

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 13
SUONTUTKIMUSOSASTO ISSN 0358-4283



Helena Merisaari

TUHKALANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN
KESTO ERÄILLÄ VANHOILLA KOKEILLA

HELSINKI 1981

METHOD 1-A

METHOD 1-B

Crushing directly onto the
hauling equipment at
roadside borrow pits.*

Bröyt X-20 feeding crusher.

Murskaus suoraan ajoneuvon
tietenvientakuopilla
Bröyt X-20 syött. murskainta

*

ARA RH-6 feeding crusher.

ARA RH-6 syöttämässä
murskainta

WORK PROCESSES

CRUSHER WORK PROCESS DISTRIBUTION

Murskaimen työjaksosten jakaantuminen

Produktive crushing time	69.6	66.0
Työaika murskauksessa		
Moving at the work site	1.4	1.3
Liikkuminen työmaalla		
Delay - crusher jammed	6.5	5.3
Viiivytys - murskain tukossa		
Delay - waiting for material to crush	10.4	4.4
Viiivytys - murskaint. aineen odotus		
Delay - waiting for hauling equipment	11.4	3.2
Viiivytys - ajokaluksen odotus		
Delay - operator	0.0	0.0
Viiivytys - koneenkäyttäjä		
Delay - excavator down	0.6	4.8
Viiivytys - kaivurin rikki		
Delay - crusher down	0.0	4.2
Viiivytys - murskain rikki		
Delay - maintenance & adjusting	0.0	0.8
Viiivytys - huolto, säädöt		
Total delay time	28.9	32.7
Koko viivytysaika		

EXCAVATOR WORK PROCESS DISTRIBUTION

Kaivurin työjaksosten jakaantuminen

Helena Merisaari

TUHKALANNOITUKSEN VAIKUTUKSEN
KESTO ERÄILLÄ VANHOILLA KOKEILLA

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa oli mukana Kurun Pirttinevan, Ruoveden Viheriäisennevan ja Vilppulan Jaakkoin suon ja Kaakkosuon vuosina 1937-1953 perustetut tuhkalannoituskokeet. Alueisiin liittyy vertailuruudut. Tutkittiin tuhkalannoituksen vaikutusta ja kestoa puuston kasvussa, turpeen ravinnemäärissä ja aluskasvillisuudessa.

Alkuperäiseltä suotyypiltään IR tai ITR koealoilla kasvu tuhkalannoituksen jälkeen kaksinkertaistui ja on jatkunut hyvänä yli 40 vuotta vieläkin merkitsevästi huonontumatta. Kalvakkanevoilla kasvureaktio oli nopeampi ja voimakkaampi, 30 vuoden jälkeen sädekasvu on enää keskimäärin 1 mm/v. Viheriäisennevan niukkaravinteisilla lyhytkorsinevoilla ei saatu hyvää tulosta. Vuonna 1970 annettu typpilannoite paransi kasvua 8 vuoden ajan, mutta sen jälkeen alkoi koealoilla ilmetä erilaisia puutosoireita. Viereinen LkKN sen sijaan on edelleenkin erittäin kasvuisa. Trofialtaan parhaan Kaakkosuon RhRiN:n koivut alkoivat kuolla 30 vuoden kuluttua lannoituksesta. Kasvu oli ensin nopeaa, kuutiomäärä on 190 m³/ha, nyt kasvu on lähes nollassa. Koivu on kuluttanut ravinteet nopeasti, ja ilmeisesti niitä on kulkeutunut alalta pois. Kaikkien muiden tutkimuksessa mukana olleiden koealojen puulaji on mänty.

Useimpia ravinteita oli koealoilla selvästi enemmän kuin nolларуuduilla. Varsinkin kalsiummäärät olivat korkeita, mutta fosforia oli vähän. Kaakkosuolla on puutetta kalista ja fosforista, Viheriäisennevallalla ennen kaikkea typestä. pH oli vielä monilla koealoilla korkeampi kuin vertailualoilla. Tuhkalannoitus saattaa nopeuttaa turpeen maatumista.

Tuhkalannoituksen jälkeen oli aloille ilmestynyt aikaisempien analyysien mukaan useita tuhkalajeja, joista ei kuitenkaan enää ollut jäljellä kuin maitohorsma, *Epilobium angustifolium*. Rahkasammalet olivat suurimmaksi osaksi hävinneet. Lannoitus nopeuttaa kuivatusalueen kehittymistä turvekankaaksi.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	Sivu
1. JOHDANTO	3
2. KOEKENTÄT	6
3. AINEISTON KERUU	11
4. TULOKSET	15
41. Vilppula	15
411. Puuston kehitys ja kasvu	15
412. Ravinteet ja turpeen ominaisuudet	24
413. Kasvipeite	32
42. Kuru	40
421. Puuston kehitys ja kasvu	40
422. Ravinteet ja turpeen ominaisuudet	44
423. Kasvipeite	46
43. Ruovesi	53
431. Puuston kehitys ja kasvu	53
432. Ravinteet ja turpeen ominaisuudet	57
433. Kasvipeite	60
5. TULOSTEN TARKASTELUA	63
KIRJALLISUUS	68
Liitteet	

ALKUSANAT

Aiheen suometsätieteen laudaturtyöhöni antoi Metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston prof. Eero Paavilainen. Häneltä sain neuvoja ja arvokasta ohjausta työni eri vaiheissa.

Prof. Leo Heikurainen luki käsikirjoituksen, antoi ratkaisevia tietoja ja esitti tarpeellisia muutosehdotuksia lopulliseen muotoiluun.

Myös MML Hannu Mannerkoski luki käsikirjoituksen. Tutkijat Kimmo Paarlahti ja Antti Reinikainen antoivat varteenotettavia neuvoja.

Metsäntutkimuslaitoksen henkilöstön apu vaikutti oleellisesti työn valmistumiseen. Nti Maija Tuuri kirjoitti työn puhtaaksi.

Kaikille edellä mainituille ja muille työhön osallistuneille esitän parhaat kiitokseni. ++

Helsingissä 19.3.1981

Helena Merisaari

1. JOHDANTO

Pohjoismaissa aloitettiin ensimmäiset tuhkalannoituskokeet Ruotsissa, kun huomattiin, että pelkästään ojituksella ei avo-soilla aikaansaada tyydyttävää metsittymistä. Tähänastiset kokeet on lähes kaikki suoritettu puuntuhkalla, joka oli luonnollinen ja helposti saatavilla oleva lannoite. Nykyään olisi mahdollista käyttää myös esim. kuori- tai turvetuhkaa. Tuhkissa on lähes kaikkia tärkeimpiä puiden tarvitsemia ravinteita huomattavia määriä. Ravinneosuudet vaihtelevat paljon riippuen siitä, minkälaisesta tuhkasta on kyse, mutta myös saman tuhkalajin eri alkuperää olevien erien välillä on laajaa vaihtelua.

Puuntuhka on ravinnerikkainta, mutta sen saatavuus on nykyään heikkoa, sen sijaan massa- ja paperiteollisuus sekä sahat käyttävät energialähteenä kuorta, josta syntyy vuosittain tuhkaa n. 60 000 tn (PAARLAHTI 1979). Lähivuosina määrä tulee nousemaan ainakin 300 000 tonniin (KALAJA 1980). Kaatopaikoille joutuu tuhkan mukana vuosittain 600 tn fosforia, 1800 tn kaliumia, 15 tn kuparia ja 13 tn booria. Myös nykyiset suuret lämpökeskukset ovat tärkeitä tuhkan tuottajia. Suurien tuhkalannoitemäärien käsittely ja kuljetus tuottavat vaikeuksia, mutta tekniikkaa tutkitaan ja kehitetään kaiken aikaa. Rakeistuksesta 1. pelletöinnistä saattaa löytyä ratkaisu ongelmaan.

Liitteenä on taulukoita eri tuhkalajien sisältämistä ravinteista. Mukaan on liitetty laskelma, miten paljon eri ravinteita joutuu maahan 5000 tuhkakilon mukana, kun pitoisuusprosentit on arvioitu analyysitulosten avulla. Kun verrataan lukuja MÄLKÖSEN (1979) laskelmiin 45-vuotiaan MT-männikön kuluttamista ravinteista -

jolloin kulutus on suurimmillaan, nähdään, että jo pelkästään lannoitteen ravinnemäärä peittäisi P- ja Ca-tarpeen kymmeniksi vuosiksi, ja K-tarpeenkin useiksi vuosiksi. Typpeä tuhkassa ei ole juuri lainkaan, näin ollen lannoitettavassa maaperässä täytyy olla sitä ennestään. Vanhat tuhkalannoituskokeet ovatkin onnistuneet ainoastaan typpirikkailla suotyypeillä (HEIKURAINEN 1980).

Vanhimmat ja tunnetuimmat tuhkalannoituskokeet sijaitsevat Norra ja Södra Hällmyrenillä, myöhemmin niitä perustettiin mm. Abbormossenille, Tokamossenille ja Degermymyrenille. Tunnettu nimi näissä tutkimuksissa on Carl Malmström. Hän on julkaissut tuloksia teoksissaan vuosina 1935, 1952, 1953 ja 1965. Kokeissa reaktiot ovat yleensä tapahtuneet muutaman vuoden kuluessa lannoituksesta. Ojitukselta huolimatta aukeiksi jääneet koealat ovat metsittyneet lannoittamattomien jäädessä edelleen aukeiksi tai jo olemassa ollut puusto on elpynyt ja alkanut voimakkaan kasvun. Aluskasvillisuudessa on tapahtunut lähes täydellinen vaihdos suokasvilajeista kangasmaitten kasvillisuuteen, ja nk. tuhkalajit (ks. s.32,33) ovat vallanneet alaa. Ravinneanalyysissä on useiden vuosien jälkeen lannoituksesta huomattavia eroja lannoitettujen alueiden hyväksi. Tuhkan vaikutus kasvuun on kestänyt vähintään 20 vuotta, jos lannoitus on tapahtunut typpirikkailla soilla.

Suomessa vanhimmat tuhkalannoituskokeet sijaitsevat Vilppulan Jaakkoin-suolla ja Kaakkosuolla. Alueen ensimmäinen ojitus toteutettiin v.1909, myöhemmin ojastoa on täydennetty ja laajennettu

mm. vuosina 1915 ja 1923. Tuhkalannoituskokeet perustettiin vuonna 1937. Tuloksia ovat julkaisseet LUKKALA (1951) ja HUIKARI (1953). Lannoitettujen ruutujen kasvu on ollut lähes kaksinkertaista lannoittamattomiin verrattuna.

Muhoksella sijaitsee pari 1947 perustettua tuhkalannoituskoetta. Vertailuruudun kuutiomäärä jää alle 10 k-m^3 . 8000 ja 16 000 kg/ha tuhkaa saaneiden ruutujen kokonaistuotokset ovat 188 ja 218 k-m^3 30 v. lannoituksen jälkeen (PAAVILAINEN 1979). Kurun Pirttineval-
la on laaja tuhkalannoituskoesarja, jota ei ollut inventoitu ennen vuotta 1979. KOSONEN (1978) on kerännyt tutkielmaansa yli sata tuhkaakoetta, mutta ainoastaan 20 parhaiten menestyneeltä on tuloksia.

Edellä luetellut kokeet on kaikki perustettu runsastyyppisille soille, ja tulokset ovat hyvin samansuuntaisia ruotsalaisten kanssa. Sen sijaan Ruoveden Viheriäisennevan koesarja on typpiköyhällä suotyyppillä, ja tulokset ovatkin hyvänä esimerkkinä ja vertailupohjana tuhkalannoituksesta tällaisilla soilla.

Tässä laudaturtyössä on tarkoituksena tutkia tuhkalannoituksen vaikutusaikaa eräillä vanhoilla koealueilla, jo edellä mainituilla Vilppulan, Kurun ja Ruoveden kokeilla. Vaikutusaika kävi parhaiten selville tutkimalla sädekasvua alkaen lannoitusta edeltävistä vuosista ja edeten vuoteen 1979 saakka. Vaikutusaikaa pyrit-

tiin selventämään myös aluskasvillisuuden muutosten kartoittamisella. Samoin tutkittiin ravinnetaloutta eri lannoitetasoja ja 0-ruutuja vertailemalla. Jonkin verran oli käytössä aikaisempia ravinneanalyysyjä. Turpeesta selvitettiin myös turvelaji sekä maatumisaste.

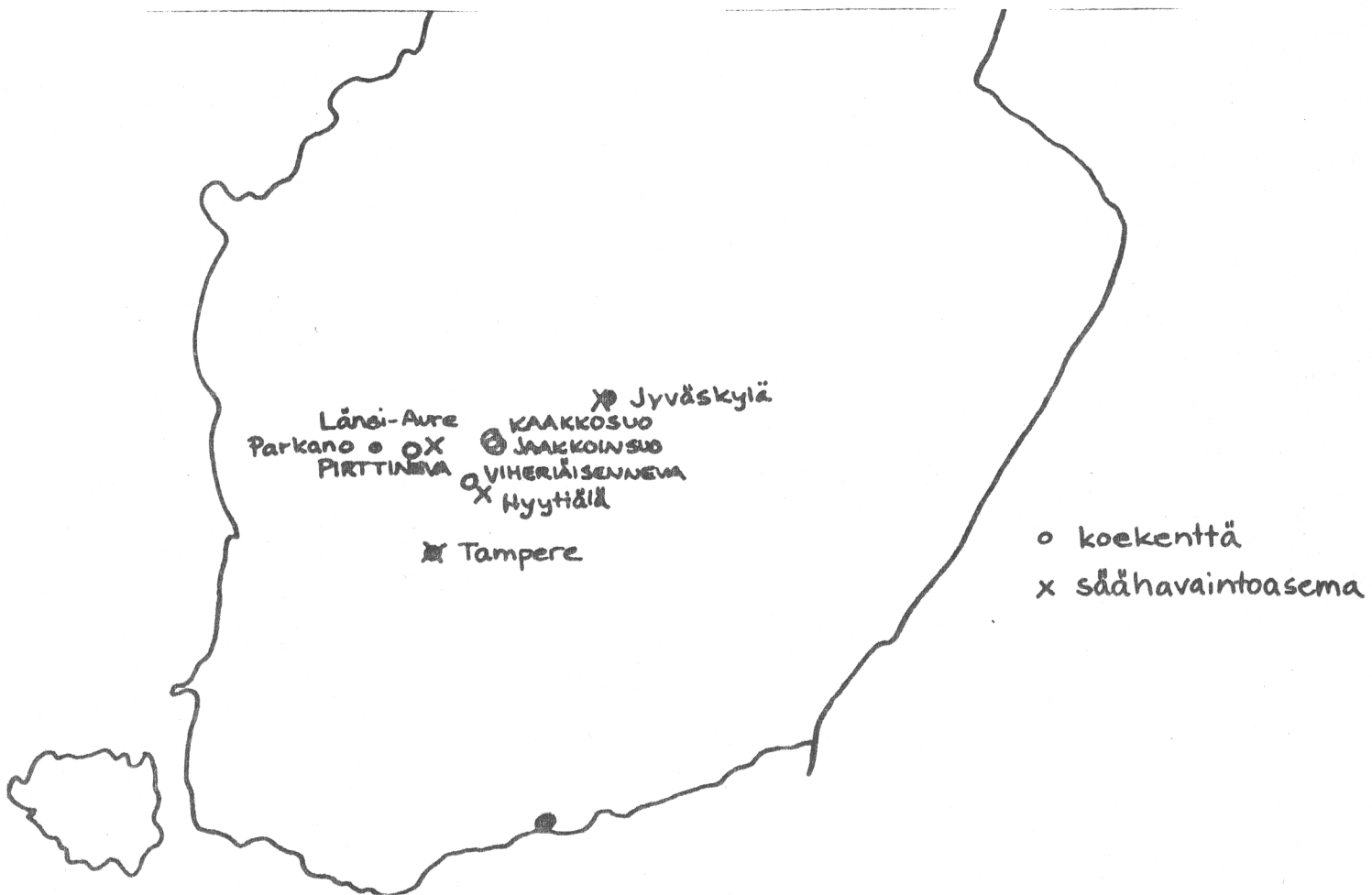
Näinkin vanhojen kokeiden (26-43 v.) ollessa kyseessä juuri vaikutusajan tutkimisen teki mielenkiintoiseksi se, että voitiin esim. ruotsalaisten tutkimusten perusteella olettaa, että voimakkain vaikutus on loppunut tai ainakin loppumaisillaan, ja selvittää lannoituksen koko vaikutusaikaa eri osatekijöiden avulla.

2. KOEKENTÄT

Vilppulan Jaakkoinsuo ja Kaakkosuo ja Kurun Pirttineva ovat Metsäntutkimuslaitoksen koealueita, Ruoveden Viheriäisenneva kuuluu Korkeakosken hoitoalueeseen. Alueiden sijainnit ilmenevät kartasta. Paikkojen lämpösummat saadaan kun vähennetään merenpinnan tasoon redukoidusta lämpösummasta paikan korkeuden ja korkeusgradientin tulo.

Kuru	1250	-	0,8	x	167	=	1116	dd
Ruovesi	1280	-	0,8	x	150	=	1160	dd
Vilppula	1250	-	0,8	x	120	=	1154	dd

Ilmatieteen laitoksen lähimmät säähavaintoasemat sijaitsivat vuoteen 1957 asti Tampereella ja Jyväskylässä, ja niillä mitatut alueen vuosittaiset keskilämpötilat olivat vaihdelleet $0,9 - 5,8^{\circ}\text{C}$ välillä sekä sademäärä $350 - 810 \text{ mm/v.}$



Kuva 1. Koekenttä- ja säähavaintoasemakartta.

Seuraavat vuotuiset keskilämpötilat ja sademäärät:

Hyytiälä 1,6 - 4,7°C ; 520 - 980 mm/v
Länsi-Aure 1,7 - 4,7°C ; 500 - 870 mm/v

Esimerkiksi Vilppulassa kasvukausi alkaa huhtikuun viimeisenä päivänä ja kestää keskimäärin 160 vrk. Ääriämpötilojen välillä on tänä kautena vaihtelua n. 26°C. Säteilyä tulee vuodessa 293 kJ/cm², josta 234 kJ touko-syyskuun aikana. Taulukossa 1 esitetään koeruudut koekentittäin.

Jaakkoin suon koeruudut edustavat mukaan otetuista kokeista metsäisiä suotyypppejä. Suopursurämeitä (SR - IR) on 2 kpl, toinen on vertailuruutu. Isovarpuisia tupasvillarämeitä (ITR) on 4 kpl, joista yksi vertailuruutu. Tähän mennessä ruudut ovat kuitenkin jo saavuttaneet turvekangasvaiheen. Alueella on ollut tehokas kuivatus, sarkaleveys vain 19 m XII ja XIII sarjoissa. XXD ruutu sijaitsee valtaojan ja lisävaltaojan kulmauksessa. Ojat vetävät ja ovat muutenkin suhteellisen hyvässä kunnossa, vain paikoitellen esiintyy luiskien tai ojanpohjien sammaloitumista.

Kaakkosuon VI-10 ruutu on kokeiden ainoa koivuvaltainen, tyyppiltään alunperin ruohoinen rimpineva (RhRiN). Ojasto on hyvin harvaa, alkuperäinen sarkaleveys on 120 m, mutta myöhemmin sitä on täydennetty vesivaoilla. Ruudun viereinen vesivako on kuitenkin umpeutunut, ja kuivatustilanne on melko huono. Ruutu on silti saavuttanut tkg-asteen.

Taulukko 1. Perustamistietoja koeruuuittain.

