae (pinta-alaltaan 27 ha), jonne tutkimustoiminta on keskittynyt, on tyypillistä keidasrämekompleksia (CAJANDER 1913). Alempi reunaluisu on melko heikosti kehittynyt. Ylemmällä reunaluisuella tavataan mosaiikkimaisesti kermi-, kulju- ja välipintakasvillisuutta. Mättäiden rahkarämeet (RR) ovat sekaisin Calluna - Sphagnum fuscum - Cladonia - ja Empetrum - Sphagnum fuscum - rahkarämettä (PAASIO 1933, EUROLA 1962). Kuljut ylemmällä reunaluisuella ovat kuivahkoja Eriophrum - Sphagnum balticum - nevoja (PAASIO 1933) eli lyhytkortisia nevoja (LkN) (esim. LUKKALA & KOTILAINEN 1951). Mätäskasvillisuutta on ylemmällä reunaluisuella selvästi kuljupintaa enemmän (kts. kuva 3, taul. 2). Suon keskustasannetta hallitsevat märkäpintatason kuljut (vrt. EUROLA & KAAKINEN 1978). Ne ovat pääasiassa Scheuchzeria palustris - Sphagnum Dusenii - (Sphagnum majus) - nevoja (PAASIO 1933) eli silmäkonevoja (SiN). Välipintatason kasvillisuus (kts. EUROLA 1962) esiintyy kapeina yleensä vain 1 - 2 m:n levyisinä vyöhykkeinä mätäs- ja kuljupinnan välillä.

Suon länsiosaa kiertää etelässä ja lounaassa kapea IR - vyöhyke (kuva 3). Eteläreunan kapea (1 - 5 m) nevarämelaide, jota luonnehtivat mm. Carex lasiocarpa Ehrh. ja Comarum palustre L., on heikosti kehittynyt. Luultavimmin länsiosan pohjoisreunaa on reunustanut samanlainen nevarämelaide, mutta v. 1967 kaivettu valtaoja (kts. kuva 2) on muuttanut ojan ja kangasmetsän välisen alueen tiheää hieskoivikkoa kasvavaksi muuttumaksi.

Olen kasvillisuuskartoitusta suolle tehdessäni jakanut sen mosaiikkimaisen kasvillisuuden kuuteen eri osakasvustoon, joista kaksi on mätäspinta-, yksi välipinta- ja kolme erilaista kuljupintakasvustoa. Mättäät olen silmävaraisesti jakanut korkeisiin ja mataliin. Ne voidaan erottaa toisistaan sekä mättään

TAULUKKO 2: Laaviosuon keidasrämöosalle esiintyvien eri osakasvusto-
tojen prosentuaaliset osuudet sekä niiden "pituusarvot" keskipoi-
keamiseen (laskettu kukin 150 arvon perusteella).

osakasvusto	% - osuus	"pituusarvo" $\bar{x} \pm S.D.$ (m)	
korkea mätäs	56.9	11.3 \pm 10.9	mätäitä 74.2 %
matala mätäs	17.3	2.8 \pm 1.9	
välipinta	8.5	2.9 \pm 9.7	välipinta 8.5 %
Eriophorum - kulju	10.5	3.0 \pm 1.9	kuljuja 17.3 %
Scheuchzeria - kulju	4.4	5.3 \pm 4.2	
Carex limosa - kulju	2.4	5.5 \pm 4.3	



KUVA 3: Laaviosuon W-osaän kulju-kermi -vaihtelu. Kuljut vaaleita,
mätäspinnat tummia. Muuttuma-alue jätetty käsittelemättä.

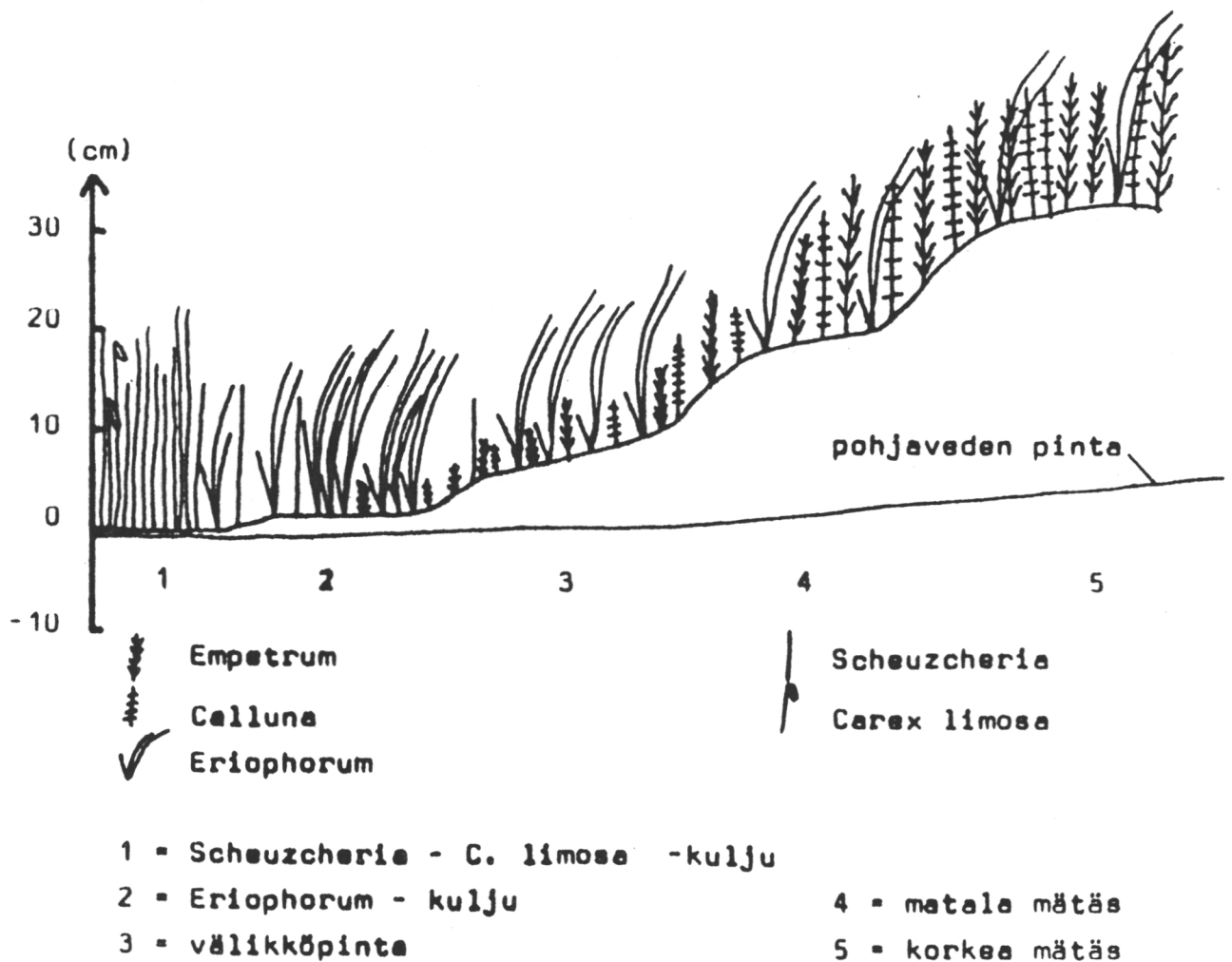


IR - laide



alempi reunaluisu (pääasiassa ojavaikutuksen alaista
mätäspintaa).

korkeuden että kasvillisuuden perusteella. Matalat mättäät ovat n. 10 - 20 cm korkeita matalampia, eikä niiden varpuukasvillisuus ole yhtä rehevää kuin korkeilla mättäillä. Toinen mahdollisuus olisi ehkä ollut jakaa mättäät Calluna- ja Empetrum-valtaisiin, mutta suurimmassa osassa suota kasvavat nämä kaksi varpua sekakasvustoina. Kuljupinnoista Eriophorum - Sphagnum balticum - ja Scheuzcheria - Sphagnum majus - kuljut ovat kasvillisuudeltaan selkeästi erotettavia. Tämän lisäksi tavataan suolla jonkin verran Carex limosa L.- valtaisia märkiä kuljuja, joiden pohjakerros on pääasiassa Sphagnum majuksen (Russow) C. Jens. muodostama. Tämä kuljutyyppeä tuskin on ekologisesti oma tyyppinsä, niin paljon se mm. vesitaloudeltaan muistuttaa em.



KUVA 4: Erotettujen osakasvustojen pienmorfologia sekä tärkeimmät niillä kasvavat putkilokasvit (kuvaan on merkitty myös pohjaveden pinnan keskimääräinen taso yleistäen).

Scheuchzeria - kuljua. Tosin PAASIO (1933, taul. 11) on nimen-
nyt Carex limosa - Sphagnum cuspidata - nevatyyppin, jonka yhtenä-
alatyypinä on Carex limosa - Sphagnum Dusenii - (S. majus) neva.
EUROLA (1962, s. 99 - 100) puhuu pelkästään Sphagnum Dusenii -
nevoista.

Saadakseni käsityksen eri osakasvustojen suhteellisista
osuuksista, olen kulkenut n. 17,5 km arviointilinjoja suon länsi-
osassa lounaasta kaakkoon (uusien ojien suuntaisesti, kts. kuva
2) ja merkinnyt mm - paperille 0,5 m:n tarkkuudella vallitsevan
osakasvuston. Tuloksista olen laskenut paitsi osakasvustojen
prosentuaaliset osuudet myös niiden yhtenäisyyttä ja laajuutta
kuvaavat 'pituusarvot' (taul. 2). Ne ilmoittavat yksinkertaisesti
miten pitkälti yhtenäisesti on osakasvustoja keskimäärin esiin-
tynyt arviointilinjoilla. Prosentuaalisesti laaja-alaisimmat
mätäspinnat ovat myös yhtenäisimpiä. Vaikka märkäpintatason
kuljujen osuus suhteellisesti onkin koko keidasrämeeellä pieni,
muodostavat ne keskustasanteella laajoja yhtenäisiä kuljupintoja
(kts. kuva 3, taul. 2).

Laaviosuo sijaitsee Rannikko - Suomen konsentristen ja
Sisä - Suomen eksentristen keidassoiden vyöhykkeen vaihettumis-
alueella (EUROLA 1962). Luonnossa vaihettuminen on yleensä
kuitenkin vähittäistä, kontinuumia (esim. COLLIER ym. 1973 s.
351). Laaviosuollakin tavataan molempien suovyöhyketyypin oir-
teitä. Suon länsiosan koillispuolella on pitkiä yhdensuuntaisia
kuljuja ja kermejä, jotka ovat tyypillisiä eksentrisille keidas-
soille (kts. kuva 3). Suon eteläpuolella oleva keskusalue duo-
lestaan on tyypillinen konsentrisille keidassoille. AARTOLAHTI
(1965) puhuu tällaisessa tapauksessa epäkeskisesti konsentri-
sista keidassuosta, joksi myös LINDHOLM (1979) on Laaviosuon
määritellyt. RUUHIJÄRVI (1974) pitää tällaista suota eksentrisenä.
Myös Laaviosuon kasvillisuudessa (taul. 3) havaitaan suon

välittävä asema Calluna - Sphagnum fuscum - Cladonia - ja Empetrum - Sphagnum fuscum -keidassoitten välillä (vrt. PAASION (1933) ja EUROLAN (1962) kasvillisuustaulukot). Kasvillisuudeltaan voidaan Laaviosuon katsoa olevan kuitenkin lähempänä Empetrum - Sphagnum fuscum -keidasta. Varpusekakasvustoissa on Empetrum Callunaa vallitsevampi. (vrt. taul. 3). Vain aivan korkeimmilla mättäillä voi Calluna yksinään muodostaa peittäviä reheviä kasvustoja. Tämä johtuu luultavimmin eroista näiden varpujen juuristojen vertikaalisessa ulottuvuudessa (METSÄVAINIO 1931). Variksenmarjan juuristo ei tunkeudu niin syväälle turpeeseen kuin kanervan juuret, jolloin se voi kasvaa keskimäärin märempillä kasvupaikoilla (esim. matalammilla mättäillä). Myös Sphagnum fuscumin ja Andromedan runsaus samoin kuin jäkälien vähyys on tyypillistä Sisä - Suomalaisille keidassoille. Myös pohjaveden syvyyden (oma julkaisematon aineisto) ja mättäiden korkeuden puolesta (kts. kuva 4) on Laaviosuo lähempänä Sisä - Suomalaista kuin Rannikko - Suomalaista keidassuota (vrt. EUROLA 1962). Eksentrisyys ei näy suon morfologiassa kovin hyvin (vrt. kuva 3), koska suo on vielä kesken kehityksessään. Ylemmän reunaluisun Eriophorum - kuljut ovat matalia korkeintaan 500 v. vanhoja (K. TOLONEN, suull. tieto), eivätkä keskustan Scheuchzeria -kuljut omien havaintojeni mukaan liene paljon vanhempia. Kuljujen sekundaarinen synty Laaviosuolla on vasta alullaan. Suon länsiosan ylempi reunalaisuus pienine kuivine Eriophorum - kuljuineen muistuttaa vielä Sphagnum fuscum -metsäkeidasta. Tämä kehittynee sukessiossaan eksentriseksi keidassuoksi, kuten keskustasanteella on jo havaittavissa. Suon konsentriset niirteet ovat seurausta suon sijainnista vaihettumisvyöhykkeellä.

	korkea mätäs	metala mätäs	väli- pinta	Erioph. kulju	Sch.pel. kulju	C.limosa kulju
<i>Pinus silvestris</i>	.4	.4	.2			
<i>Andromeda polifolia</i>	0.5 ¹⁰	2 ¹⁰	2 ¹⁰	1 ¹⁰	2 ⁶	.2
<i>Betula nana</i>	.1					
<i>Calluna vulgaris</i>	13 ¹⁰	8 ¹⁰	17	.8		
<i>Empetrum nigrum</i>	26 ¹⁰	12 ¹⁰	27	.4		
<i>Vaccinium oxycoccos</i> (= <i>microcarpos</i>)	1 ¹⁰	1 ¹⁰	1.5 ¹⁰	1.5 ¹⁰	3 ¹⁰	1 ¹⁰
<i>V. uliginosum</i>	.2	.1	.1			
<i>Drosera rotundifolia</i>	.8	.13	.10	.1	.1	.2
<i>Rubus chamaemorus</i>	7 ¹⁰	5 ¹⁰	2 ¹⁰	.3	.2	
<i>Carex limosa</i>					.3	4 ¹⁰
<i>Eriophorum vaginatum</i>	4 ¹⁰	5 ¹⁰	8 ¹⁰	10 ¹⁰	0.5 ⁷	.4
<i>Scheuchzeria palustris</i>			.1	.1	4 ¹⁰	1.5 ¹⁰
<i>Licorinon undulatum</i>	2 ⁴	.2				
<i>L. polysetum</i>	.1					
<i>Pleurozium schreberi</i>	3 ⁶					
<i>Prepencleucus fluitans</i>					.4	.4
<i>Sphagnum angustifolium</i>	15 ¹⁰	20 ¹⁰	16 ⁹	5 ⁷		
<i>S. balticum</i>	2 ²	12 ⁸	46 ¹⁰	94 ¹⁰	56 ⁹	57 ⁷
<i>S. fuscum</i>	63 ¹⁰	50 ¹⁰	18 ⁸	.1		
<i>S. magellanicum</i>	.1	.1	0.5 ³	.5	.1	.2
<i>S. majus</i>					40 ⁶	43 ¹⁰
<i>S. rubellum</i>	1 ⁴	3 ⁸	6 ⁸	.7	.1	.2
<i>S. tenellum</i>				1 ¹	1 ³	
<i>Mylia anonale</i>	1 ⁶	7 ¹⁰	6 ¹⁰	.5		
<i>Aledonia alpestris</i>	.2	.1	.1			
<i>C. arbuscula</i>	0.5 ³	2 ²	.3	1 ¹		
<i>C. cenotea</i>		.1				
<i>C. chlorophaea coll.</i>	.3	.2	.1			
<i>C. grac. v. grac.</i>	.1					
<i>C. rangiferina</i>	2 ⁷	2 ⁷	2 ⁵			
Kerike	19 ¹⁰	11 ¹⁰	5 ¹⁰	3 ¹⁰	1 ¹⁰	2 ¹⁰

TAULUKKO 3: Laaviosuon luonnontilaisen rahkarämeen kasvillisuus osakasvustottain.

Taulukossa on peittävyysarvon yläpuolella laskettu konstanssiarvo, joka ilmoittaa kuinka monella ruudulla kymmenestä lajia esiintyy. Kunkin osakasvuston kasvipeitekuvaukset ovat n. 20:n 1 m²:n suuruisen näyteruudun keskiarvoja. Huomattavin taulukosta puuttuva laji on Aulacomnium palustre (Hedw.) Schwaegr., jota esiintyy suolla hajanaisesti mätäspinoilla.

2.3. Ihmisen vaikutus Laaviosuolla

Turpeennostoa on harjoitettu suolla useassa eri kohdassa. Merkkejä tästä toiminnasta on nähtävissä vieläkin. Selvää mätäs-kulju -vaihtelua ei turpeennostopaikoille ole syntynyt, vaan suon pinta on kuivien-märkien kuljujen, välipinnan ja matalien mättäiden pienipiirteistä epämääräistä mosaiikkia. Turvelatojen sijat erottuvat jäkälää ja koivuntaimia kasvavina neliöinä. Turpeennostopaikoilta voi tavata vanhoja seipäitä, joiden yläosa on jo lahonnut, mutta suon anaerobisissa oloissa ollut tyviosa on kuin juuri veistetty (vrt. TOLONEN & HUTTUNEN 1976, kuva s. 203). Suon itäosassa on vielä pystyssä, tosin jo melko lahonneina, kaksi nostetun turpeen kuivatukseen käytettyä latoa.

Suurin vaikutus suoekosysteemiin on ollut v. 1987 suoritetulla ojituksella. Tällöin ojitettiin suon pohjoisosasta 5,9 ha:n ala tyypillisintä keidasrämettä. Ojitusta seurasi lannoitus alkutalvesta 1970 (tiedot maanomistaja E. TYRKKÄÄLTÄ, kts. LINDHOLM (1979)). Tällöin levitettiin käsin 400 kg/ha PK-lannoitetta (fosfori ja kalium) ja 100 kg/ha ureaa (typpi). Suon alhaisen boniteetin vuoksi ei hankkeeseen saatu metsänparannusrahoja, vaan maanomistaja suoritti lannoituksen omin kustannuksin.

Vaikka lannoite onkin levitetty lumelle, on sen vaikutus ensimmäisinä vuosina ollut melko tehokas. Tämä johtuu paljolti levitysjankohdasta. Huolimatta siitä, että lannoitteet vajoavat hitaasti lumikerroksen lävitse maan pinnalle, on käytettävissä ollut pitkä vajoamisaika vaikuttanut siihen, ettei luultavasti paljoakaan ravinteista ole joutunut lumensulamisvesien mukana ojiin (vrt. JOHANSSON & ÅHGREN 1966, PAARLAHTI 1967, PAAVILAINEN 1969, KARSISTO 1970).