Nro	Suo- tyyppi	pa. ha	Ojitus v.19..	Sarka- leveys m	Tuhkaa	Lann. vuosi	Viljely	Mh-toimet	Huom.
Jaakkoinsuo									
XII-1	IR	0,065	15/23	19	0	-	1916 mä kylvö	taimistonhoito	
XII-2	IR	0,065	9/15/23	19	5000	1937	- " - luont. uud.	- " -	
XIII-0	ITR	0,09	-"	19,6	0	-	-"	-", Harv., -56, -63	
XIII-1	ITR	0,09	-"	19,6	5000	1937	-"	-"	
XIII-2	ITR	0,09	-"	19,6	10000	1937	-"	-"	
XXC	ITR	0,125	-"	kulm.	8000	1949	-"	-	
Kaakkosuo									
VI-10	RhRIN	0,12	15/29	120 m.50	7200	1937	1931 ko kylvö -36, -37 mä "	Harv.-48, -55, -61	Koivut kuolemassa
Pirttineva									
18	KTSN	0,69	34/48	50	5000	1953	1936 mä, haja- kylvö	Taim. hoito -56	Erittäin tiheä puusto
19	TSN	0,485	-"	40	5000	1953	- "	- "	Paljon lumivaurioita
19A	TSN	0,035	-"	40	5000	1953	- "	- "	
20	KN	0,280	-"	50	7000	1952	- "	- "	
21	KSN	0,210	-"	50	7000	1950	1936 mä, ruutu- kylvö	- "	
22	KSN	0,580	-"	50	7000	1950	- "	- "	
23	KN	0,570	-"	50	7000	1949	- "	- "	
25	KSN	0,120	-"	50	0	-	- "	- "	
Viheriäisenneva									
L1	LkKN	0,20	-31	kulm.	2000	48/70N	luont.uud.	Harv. 1978	Tuhkan lisäksi N-lann.
L2	LkN	0,25	navet perkaus	65	4000	48/70N	- "	-	400 kg/ha v.1970 oulun salpiet. ruutujen puoliskoille
L4	LkN	0,25	-78	65	6000	48/70N	- "	-	
LO	LkN	rel.		65	0	-	- "	-	

Pirttinevan alkuperäiset suotyypit ovat kalvakkasaraneva (KSN 3 kpl), tupasvillasaraneva (TSN 2 kpl), kalvakkatupasvillasaraneva (KTSN 2 kpl) sekä kalvakkaneva (KN 2 kpl), joista toinen alueen vertailuruutu.

Edellä lueteltujen ruutujen lisäksi on ravinneanalyysi- ja kasvipeitetulosten mukana ruutu 18A. Maastosta löytyi ruutu, jonka opastekilvessä luki: "18; 5000 kg/ha tuhkaa v.1953; 0,25 ha", mutta kartalta tai koeruututiedoista ko. ruutua ei löytynyt. Varsinainen ruutu 18 on myös 5000 tuhkakilon ruutuja, mutta pinta-alaltaan 0,69 ha, ja löydettävissä kartalta ja tiedoista. Ravinneanalyyseistä nähdään poikkeuksellisen korkeat kalsium-, kalium- ja fosforiarvot 18A:lla, joten on ilmeistä, että se on lannoitettu PK:lla. Ravinneanalyyseissä on mukana myös ruutu 31, lannoittamaton vertailuruutu, mutta se ei ole esim. puustotiedoissa mukana, koska on muista poiketen alkuperäiseltä tyyppiltään ITR. Pirttinevan ojasto on tyydyttävässä kunnossa, vaikka osa ojista on lähes kokonaan tukossa. Ojastoa on täydennetty osittain salaojilla, mutta silti sarkaleveys on ruuduilla 40-50 m.

Viheriäisennevan koesarjassa on 3 kpl tuhkalannoitettuja ruutuja. L1 ruutu on lyhytkortista kalvakkanevaa, muut rahkamättäistä lyhytkortista nevaa. Alueella ei ole varsinaista 0-ruutua, niinpä sellaiseksi otettiin relaskooppiympyrä L2:n vieressä olevalta saralta 15 m ojasta niin, että keskipiste oli samalla kohdalla kuin poikittaiset naverotkin.

Nykyinen kuivatustilanne Viheriäisennevalla on hyvä. Ruutujen keskelle on kaivettu ristiin (ks. kartta) naverot, jotka toimivat edelleen sekä alueen ojat on perattu 70-luvun lopulla. Sarka-

leveys on n. 60 m. Paras ruutu, L1, alkaa lähestyä jo turvekangasvaihetta, mutta toiset ruudut ovat vasta muuttumia, ja lannoittamaton osa suota on ojikkoa samoin kuin ne osat lannoitetuista, joilla tuhka on levittänyt epätasaisesti.

3. AINEISTON KERUU

Maastotyöt ja näytteiden otto suoritettiin elo-syyskuun aikana v.1979. Kuutiomääriä varten oli käytettävissä Vilppulasta 1977 suoritettujen inventoinnin tulokset, joista ilmenevät kokonaiskuutiomäärät ja kasvuprosentit sekä kasvu puulajeittain.

Pirttinevalla oli tarkoitus suorittaa täydellinen inventointi vuoden 1979 kuluessa Metsäntutkimuslaitoksen toimesta, mutta se on jäänyt suuren työmäärän vuoksi. Kokonaiskuutiomäärän selvittämiseksi alueen jokaisella koeruudulla poimittiin keskipisteestä relaskoopilla koepuut, joista mitattiin rinnankorkeusläpimitta, pituus ja kapeneminen. Kuutiomäärät laskettiin keskipituuden, muotoluvun ja ppa:n avulla; kasvua ei laskettu kuin sädekasvu.

Viheriäisenevalla puut luettiin kesällä 1979, sekä koepuut poimittiin relaskoopilla keskeltä ja nurkista. Koepuista mitattiin samat tiedot kuin Pirttinevallakin. Kuutiomäärät laskettiin Ilvessalon taulukoita käyttäen rinnankorkeusläpimitaltaan 5 cm ja sitä paksummille puille. Täälläkin kasvu ilmaistiin ainoastaan sädekasvuna.

Sädekasvun mittaamista varten valittiin koepuiksi Vilppulan ja Ruoveden koeruuduilla kunkin ruudun merkitystä keskipisteestä lähtien kymmenen lähintä relaskooppipuuta. Kairaus suoritettiin rinnankorkeudelta aina samalta ilmansuunnalta. Viheriäisennevilla L2 ja L4 koeruuduilla puuston ryhmittäisyyden vuoksi keskeltä ei tullut ppa:ksi edes 10:tä eikä saatu riittävästi koepuita tällä perusteella, joten lisäksi niitä otettiin relaskoopilla ruudun nurkista käsin. Typpilannoitetut koepuut erotettiin omaksi ryhmäkseen. LO relaskooppiympyrän pohjapinta-alaksi tuli ainoastaan 5, joka jäi myös koepuitten lukumääräksi.

Pirttinevalla koeruudut sijaitsivat kaikki yhdessä rykelmässä peräkkäin, joten siellä oli mahdollista toteuttaa linjoittainen koepuiden otanta sädekasvun mittausta varten. Metsäntutkimuslaitoksen ryhmä suoritti työn. Viisi linjaa kulkivat etelä-pohjoissuunnassa 30 m välein koeruutujen poikki. Koepuita kertyi 98 kpl yhteensä, 12-20/ruutu. Sädekasvunkairauskoepuista on luettelo liitteenä.

Kairatut lastut mitattiin Metsäntutkimuslaitoksessa lustonmittauskoneella 1/100 mm:n tarkkuudella. Mäntyjen kohdalla lustojen erottaminen oli helppoa, mutta koivuissa ne olivat epäselvempiä. Koeruutujen puista laskettiin vuosittaiset sädekasvun aritmeettiset keskiarvot ja piirrettiin kasvukäyrät, joiden perusteella päätelmät tehtiin. Lisäksi kultakin koeruudulta laskettiin koko lannoituskauden keskimääräinen sädekasvu. Jos puusto oli saavuttanut rinnankorkeuden ennen lannoitusta, voitiin mitata ja laskea myös lannoitusta edeltänyt sädekasvu kolmen vuoden ajalta.

Ravinne- ja turveanalyysyjä varten otettiin koeruuduilta 5 näyttettä 40 cm:n syvyisinä, 1 keskeltä ja muut 4 koeruutujen kulumista lävistäjiltä 8 m päästä nurkkapaalusta. Kairojen poikkeileikkaukset olivat Viheriäisennevellä 10 x 10 cm ja muualla 3,5 x 5 cm. Heti noston jälkeen määritettiin näytteistä maatuneisuus von Postin (HEIKURAINEN 1980) kaavaa käyttäen, sekä turvelaji, kumpikin 5 cm:n kerroksin.

Näytteet pakastettiin säilytystä varten välittömästi noston jälkeen, ja analysoitiin maaliskuussa 1980, jolloin pintakerrosnäytteet 0-20 cm lähetettiin Viljavuuspalvelu Oy:öön ravinneanalyysyjä varten. Siellä kunkin ruudun osanäytteet sekoitettiin ja käsiteltiin yhtenä näytteenä. Kaakkosuon näytteet analysoitiin jo syksyllä 1979, mutta tällöin jonkin informaatiokatkon vuoksi jäivät totaaliravinteet analysoimatta. Pirttinevan syvemmän kerroksen näytteet 21-40 cm analysoitiin Parkanon tutkimusaseman laboratoriossa. Näytteistä selvitettiin taulukon 2 mukaiset tiedot.

Kaakkosuon koivukoeruudulta otettiin lisäksi puuston huonon tilan selville saamiseksi lehtinäytteet terveestä ja kuolemassa olevista koivuista. Näytteet otettiin viimeisimmistä vuosikasvaimista mahdollisimman korkealta vapaasta latvuserroksesta. Nämäkin näytteet analysoitiin Viljavuuspalvelu Oy:ssä. Maatuneisuuden ja turvelajin määrittämisen suoritti allekirjoittanut. Määrittäminen pyrittiin aina tekemään mahdollisimman nopeasti noston jälkeen.

Taulukko 2. Analysoidut ravinteet

	JAAKKOINSUO	KAAKKOSUO	PIRTTINEVA	VIHER.NEVA
nosto	elok.-79	elok.-79	syysk.-79	elok.-79
anal.	maalisk.-80	syysk.-79	maalisk.-80	maalisk.-80
0-20 cm	pH, NPKCa tot NH ₄ -N, Ohelp. Kvaiht., Cavaiht.	pH nitrN, Phelp. K, Ca vaiht. B, Cu	pH, NPKCa tot NH ₄ -N, Phelp. K, Ca vaiht.	Ph, NPKCa tot NH ₄ -N, Phelp. K, Ca vaiht.
21-40		N, P, K, Ca %:na	pH, NH ₃ , Ntot%	
analysointi: Viljavuuspalvelu Oy, paitsi Pirttineva 21-40 cm: Metsäntutkimuslaitos, Parkano				

Kuivatustilanteen ja puuston yleistilan arvioimiseksi tehtiin paikan päällä kirjallinen selostus. Huomattavissa olevat tuhot, puutossymptomit, yms. kirjattiin.

Kasvipeitenäytteitä varten otettiin kultakin koeruudulta yleensä 10 kpl $\frac{1}{1m^2}$ kasvipeiteruutua. Suorakaiteen muotoisilla ruuduilla sijoitettiin kasvuruudut kahdessa linjassa ruudun poikki tasaisin välein vähintään 5 m etäisyydellä ruudun reunasta tai lähimmästä ojasta. Viheriäisennevan neliön muotoisilla ruuduilla kasvipeiteruudut otettiin ruutujen lävistäjiltä tasaisin välein.

Ruuduilta arvioitiin kenttä- ja sammalkerroksesta kunkin lajin peittävyys prosentteina. Vähäisemmät esiintymät ainoastaan mainittiin. Koeruuduittain laskettiin kunkin lajin keskimääräinen peittävyysprosentti. Kasvit jaettiin seuraaviin ryhmiin:

1. varvut (ml. pensaat, koska niitä esiintyi suht. vähän)
2. sarat ja saramaiset kasvit
3. ruohot ja heinät

Kasvillisuuden vertailua varten otettiin malliksi EUROLAN (1962) laatimat suotyyppien kasvillisuusrakenteet. Näistä alkuperäisistä ojittamattomista ja nyt analysoiduista kasvillisuuksista piirrettiin pylvää, joista ilmenevät eri ryhmien peittävyudet ja ryhmissä eri trofiatasojen osuudet. Kasvillisuuden muuttumisen myötä pylväs laskeutuu vaakasuoran viivan alapuolelle. Ensimmäisenä pylvää ilmaisevat ojituksesta johtuvat muutokset käsittelemättömään suohon verrattuna ja sitten ojitettujen ja ojitettujen-lannoitettujen ruutujen erot. Lisäksi ilmoitetaan lajimäärät sekä mainitaan erityiset ns. tuhkalajit (ks. s. 32,33) tai muuten ruudulta löydetyt lajit, jotka eivät ole tyypillisiä ko. suotyyppille eli trofiatasoltaan vaativat kasvit.

4. TULOKSET

41. Vilppula

411. Puuston kehitys ja kasvu

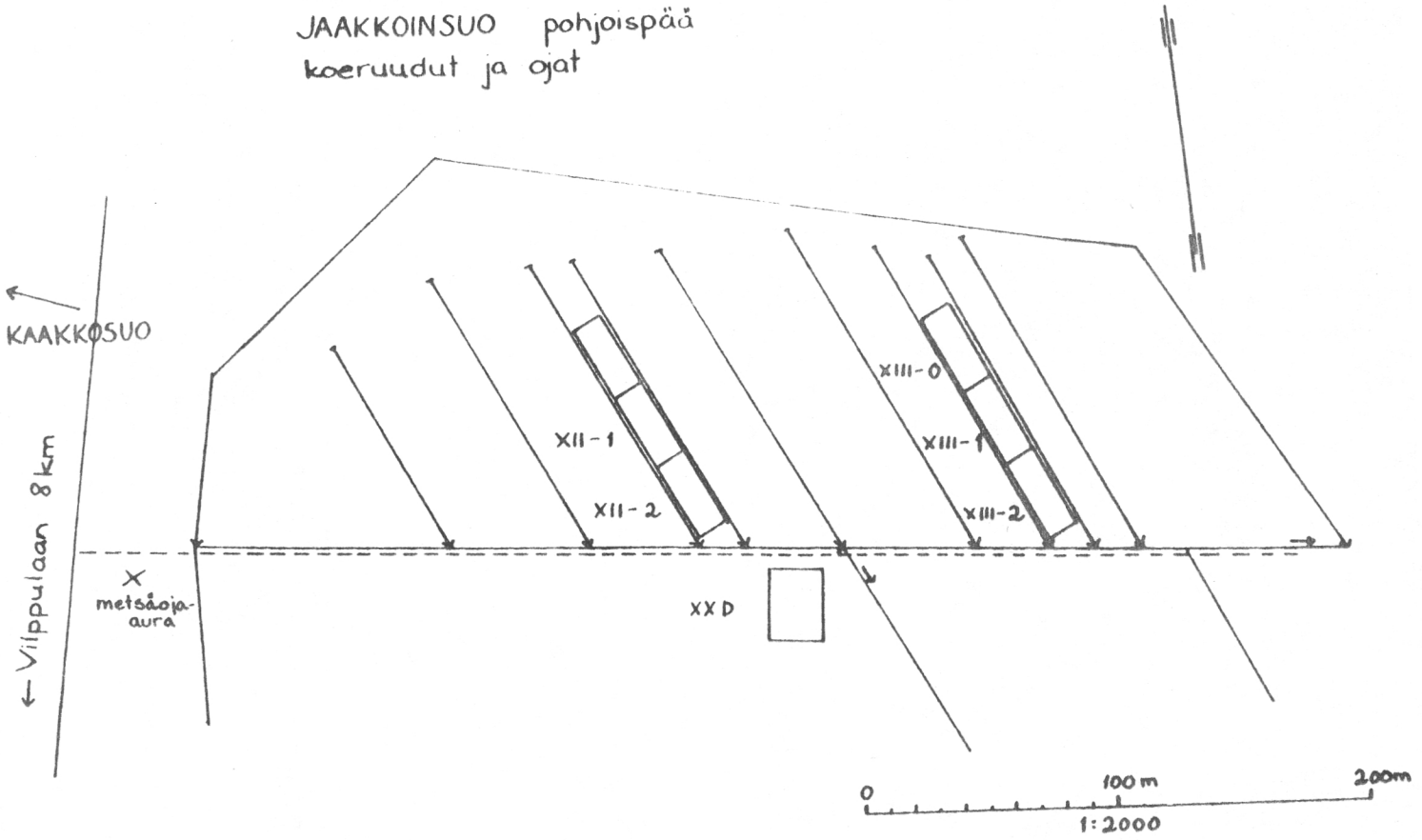
Jaakkoin-suolla metsittyminen on tapahtunut XII sarjassa kylväen, muilla luontaisesti. Ojituksesta oli ehtinyt kulua lannoitus-hetkeen mennessä 2-14-34 vuotta. Lannoitusvuonna lähtöpuusto muilla ruuduilla oli 15 k-m³ paitsi XXD:llä 0. Yleensä ruuduilla on tehty taimistonhoitoa, ja vanhimmilla lannoitetuilla ruuduilla vuosina -56 ja -63 erittäin lieviä harvennuksia.

XII ja XIII sarjat ovat hyväkuntoisia ja kasvavia männiköitä, XII:illa sekapuustona hieman pienehköä koivua. Mitään suoranaisia puutosympptomeja ei ole havaittavissa, mutta esim. XIII-sarjassa vahvimmin lannoitetulla ruudulla neulasisto on vihreämpi ja

TAULUKKO 3. Tuhkalannoitemäärät koeruuduttain. Puusto- ja kasvutiedot.