Lannoitusvaikutuksen tehokkuus näkyy voimakkaana sekundäärisuoksession alkamisena. Puuston pituus- ja paksuuskasvu on elvynyt

ja jatkunut voimakkaana muutaman seuraavan vuoden ajan. Kahden viime vuoden pituuskasvu on kuitenkin selvästi heikentynyt osoittaen lannoitevaikutuksen ehtymistä. Nimenomaan typen puute on karujen ojikkojen puuston kasvun tärkein minimitekijä (PAAVILAINEN 1972, PAAVILAINEN & NORLAMO 1975). Fosforia ja kaliumia saattaa edelleenkin olla riittävästi kasvualustassa, mutta niiden vaikutus estyy typen puutteen takia (IPATIEV & PAAVILAINEN 1975). Näin voi asia olla myös Laaviosuon keidasrämemuuttumalla. Mm. tätä asiaa selvittääksemme perustamme toukokuun 1979 aikana erilaisia jatkolannoituskoealoja. Lannoituksen vaikutusta puuston biomassaan ja tuotokseen tulen tarkastelemaan myöhemmässä tutkielmassani.

Kasvillisuuskuvauksia muuttumalta tehdessäni olen havainnut, miten osakasvustotyyppien rajat vähitellen häviävät ojituksen ja lannoituksen vaikutuksesta. Etenkin välikköpinnat menettävät lähes tyystin ominaispiirteensä. Entiset Eriophorum - Sphagnum balticum -kuljut voi tunnistaa suuresta tupasvillan peittäväydestä, ja entiset Scheuchzeria -kuljut esim. sijainnistaan luonnontilaisten kuljujen jatkeina (kts. kuva 3) sekä Drepanocladus fluitansin (Hedw.) Warnst. yleisyydestä.

Varvut ovat ojituksen ja lannoituksen jälkeen rehevöityneet kaikilla osakasvustoilla (kts. taul. 4). Ainoan poikkeuksen tekee Andromeda polifolia L., jonka osuus on pienentynyt. Myös tupasvilla on nopeasti pystynyt valtaamaan lisää kasvutilaa. Suhteellisesti eniten on sen osuus kasvanut keskustasanteen entisissä Scheuchzeria -kuljuissa ($0,5^7 \rightarrow 27^{10}$, taul. 4). Isoista varvuista Vaccinium uliginosum L. kasvaa jopa entisissä märissä kuljuissa. Ledum palustre L. on pystynyt reunan isovarpuiselta rämeeltä levittäytymään suurimmalle osalle keidasrämemuuttumaa. Uutena tulokkaana tavataan tasapinnoilla eräs suksektion pioneerilaji: maitohorsma (Epilobium angustifolium L.).

	korke- mätäs	metala mätäs	väli- pinta	tasap- pinta I	tasap- pinta II
<i>Betula pubescens</i>	.1			2 ⁹	.1
<i>Pinus silvestris</i>	.7	1 ⁶	1 ²	3 ¹⁰	.1
<i>Picea abies</i>	.1				
<i>Andromeda polifolia</i>	.7	.8	.8	.7	1 ⁶
<i>Betula nana</i>	5 ⁶	1 ¹⁰	.6		
<i>Calluna vulgaris</i>	26 ¹⁰	16 ¹⁰	11 ¹⁰	1 ⁴	.4
<i>Empetrum nigrum</i>	33 ¹⁰	46 ¹⁰	19 ¹⁰	.4	.1
<i>Ledum palustre</i>	.8				
<i>Vaccinium oxycoccos</i> (+ <i>V. microcarpos</i>)	1 ⁶	1 ¹⁰	.10	1 ⁸	6 ¹⁰
<i>V. uliginosum</i>	2 ⁴	6 ⁶	10 ¹⁰	.2	2 ⁵
<i>Epilobium angustifolium</i>				.1	
<i>Rubus chamaemorus</i>	5 ⁶	6 ¹⁰	3 ⁶	0.5 ⁵	.2
<i>Carex limosa</i>					3 ⁴
<i>C. magellanica</i>					1 ³
<i>Eriophorum vaginatum</i>	13 ¹⁰	10 ¹⁰	15 ¹⁰	21 ¹⁰	27 ¹⁰
<i>Scheuchzeria palustris</i>					.2
<i>Aulecomnium palustre</i>				.1	
<i>Oicnenum polysetum</i>	.1	.3	.8		
<i>J. undulatum</i>	5 ⁶	2 ⁵	.2	.1	
<i>Urepanocladus fluitans</i>				.2	10 ⁷
<i>Pleurozium schreberi</i>	17 ⁹	22 ¹⁰	1 ⁸	.1	
<i>Polytrichum commune</i>	.1				
<i>P. strictum</i>	0.5 ⁴	.5	.3	4 ⁶	2 ³
<i>Sphagnum angustifolium</i>	5 ⁷	12 ⁷	2 ⁶	2 ⁷	44 ¹⁰
<i>S. belticum</i>				16 ⁹	20 ⁶
<i>S. fuscum</i>	14 ⁷	9 ⁷	19 ⁶	1 ³	.1
<i>S. magellanicum</i>	.2	.2	.2	4 ⁷	2 ⁴
<i>S. rubellum</i>	0.5 ⁸	1 ³	2 ⁴	4 ³	
<i>Cetraria islandica</i>	.1				
<i>Cladonia alpestris</i>	.2				
<i>C. erbuscula</i>	.3	.3	.4	.1	.1
<i>C. botrytes</i>	.2	.2			
<i>C. chlorophaea coll.</i>	.7	.3	.4	.1	.2
<i>C. deformis coll.</i>	.2				
<i>C. gonocha</i>	.1				
<i>C. grac. v. grac</i>	.1				
<i>C. rangiferina</i>	.4	.3	.4	.1	.1
<i>Mylic anomala</i>	.2	.3	.3	.3	.3
Kerike	72 ¹⁰	82 ¹⁰	75 ¹⁰	75 ¹⁰	27 ¹⁰

TAULUKKO 4: Laeviosuon rahkarämemuuttuman kasvillisuus osakas-
vustottain.

Taulukossa on taul. 3:n tapaan esitetty konstanssi- ja domi-
nanssiarvot. Metala mätäs ja välipinta kuvattu viiden, muut
n. 20:n 1 m²:n kokoisen näyteruudun keskiarvoina.

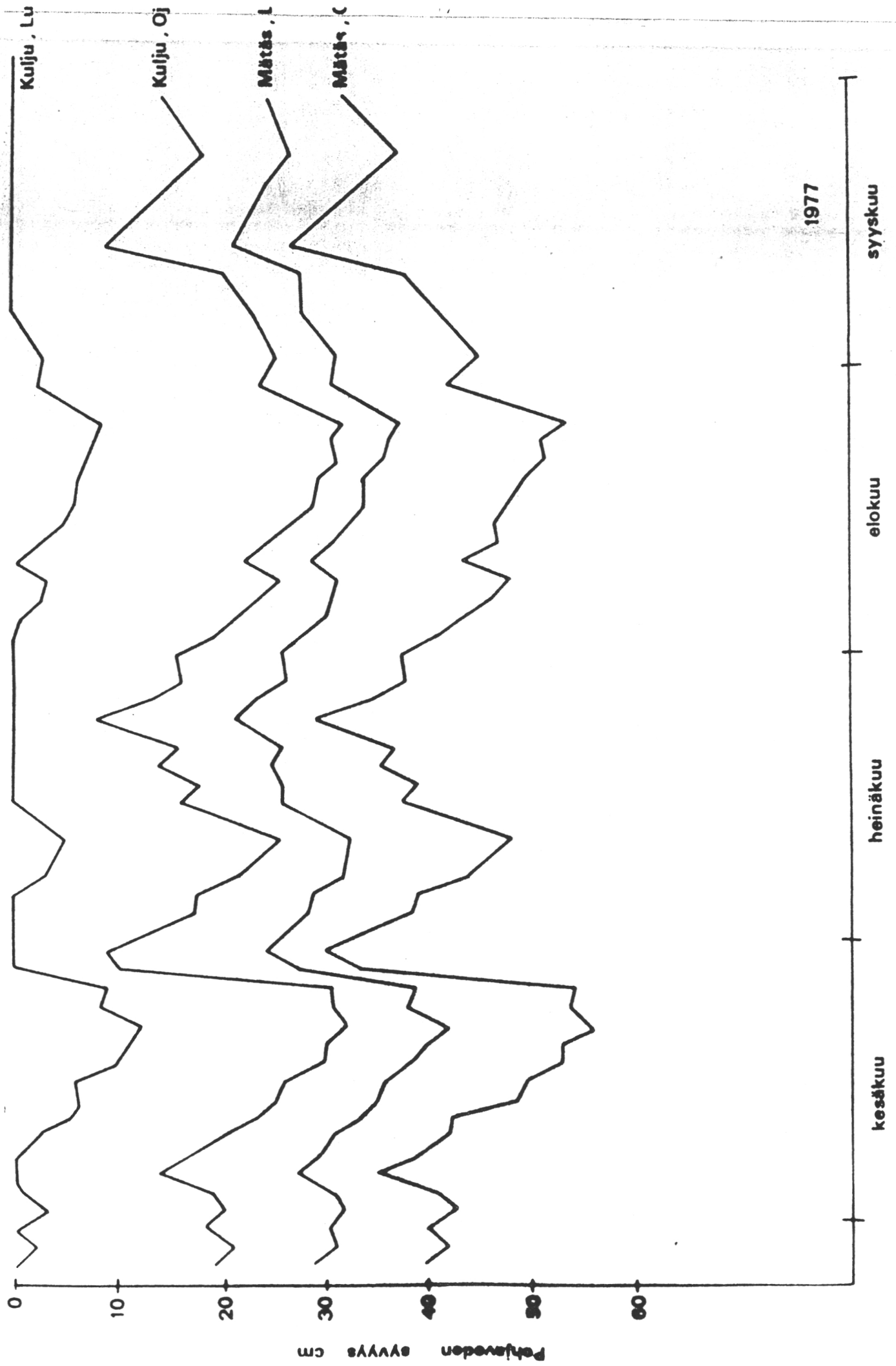
Entisiä Eriophorum - kuljuja merkitty "tasapinta I" ja entisiä
Scheuchzeria - kuljuja "tasapinta II".

Rahkasammaleet ovat joutuneet väistymään antaen kasvutilaa metsäsammalille. Drepanocladus fluitans (Hedw.) Warnst. on pystynyt nopeasti valtaamaan kuolleiden kuljurerikasammalten kasvu- paikat. Myös ojikoille ja muuttumille tunnusomaiset lajit Pohlia nutans (Hedw.) Lindb. ja Polytrichum strictum Brid. ovat yleistyneet. Suo-ojien reunoilla tavataan melko yleisenä Dicranella cerviculata (Hedw.) Schimp., joka KÖPOSEN (1977) mukaan esiintyy miltei yksinomaan paljastuneella turpeella.

Rehevöitynyt pintakasvillisuus sitoo huomattavan osan annetuista ravinteista (vrt. PÄIVÄNEN 1970, HEIKURAINEN & VEIJOLA 1971). Tupasvillan tyvitupet keräävät paljon ainakin kaliumia ja fosforia luovuttaen niitä erittäin hitaasti uudelleen ravinnekiertoon (TAMM 1954, GOODMAN & PERKINS 1959, GORE & OLSON 1967). Myös varpujen osuus ravinteiden sitomisessa lienee merkittävä. SARASTON ja SEPPÄLÄN (1977) havaintojen mukaan varvut voivat selvästi haitata männyntaimien kasvua ja ravinteiden ottoa. Osa ravinteista sitoutuu myös kemiallisesti humushappoihin sekä rauta- ja alumiiniyhdisteisiin (PUUSTJÄRVI 1956).

Paitsi ravinteiden lisäys, on kenttäkerroksen rehevöitymiseen vaikuttanut myös pohjaveden pinnan pysyvä lasku ojitusalueella (kts. kuva 5). Tästä ovat hyötynneet etenkin varvut, samoin kuin myös tupasvilla (vrt. BANNISTER 1964, GORE & URQUHART 1966, BELL & TALLIS 1974).

KUVA 5 (seuraava sivu): Pohjaveden syvyys kesän ja alkusyksyn aikana 1977 neljällä eri pinnalla Leaviosuolla. "Lu" tarkoittaa silloin vielä luonnontilaisista suon osaa ja "Oj" ojikko - muuttumaa. (Lähde: LINDHOLM 1979).



3. Tutkimustoiminta Laaviosuolla

3.1. Tutkimustoiminnan taustaa

Vaikka Laaviosuota onkin kauan käytetty sekä kasvillisuus- että kasviekologian kurssien opetuskohteena, alkoi varsinainen tutkimustoiminta suolla vasta v. 1975. Tosin kesällä 1974 on mitattu jonkin verran männyn paksuuskasvua pantamittausten avulla. Kesän 1975 aikana käynnistyi tutkimus valtion maatalous-metsätieteellisen toimikunnan myöntämän esitutkimusmäärärahan ja Metsäntutkimuslaitoksen rahoituksin turvin. Metsäntutkimuslaitos on rahoittanut tutkimusta myös seuraavina vuosina. Suomen Akatemian kolmivuotinen tutkimussopimus rahoituksineen solmittiin v. 1978. Tutkimukset liittyvät Helsingin yliopiston kasvitieteen laitoksen ekologian osaston "Luonnontilaisten ja ojitettujen rämeiden tuotantoekologia" ja Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston "Suoekosysteemin ja sen metsätaloudellisten muutosten rakenne ja toiminta" nimisiin tutkimusprojekteihin.

3.2. Jatkuvat ympäristömittaukset ja ilmestyneet julkaisut

Koska tavoitteena on suoekosysteemin dynaamisen mallin rakentaminen, joudutaan erilaisia ympäristömittauksia suorittamaan paljon (vrt. taul. 5, REINIKAINEN 1976). Eräs tärkeimpiä on pohjaveden tason ja pintaturpeen kosteusilanteen jatkuva seuranta (pohjavesikaivot, tensiometrit, kts. AHTI, E. (1971), LAINE & MANNERKOSKI (1975)). Myös turpeen aerobisen kerroksen paksuuden selvittäminen esim. hopeasaavetestillä (LÄHDE 1969) on hajotustutkimuksissa ensiarvoisen tärkeää. Säteily- ja lämpötilamittaukset muodostavat pohjan kasvumallien soveltamiselle ja rakentelulle (kts. HARI 1976, KELLOMÄKI 1977 ja niissä olevat viitteukset). Lämpötilamittauksista mainittakoon, että suolla on kasvukausien 1977 ja 1978 aikana ollut normaalien TH-piirtu-

TAULUKKU 5: Laaviosuolla mitatut ympäristömuuttujat ja tehdyt tutkimukset kasvukausina 1975 - 1978.

mittaukset	1975	1976	1977	1978
<u>ympäristömuuttujat</u>				
TH - mittaukset (ilman lämpötilan ja kosteuden rekisteröinti)	+	+	+	+
þohjaveden syvyyden mittaukset	+	+	+	+
turpeen lämpötilan mittaukset	+	+	+	+
säteilymittaukset	+	+	+	+
tensiometrimitaukset (pintaturpeen kosteusmittaukset)	+	+	+	
Arucomp - lämpötilamittaukset			+	+
sademittaukset	+	x	x	x
hopeasauvatestit	+	+	+	
<u>kasvumittaukset + muut tutkimukset</u>				
männyn paksuuskasvu	+	+	+	+
männyn pituuskasvu	+	+	+	
varpujen pituuskasvu	+	+	+	+
rahkasemmalten tuotantorytmiikka	+	+	+	+
eri osakasvustojen biomass- ja produktiotutkimukset			+	+
maaperäeläinten syvyysjakautumien ja bioenergetiikan tutkiminen	+	+	+	+
lannoitekoealojen perustaminen				+
hajotustestien perustaminen				+
<p>+ = on mitattu kasvukauden aikana x = ei ole itse mitattu, mutta läheisellä Nieminpellolla (kts. kuva 2) sijaitsee Ilmatieteen laitoksen sademittari</p>				

reiden lisäksi tarkempi Arucomp - lämpömittari. Sillä pystytään samanaikaisesti katkeamatta koko kasvukauden ajan mittaamaan kuuden eri pinnan lämpötiloja. Alustavasti voidaan jo sanoa mättäiden olevan kasvupaikkoina tasapintoja huomattavasti äärevämpiä.

Ympäristömittauksia muuttujina käyttäen voidaan tuotanto-, tuotantorytmiikka- ja hajotusaktiiviteettitutkimukset sitoa yhteen suoekosysteemin toiminta- ja rakennemalliksi, joka on tutkimuksen lopullinen tavoite.

Julkaisuja, jotka perustuvat nimenomaan Laaviosuolla tai viereisellä Kaurastensuolla tehtyihin kenttätöihin, on tutkimusryhmältä ilmestynyt tähän mennessä (toukokuun alku 1979) kuusi kpl. (LINDHOLM 1977, 1979, MARKKULA 1977, 1979, SILVOLA & HANSKI 1979, SILVOLA & HEIKKINEN 1979).

3.3. Lannoitekoealat

Maanomistajien ojitettua suon kokonaisuudessaan talvella 1978, muodostui keskeiseksi tehtäväksi kevätkesän 1978 aikana lannoituskoekalojen perustaminen. Lannoitus suoritettiin touko-kesäkuussa. Kasvukauden alussa suoritettuna antaa lannoitus yleensä hyvän tuloksen (KARSISTO 1967, PAARLAHTI 1967, PAAVILAINEN 1969). Tällöin eivät esim. lumensulamisedet enää huuhtelee ravinteita ojiin ja sieltä edelleen vesistöihin (vrt. JOHANSSON & AHGREN 1966, PAAVILAINEN 1969, KARSISTO 1970). Tosin lannoitteiden huuhtoutumiseen vaikuttaa levitysjankohdan lisäksi niiden kemiallinen rakenne (PESSI 1970).

Lannoiteruutuja on kahden kokoisia: suuria (40 x 40 m, 5 m:n laippa koealojen välillä) on 12 kpl. ja pieniä (5 x 5 m, 3 m:n laippa) on 36 kpl.. Suuret koealat sijaitsevat kahdella saralla kahtena toistona ja pienet niin ikään kahdella saralla neljänä toistona (kts. kuva 6). Suurilla koeruuduilla on tarkoituksena

vertailla hidas- ja nopealiukoisten typpi-, fosfori- ja kalilannoitteiden mobilisaatiota, sekä samalla testata hivenainelannoitteen vaikutusta. Pienet koealat on lannoitettu nopealiukoisilla pääravinnelannoitteilla + hivenainelannoitteella, ja niillä suoritetaan tarkempia kasvu-, ravinne-, hajotus- ym. tutkimuksia. Kaikki lannoitteet on lahjoittanut Kemira OY. Suurten koeruutujen lannoitusjärjestely on samanlainen kuin Kemira OY:n muilla vastaavilla lannoituskoekentillä, jotka liittyvät "Lannoituksen vaikutus metsäekosysteemiin" nimiseen tutkimusprojektiin.