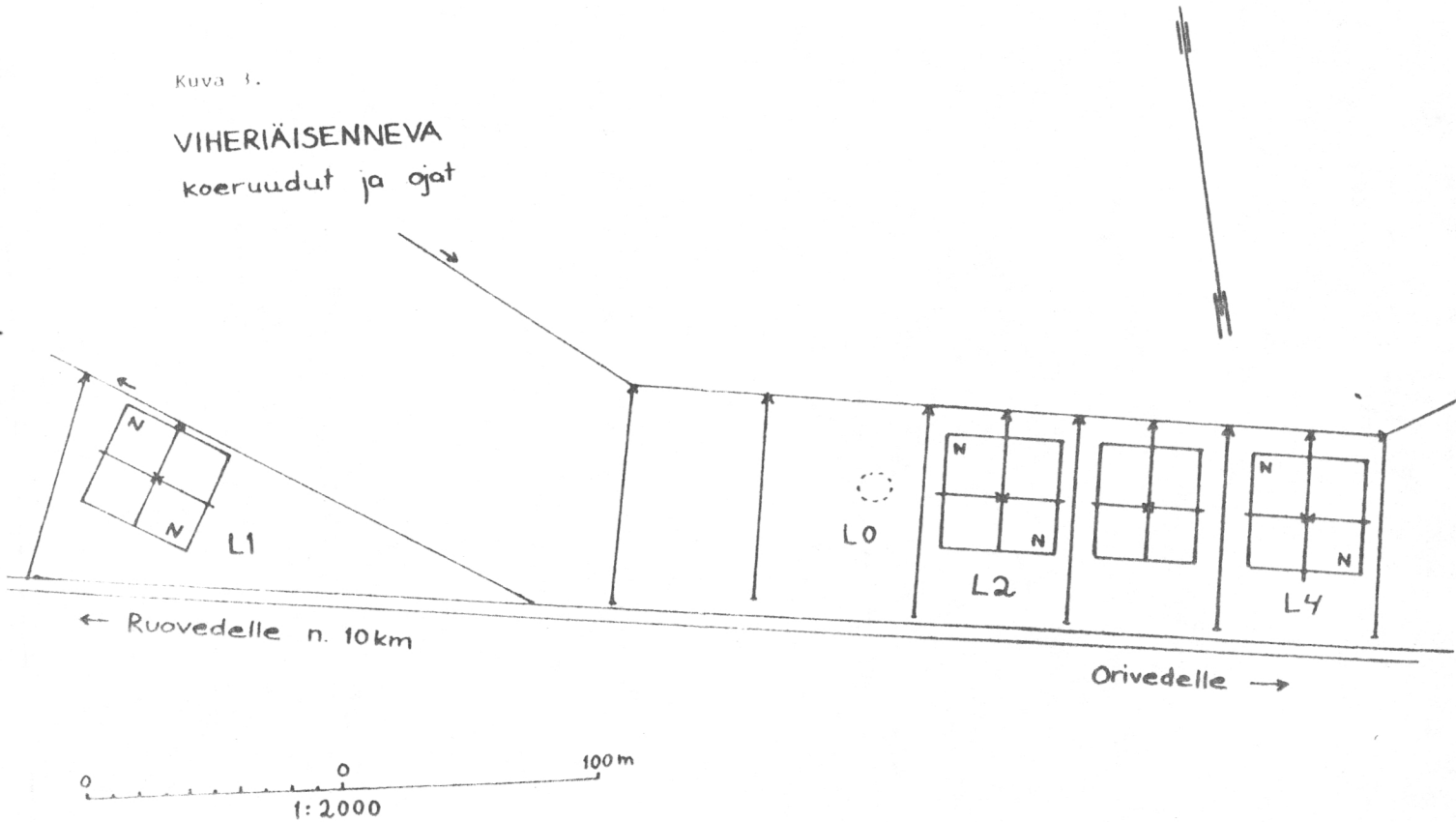
No	Suo tyyppi	Lann. vuosi	Tuhkan määrä	Alkup. m ³ /ha	Kokonais- tuotos k-m ³ /ha	Juokseva kasvu m ² /ha/v	Puu laji	inventointi 1977	Poistuma k-m ³ /ha
XII-1	IR	-	0	15	141	6,0	mä	inventointi 1977	16
XII-2	IR	1937	5000	15	266	9,2	mä	kasvu inv.hetkellä	60
XIII-0	ITR	-	0	15	147	5,8	mä		10
XIII-1	ITR	1937	5000	15	280	10,4	mä		27
XIII-2	ITR	1937	10000	15	275	9,6	mä		19
XXD	ITR	1949	8000	0	67	-	mä		-
VI-10	RhRiN	1937	7200	0	288	2,3	KO		110
L0	LKN	-	0	0	15		mä	inventointi 1979	-
L1	LkKN	1948/70N	2000	0	59-72(+N)		mä	d1,3 5cm Ilvessalo 600	7
L2	LkN	"/70N	4000	0	29-33(+N)		mä	d1,3 1-4 cm kpl/ha } 3500	-
L4	LkN	"/70N	6000	0	29-23(+N)		mä	1700	-
18	KTSN	1953	5000	0	104	(KO 6m ³ /ha)	mä/ko	inventointi 1980	
19	TSN	1953	5000	0	127	(KO 8 ")	mä/ko		
19A	TSN	1953	5000	0		(KO)	mä/ko		
20	KN	1952	7000	0	140	(KO 7 ")	mä/ko		
21	KSN	1950	7000	0	109	(KO 14 ")	mä/ko		
22	KSN	1950	7000	0	131	(KO 10 ")	mä/ko		
23	KN	1949	7000	0	109	(KO 9 ")	mä/ko		
25	KSN	-	0	0	10	ko.osuus kok.M ³ :sta	mä/ko		

Kuva 2.
JAAKKOINSUO pohjoispää
koeruudut ja ojat



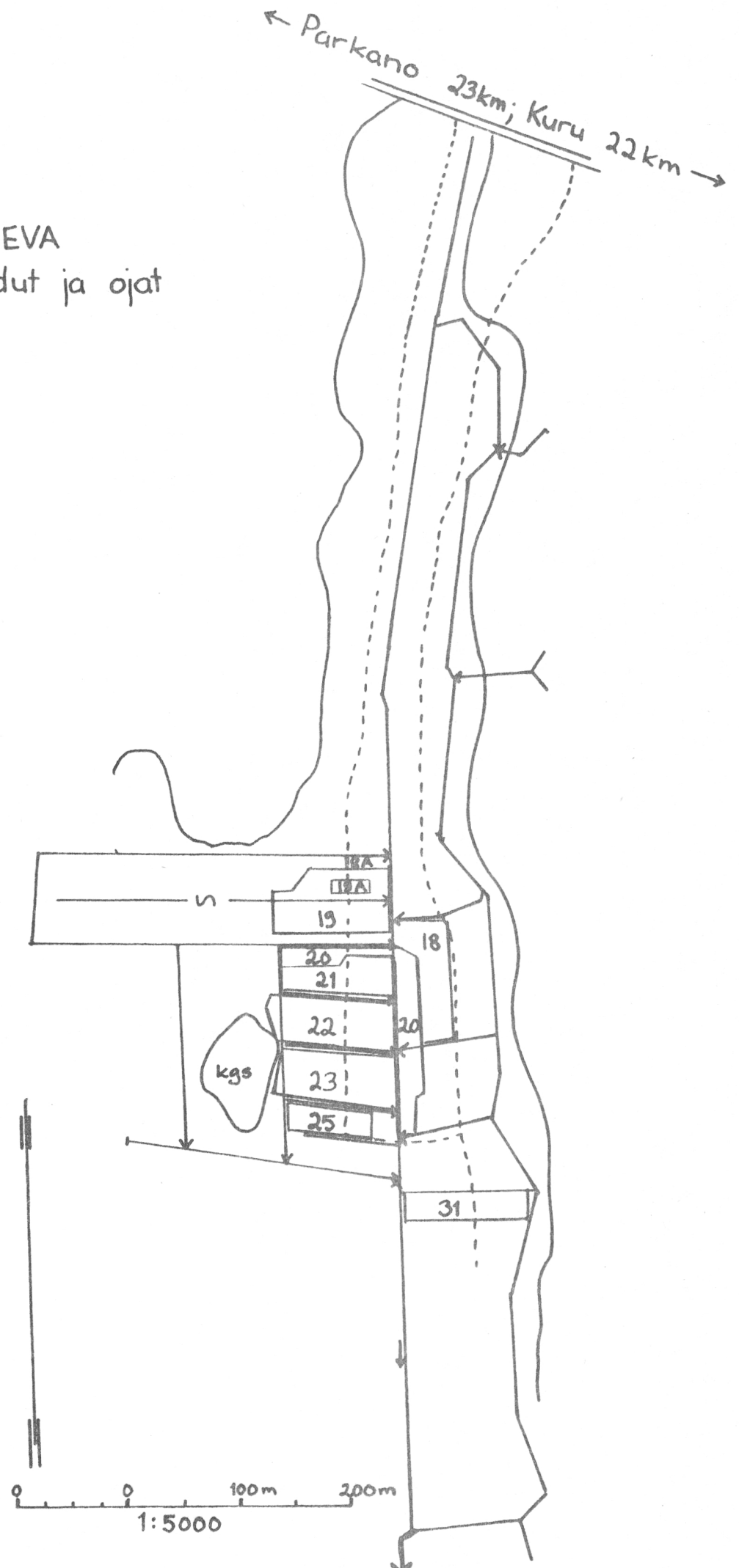
Kuva 3.

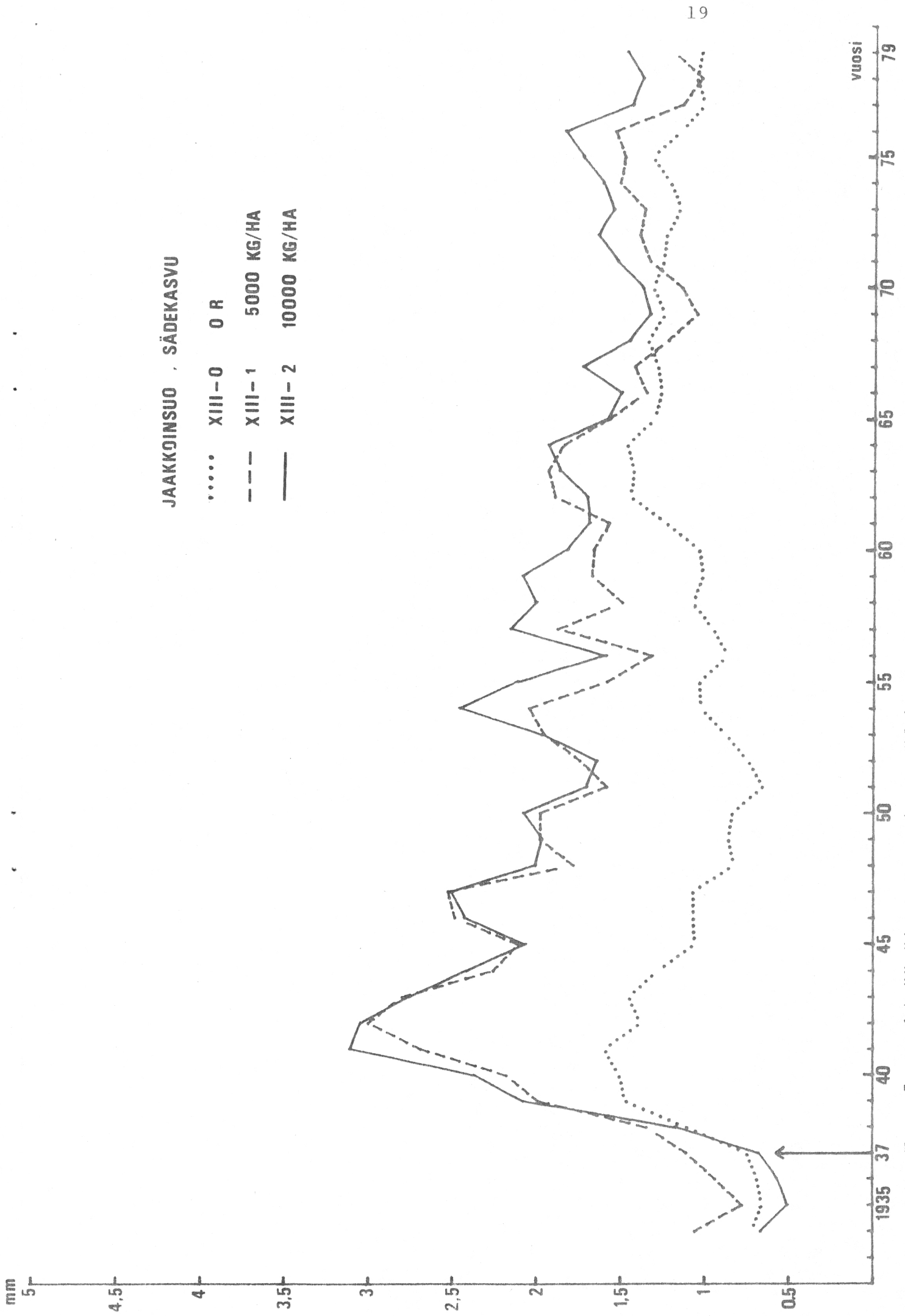
VIHERIÄISENNEVA
koeruudut ja ojat



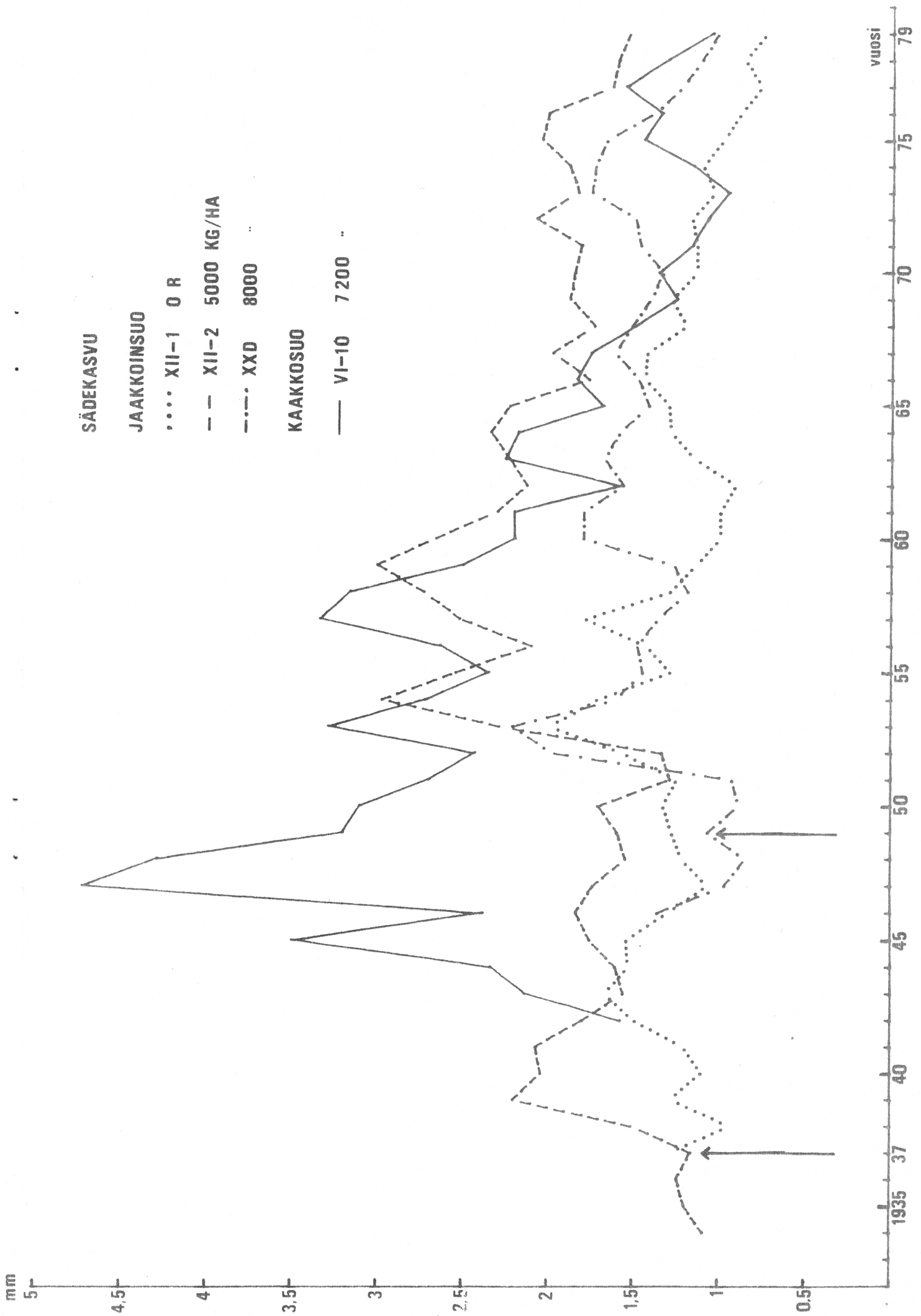
Kuva 4.

PIRTTINEVA
koeruudut ja ojat





Kuva 5. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu (mm) Jaakkoinsuon ruuduilla.



Kuva 6. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu (mm) Jaakkoinsoon ja Kaakkosoon ruuduilla.

ja tuuheampi kuin 5000 kg/ha tuhkaa saaneella ruudulla, 0-ruudun neulasissa on havaittavissa kuivumisen merkkejä. XXD:llä puusto on kehittynyt melko hitaasti, männyissä ilmenee hieman kloroosia, ja siellä täällä ytimennävertäjän aiheuttamia tupsulatvoja.

Nollaruutujen kuutiomäärät ovat huomattavasti lannoitettuja pienempiä. Tuhkaruuduilla puut ovat keskimäärin 4 m pidempiä ja paljon järeämpiä kuin nollaruuduilla, esim. XIII-1 ja XIII-2 ruuduilla jo tukkipuumitat saavuttaneita. Puut ovat karsiutuneet huonosti ja niissä on tavallista enemmän vinoja tai lenkoja. XIII-sarjan lannoitetuilla ruuduilla ei ole merkittäviä eroja puustossa tai kuutiomäärissä, vaikka toisen tuhkamäärä on kaksinkertainen (5000 ja 10000 kg/ha).

Sädekasvu on Jaakkoin-suolla noin 1 mm/v kolme vuotta ennen lannoitusta. XIII ruuduilla puusto reagoi heti 3-5 vuoden kuluttua lannoituksesta, jolloin kasvu jopa kolminkertaistuu. Sen jälkeen sädekasvukäyrät kääntyvät hitaaseen, mutta melko tasaiseen laskuun. 30 vuoden kuluttua nollaruutu ja lannoitetut ovat samalla tasolla, joskin lannoitetut vielä kerran uudelleen parantavat hieman kasvuaan. Tällöin myös ensimmäisen kerran voi huomata eroja eri tuhkamäärien välillä: vähemmän lannoitettu on samassa 0-ruudun kanssa, erot eivät kuitenkaan ole merkitseviä. Sarjan käyrien kulku on hyvin samanlaista ja ilmentävät vuosittaisia säävaihteluita. LUKKALA (1951) on tutkinut saman sarjan sädekasvua ja huomannut saman ilmiön. Sen sijaan hänen tutkimuksessaan, jossa pohjana oli parikymmentä koepuuta, lähti myös 0-ruutu kasvamaan yhtä hyvin kuin lannoitetutkin; hän arvelee syyn olevan v.-35 tapahtuneessa täydennysojituksessa.

Tässäkin tutkimuksessa voi huomata XIII-0:lla voimakasta sädekasvun nousua 10 koepuun pohjalla, mutta saatu tulos ei ole niin voimakas kuin LUKKALAN (1951) tuloksissa.

XII sarjassa lannoitettu ruutu reagoi kyllä heti, mutta voimakkein sädekasvun paraneminen tapahtuu vasta 15 v:n kuluttua lannoituksesta. Sitten lievän laskun jälkeen kasvu on pysytellyt 2 mm tasolla. 0-ruudun kasvu oli alussa yli 1 mm pienempi, nyt ero on kaventunut alle mm:iin. Lannoitetulla ruudulla ei vielä näy merkkejä ratkaisevasta tuhkan vaikutuksen loppumisesta, vaan kuutiokasvukin oli v.-77 vielä $9,2 \text{ k-m}^3/\text{v}$.
XXD:n sädekasvu on ollut heikkoa koko ajan. Huippu 2,4 mm saavutettiin 4 vuoden kuluttua lannoituksesta. Sen jälkeen sädekasvun käyrä on laskenut tasaisesti, vuoteen -79 mennessä se oli enää 1 mm/v.

Koko kauden keskimääräisistä sädekasvuista tuli seuraavanlainen selkeä tulos: 0-ruutujen kasvu on 2/3 lannoitettujen kasvusta ja XXD:n kasvu pienempi kuin muiden lannoitettujen.

Taulukko 4. 1 = keskimääräinen sädekasvu ennen lannoitusta
2 = " " " " lannoituskautena

Nro	1	2	Nro	1	2
	1/100 mm/v			1/100 mm/v	
XII-1	-	124	XIII-0	-	112
XII-2	117	198	XIII-1	93	175
XXD	102	149	XIII-2	58	188
	Kaakkosuo		VI-10	-	216

Kaakkosuon VI-10 ruudulla ei metsittyminen onnistunut ennen tuhkalannoitusta, vaan ruutu jouduttiin kylvämään useaan otteeseen, ensin v.1931 koivulle, sitten -36 ja -37 männylle. Lannoitus tapahtui 7 vuotta viimeisimmän ojituksen jälkeen. Ruudulla on suoritettu taimiston harvennus sekä muutenkin harvennettu voimakkaammin kuin mitään toista ruutua. Vuosien -45-77 kokonaispoistuma on $110 \text{ m}^3/\text{ha}$, kun muualla poistuma on määrältään koealueille ominaista.

Taulukko 5. Kuutiomäärän kehitys VI-10:llä

v.	rl.kpl/ha		m^3/ha	j. vuot. kasvu		poistuma	
	mä	ko		m^3/ha	%	m^3/ha	%
45	4000	57000	31		20	4	13
48	2400	34000	41	4,8	15	15	37
50	500	13700	57	8,9	19	14	24
55		3500	57	8,0	17	19	33
61		2400	92	7,5	10	9	11
65		2100	120	6,4	6	-	-
71		2350 (ku+)	177	8,4	6	7	4
77		1660	186	2,3	1,3	16	8

Koivu on valtapuulaji, alussa mäntykin menestyi, mutta jäi jälkeen, nyt sen osuus kuutiomäärästä on 4 %. Sädekasvu (jonka käyrä on kuvassa 6 sivulla 20) ei saatu mitattua ennen kuin 40-luvun alusta, jolloin puusto saavutti rinnankorkeustason.