Suuret koealat on lannoitettu 12.- 16. 5 1978 seuraavasti:

alat 1 ja 8	apatiitti	64 kg/ala	=	400 kg/ha
	biotiitti	91 kg/ala	=	570 kg/ha
	nitroform	50 kg/ala	=	310 kg/ha
alat 2 ja 12	superfosfaatti	80 kg/ala	=	500 kg/ha
	kalisuola	27 kg/ala	=	170 kg/ha
alat 3 ja 10	apatiitti	64 kg/ala	=	400 kg/ha
	biotiitti	91 kg/ala	=	570 kg/ha
alat 4 ja 7	apatiitti	64 kg/ala	=	400 kg/ha
	biotiitti	91 kg/ala	=	570 kg/ala
	urea	34.5kg/ala	=	215 kg/ha
	hivenseos	16 kg/ala	=	100 kg/ha
alat 5 ja 9	apatiitti	64 kg/ala	=	400 kg/ha
	biotiitti	91 kg/ala	=	570 kg/ha
	urea	34.5 kg/ala	=	215 kg/ala
alat 6 ja 11	kontrolli, lannoittamaton			

Pienet koealat on lannoitettu 15.- 17. 6. 1978. Lannoitejärjestys on arvottu, kuten suurtenkin koealojen kohdalla, ja se ja se on sama kaikissa neljässä lannoitesarjassa. Lannoitejärjestely on seuraava:

alat 1, 10, 19, 28 : P (superfosfaatti) 1250 g/ala = 500 kg/ha

alat 2, 11, 20, 29 : N (urea) 539 g/ala = 215 kg/ha
P 1250 g

alat 3, 12, 21, 30 : K (kalisuola) 422 g/ala = 170 kg/ha

alat 4, 13, 22, 31 : P 1250 g
K 422 g

alat 5, 14, 23, 32 : N 539 g
K 422 g

alat 6, 15, 24, 33 : N 539 g
P 1250 g
K 422 g
hivenseos 250 g/ala = 100 kg/ha

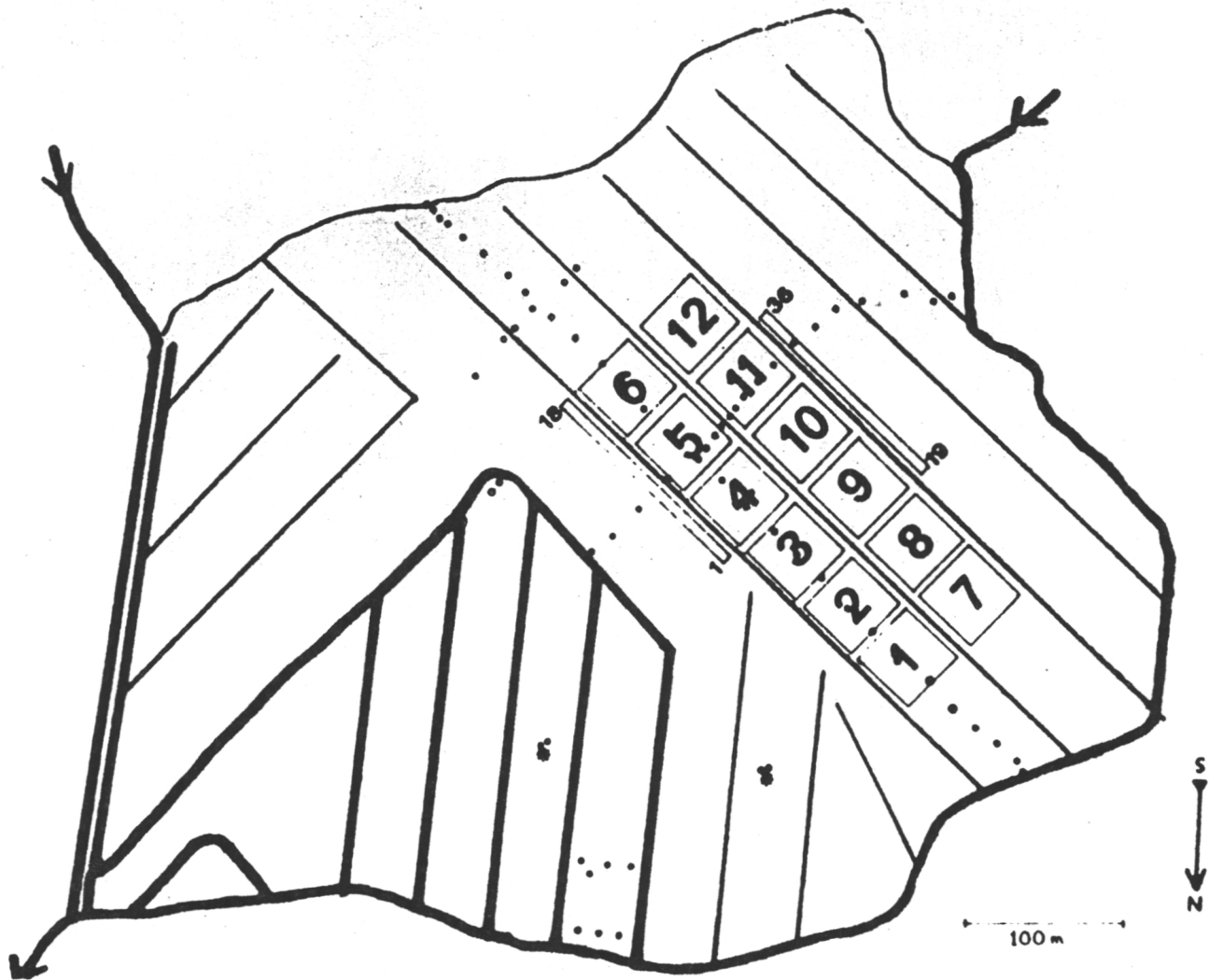
alat 7, 16, 25, 34 : N 539 g
P 1250 g
K 422 g

alat 8, 17, 26, 35 : kontrolli, lannoittamaton

alat 9, 18, 21, 36 : N 539 g

Eroja lannoiteruutujen välillä oli nähtävissä jo ensimmäisen kasvukauden lopulla. Etenkin täyslannoitetuilla ruuduilla olivat varvut ja tupasvilla rehevöityneet. Rahkasammalet olivat osittain jo kuolleet märimmistä kuljuista, joissa Drepanocladus fluitansin (Hedw.) Warnst. peittävyys saattoi olla jo useita prosentteja. Myös männyn neulasten värisevyissä oli eroja. Neulasten klorofyllipitoisuuden nousu on ensimmäinen merkki puuston saamista lannoitteista. Vasta yhteyttävän pinta-alan suurennuttua voi puun pituus- ja paksuuskasvu lisääntyä (VIRO 1965, LUUKKANEN ym. 1971).

Lannoituksen yhteydessä on luettu koealojen puusto ja taimisto (kuvat 7, 8, taul. 5). Puuston kuutiomäärät on laskettu Metsäntutkimuslaitokselle kehitetyn kaavan avulla, joka soveltuu nimenomaan pienelle puustolle (LAASASENAHO, julkaisematon). Männylle



KUVA 6: Laaviosuolle perustetut lannoitetealat. Kuvaan on merkitty myös pohjavesikaivot (*) ja mittauskojut (*).

saadaan keskipuun kuutiomäärä seuraavasti:

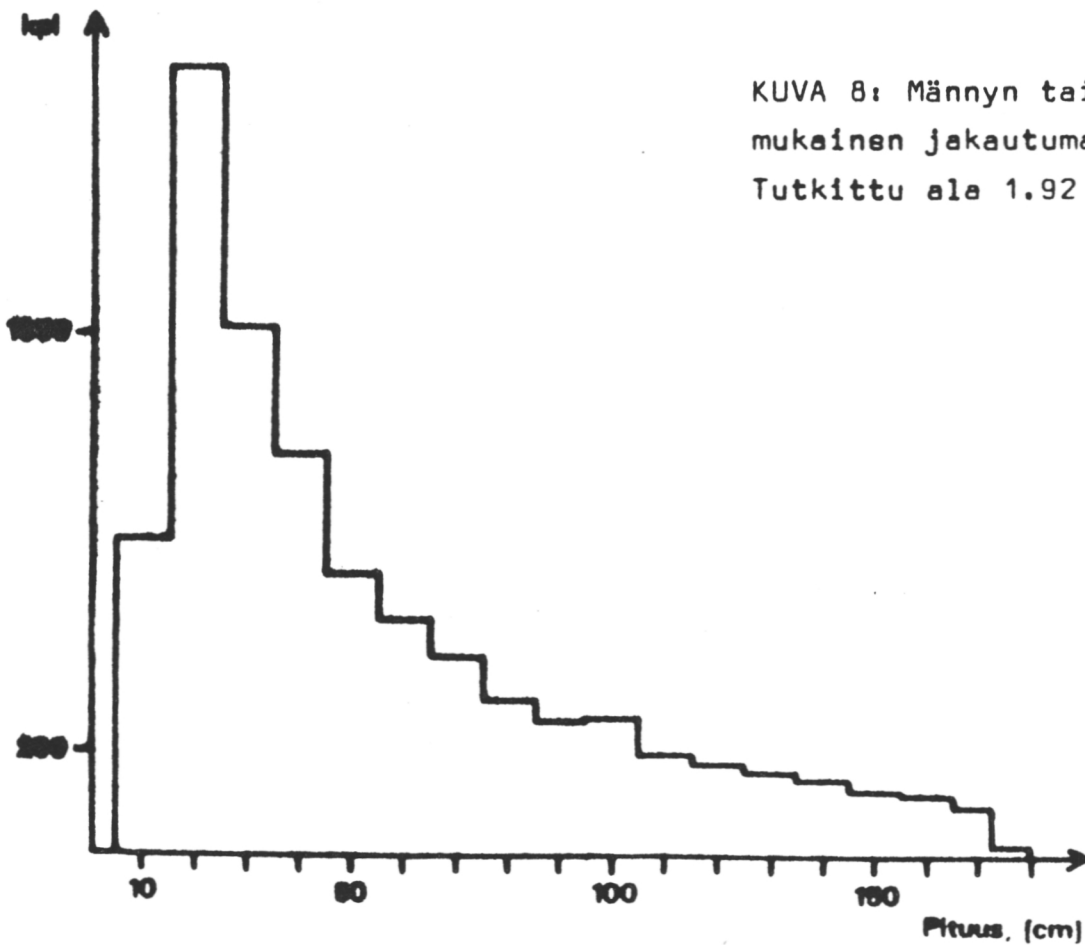
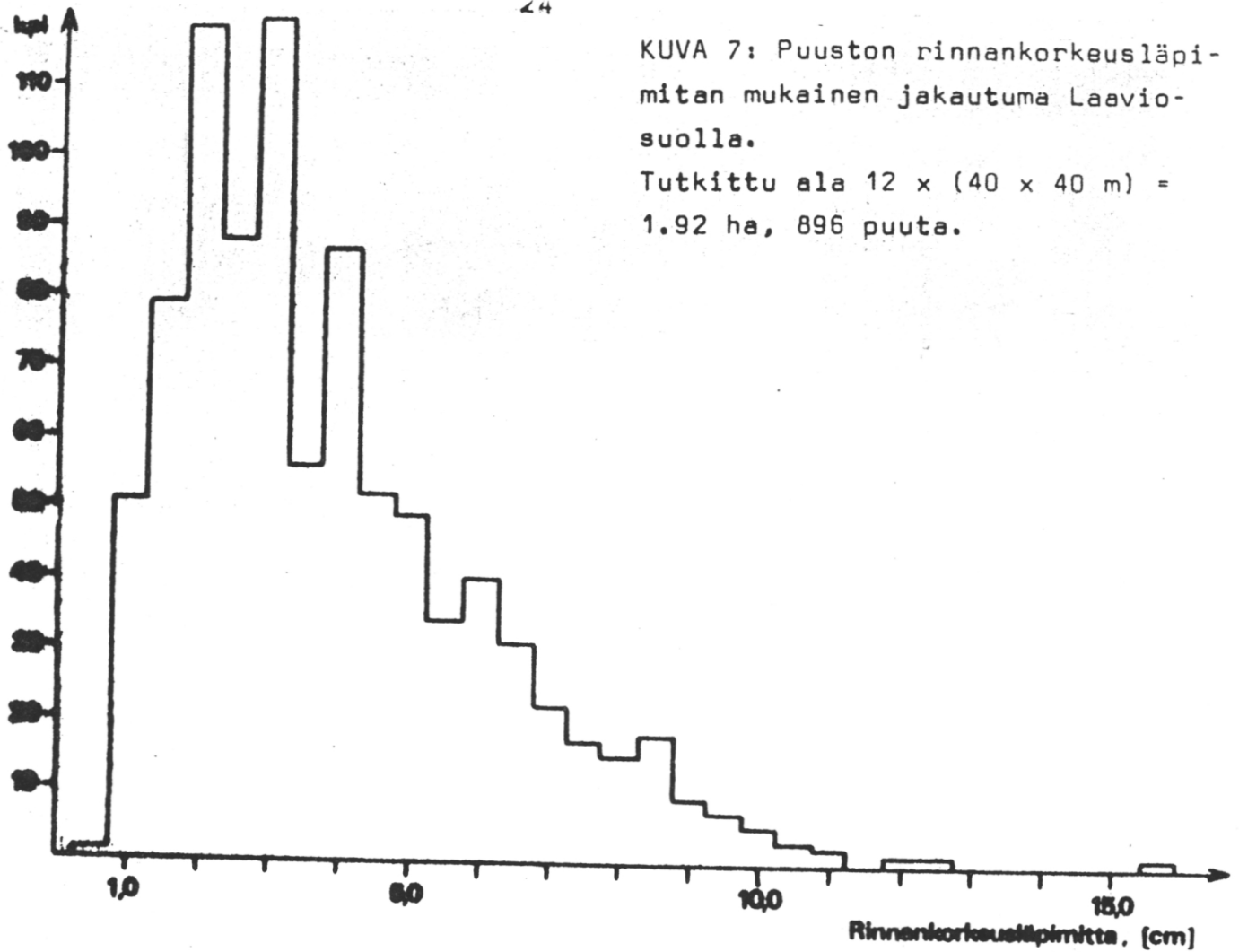
$$\ln(V) = -4,3115 - 0,009264D + 0,818491\ln(H) + 2,345971\ln(2 + 1,25D),$$

jossa V = puun tilavuus (dm^3)

D = -"- rinnankorkeusläpimitta (cm)

H = -"- korkeus (m)

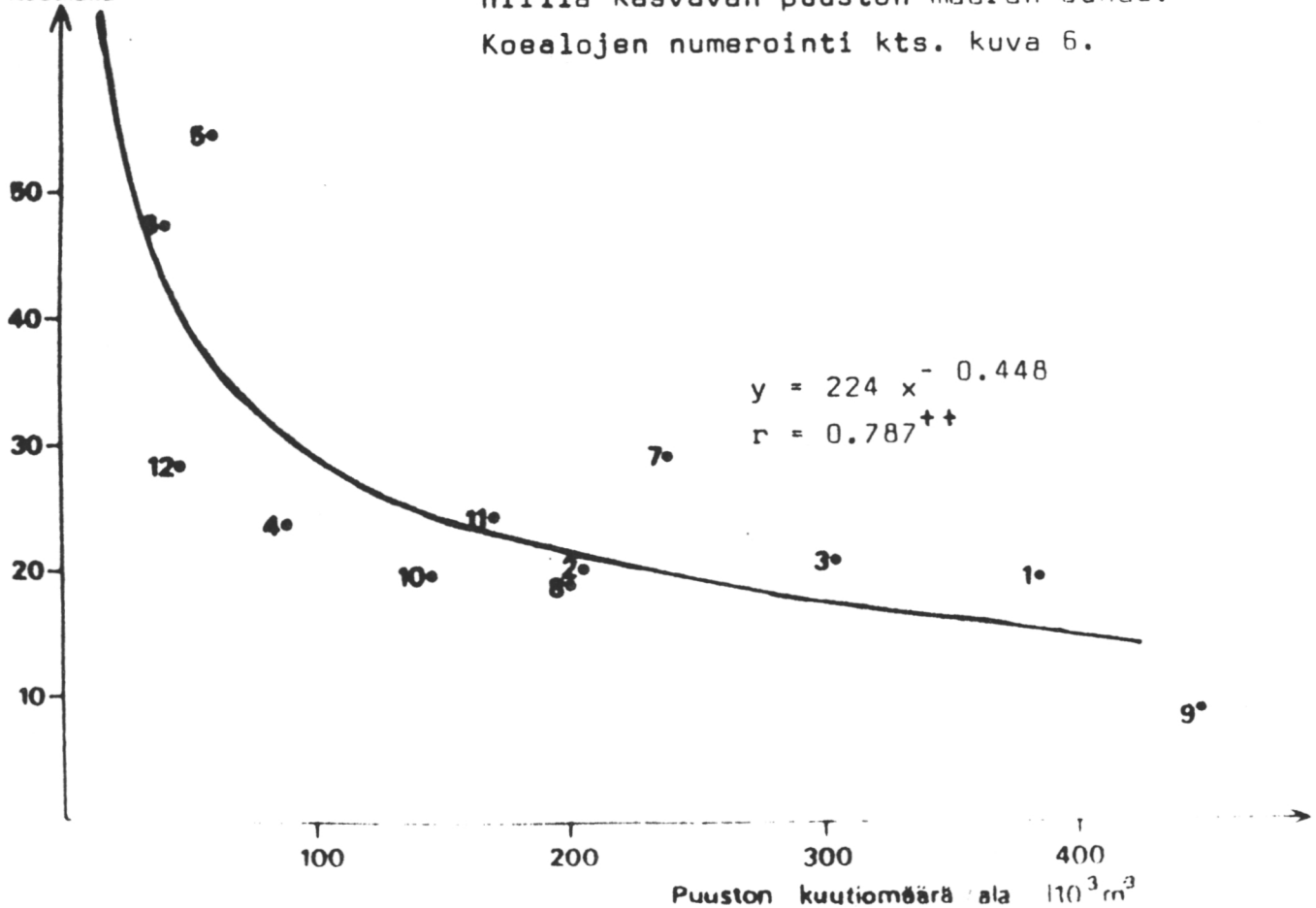
Keskustasanteen runsaskuljuisilla alueilla on puuston määrä erittäin pieni, josta se lähes poikkeuksetta kasvaa suon laidetta kohti (kuva 9, taul. 6). Taimien lukumäärissä ei voida havaita yhtä selvää suuntausta (kts. taul. 6).