Sädekasvu reagoi nopeasti ja voimakkaasti puuston taimistovaiheessa, mutta kysehän on koivusta, jonka kasvu nuorella iällä on voimakasta. Huippu saavutettiin 40-luvun lopussa

noin 10 vuoden kuluttua lannoituksesta. 50-luvun lopulta kasvun hidastuminen on ollut tasaista. Jyrkät pudotukset käyrässä kuvastavat melko hyvin jaksolle sattuneita kylmiä vuosia (Suomen meteorologinen Vuosikirja, Vuosittaiset ja kuukausittaiset keskilämpötilat koealueiden läheisillä säähavaintoasemilla, ks. kartta s.7). Paras vaikutusaika kesti noin 20 vuotta, sitten kasvu jatkui vielä suhteellisen hyvänä 10 vuotta, kunnes se nyt on lähes nollassa. Puusto on kuolemassa pystyyn. Ruudulla on tusina jo aikaisemmin kuolleita pystyssä, ja lehteviä mutta selvästi kuivumassa olevia on kolmatta kymmentä. Ruudun länsireunalla on lukumääräisesti eniten kuolleita, raudus- ja hieskoivuja yhtä paljon. Mielenkiintoinen havainto oli, että ravinteiden epätasapainon ilmaisi ja siniheinä, *Molinia coerulea*, esiintyi runsaimpana juuri ruudun länsireunalla. Ruudun männyt ovat suhteellisen hyväkuntoisia, ainoastaan paikoitellen voi havaita mahdollisesti alkavan kuivumisen merkkejä. Taulukosta 4 ilmenee Kaakkosuon ruudun voimakas sädekasvu muihin verrattuna. Muistettava kuitenkin on, että kyseessä on koivu. Viime vuosienkaan nopea sädekasvun huononeminen ei kuitenkaan ole pudottanut sädekasvun keskiarvoa alueen toisten ruutujen tasolle.

412. Ravinteet ja turpeen ominaisuudet

Jaakkoin suon koesarjoissa annetun tuhkan määrän noustessa myös ravinnemäärät kasvavat. Ainoastaan ammoniumtyyppiä on vähemmän lannoitetuilla ruuduilla kuin 0-ruuduilla ja

Taulukko 6. Maa-analyysien tulokset koeruudittain.

Nro	Tuhkaa Kg/ha	pH		NH ₄ -N Kg/ha	N tot.	NH ₃	Ntot 0-20cm %	Ntot 10-20cm %	P helppo	P tot	K vaiht.tot.	K tot.	Ca vaiht.	Ca tot.
		0-20	aik											
XII-1	-	3,9	3,94	196	3603		1,46		26	250	66	90	500	1066
XII-2	5000	4,9	6,47	168	3708		1,46		98	192	96	156	3400	7294
XIII-0	-	4,1	v.-48 Lukkala	196	2763		1,34		24	238	66	78	650	1148
XIII-1	5000	3,9		86	3680		1,34		34	312	84	104	2350	5362
XIII-2	10000	5,5		126	4161		1,43		100	522	96	152	4600	8896
XXD	8000	4,1		134	2717		1,29		34	228	114	130	1100	1580
L1	2000	4,3	4,06	140	829		1,18	0-20	16	192	138	182	1050	2046
LIN	2+N	4,2		154	820		1,18		15	168	122	158	1050	1462
L2	4000	4,1	4,01	115	708		1,01	0,96	18	160	118	164	300	624
L2N	4+N	4,2		134	595		0,92		16	156	118	154	650	1082
L4	6000	3,9	3,86	190	1177		1,37	1,22	26	258	130	158	400	892
L4N	6+N	3,8	v.-47 Pär.	134	1205		1,43	v.-47	26	284	124	160	400	970
LO	-	3,9		109	468		0,78		9	78	92	100	200	394
18A	5000	5,6	3,98	154	3536	20-40 cm	1,40	0-20	112	886	104	364	6600	14472
18	"	4,5	3,80	146	3678	55	1,74	1,18	12	286	74	112	1350	2578
19	"	4,3	3,94	140	3490	150	1,48	1,66	20	314	112	142	1500	2594
19A	"	4,9	3,68	120	4350	89	1,74	1,44	11	230	48	66	1050	1582
20	7000	4,2	3,90	140	3727	147	1,57	1,74	7	216	58	70	1100	1672
21	"	4,8	3,77	160	4413	100	1,74	1,64	30	358	82	160	2200	4482
22	"	4,2	3,83	112	3760	73	1,60	1,51	14	214	56	144	1200	1832
23	"	4,6	3,72	140	4709	55	1,65	1,40	15	252	70	86	1750	3362
25	-	4,2	3,74	129	4794	133	1,79	1,67	9	192	40	74	500	986
31	-	4,2	3,93	112	3831	119	1,57	1,59	14	242	52	82	740	1218

ja totaalifosforia on hieman vähemmän lannoitetulla XII-sarjassa. Silti helppoliukoista P:tä on enemmän tuhkaa saaneella. Kaikkia muita ravinteita 0-ruudulla on pienin määrä ja lannoitetason noustessa lisääntyvät ravinteetkin. XXD:n ravinnemäärät ovat yleensä lähempänä lannoittamattomien ruutujen määriä kuin lannoitettujen. Vain vaihtuvaa kalia on eniten.

Koehan on perustettu 12 v. myöhemmin kuin XII ja XIII sarjat ja puusto ruudulla on hidaskasvuista. Tämä kaikki viittaisi siihen, että lannoitteena käytetty tuhkaerä on sisältänyt vähemmän ravinteita kuin vanhemmat erät.

pH-arvotkin ovat yleensä suuremmat tuhkaa saaneilla ruuduilla. XIII sarjassa ei kylläkään ole suurta eroa 0-ruudun ja 5000 tuhkakilon ruudun välillä. XII sarjan pH on mitattu 11 vuoden kuluttua lannoituksesta eli 31 v. ennen nyt (1979) mitattua. Nollaruudun pH on edelleen sama, ja vaikka tuhkalannoitetun on laskenut 1,5 yksikköä kolmessakymmenessä vuodessa, on se vieläkin korkeampi kuin lannoittamattoman.

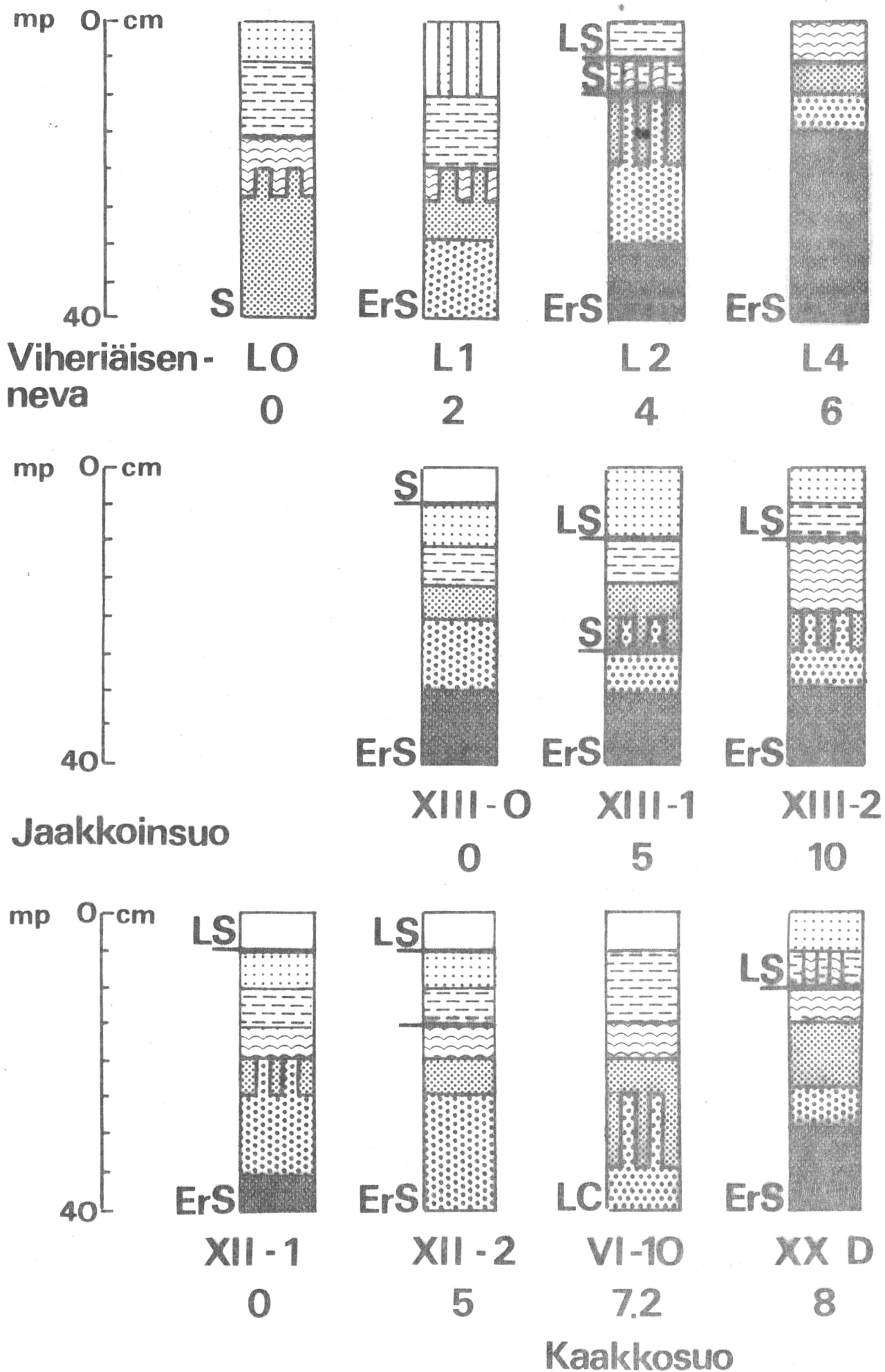
Turvelaji ja maatuneisuus on tutkittu Jaakkoin-suolla vain kerran XII sarjalta. Turve oli tupasvillan sekaista rahkaturvetta, jonka maatumisaste pinnasta oli H1, välillä oli maatuneempi kerros H7 ja n. 40 cm:ssä H3.

Nykyiset maatumisasteet ja turvelaji esitetään kuvissa sivuilla 28 ja 29. Pylväs vastaa 40 cm:n turvekerrosta. Maatuneisuus on laskettu 5 näytteen keskiarvoina kerroksittain (8 x 5 cm). Turvelaji on ruudun vallitsevin turvelaji.

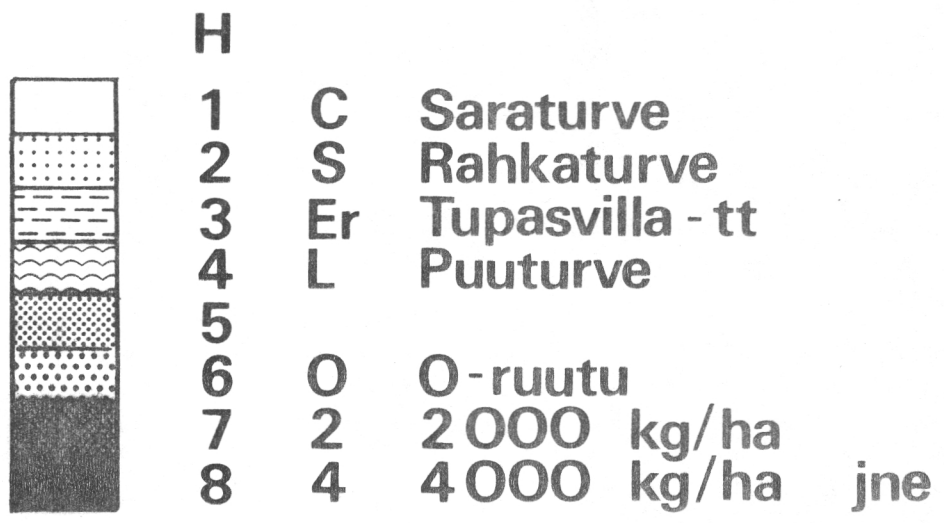
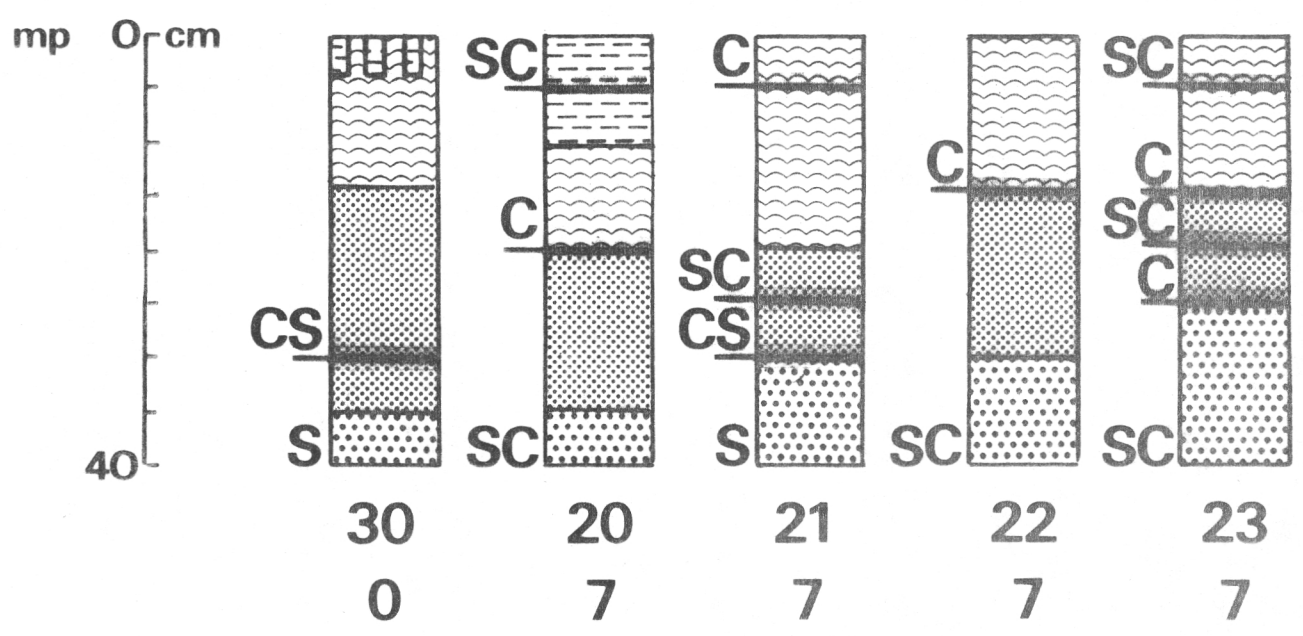
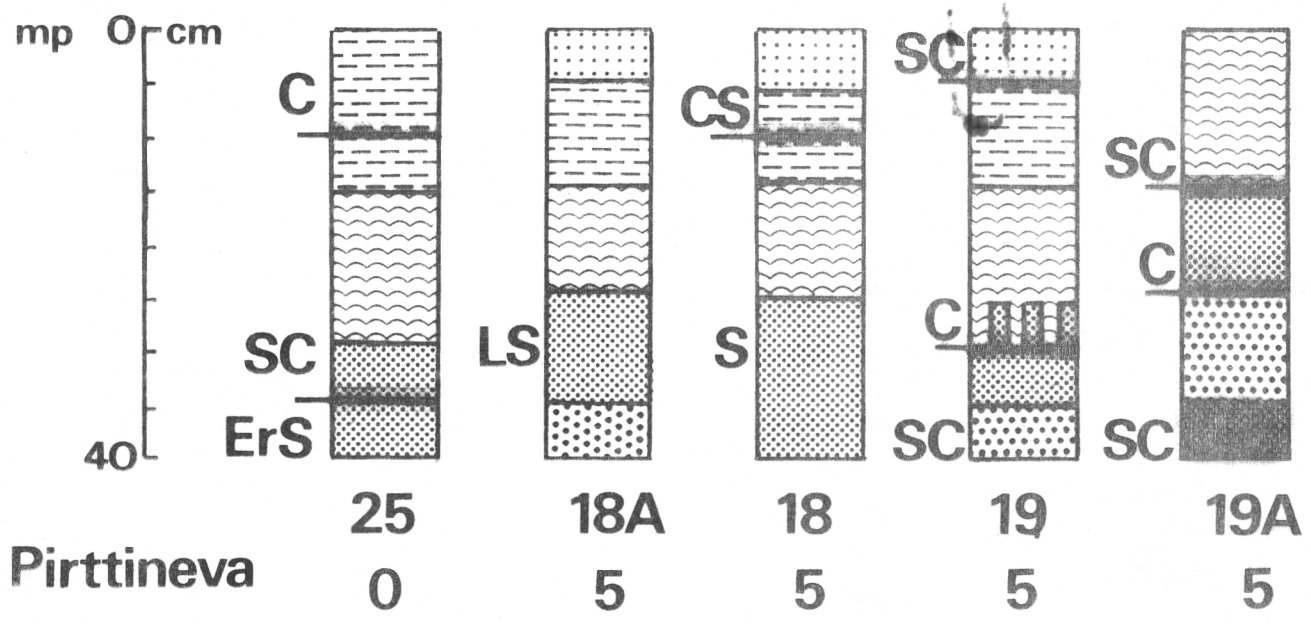
Turpeet ovat Jaakkoin-suolla pääasiassa rahkaturpeita, tupasvillaa on luonnollisesti suotyypeistä johtuen mukana sangen runsaasti. Lisäksi on pintakerroksessa huomattavissa varpujen ja puuston vaikutus ja lisämääreeksi on tällöin liitetty puuturvetekijä. Maatuneisuus on näissä puun sekaisissa turpeissa ollut heikkoa.

XIII-sarjassa nollaruutu on heikoimmin maatunut pinnasta, jossa oli havaittavissa puhdas rahkakerros. 40 cm:n syvyydessä maatumisaste oli jo sama sarjan kaikilla ruuduilla, eniten tuhkaa saanut oli jo saavuttamassa H 8 astetta. Samaa suotyyppiä edustava XXD ruutu, joka on saanut tuhkaa 8000 kg/ha, oli kaikkein parhaiten maatunut, mutta merkitseviä eroja ei tässäkään huomata. XII sarjassa määritysten välisenä aikana maatumisaste oli kohonnut 0-4 ja 0-3 astetta.

Kaakkosuon puuston alettua kuolla pystyyn tuli aiheelliseksi tutkia, millainen ravinteiden puutostila tai epätasapaino koelohjen turvekerroksissa mahdollisesti on. Ruudulta on aikaisemmin tehty muutama ravinneanalyysi. V. 1979 selvitettiin vaihtuvat ja helppoliukoiset ravinteet. Lisäksi otettiin muutama lehtinäyte, joista analysoitiin N, P, K ja Ca.



Kuva 7. Turvelaji ja maatumisaste koeruuduittain. Pylväs vastaa 40 cm:n syvistä näytettä. Turvelaji pylvään vasemmalla puolella. Maatumisaste H V Postin mukaan väreinä. Selitykset seuraavalla sivulla. Pylvään alla koeruudun nro ja tuhkamäärä tn



mp = maanpinta

Kuva 7. jatkuu

Taulukko 7. Kaakkosuon VI-10 ruudun ravinnepuutteen tuloksia.

1940,0-60 cm		1952,0-20 cm	1979 lehdet	
%		%	terve,%	kuollut,%
N	2,07-1,64	2,07-2,06	2,56	1,92
Ca	0,92-0,14	0,92-0,21	9,6	10,7
P	0,002-0,17	0,002-0,06	5,3	3,8
K	0,15-0,06	0,15-0,02	1,5	1,5
		1979 kg/ha		
		0 - 10 cm	10 - 20 cm	
Ca vaiht.		225 - 2175	25 - 1375	
K -"-		41 - 60	20 - 28	
P helppoliuk.		2,6 - 4,8	2,0 - 3,2	
B vesiliuk.		0,2 - 0,4	0,1 - 0,2	
Cu happoliuk.		2,6 - 4,1	2,0 - 2,9	
nitr. N		alle 10		

Saatavissa olevien tietojen osalta ilmenee, että Kaakkosuon ravinnetaso on kauttaaltaan sangen alhainen. Verrattaessa lehtianalyysien tuloksia TAMM'in (1956) antamiin puutosrajoihin, ilmentävät kuivuneen koivun lehdet typen puutetta fosforin ja kalin suhteen. Kaliumia on kuolleessa puussa huomattavasti vähemmän kuin terveessä. Myös vaihtuvan kalin taso ilmentää kaliumin puutetta ruudulla. Kuitenkin myös helppoliukoisen fosforin määrä Kaakkosuolla on 1/5 esim. Jaakkoin suon lannoittamattomien ruutujen helppoliukoisen fosforin määrästä. Kyse lie-nee lähinnä kalin ja fosforin puutteesta, mutta yleensäkin ravinnemäärät ovat koivulle riittämättömiä. Mänty vähemmän vaate-
liaana ja pienempien ravinnemäärien kuluttajana ei vielä il-
mennä ruudun ravinnetasoa.

Runkoanalyysin kiekkojen mittaus ei onnistunut niin, että niistä olisi pystynyt määrittämään, koska puutostilat ovat alkaneet vaikuttaa puustoon, mutta ilmeisesti se on tapahtunut 50- ja 60-lukujen vaihteessa, sillä vuotuinen juokseva kuutiokasvu on pudonnut vuosina 50 → 65 → 77 19 → 6,4 → 1,3 prosenttiin. Näin nopeaa kasvun huononemista ei voitane kokonaan laskea johtuvaksi puuston iästä 30-40-vuotiaassa koivikossakaan.

Taulukosta 8 ilmenee Kaakkosuon ruudulla tuhkalannoituksen jälkeen tapahtuneet pH:n muutokset. Jotkut hyppäykset arvoissa johtunevat näytteiden määrästä tai oton ajankohdasta, mutta yleensä nähdään selvästi pH:n muuttuminen neutraalista vahvasti happameen päin, esim. pintakerroksessa eroa syntyi v:sta -41 vuoteen -79 2,6 pH-yksikköä.

Taulukko 8. pH-arvot VI-10:llä.

syv. cm	1940	1941	1947	1951		1979					1951	
				a	b	a	b	c	d	e	l.ton	RiN
0- 5	4,92	7,21	6,1-6,4	5,90	5,40	5,4	3,9	4,4	4,5	5,0	4,72	4,48
6-10	4,45		4,6	5,94	5,60	\bar{x} 4,64					4,68	4,50
11-20	4,15	4,07	4,2-4,6	5,80	5,80	5,1	4,1	4,4	4,3	5,2	4,50	4,57
20-30	4,04	4,18				\bar{x} 4,62						
30-40				4,7	4,5						4,70	4,59
	tiedosto		Lukkala	Huikari							Huikari	

HUIKARI v.1951 ottanut tutkimuksiaan varten näytteet myös lannoittamattomalta rimpinevalta, joita VI-10 kanssa verrattaessa voi helposti huomata, miten tuhkan vaikutus pH-asteeseen loppuu nopeasti syvemmälle mentäessä. Vuonna 1979 nostettiin 5 näytettä eri puolilta ruutua ja keskiarvoksi 0-10 cm:ssä saatiin 4,64 ja 10-20 cm:ssä 4,62, joten vuoteen -51 verrattaessa

pinnan arvot ovat laskeneet n. 1 pH-yksikön. Syvemmällä laskua on 30 vuodessa tapahtunut yli 1 pH-yksikköä, ja nyt ruutu on samalla tasolla kuin silloin oli lannoittamaton RiN. Jos tämän 30 vuoden aikana olisi otettu pH-näytteet, olisi voinut todeta tarkasti, koska tuhkan vaikutus happamuuteen on loppunut; nyt voidaan vain todeta, että sitä ei enää ilmene.

Turvelajiksi Kaakosuolla on vuonna 1931 otetuissa näytteissä saatu rahkaturve, joka sisältää saran ja tupasvillan jätteitä. Maatumisaste on ollut H2 noin puolen metrin syvyyteen saakka. HUIKARIn tutkimuksissa v.-51 on usean näytteen vallitsevin laji saraturve vaihtelevine lisäturvetekijöineen, joista kuitenkin yleisin puoturvetekijä. Viljavuuspalvelun v:n 1979 analyysin kaikki osanäytteet oli myös määritelty LC-turpeeksi. Vuoden -51 tuloksissa H:n arvo 0-30 cm:ssä vaihteli neljässä näytteessä 2-4. Nyt ylin 5 cm:n kerros määriteltiin vain H1:n arvoiseksi. Seuraavat kerrokset ovat H3:a, 40 cm:n syvyydessä maatumisaste on jo 6.

413. Kasvipöite

On olemassa erityisiä tuhkalajeja eli kasveja, jotka mielellään ilmestyvät kulotetuille tai tuhkalannoitetuille alueille, joilla maan pH ja ravinnemäärä ovat nousseet. Puulajeista koivu on tällainen. SARASTO (1963) luettelee seuraavia lajeja:

Polutrichum gracile
Marchantia polymorpha
Pohlia nutans
Ceratodon purpureus
Epilobium angustifolium

Lisäksi seuraavat kasvit vaativat vähintään pH 6:tta kasvu-
paikallaan:

Tomentypnum nitens (pH 6,4 keskim.)

Helodium blandowii (" 6,3 ")

Dicranum bonjeani

ja AALTOSEN (1940) mukaan esim. seuraavat kasvit:

Trientalis europaea

Linnaea borealis

Rubus sp.

Pyrola sp.

Seuraamalla näiden kasvien esiintymistä koeruuduilla voitiin selvittää, vaikuttaako tuhkalannoitus vielä niin voimakkaana, että se loisi ko. kasveille riittävät kasvuedellytykset.

Lisäksi EUROLAN mallien (ks. s. 15) tarkoituksena on tuoda esiin, miten paljon ojitus ja miten paljon tuhkalannoitus on vaikuttanut kasvillisuuden muutoksiin. Kasvillisuuspylväistä ilmenevät myös trofiajakautumat.

EUROLAN luonnontilaisen suotyypin kasvillisuusmallit on otettu vertailupylväiden ensimmäiseksi. Pylväässä alimpana 100 % on sammalkerros, josta on katkoviivalla erotettu rahkasammalet ja jäkälät (Sph ja C). Ylempi 100 % tarkoittaa kenttäkerrosta. Ylimpänä ovat 1) varvut ja pensaat (V), sitten 2) ruohot ja heinät (RH) ja alimpana 3) sarat ja saramaiset kasvit (S). Pylvään yläpuolella oleva luku on kasvilajien kokonaismäärä. Eurolan koostumuksissa ovat puulajit mukana, tässä ne on jätetty pois, koska puusto on käsitelty erikseen.

Pylvään ulkopuolella on ryhmien %-osuudet. Meso-eutrofiset lajit on kussakin ryhmässä erotettu omaksi lokerokseen poikki-
viitoituksella. Sisäpuolella oleva luku tarkoittaa meso-eutrofien

osuutta ko. ryhmässä.

Kun lajisto on ajan mukana vaihtunut, on pylvästöä laskettu vaakasuoran viivan alapuolelle: sammalkerros omalla paikallaan, kenttäkerroksen muuttunut osa on vaihdettu sammalkerroksen alapuolelle.

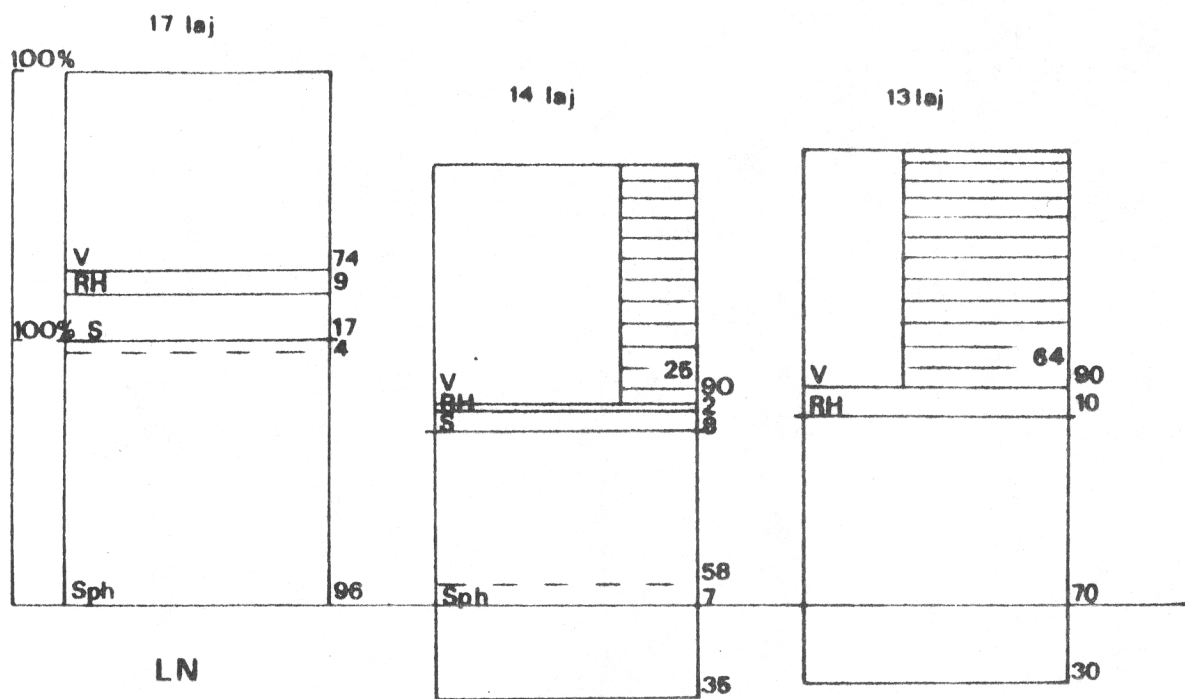
Täysin selvän kuvan saamista lajiston muuttumisesta vaikeutti kaksi seikkaa:

1) Joku kangaslajikin on ollut hyvin pienellä osuudella mukana jo alkuperäisellä tyyppillä ja ojituksen ja lannoituksen vaikutuksesta tullut valtalajiksi. Tällöin se pysyttää osuudellaan pylvästä viivan yläpuolella.

2) Vilppulasta ilmeni vasta taulukoitten laadinnan jälkeen, että suot on tyyppitelty kokeen perustamishetken pohjalla, jolloin ojitus on jo vaikuttanut. Näin ollen Vilppulassa, jossa puuston ja kasvillisuuden perusteella ruudut selvimmän ovat jo turvekankaita, ovat pylväät silti eniten jääneet viivan yläpuolelle.

Jaakkoin-suolta on yksi aikaisempi kasvipeiteanalyysi XII-sarjalta. Siinä on käytetty Hult-Sernanderin peittävyysasteikkoa (KALLIOLA 1973), jolloin muuntaminen vertailukelpoiseksi uusien analyysien kanssa olisi ollut hieman hankalaa, joten vertailu on tehty sanallisesti.

Isovarpuista rämettä vastaavalla Eurolan mallin Ledum-reiche Variante der eigentlichen normalen Reiser Moorella esiintyvät runsaimpina kenttäkerroksessa suopursu, juolukka ja tupasvilla, sammalkerroksessa Sph. angustifolium mutta myös Aulacomnium, Pleurozium ja Polytrichum strictum ovat olleet pienellä osuudella mukana.



IR (Ledum)

XII-1 Or

XII-2 5000

EUROLA:

Ledum-reiche Variante

der eigentlichen normalen

Reisermoore

Kuva 8. Kasviryhmiin peittävyysprosentit kenttä- ja pohjakerroksessa luonnontilaiseen malliin verrattuna Jaakkoin-suon XII-sarjassa. Selitykset s. 32 ja 33.

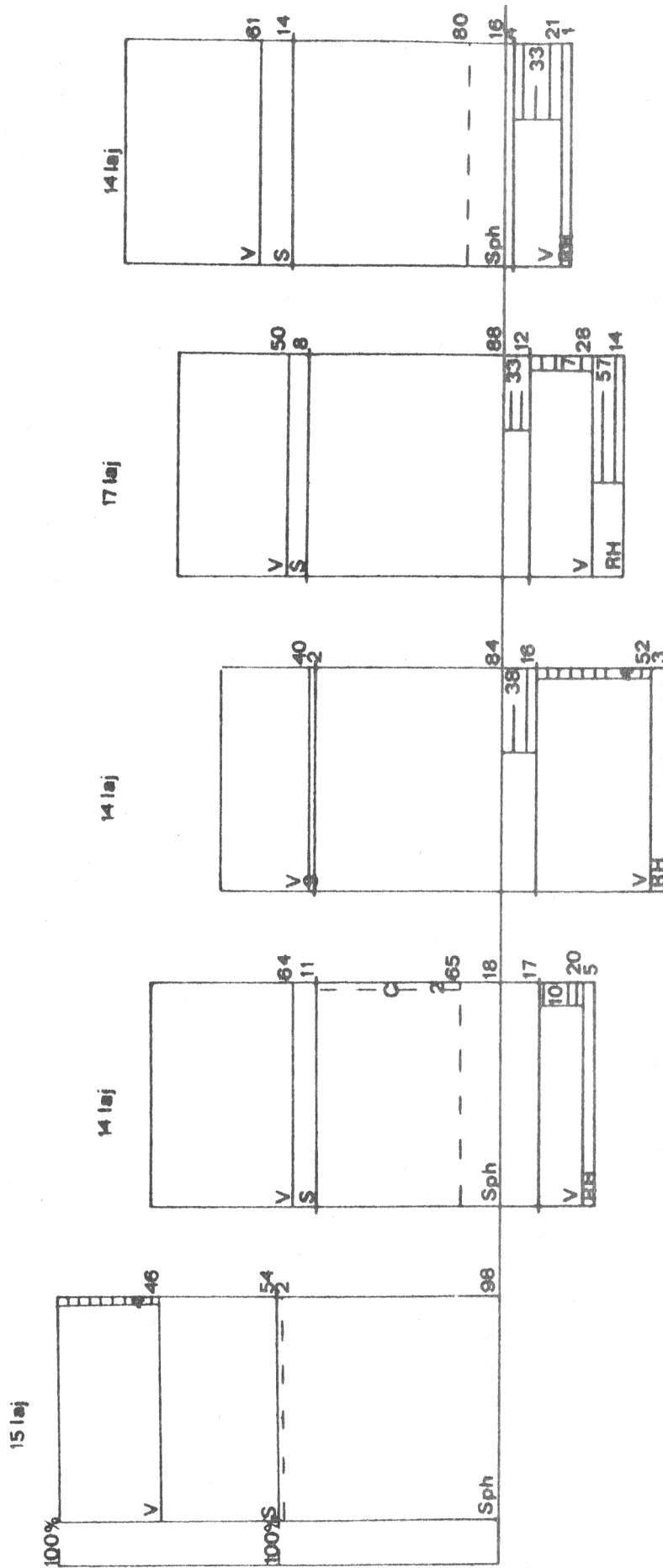
Yhdentoista vuoden kuluttua lannoituksesta kummallakin XII ruudulla vallitsevimpina lajeina kenttäkerroksessa ovat suovarvut ja tupasvilla. Yhtään ruohoa ei ole mukana. Sammalkerroksessa esiintyy lannoittamattomalla rahkasammalia. Muut sammaleet ovat samoja kuin alkuperäisellä tyyppillä ja lannoitetulla lisäksi *Dicranum undulatum*.

Ruutujen nykyiset peittävimät lajit ilmenevät seuraavasta taulukosta. Kenttäkerroksen lajisto on melkein ennallaan. Vain 0-ruudulla on runsaasti rahkasammalia. Tuhkalajeja tms. löytyy vain *Epilobium angustifolium*ia muutama yksilö, ei kuitenkaan edes 1 % peittävyys saakka.

Taulukko 9. Eräät peittävimät kasvilajit Jaakkoinsuon koeruuduilla kesällä -79. Peittävyys % pinta-alasta.

	XII-1	XII-2	XIII-0	XIII-1	XIII-2	XX,D
<i>Betula nana</i>						12
<i>Ledum palustre</i>	42		41	34	23	19
<i>Andromeda polifolia</i>		24				
<i>Empetrum nigrum</i>	13		18	22	13	
<i>Rubus chamaemorus</i>		10				
<i>Vaccinium uliginosum</i>			21		19	30
<i>Vaccinium myrtillus</i>	23	58				
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>				28	13	
<i>Pleurozium schreberii</i>	57	70	63	84	88	80
<i>Dicranum sp.</i>	35	30	17			
<i>Sphagnum angustifolium</i>						14
<i>Epilobium angustifolium</i>		x		x	x	
<i>Helodium blandowii</i>				x		
<i>Pohlia nutans</i>					x	

XIII sarjan ja XXD:n alkuperäismallilla (*Wollgrasreiser*moore) tyyppillisiä kasveja ovat *Betula nana*, *Ledum* ja *Eriophorum vaginatum* sekä *Sphagnum angustifolium* ja *magellanicum*. Sammal-



LN XIII O or XIII-1 5000 XIII-2 10000 XXD 8000

ITR ; EUROLA :

Wollgrasreisermoore

Kuva 9. Kasviryhmiin peittävyysprosentit kenttä- ja pohjakerroksessa luonnontilaiseen malliin verrattuna Jaakkoinsuon koeruuduilla. Selitykset s.32 ja 33.

kerroksessa jo alussa mukana ollut *Pleurozium* on pysyttänyt pylväät viivan yläpuolella. 0-ruudulla ja puustollisesti huonoiten menestyneellä XXD ruudulla on vielä rahkasammalia. Vähemmän tuhkaa saaneella XIII ruudulla on peittävyydeltä enemmän uusia lajeja, mutta XIII-2:lla on sellaisia muilta puuttuvia hieman vaateliaampia lajeja kuin *Festuca sp*, *Salix sp*, *Equisetum sylvaticum* ja *Epilobium angustifolium*. Nykyiset vallitsevimmat lajit ilmenevät taulukosta 9.

Pylväistä voi tehdä johtopäätöksen, että ojitus on vaikuttanut voimakkaammin kasvillisuuden muutoksiin kuin tuhkalannoitus. Silti lannoituskin on vielä edistänyt vaihtumista. Esim. rahkasammalia ei ole millään muilla kuin vertailu- ja XXD-ruuduilla. Lajimääriin lannoitus ei ole vaikuttanut lisäävästi, sen sijaan meso- ja eutrofeja lajeja on prosentuaalisesti enemmän lannoitetuilla. Varsinaisia tuhkalajeja löytyy ruuduilta enää hyvin vähän, vain muutamia hajahavaintoja. Näyttää siis siltä, että tuhkalannoituksen voimakkain vaikutusaika pintakasvillisuuteen on ohi, nyt kun tuhkalannoituksesta on kulunut n. 40 vuotta.

Kasvillisuus ja puusto huomioiden Jaakkoin suon ruudut arvioitiin vaiheiltaan seuraaviksi:

- XII-1 varputurvekangas
- XII-2 puolukkaturvekangas
- XIII sarja puolukkaturvekangasta
- XXD IRmuuttuma

Kaakkosuon ruutu on alkujaan ollut ruohoinen rimpineva.

Vuonna 1931 tehdyn kasvipeiteanalyysin tuloksena ovat vallitsevimpia lajeja olleet saramaiset kasvit sekä rahkasammalet. Kaksi vuotta lannoituksen jälkeen huomataan, että alueelle on heti ilmestynyt tuhkaa suosivia *Pohlia nutans*-, *Ceratodon purpureus*- ja *Polytricum gracile* -lajeja sekä useita jopa eutrofeja heiniä ja esim. 11 uutta ruohoa, joukossa voimakkaana *Epilobium angustifolium*. Saroja on 5 uutta, ja saramaiset kasvit ovat edelleen voimakkaana mukana.

Vuoteen 1949 mennessä sammalten peittävyys on vähentynyt, voimakkaimmat ovat *Aulacomnium*, *Pohlia* ja *Brachythecium curtum*. Kenttäkerroksessa saramaiset kasvit ovat vähentyneet voimakkaasti; suovarpujen tilalle ovat tulleet mustikka ja juolukka. Heinien osuus on edelleen suuri (*Molinia coerulea*), ruohot ovat heikentyneet, niiden lajimäärä on 7.