TAULUKKO 6: Lannoitekoealojen puuston ja pensaiden tunnuslukuja.
Puun ja pensaan rajana 1.8 m.

näyteala	puiden lkm./ala	keskimäär. rinnenkork. #/ala (cm)	keskimäär. puiden pituus (m)	puuston kuutiom./ala (dm ³)	kuutiom./ha (m ³)	pensaiden lkm./ala	pensaiden keskipituus (cm)
1	107	4.7	2.7	383.1	2.40	640	50
2	85	3.7	2.7	204.5	1.28	566	57
3	103	4.1	2.8	304.4	1.90	543	65
4	55	3.2	2.1	88.0	0.55	438	82
5	29	3.5	2.4	59.5	0.37	441	52
6	27	3.0	2.2	40.2	0.25	520	52
7	88	3.8	2.8	237.5	1.48	512	53
8	77	3.9	2.6	199.7	1.25	918	45
9	138	4.1	3.0	445.7	2.79	693	58
10	71	3.8	2.1	145.2	0.91	745	54
11	97	3.2	2.4	169.3	1.06	715	52
12	22	3.7	2.2	46.7	0.29	383	52
\bar{x}	75	3.9	2.5	185.0	1.16	593	54

Kuljujen
%-osuus
koealalta



3.4. Jatkosuunnitelmia

Tutkimuksia laajennetaan jatkossa. Hajotustestejä perustetaan lisää, jotta materiaalia riittäisi nostettavaksi koko kasvukauden ajan parin viikon välein. Projektin tästä osasta tulee huolehtimaan fil. yo. Liisa Tuominen. Kasvillisuuden ja biomassan muutoksia seurataan eri lannoitealoilla. Kasvurytmiikkatutkimuksia jatketaan, ja esim. puuston kohdalla keskitytään laajalti taantunehtiviin kasvuanalyysiin vuosilusto- ja pituuskasvumittauksia käyttäen. Keidasrämemuuttumalle perustetaan erilaisia jatkolannoituskoaloja toukokuun 1979 aikana. Myös lannoitteiden huuhoutumista ojiin pyritään selvittämään.

Koska Laaviosuo on kokonaisuudessaan ojitettu, tähtvy tutkimusta luonnontilaisten soiden osalta laajentaa uusille alueille. Tällaisia ovat läheinen Laaviosuota muistuttava Kaurastensuo, pieni suppaan syntynyt Heinisuo ja Janakkalan Suurisuo.

KIRJALLISUUS

- AARIO, L. 1932. Pflanzentopographische und paläogeografische Mooruntersuchungen in N-Satakunta. - Fennia 55(1):1-179
- AARTOLAHTI, T. 1965. Oberflächenformen von Hochmooren und ihre Entwicklung in Südwest-Häme und Nord-Satakunta. -Fennia 93(1):1-268.
- AHTI, E. 1971. Maaveden jännityksen mittaamisesta tensiometrillä. Summary: Use of tensiometer in measuring soil water tension. - Folia For. 112:1-10.
- AHTI, T. & HÄMET-AHTI, L. & JALAS, J. 1968. Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. -Ann.Bot. Fennici 5:169-211.
- AUER, V. 1922. Suotutkimuksia Kuusamon ja Kuolajärven vaara-alueilta. Referat: Moorforschungen in den Vaaragebieten von Kuusamo und Kuolajärvi. -Comm. Inst. Qualst. Forest. Finl. 6(1):1-368.
- " - 1951. Suot - Suomen maantieteen käsikirja. 211-230.
- BANNISTER, P. 1964. Stomatal responses of heath plants to water deficits. -J. Ecol. 52:151-158.
- BELL, J.N.B. & TALLIS, J.H. 1974. The response of Empetrum nigrum L. to different mire water regimes, with special reference to Wybunbury moss, Cheshire and Featherbed moss, Derbyshire. - J. Ecol. 62:75-95.
- CAJANDER, A.K. 1913. Studien über die Moore Finnlands. -Acta For. Fenn. 2(3):1-208.
- COLLIER, B.D. & COX, G.W. & JOHNSON, A.W. & MILLER, P.C. 1973. Dynamic ecology. - Englewood cliffs. 563 s.
- EUROLA, S. 1962. Über die regionale einteilung der südfinnischen Moore. - Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 33(2):1-243.
- " - 1968. Luoteis-Euroopan suokasvillisuusvyöhykkeistä sekä niiden rinnastamisesta paljaka- ja metsäkasvillisuusvyöhykkeisiin. - Luonnon Tutkija 72 (1-2): 1-22.

- EUROLA, S. & KAAKINEN, E. 1978. Suotyyppiopas. -WSOY. Porvoo-Helsinki
- Juva. 87 s.
- GLEBOV, F.Z. & TOLEIKO, L.S. On the biological productivity of mire
forests, forest formation and mire formation processes.
- Bot. Zhurn. 60 (9): 1336-1347. (In Russian).
- GOODMAN, G.T. & PERKINS, D.F. 1959. Mineral uptake and retention
in Cotton-grass (Eriophorum vaginatum L.) - Nature Land.
184:467-468.
- GORE, A.J.P. & URQUHART, C. 1966. The effects of waterlogging
on the growth of Molinia caerulea and Eriophorum vaginatum.
- J. Ecol. 54:617-633.
- " - & OLSON, J.S. 1967. Preliminary models for accumulation
of organic matter in an Eriophorum / Calluna ecosystem.
- Aquilo, Ser. Botanica Tom 6:297-313.
- HARI, P. 1976. An approach to the use of differential and
integral calculus in plant autecology. -Helsingin yliopiston
Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja no. 13:1-40.
- HAVAS, P. 1961. Vegetation und Ökologie der ostfinnischen Hangmoore.
- Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 31(1):1-188.
- HEAL, O.W. & PERKINS, D.F. (toim.) 1978. Production Ecology of
British Moors and Montane Grasslands. Ecol. Studies 27.-
Springer - Verlag. Berlin-Heidelberg - New York. 426 s.
- HEIKURAINEN, L. 1959. Tutkimus metsäojitusalueiden tilasta ja puus-
tosta. Referat: Über waldbaulich entwässerte Flächen und
ihre Waldbestände in Finnland. - Acta For. Fenn. 69(1):1-279.
- "- 1960. Metsäojitus ja sen perusteet. - WSOY. Porvoo. 378 s.
- "- 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä.
Summary: A method for calculation of the suitability of peat-
lands for forest drainage. -Acta For. Fenn. 131:1-35.
- "- & KUUSELA, K. 1962. Revival of the tree growth after drainage
and its dependence on the tree size and age. - Commun.Inst.
For. Fenn. 55(8):1-15.
- "- & SEPPÄLÄ; K. 1965. Regionality in stand increment and its
dependence on the temperature factor on drained swamps.
- Acta For. Fenn. 78:1-14.

- HEIKURAINEN, L. & VEIJOLA, P. 1971. Lannoituksen ja sarkaleveyden vaikutus rämeen uudistumiseen ja taimien kasvuun.
Summary: Effect of fertilization and ditch spacing on regeneration and seedling growth in pine swamps. - Acta For. Fenn. 114:1-19.
- HUIKARI, O. 1959. Metsäojitettujen turvemaiden vesitaloudesta.
Referat: Über den Wasserhaushalt waldentwässerter Torfböden.
- Commun. Inst. For. Fenn. 51(2):1-45.
- "- 1977. Micro-nutrient deficiencies cause growth-disturbances in trees. - Silva Fenn. 11(3):251-255.
- "- & PAARLAHTI, K. & PAAVILAINEN, E. & RAVELA, H. 1966.
Sarkaleveyden ja ojasyvyyden vaikutuksesta suon vesitalouteen ja valuntaan. Summary: On the effect of stripwidth and ditch-depth on water economy and runoff on a peat soil.
- Commun. Inst. For. Fenn. 61(8):1-39.
- "- & AITOLAHTI, M. & METSÄNHEIMO, U & VEIJALAINEN, P. 1968.
On the potential tree growth on drained peatlands in northern Finland.-Commun. Inst. For. Fenn. 64(5).
- "- & PAAVILAINEN, E. 1972. Metsänlannoitus. 2. p. Kirjayhtymä Helsinki. 55 s.
- IPATIEV, V. & PAAVILAINEN, E. 1975. Lannoituksen vaikutuksen kesto-aika tupasvillarämeen männikössä. Summary: Duration of the effect of fertilization in an old pine stand on a cottongrass pine swamp. - Folia For. 241:1-13.
- JOHANSSON, B. & ÅHGREN, A. 1966. Gödslingsseffekt och spridningspunkt. - Tidskriften skogen no. 5. Stockholm.
- KARSISTO, K. 1967. Eri ajankohtina annetun NPK-lannoituksen aiheuttamista reaktioista rämeen männyntaimistoissa. - Suo 18(4):49-51
- "- 1970. Lannoituksessa annettujen ravinteiden huuhtoutumisesta turvemaidella. Summary: On the washing of fertilizers from peaty soils. - Suo 21(3-4):60-66.

- KELLOMÄKI, S. 1977. Dynamics of dry matter production in forest ground cover communities with special reference to their successional development. - Helsingin yliopiston Metsänhoitotieteen laitos. Tiedonantoja no. 16:1-65.
- KELTIKANGAS, M. & SEPPÄLÄ, K. 1966. Laskelmia metsäojituksen alueittaisesta edullisuudesta. Summary: A comparison of the economic results of forest drainage undertakings in different parts of Finland. - Suo 17(1):9-21.
- KOLKKI, O. 1966. Taulukoita ja karttoja Suomen lämpöoloista kaudelta 1931-60. - Liite Suomen meteorologiseen vuosikirjaan 65, 1a, 1965:1-42.
- KOPONEN, T. 1977. Lehtisammalkurssi. - Helsingin yliopiston Kasvitieteen laitoksen monisteita 46. III painos. 85 s.
- KOSONEN, R. 1976. Ojituksen ja lannoituksen vaikutus isovarpuisen rämeen kasvibiomassan perustuotantoon ja kasvillisuuteen Jaakkoinsuon ojitusalueella Vilppulassa (PH). - Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 3/1976. 1-45, 12 liitettä.
- LAINEN, J. & MANNERKOSKI, M. 1975. Tensiometrin käyttö turvemaiden kosteusolojen kuvauksessa. Summary: On the use of tensiometers in describing moisture conditions of peat soils. - Suo 26(2): 17-24.
- LINDHOLM, T. 1977. Mättäiden rahkasammalten kasvusta Jammin (EH) Laaviosuon rahkarämeellä. - Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2/1977. 1-21.
- 1979. Keidasrämeen valtavarpujen Calluna vulgaris (L.) Hull ja Empetrum nigrum L. pituuskasvu. - Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2/1979. 1-109.
- LUKKALA, O.J. 1919. Tutkimuksia viljavan maa-alan jakaantumisesta etenkin Savossa ja Karjalassa. Referat: Untersuchungen über die Verteilung des fructbaren Bodenareals, hauptsächlich in den Landschaften Savo (Sawolaks) und Karjala (Karelien). - Acta For. Fenn. 9(1).
- 1929. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta erityisesti kuivatuksen tehokkuutta silmällä pitäen. Referat: Untersuchungen über die waldwirtschaftliche Entwässerungsfähigkeit der Moore mit besonderer Rücksicht auf den Trocknungseffekt. - Comm. Inst. Forest. Fenn. 15(1).