Lajimäärät VI-10:llä eri vuosina, kpl:

	1931	1939	1949	1979
sammalkerros	7	9	9	5
kenttäkerros	12	41	27	11

Vuoden 1979 kenttäkerroksen lajimäärä tarkoittaa kasvipeite-ruuduilla esiintyneitä lajeja, lisäksi oli yksittäisiä havaintoja esim. seuraavista lajeista: *Frangula alnus* (taimi), *Juniperus communis*, useita pajulajeja ja *Sorbus aucuparia*.

Kasvipeitteettömien kohtien ja karikkeiden osuus pinta-alasta on lähes puolet, mutta peittävyyttä varten %:t on korotettu täyteen sataan.

Sammalkerroksessa meso-eutrofeja lajeja on puolet. Peittävimmit sammalet ovat Aulacomnium ja Polytrichum commune ja strictum.

Kenttäkerroksessa jakautuma on seuraava:

varpuja	7 %	joista	28 %	meso-eutrofeja	
saroja	23 %	"	40 %	"	
ruohoja	17 %	"	100 %	"	
heiniä	53 %	"	100 %	"	(Molinia 22 %)

Ruutu on nykyään ruohoturvekangas.

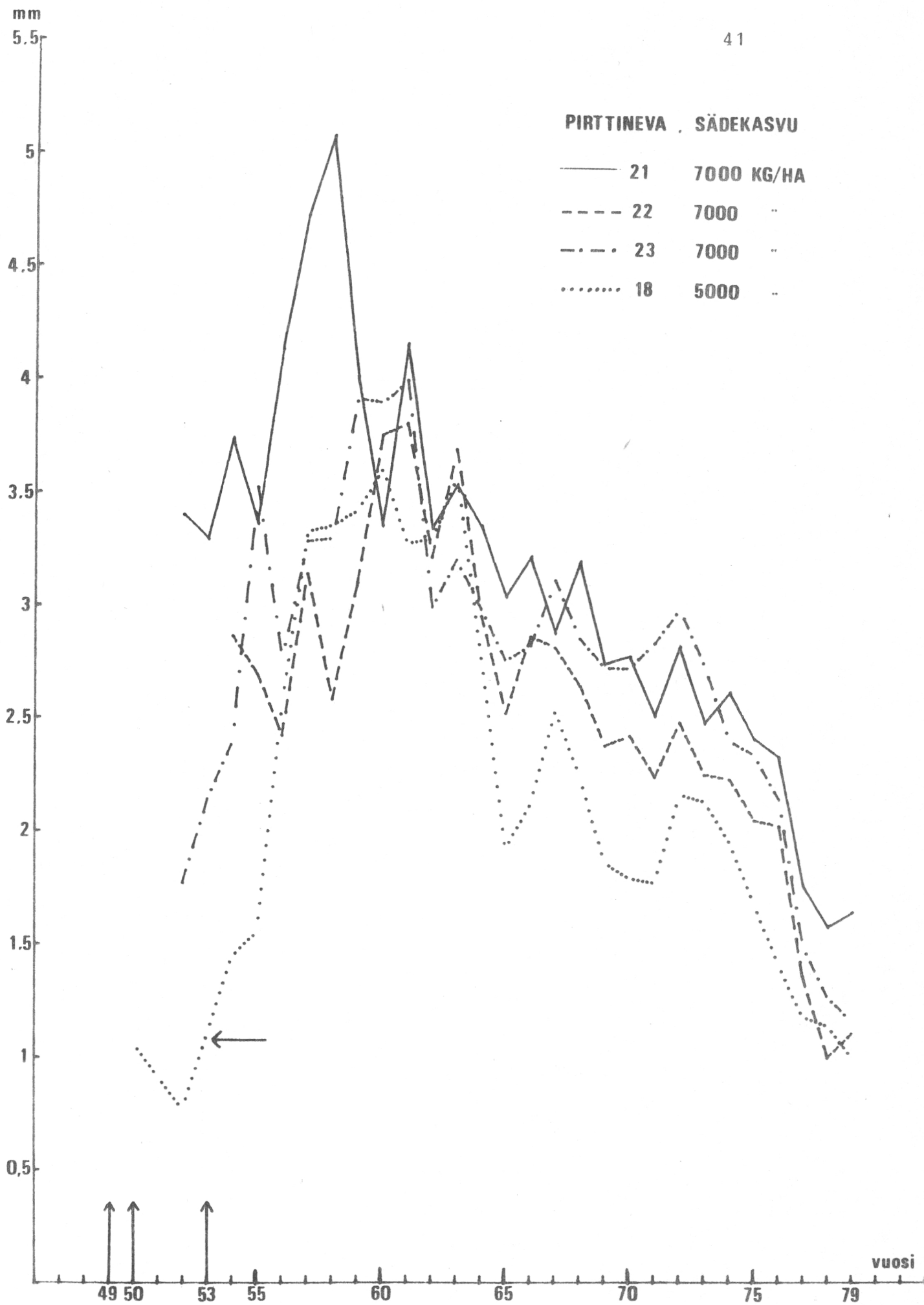
42. Kuru

421. Puuston kehitys ja kasvu

Kurun Pirttinevalla ruuduilla 18-20 on käytetty männyn hajakylvöä, 21-25 ruutukylvöä ja kylvö on tapahtunut 2 vuotta ojituksen jälkeen v.1936. Lannoituskokeet on perustettu 0-5 v. kuluttua ojituksesta. Pirttinevan osalta on kerrottu myös siemenen alkuperä (muilta alueilta ei löydy tätä tietoa koeruututiedoissa). Siemen on Ikaalisesta, n. 40 km etelämpää.

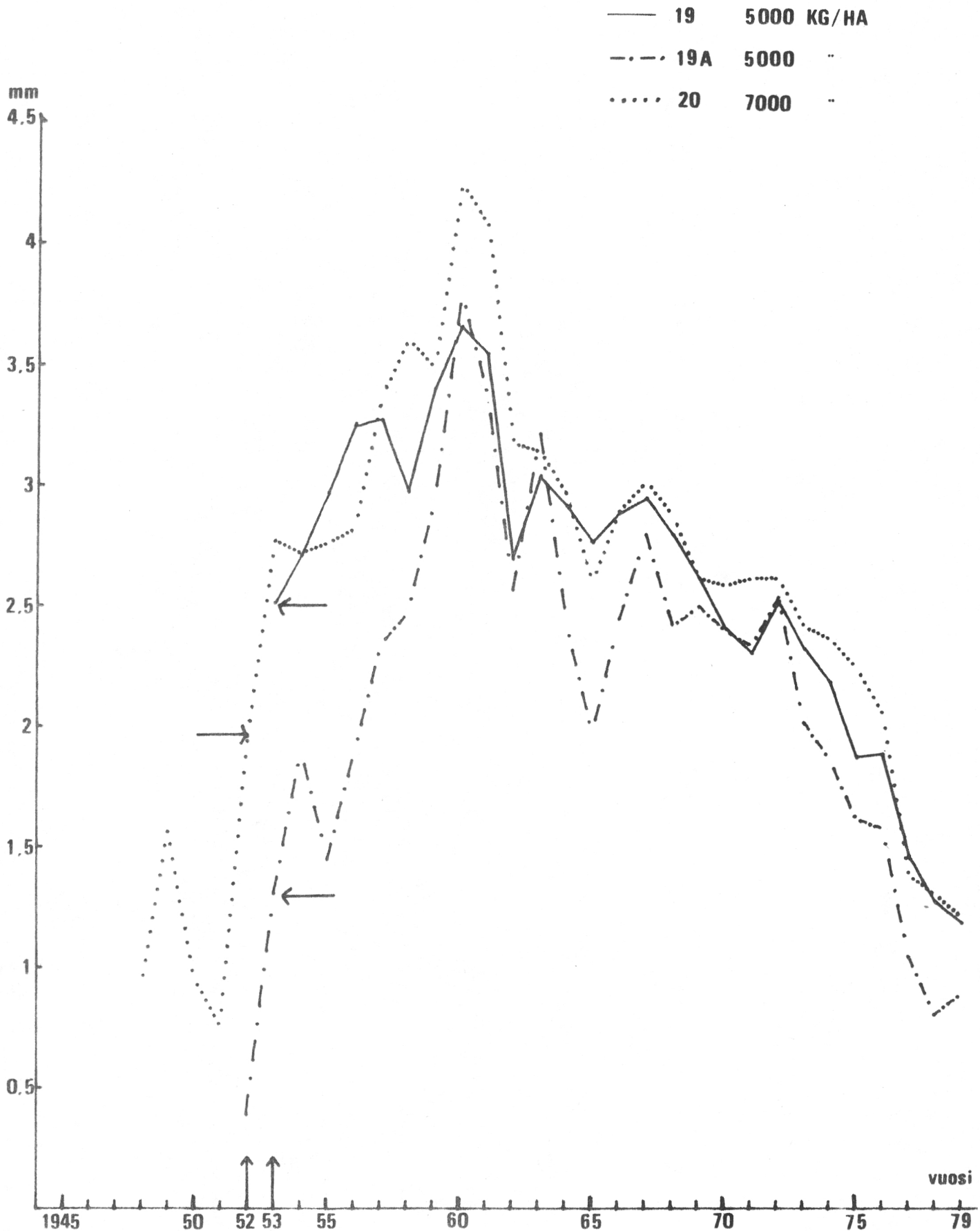
Pirttinevan pääpuulaji on mänty, koivua on kuutiomäärästä noin 6-15 %. Valtapuusto on ylitiheää, lisäksi ruuduilla on pieniä kuusialikasvosryhmiä ja koivunvesoja ja pajuja, joten ruudut olisivat kiireellisen harvennuksen tarpeessa. Tiheys ei ole nopeuttanut luontaista karsiutumista ja lumivauriot ovat yleisiä, jopa niin pahoja, että on syntymässä selviä aukkoja.

Nollaruutu 25 on lähes puuton, karhun- ja rahkasammalen peittävä aukko. Muutamia n. 8 m pituisia mäntyjä esiintyy rykelmänä.



Kuva 10. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu (mm) Pirttinevan 18-23 ruuduilla.

PIRTTINEVA . SÄDEKASVU



Kuva 11. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu (mm)
Pirttinevan 19-20 ruuduilla.

Männyt ovat huonokuntoisia ja neulaset ruskettuneita. Lisäksi ruudulla on vielä pienikokoisia hieskoivuja.

Kuten taulukosta 3 (s.16) näkyy, vaihtelevat lannoitettujen ruutujen kuutiomäärät 104-140 k-m³/ha välillä. Vaihtelussa ei ole mitään säännönmukaisuutta. Saman vuoden saman lannoitustason kokeessa ero on yli 20 k-m³. Alkupuusto on ollut sama 0 kaikilla.

Pirttinevalla ei ole vertailukohtana 0-ruudun sädekasvukäyrää (ks. kuva 10), koska nevan metsittäminen on täysin epäonnistunut ilman lannoitusta muutamia yksittäisiä puita lukuunottamatta.

Myös harvoilla lannoitetuilla ruuduilla on puusto saavuttanut rinnankorkeuden ennen lannoitusta, joten sädekasvun lähtötaso käy ilmi vain parilla ruudulla, joilla se on noin 1 mm.

Pirttinevalla sädekasvun huiput ajoittuvat 8 vuoden päähän lannoituksesta, ja ne ovat suuria, 4 ja 5 mm:kin ylittäviä 7000 tuhkakilon tasolla. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu koko lannoitusaikana vaihtelee Kurussa 2.22-2.95 mm välillä. Suurin sädekasvu on 7000 kilon ruuduilla, mutta erot eivät ole suuria, ja käyrien kääntyessä laskuun tasoittuvat loputkin erot. 70-luvun puolivälistä lasku on ollut jyrkkää.

Yksittäisistä tapauksista mainittakoon ruutu 21, jolla on ollut poikkeuksellisen suuri sädekasvu kuuden vuoden kuluttua lannoituksesta noin kolmen vuoden ajan. Ruudulla 19 on ensimmäinen mitatuksi saatu sädekasvu ollut korkea: 2,5 mm. Muita kovin suuria poikkeuksia ei ole, vaan käyrät noudattelevat samantyyppistä trendiä, vaikka esim. ilmastollinen vaihtelu ei ole

niin selvää kuin Vilppulassa.

Viimeisenä mittausvuonna 7000 kilon ruutujen sädekasvun arvot liikkuvat välillä 1,1-1,64 mm ja 5000 kg/ha 0,89-1,22 mm. Pirttinevalla lannoituksen vaikutus sädekasvuun on ollut voimakas ja lyhytaikainen; sädekasvu on pysytellyt 2 mm:n yläpuolella n. 20 vuotta ja sen jälkeen laskenut nopeasti.

Taulukko 10. 1 = keskimääräinen sädekasvu ennen lannoitusta
2 = "- "- lannoituskautena

Nro	1	2	Nro	1	2
	l/100 mm/v.			l/100 mm/v.	
18	92	226	20	105	279
19	-	259	21	-	295
19A	-	222	22	-	253
			23	-	277

422. Ravinteet ja turpeen ominaisuudet

Pirttinevan koeruudut ovat tyypiltään sangen lähekkäisiä, mutta johtuen ilmeisesti eri aikoina annettujen erilaisten tuhkaerien ravinnesisällöistä, vaihtelevat analysoidut ravinnemäärät ruuduilla sangen paljon (ks. taulukko 6 ja kuva 7).

Ammoniumtyppeä on vain muutama prosentti kokonaistypestä, ja myös Ntot-% on C- ja SC-turpeiden keskimääräistä pitoisuutta pienempi (HEIKURAINEN 1980). Helppoliukoista fosforia on ruuduilla erittäin vähän. Kalista on suurin osa vaihtuvaa, mutta useilla

ruuduilla totaalikalialia on alle 100 kg/ha. Eniten pääravinteita löytyy ruudulta 21, jolla on myös voimakkain keskimääräinen sädekasvu.

Edellä lueteltujen ravinteiden kohdalla 0-ruudut eivät merkittävästi poikkea lannoitetuista. Ainoastaan kalsiumia on tuhkalannoitetuilla huomattavasti enemmän kaikilla ruuduilla 0-ruutuihin verrattaessa. Näyttää siis siltä, että tuhkalannoituksen vaikutus ravinnemääriin on loppunut alueella alle 30 vuodessa lähes kaikkien ravinteiden osalta ja erityisen selvästi ruuduilla 19A, 20 ja 22, jotka ovat useiden ravinteiden kohdalla samalla tasolla kuin 0-ruudutkin.

pH-arvot ovat tasaisia Pirttinevalla. Ne liikkuvat välillä 4,2-4,9 20 cm:n pintakerroksessa. Kummallakin nollaruudulla pH on tulosten alhaisimpia.

Yleensä happamuus pienenee syvemmälle mentäessä (HEIKURAINEN 1980), mutta tässä se on tuhkalannoituksen vuoksi suurentunut 20-40 cm:n kerrokseen mentäessä, jossa se vaihtelee välillä pH 3,68-3,94. Sekä suurin että pienin arvo löytyvät 5000 kilolla lannoitettujen joukosta. Siitä että pH:n pinta-arvot ovat suurempia kuin syvemmällä, voitaisiin tehdä johtopäätös, että tuhkalannoitus vaikuttaa edelleen happamuuteen, mutta seikan asettaa kyseenalaiseksi se, että myös lannoittamattomilla ruuduilla arvot ovat samoin päin. (Huomioitava olisi kuitenkin myös se, että eri kerrosten pH analyysi suoritettiin eri laboratorioissa, joskin samaan aikaan.)

Pirttinevan yleisin turvelaji on alueen suotyypeille ominainen sara- tai rahkasaraturve. Syvemmällä saattoi rahkaisuus olla saraisuutta voimakkaampi turvetekijä.

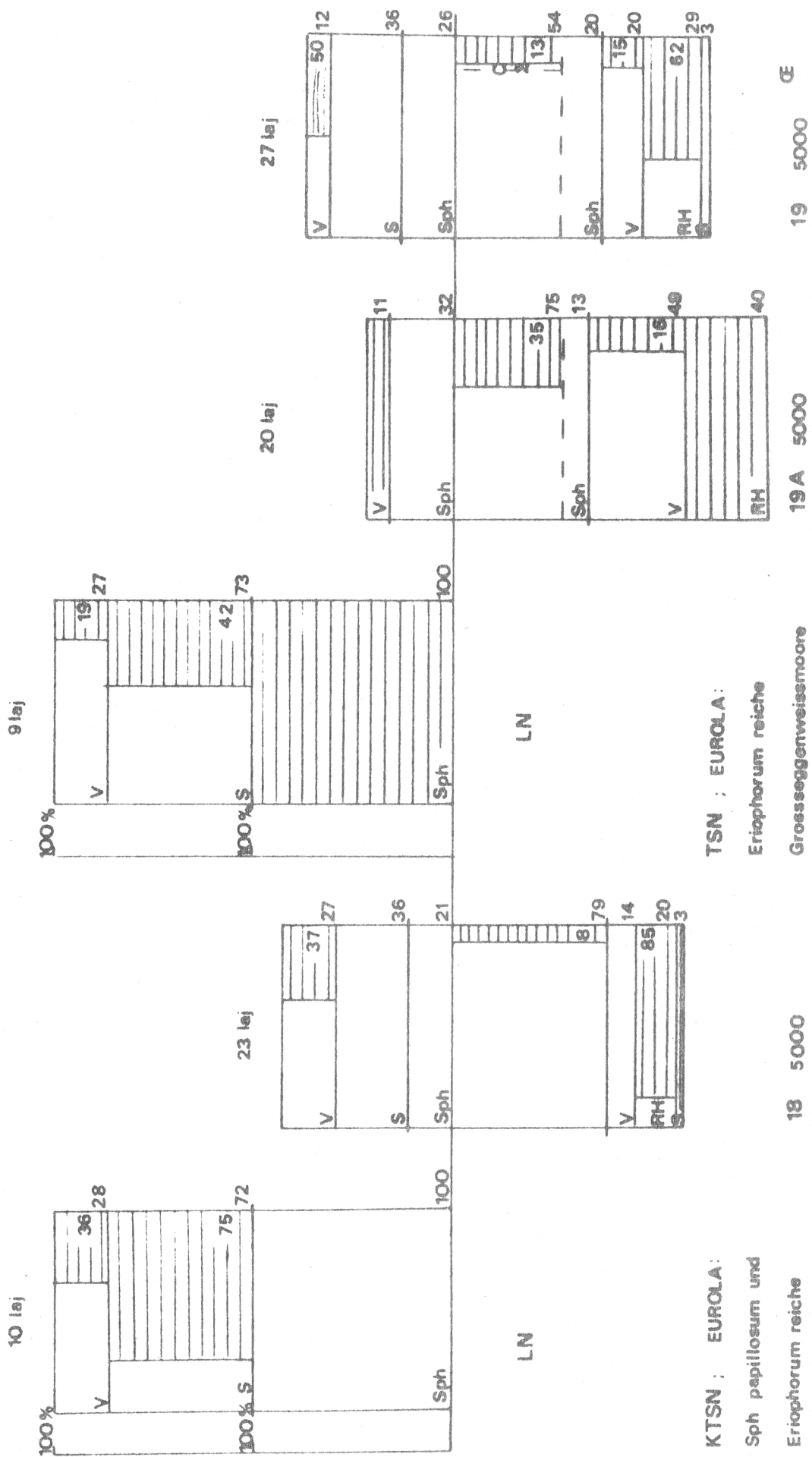
Maatuneisuuslukemat olivat hyvin tasaisia, välikerroksia ei ollut eikä nopeita astehyppäyksiä. Saman asteen kerrokset olivat paksumpia kuin Vilppulan ruuduilla, pinnasta 40 cm:iin vaihtui H korkeintaan 5 astetta, kun muualla oli 8 asteenkin muutos.

5000 kg/ha lannoitetut ruudut olivat pinnalta heikommin maatuneita kuin 7000 kg/ha saaneet, jotka ruudut olivat lähes täsmälleen samanlaisia. Syvimmillä H6 asteen olivat saavuttaneet kaikki muut paitsi toinen 0-ruutu ja yksi 5 tonnin ruuduista. Lisäksi 19A (5 tn) oli 40 cm:n syvyydessä jo H7.

423. Kasvipeite

Kurun Pirttinevan ensimmäinen ruutu 18 on alunperin kalvakkatupasvillasaraneva, jota vastaa Eurolan *Sph. papillosum* Grossseggenweissmoore ja siitä *Eriophorum reiche* muoto. Tyypillä ovat luonnontilaisella suolla sammalista vallitsevimpia *Sph. papillosum* ja *angustifolium* (63 ja 31 %), kenttäkerroksessa *Carex rostrata* (54 %) ja *Eriophorum vaginatum*. Mesotrofien lajien osuus on sangen suuri kenttäkerroksessa.

Ojituksen ja lannoituksen ansiosta sarat ovat hävinneet, muut alkuperäiset lajit ovat säilyneet ja esim. tupasvilla ja variksenmarja ovat kasvattaneet osuuttaan. Uusia lajeja ovat *Vaccinium* sp. ja *Rubus* sp. sekä mesotrofit *Calamagrostis arundinacea* ja *Epiolobium angustifolium*. Sammalkeksessä ovat *Aulacomnium*,



Kuva 12. Kasviryhmiin peittävyysprosentit kenttä- ja pohjakerroksessa luonnontilaiseen malliin verrattuna Pirttinevan 18 ja 19, 19 A koeruuduilla. Selitykset s.32 ja 33.

Dicranum sp., Polytricum commune ja strictum, Cladonia sp. sekä 48 %:n osuudella Pleurozium. Ruutu on melko pitkällä muuttumavaiheessa.

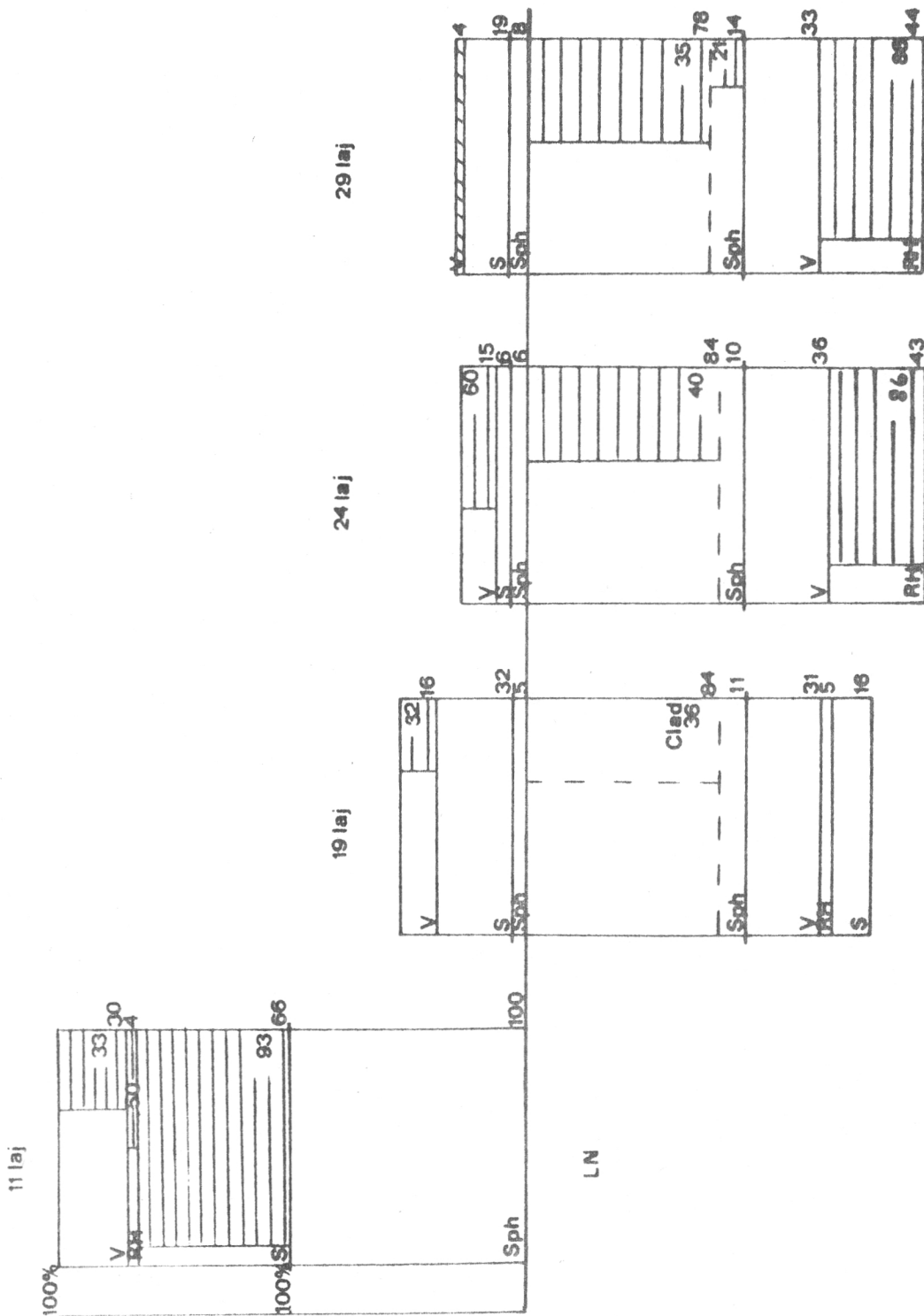
19 ja 19A ovat tupasvillasaranevoja ja Eurolan malli on tällöin Eriophorum reiche Grosse Seggenweissmoore, jolla mesotrofi Sph. fallax peittää sammalkerroksen 100 %:sti. Kenttäkerroksessa ovat tärkeimmät lajit Andromeda, Eriophorum vaginatum ja Carex rostrata.

Rahkasammalia on jäljellä kummallakin, ja uusiksi sammaleiksi on ilmestynyt samoja lajeja kuin edellisellä ruudulla.

Kenttäkerroksessa 19:lla muutos vähäisempi, 19A:lle on tullut erittäin runsaasti mesotrofeja ruohoja, joskin kokonaislajimäärä on pienempi sillä kuin 19:lla. Kumpikin ruutu on muuttuma-asteella.

Seuraavana Pirttinevalla ovat kalvakkasaranevat, joihin kuuluu ainoa vertailukelpoinen lannoittamaton ruutu. Näitä vertaillaan Eurolan Sph papillosum reiche Grosse Seggenweissmoore-tyyppiin, jolla sammalista ainoa merkittävä on Sph. papillosum. Kenttäkerroksen peittävimmit lajit ovat C. rostrata (58 %) ja Andromeda ja Vaccinium oxycoccos.

Nämä kolme lajia ovat myös edelleen jäljellä. Nollaruudulla 25 uudet ovat oligotrofeja suokasveja. Kaikilla ruuduilla suurin osa lajistosta on vaihtunut, lannoitetuilla mesotrofit lajit peittävät lähes puolet alasta ja erityisesti ruohot ovat kasvattaneet osuuttaan.



KSN ; EUROLA :

Sph papillosum reiche

Grosseggenweissmoore

Kuva 13. Kasviryhmiin peittävyysprosentit kenttä- ja pohjakerroksessa luonnontilaiseen malliin verrattuna Pirttinevan 21,22 ja 25 koeruuduilla. Selitykset s. 32 ja 33.

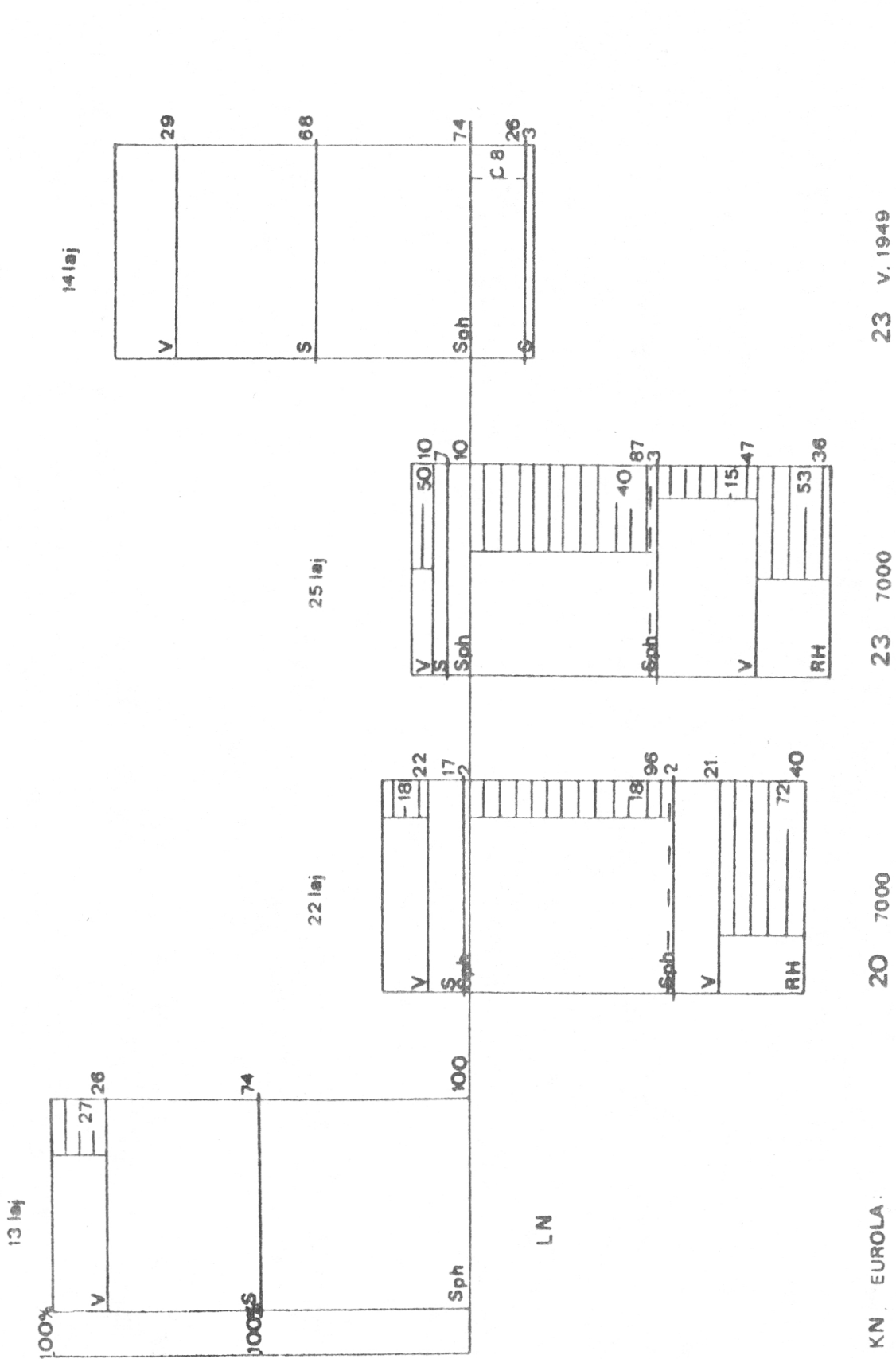
Edellisten ruutujen sammalkerroksessa uusista sammallajeista ei Pleurozium tällä kertaa ole kovin voimakas, sen sijaan karhun-sammalet ja Hylocomium splendens ovat vallanneet alaa.

Viimeisenä Pirttinevalta on Eigentliche Sph. papillosum Weiss-moore-tyyppin kalvakkanevat. Sph papillosum ja balticum kuuluvat luonnontilaisen suon tärkeimpiin sammaliin. Kenttäkerroksesta on mainittava Empetrum ja Eriophorum vaginatum. Ruudulta 23 on analyysi ennen lannoitusta vuodelta 1949. Tuolloin uusia lajeja Euroolan malliin verrattuna ovat vain Pol. strictum ja Cladonia sp. - ojituksen vaikutustahan ruudulla oli silloin ehtinyt kestää 15 vuotta.

Kolmekymmentä vuotta myöhemmin ruuduilla 20 ja 23 lajisto on lähes täydelleen muuttunut ja kasvanut lukumäärältään. Vanhoja rahkasammalia on 10-20 %, uusia aivan mitätön osuus.

Kangasmaan sammalet ovat täälläkin nyt tärkeimmät. Joitakin varpuja on ilmestynyt lisää, mutta merkittävin uusi ryhmä on jälleen kerran mesotrofit ruohot, joita nimetään taulukossa 11.

Kaikilla ruuduilla, myös lannoittamattomalla, kasvilajisto on erittäin voimakkaasti uusiutunut. Omassa tyyppiryhmässään 0-ruutu on kuitenkin selvästi muuttunut vähemmän kuin lannoitetut. Tuhkalannoitus näyttää siis täälläkin nopeuttaneen muutosprosessia. Myös 7000 kilon ruuduilla lajisto on yleensä vaihtunut hieman enemmän kuin 5000 kilon ruuduilla.



KN EUROLA: 20 7000 23 7000 23 v. 1949

Eigentliche Sph papillosum

Weissmoore

Kuva 14. Kaviryhmien peittävyysprosentit kenttä- ja pohjakerroksessa luonnontilaiseen malliin verrattuna Pirttinevan 20 ja 23 koeruuduilla. Selitykset s. 32 ja 33.

TAULUKKO 11. Pirttinevan ruutujen eräitä peittävimpiä kasveja % pinta-alasta; sekä läytyneet tuhkalaji tai korkean pH:n kasvit (x=esiintyi, ei edes 1% peittävyttä) 1979.

	18	19	19A	20	21	22	23	25
<i>Vaccinium uliginosum</i>						9		16
<i>Empetrum nigrum</i>	14		15	14	15			
<i>Rubus chamaemorus</i>							17	
<i>Eriophorum vaginatum</i>	36	13		17		19		32
<i>Carex pauciflora</i>		23						
<i>Scirpus caespitosus</i>								16
<i>Calluna vulgaris</i>						12		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>			19	17	15		36	
<i>Pleuroxium schreberii</i>	48	25		30	10	14	30	
<i>Aulacomnium palustre</i>		20		19	24			
<i>Polytrichum strictum</i>	14		20	19		21	11	51
" commune			26		30	32	32	
<i>Cladonia</i> sp								30
<i>Sphagnum angustifolium</i>	17	20						
<i>papillosum</i>			32					
<i>Epilobium angustifolium</i>	14	6	21		13			
<i>Dryopteris carthusiana</i>						x		
<i>Linnaea borealis</i>				x				
<i>Lycopodium</i> sp					x	x		
<i>Pyrola</i> sp	x	x	x	x	x		x	
<i>Trientalis europaea</i>				x	x			

Meso- ja eutrofisten lajien osuus on moninkertainen lannoitetuilla luonnontilaisiin ja lannoittamattomaan verrattaessa. Rahkasamalia esiintyy ruuduilla vielä sangen yleisesti. Tuhkalajeja ja korkean pH-tason kasveja löytyy tuhkaruuduilta useita lajeja, joskin ainoastaan maitohorsman peittävyys on useamman prosenttiyksikön.

Puusto on joka koeruudulla erittäin kasvuisaa ja tiheää, mutta kun ottaa kasvillisuudesta melko runsaan suokasvien osuuden huomioon, on ruudut luokiteltava muuttuma-asteelle ja vertailuruutu puuttomuutensakin vuoksi jää ojikoksi. Ajallisestihan ensimmäisistä ojituksista on kulunut pitkä aika, mutta metsittymisen aikaansaaneesta lannoituksesta vasta n. 30 v.

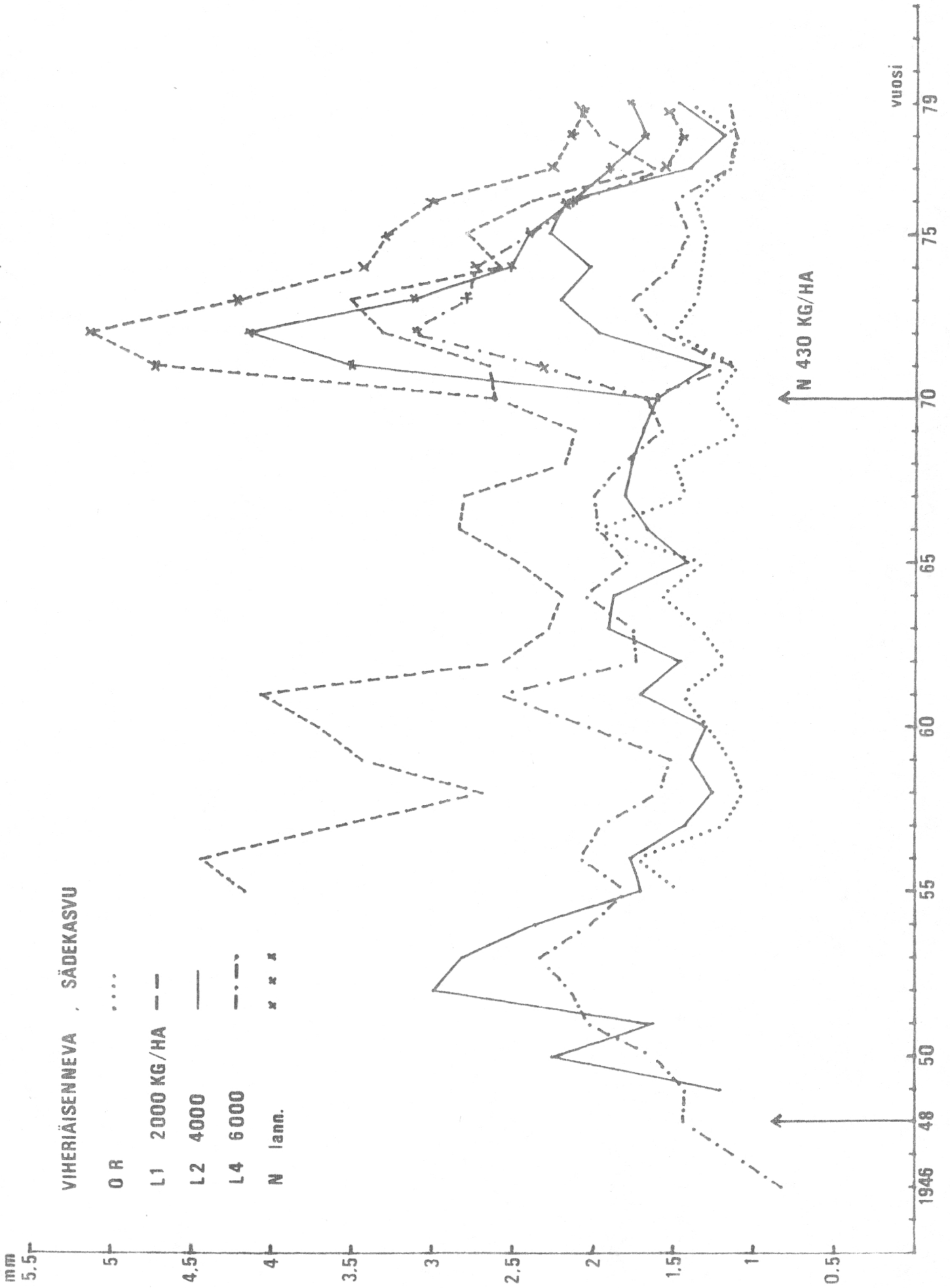
43. Ruovesi

431. Puuston kehitys ja kasvu

Ruoveden Viheriäisennevalla tuhkalannoituskoe on perustettu 17 vuoden kuluttua viimeisimmästä ojituksesta. Ruuduilta on hakattu pois vanhat rämemännyt ja alue on jätetty metsittymään luontaisesti.

Tuhkalannoituksessa on käytetty 3 eri lannoitemäärää: 2, 4 ja 6 tn/ha. Lisäksi samana vuonna -70, kun ruuduille on kaivettu naverot jakamalla ruudut 4 yhtä suureen osaan, on niille levitetty tyyppiä (oulunsalpietaria) 400 kg/ha kahdelle ristikkäiselle neljäsosalle.