- LUKKALA, O.J. 1951. Kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta.
Summary: Experiences from Jaakkoinsuo Experimental Drainage Area. - Comm. Inst. Forest. Fenn. 39(6).
- & KOTILAINEN, M.J. 1951. Soiden ojituskelpoisuus. - Keskusmetsäseura Tapio, Helsinki. 5 p. 65 s.
- LUMIALA, O.V. 1937. Kasvimaantieteellisiä ja pintamorfologisia suotutkimuksia Luoteis-Karjalassa. Referat: Pflanzengeographische und oberflächen-morphologische Mooruntersuchungen im nordwestlichen Karelien. - Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 10(1):1-115.
- LUUKKANEN, O. & RÄSÄNEN, P.K. & YLI-VAKKURI, P. 1971. Neulasten väri myöhemmän kasvun ja lannoitusvaikutuksen ilmaisijana. Summary: The use of needle colour in predicting growth and response to fertilization. - Silva Fenn. 5(4):297-313.
- LÄHDE, E. 1969. Biological activity in some natural and drained peat soils with special reference to oxidation - reduction conditions. - Acta For. Fenn. 94:5-69.
- MARKKULA, I. 1977. Änkyrimatojen (Oligochaeta, Enchytraeidae) yksilömääristä ja vertikaalijakaumasta luonnontilaisella ja metsäojitetulla rahkarämeellä. Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 8/1977. 1-21.
- I. 1978. Änkyrimatojen yksilömääristä, biomassoista sekä spatiaalisesta jakautumasta luonnontilaisella ja metsäojitetulla rahkarämeellä. - Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 8/1978. 1-37.
- METSÄVAINIO, K. 1931. Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. - Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 1:1-417.
- MULTAMÄKI, S.E. 1919. Tutkimuksia metsien tilasta Savossa ja Karjalassa. Referat: Untersuchungen über den Zustand der Wälder in Savo und Karjala. - Acta For. Fenn. 9(2).
- 1920. Suomen soita ja niiden metsittämisestä. Referat: Über die Moore Finnlands und ihre Aufforstung. - Acta For. Fenn. 16(4)
- 1923. Tutkimuksia ojitetujen turvemaiden metsänkasvusta. Referat: Untersuchungen über das Waldwachstum entwässerter Torfböden. - Acta For. Fenn. 27(1).

- NIIRANEN, A. 1973. Paleobotaanisia tutkimuksia Lammin (EH) Kauras-
tensuosta. Käsikirjoitus. Helsingin yliopiston kasvitieteen
laitos 84 s.
- OKKO, M. 1972. Jäätikön häviämistapa toisen Salpausselän vyöhykkeessä
Lammilla. Summary: Deglaciation in the second Salpausselkä
ice-marginal belt at Lammi, Sout Finland. - Terra 84(3): 115-123
- PAARLAHTI, K. 1967. Lannoitusajankohdan vaikutus rämemännikön kasvu-
reaktioihin. Summary: Influence of the time of fertilization
on the growth reactions in a pine stand on peat soil.
- Comm. Inst. For. Fenn. 63(4):1-20.
- PAASIO, I. 1933. Über die Vegetation der Hochmoore Finnlands.
- Acta For. Fenn. 39(3):1-210.
- 1936. Suomen nevasoiden tyyppijärjestelmää koskevia tutkimuksia.
Referat: Untersuchungen über das Typensystem der Weissmoore
Finnlands. - Acta For. Fenn. 44(3):1-129.
- PAAVILAINEN, E. 1968. Vanhojen rämemäntyjen kasvun elpyminen
lannoituksen vaikutuksesta. Summary: On the response to
fertilization of old pine trees growing on pine swamps.
- Folia For. 43:1-15.
- 1969. Tutkimuksia levitysjankohdan vaikutuksesta nopealiukois-
ten lannoitteiden aiheuttamiin kasvureaktioihin suometsissä.
Summary: Influence of the time of application of fast-dissolving
fertilizers on the response of trees growing on peat.
- Folia For. 75:1-21.
- 1972. Reaction of Scots Pine on various nitrogen fertilizers
on drained peatlands. - Commun. Inst. For. Fenn. 77(3):1-46.
- PAAVILAINEN, E. & NORLAMO, M. 1975. Effect of various nitrogen
fertilizers on the initial development of birch, spruce and
pine. - Comm. Inst. For. Fenn. 86(2):1-43.
- PAKARINEN, P. 1975a. Bogs as peat-producing ecosystems. - Int.
Peat Soc. Bulletin 7:51-54.
- 1975b. Turpeen kerrostumisen osuus hiilen kierrossa.
- Luonnon Tutkija 79(5):138-144.
- PAKARINEN, P. & RUUHIJÄRVI, R. 1978. Ordination of northern Finnish
peatland vegetation with factor analysis and reciprocal
averaging. - Ann. Bot. Fennici 15:147-157.

- PESSI, Y. 1970. Väkilannoitteiden ominaisuuksista ravinteiden huuhtoutumisen kannalta. - Suo 21(3-4):58-59.
- PUUSTJÄRVI, V. 1956. Teuravuoman epätasaiseen kasvuun johtavista tekijöistä. - Suo 7(1).
- PÄIVÄNEN, J. 1970. Hajalannoituksen vaikutus lyhytkortisen nevan pintakasvillisuuden kenttäkerrokseen. Summary: On the influence of broadcast fertilization on the field layer of the vegetation of open low-sedge bog. - Suo 21(1):18-24.
- RAITASUO, K. 1975. Metsäojituksen taustaa ja tavoitteita. - Tapion taskukirja. 158-182. 17 p. 491 s.
- READER, R.J. & STEWART, J.M. 1972. The relationship between net primary production and accumulation for a peatland in southeastern Manitoba. - Ecology 53(6):1024-1037.
- REINIKAINEN, A. 1976. Suoekosysteemi tutkimuskohteena. Summary: How to study a mire ecosystem. - Suo 27(1):9-18.
- REINIKAINEN, A & PURMONEN, R. & VILKAMAA, P. 1974. ITR-ekosysteemin ja sen metsätaloudellisen muuttuman rakenne ja toiminta. - Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 2/1974
- ROSSWALL, T. & HEAL, O.W. (eds.) 1975. Structure and function of tundra ecosystems. Ecol. Bull. 20. Stockholm: Swedish Natural Science Research Council. 450 s.
- RUUHIJÄRVI, R. 1960. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore. - Ann. Bot. Soc. 'Vanamo' 31(1):1-360.
- 1974. A general description of the oligotrophic lake Pääjärvi, southern Finland, and the ecological studies on it. - Ann. Bot. Fennici 11:95-104.
- SARASTO, J. 1962. Über die Klassifizierung der für Walderziehung entwässerten Moore. - Acta For. Fenn. 74:1-57.
- & SEPPÄLÄ, K. 1977. The effect of dwarfshrub vegetation suppression on pine swamp tree stands. - Silva Fenn. 11(1):30-41.
- SEPPÄLÄ, K. 1969. Post-drainage growth rate of Norway spruce and Scots pine on peat. - Acta For. Fenn. 93:77-88.
- 1972. Ditch spacing as a regulator of post-drainage stand development in spruce and pine swamps. - Acta For. Fenn. 125: 5-23.

- SEPPÄLÄ, K. 1978. Lannoituskohteiden valinta ojitusalueiden metsissä.
- Metsä ja Puu 9/1978:9-10.
- SILVOLA, J. HANSKI, I. 1979. Carbon Accumulation in a Raised Bog. Simulation on the Basis of Laboratory Measurements of CO₂ Exchange. - Oecologia 37:285-295.
- "- & HEIKKINEN, S. 1979. CO₂ Exchange in the Empetrum nigrum - Sphagnum fuscum Community. - Oecologia 37:273-283.
- TAMM, C.O. 1954. Some observations on the nutrient turn-over in a bog community dominated by Eriophorum vaginatum L.
- Oikos 5:189-194.
- TANTTU, A. 1915. Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä.
- Acta For. Fenn. 5(2):1-211.
- TOLONEN, K. 1967. Über die Entwicklung der Moore im Finnischen Nordkarelien. - Ann. Bot. Fennici 4:219-416.
- "- & HUTTUNEN, P. 1976. Suomen suot menneisyyden arkistona.
- Suomen Luonto 5/1976:203-209.
- VIRO, P.J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization.
- Comm. Inst. For. Fenn. 59(3):1-42.
- VUORELA, T. 1975. Suomalainen kansankulttuuri. - WSOY. Porvoo. 776 s.
- WIELGOLASKI, F.E. (ed.) 1975. Fennoscandian tundra ecosystems. Part I: Plants and micro-organisms. Ecol. Stud. 16.
- Springer Verlag, Berlin - New York. 368 s.
- YELINA, G.A. 1974. Biological productivity of Karelian peatlands.
- Proc. of The International Symposium on Forest Drainage. 2nd-6th September, 1974. Jyväskylä - Oulu, Finland. 416 s. 71-79.