Parhaiten on menestynyt 2 tn/ha saanut L1 ruutu. Sen puusto on sangen tasaista 2 kehitysluokkaa, pituuskasvu on ollut hyvää



Kuva 15. Keskimääräinen vuotuinen sädekasvu Viheriäisennevalle.

hidastuen vasta noin kolmena viimeisenä vuonna. Tuhkalla ja tyvellä lannoitettujen nurkkien kuutiomäärä on $65 \text{ m}^3/\text{ha}$ ja poistuma on alle $10 \text{ m}^3/\text{ha}$. Pelkästään tuhkalla lannoitettujen ruudun osien kuutiomäärä on parikymmentä vähemmän, puusto on pienempää eikä koivua ole kovinkaan paljon lisäämässä runkolukua. Ruudun puiden vanhemmissa neulasissa ilmenee aivan lievää kloroosia.

L2:n tuhkalannoitettujen ja tuhka- ja typpilannoitettujen osien tuotos on vain noin $30 \text{ m}^3/\text{ha}$. Ruutu on ollut hyvin aukkoinen, mutta typpilannoituksen jälkeen sille on noussut tiheä taimisto, n. 3500 kpl/ha (1-4 cm dl, 3 ja vähintään 1,3 m pitkiä; katso taulukko 3); myös typpettömällä kulmilla on tapahtunut sama ilmiö. Neulasten kloroosi on hyvin voimakas, se on osittain kehittynyt jo nekroosiksikin.

L4:lle on ollut tarkoitus levittää tuhkaa $6000 \text{ kg}/\text{ha}$, mutta levitys on tapahtunut erittäin epätasaisesti, ja puustosta on tullut aukkoinen ja maastossa on huomattavissa selvät mätäs- ja painanne-muodostelmat. Suuria susipuita kasvaa mättäillä, joilla lisäksi on 1 m pituisia taimia, painanteissa niiden pituus on vain 20 cm. Täälläkin löytyy kloroosia, lisäksi neulaset ovat lyhyitä. Hirvet ovat syöneet ja katkoneet latvoja L2 ja L4 ruuduilla.

Typettömien kulmien kuutiomäärä on L4:llä $6 \text{ m}^3/\text{ha}$ suurempi kuin tuhkan lisäksi tyypeä saaneiden tuotos eli 23 ja $29 \text{ m}^3/\text{ha}$. Sädekasvun lähtötaso ei käy ilmi kuin yhdessä tapauksessa. Kuten puuston perusteella sopii odottaakin, on L1:n sädekasvu suurin, parhaimmillaan se on yli 2 mm suurempi kuin muilla. Kuiden tonnin ruudun kasvu on ensin ylittänyt 4 tonnin ruudun, mutta

jäänyt huonoimmaksi jo 8 vuoden kuluttua lannoituksesta.

Tuhkan vaikutus heikkenee selvästi jo 15 vuoden kuluttua, jolloin lannoittamattoman ja L1:n sädekasvujen ero ei ole kuin reilut puoli millimetriä.

Suohan on trofiatasoltaan alhaista, erityisesti typpiköyhää lyhytkortista nevaa, ja tuhkalannoituksen jälkeen typpilannoitus parantaa uudelleen kasvua. N-lannoitukseen puusto reagoi nopeasti ja voimakkaasti. L1:llä kasvu parani yli 5 mm:iin/v ja L2:lläkin yli 4 mm:n. L4 N yltyi miltei samaan kuin L1:n tyytetön osa. N-lannoituksen vaikutus väheni voimakkaasti 8 vuodessa. Viimeisenä mittausvuonna 1979 L1:n kumpikin osa oli samalla tasolla, L2 ja L4 ruutujen N-osien kasvu oli suurempi kuin ainoastaan tuhkalannoitettujen. L4 tyytetömän kasvu jäi vielä L0:kin alapuolelle. Kaikki sädekasvun viimeiset arvot liikkuivat 1 mm:n vaihteluvälillä 2,1 mm/v huippuna.

Sädekasvu oli suunnilleen sama kuin lähtötasollakin, vain N-lannoitetuilla osilla puoli milliä suurempaa.

Taulukko 12. Keskimääräiset sädekasvut Viheriäisennevalla
1) ennen lannoitusta, 2) lannoituskautena (tuhka)
ja 3) N-lannoitetut kulmat (+tuhka) v:sta -70
1/100 mm.

	1	2	3
	$\frac{1}{100}$ mm/v		
L0	134		
L1		273	336
L2		171	258
L4	88	177	222

Tämä Viheriäisennevan tulos vahvistaa käsitystä, että typpiköyhällä suolla tuhkalannoituksen vaikutus on vähäinen.

Koska tuhka sisältää erittäin vähän itsessään typpeä, mutta sen sijaan runsaasti fosforia ja kaliumia, saattaa epätasapaino vain pahentua tuhkalannoituksen myötä. Selityksenä L1 ruudun parhaimmalle tulokselle vähäisimmällä tuhkamäärällä on se, että ruutu on muita parempi minerotrofinen LkKN, muut ovat alkuperäiseltä tyypiltään ambrotrofisia rahkamättäisiä LkN.

432. Ravinteet ja turpeen ominaisuudet

Kokonaistyppimäärät ovat Viheriäisenevalla erittäin alhaiset, ainoastaan 500-1200 kg/ha, kun muilla alueilla ne ovat useita tuhansia kiloja. Ammoniumtyypen määrä sen sijaan on keskimäärin sama kuin esim. Pirttinevalla. Kokonaistyppiprosenttiarvot ovat kuitenkin vieläkin parempia kuin vuotta ennen lannoitusta. Typpilannoitettujen ja vain tuhkalannoitettujen ruutujen osien kokonaistyppimäärissä ei ole merkittäviä eroja (Taulukko 6, s. 25).

Helppoliukoista fosforia on ruuduilla hyvin vähän, vaihtuvaa kaliumia taas keskimäärin eniten kaikista alueista, samoin totaali kaliumia. Kalsiummäärät ovat alhaisia verrattaessa niitä yleensä tuhkalannoitetuilla alueilla oleviin määriin. Ruutuja keskenään verrattaessa voi huomata, että 6000 kg/ha tuhkaa saaneella ruudulla on eniten typpeä ja fosforia, mutta eniten kalsiumia 2000 kg/ha ruudulla.

Tuhkalannoituksen vaikutus näkyy vielä ravinnemäärissä, sillä lannoittamattoman alueen kaikki ravinnemäärät ovat selvästi pienempiä kuin lannoitettujen.

Viheriäisennevalta on mitattu pH vuotta ennen lannoitusta, ja silloin arvot vaihtelivat välillä 3,74-4,06. Nyt lannoittamattoman osan pH oli 3,9, koeruuduilla 3,8-4,3. Korkein pH on puustollisesti parhaiten menestyneellä L1 ruudulla, jolla sen ero entiseen tasoon on vielä huomattavissa, muilla ruuduilla on ero 30 vuodessa kaventunut merkityksettömäksi, eli tuhkalannoituksen vaikutus pH:n ei enää näy kuin yhdessä tapauksessa.

Lyhytkortisten nevojen tyypillinen turvelaji on rahkaturve. Tässä tapauksessa turpeessa oli niin runsaasti tupasvillan jäänteitä, että se luokiteltiin ErS-turpeeksi. Aikaisemmin Viheriäisennevalla on tehty turveanalyysi v.1947. Silloin maatuneisuusarvoiksi saatiin seuraavat: L1 ErS H 1-4, L2 ErS H 2-3, L4 ErS H 5.

Nyt koeruutujen ulkopuolelta määritelty turve oli pinnasta H 2 sekä näytteen syvemmältä kohtaa 40 cm:ssä H 5 astetta. Siis melko samassa pisteessä kuin muut ennen lannoitusta. Nyt lannoitettujen ruutujen H:ksi määriteltiin seuraavat, pinnasta 40 cm:iin: L1 H 2-6, L2 H 3-8, L4 H 4-8 (s.28).

Muutosta on tapahtunut siis 1-2, 1-5 ja 0-2 astetta. Eniten tuhkaa saanut ruutu oli kaikkein maatunein. Typettömien ja tuhkaa ja typpeä saaneiden osien välillä ei ollut eroja edes pinnassakaan, mutta se ei ollut odotettavaakaan, koska maatumisprosessi on hidasta eikä 9 vuotta merkitse vielä mitään.

Tutkittiin onko mahdollista, että tuhkalannoitus nopeuttaisi maatumista. Tuhkalannoituksen yhteydessä turpeen pH nousee huomattavasti, mutta lähinnä 10 cm:n pintakerroksessa, lähelle hajotajien, pieneliöiden ja mikrobien optimia (KARSISTO 1979), jolloin niiden toiminta ja määrä lisääntyvät (HUIKARI 1953). Happamuutta pienentävä Ca lisääntyy myös tuhkalannoituksessa. Maatuneisuus, pH ja kalkkimäärä suurenevät normaalisti syvemmälle mentäessä. Näin saadaan vastaavuutta maatuneisuuden ja pH:n välille. Tuhkalannoitus aiheuttaa sen, että pH ja Ca-pitoisuus ovat suurimmillaan pinnassa. Tämä on huomioitava, kun pH:n ja maatuneisuutta ilmaisevan H:n välille lasketaan korrelaatiokerroin eli siitä tulee negatiivinen. Korrelaatiot laskettiin koko aineistolle yhtäikaa, joten nämä tulokset esitellään nyt viimeisen ravinnekappaleen yhteydessä. Nollaruutujen pinnassa ja syvemmällä, ja lannoitettujen syvemmällä syntyy selvä korrelaatio: 0,67 eli pH:n noustessa myös H nousee. Lannoitettujen ruutujen pinnassa se on vain 0,14. Happamuudet pinnassa vaihtelevat välillä 5,5-3,68 ja maatuneisuudet välillä 1-7, joten tämän perusteella vähäinen korrelaatio on ymmärrettävissä.

Kun annettiin tuhkalannoitusmäärille arvot 5, 7 jne. vastaten tuhatta kiloa tuhkaa ja laskettiin korrelaatio lannoitustasojen ja maatuneisuuden välille, saatiin kertoimeksi tuskin merkitsevä +0,2. Saattaa kuitenkin olla, että tuhka jonkun verran nopeuttaa maatumista. Puuston kasvun, karikkeiden ja kasvipeitteen muutosten myötä tuhkalannoitus vaikuttaa myös pintaturpeen laatuun.

433. Kasvipeite

Viheriäisennevalta on kasvipeiteanalyysi ennen lannoitusvuotta 1948 sekä SARASTON tutkimus vuodelta 1962. Tärkeimmät lajit vuonna 1947 ovat olleet:

Sph. fuscum	Empetrum nigrum
balticum	Eriophorum vaginatum
papillosum	Rubus chamaemorus
Myhlia anomala	Scirpus caespitosus
Cladonia sp.	

Lajeja kaikkiaan 12 kpl

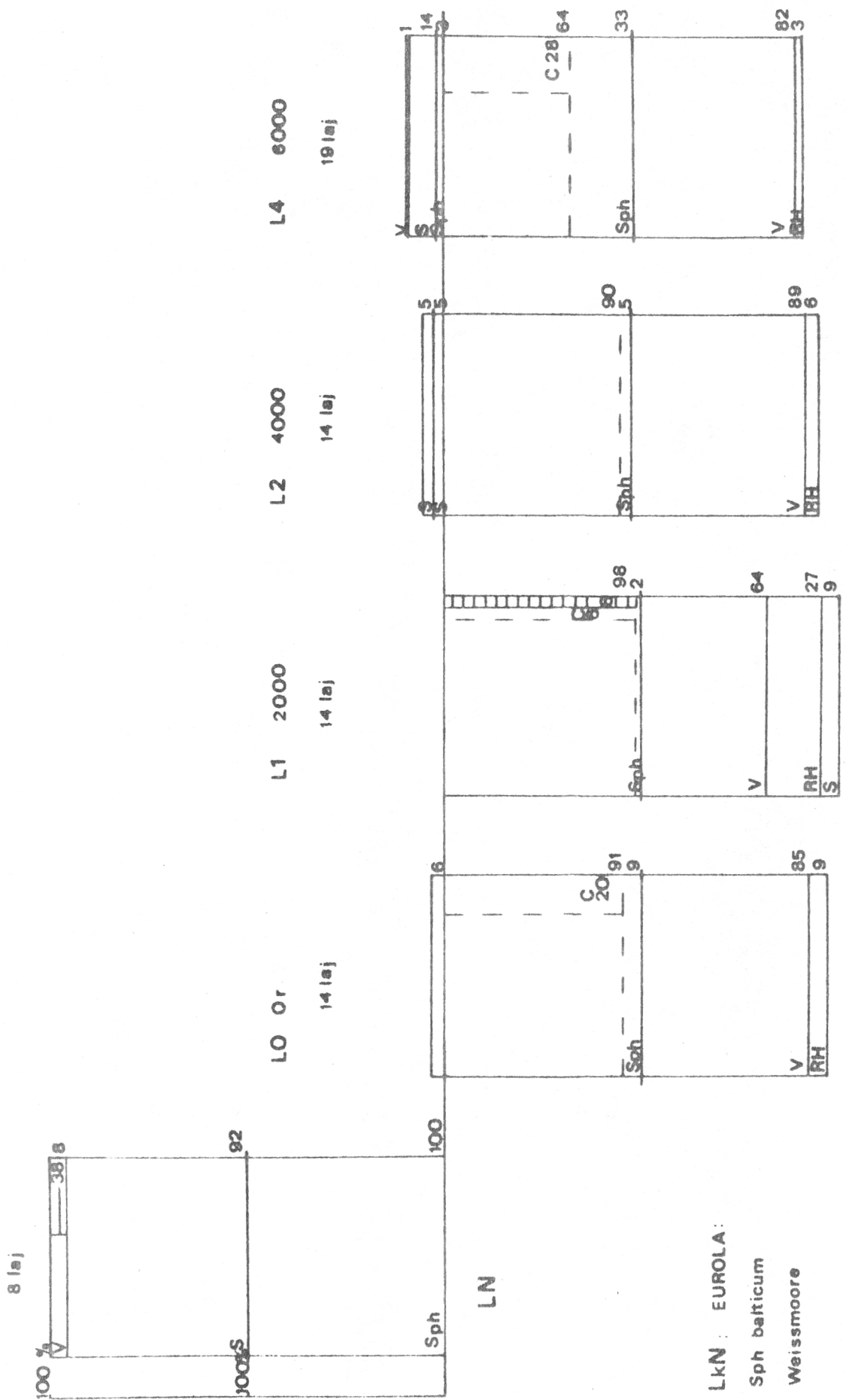
Saraston tutkimuksessa 15 vuotta myöhemmin rahkasammalet ovat kasvattaneet osuuttaan lannoittamattomalla osalla; lannoitettujen ruutujen tasapinnoilta ne ovat täysin hävinneet, mätäspinoilla niiden osuus on 30 %. Lannoittamattomalla lajimäärä on 11, lannoitetuille uusia lajeja on ilmestynyt 24 kpl. Empetrum ja Rubus ovat rehevöityneet.

Varsinaisia tuhkalajejakin on tullut koeruuduille:

Polytrichum gracile	Epilobium angustifolium
Marchantia	sekä esim. meso-eutrofi rahkasammal
Pohlia	Sph. Warnstorffianum
Ceratodon	

Aulacomnium on ollut voimakkain sammal, mutta melkein yhtä runsaina Tomentypnum nitens ja Helodium Blandowii. Vuonna 1979 ei ruuduilta enää löydy tuhkalajeja tai korkeamman trofian kasveja kuin koealalta L1 pari lajia. Peittävimmit lajit ovat seuraavan sivun taulukossa.

Rahkasammalia on eniten L2 ja L4 ruutujen tytettömissä kulmissa, muuten eivät N-lannoitetut ruutujen osat merkitsevästi poikkea lainkaan muista, sielläkin Pleurozium on vallitsevin sammal ja Calluna vulgaris runsain kenttäkerroksen laji.



Kuva 16. Kasviryhmiin peittävyysprosentit kenttä- ja pohjakerroksessa luonnontilaiseen malliin verrattuna Viheriäisennevan koeruuduilla. Selitykset s. 32 ja 33.

Taulukko 13. Viheriäisennevan ruutujen peittävimät lajit
% kokonaispeittävydestä. Tuhka ja N-lannoitetut osat yhd.

	L1	L2	L4	LO
<i>Empetrum nigrum</i>				
<i>Rubus chamaemorus</i>	27			
<i>Vaccinium uliginosum</i>	51	10	51	
<i>Calluna vulgaris</i>		68	22	66
<i>Pleurozium schreberii</i>	54	82	31	73
<i>Aulacomnium palustre</i>	30	7		
<i>Sphagnum cuspidatum</i>			20	9
<i>Cladonia</i> sp			18	18
<i>Helodium blandowii</i>	x			
<i>Ptilium crista-castrensis</i>	x			
<i>Sorbus aucuparia</i>	x			

Lyhytkortisen nevan alkuperäisenä mallina on Eurolan *Sph.balticum* Weismore. Lajeja on vähän, sammalistossa dominoi nimikko-rahkasammal, kenttäkerroksessa tupasvilla, karpalo ja suokukka. Vuonna 1979 lajisto on L1:llä kokonaan muuttunut, rahkasammalien osuus on pienin ja mesotrofejakin esiintyy.

Käsittelemätön osa on muuttunut seuraavaksi eniten, ja verrattaessa sitä L2 ja L1:ään voidaan taas päätellä, että ojituksella on voimakkaampi vaikutus kasvillisuuteen kuin lannoituksella. L4:llähän on tapahtunut jo aiemminkin mainittu huono tuhkan levittäminen ja sitä myötä huono metsittyminen; ruudulla on eniten esim. rahkasammalia.

Vaikka lajisto on uusiutunut, ovat uudetkin lajit suokasveja, eikä missään tapauksessa voida puhua turvekankaasta.

L0 ja L4 ovat vielä ojikon ja muuttuman rajamailla, L2 on tiheän taimistonsa ansiosta selvä muuttuma, ja L1 parhaiten kehittyneenä alkaa saada turvekankaan piirteitä.

Kuitenkin esim. SARASTON (1957) mukaan LkN:n muuttuminen Sph.-Ledum kasvuston kautta jäkäläturvekankaan kaltaiseksi Cladonia-Ledum kasvustoksi veisi Etelä-Suomessa 90 vuotta.

5. TULOSTEN TARKASTELUA

Lähes kaikista nytkin tutkittavana olleista kokeista voitiin huomata, miten tuhkalannoituksen vaikutusaika on moninkertainen keinolannoitteisiin verrattuna.

Jaakkoinsuolla tuhkalannoituksen vaikutus näkyy vielä 40 vuodenkin jälkeen selvästi puuston yleistilassa ja pituuskasvussa. Sädekasvu on huonontunut, mutta esim. Paavilaisen (1972) mukaan ainakin typpilannoitteiden ollessa kyseessä sädekasvu heikeneekin ensin pituuskasvun vielä jatkuessa.

Kaakkoinsuon koivukoeruudun huono tila ja sädekasvun nopea huononeminen 24 vuoden kuluttua lannoituksesta selittyy suurimmaksi osaksi puulajin vuoksi. Koivikon käyttämät ravinne-
määrät ovat moninkertaisia männikköön verrattuna. Se käyttää esim. typpeä 3 kertaa, fosforia 2 kertaa, kalia 2 kertaa ja kalsiumia 3,5 kertaa enemmän kuin 45 vuotias männikkö (Mälkönen 1979). Lisäksi voidaan olettaa että suurin osa karikkeiden mukana maahan palautuvista ravinteista joutuu ruutujen ulkopuolelle.

Pirttinevalla puusto on ollut lannoitushetkellä 0, ja sädekasvu on ollut hyvää 20-25 vuotta, jonka jälkeen tapahtui selvä huononeminen. Nuoressa taimistossa ei yleensä saada pitkää lannoituksen vaikutusaikaa (KARSISTO 1972). Yleistila Pirttinevalla on kuitenkin hyvä, jos ei oteta huomioon puuston ylitiheyttä.

Viheriäisenevalla ei tuhkalannoitus parhaimmillaan vaikuttanut sädekasvuun kuin 15 vuotta. Jos tuhka oli levittänyt tasaisesti kuten ruudulla L1 oli metsittyminenkin tapahtunut tasaisesti ja pituuskasvu oli vielä 30 vuoden kuluttua lannoituksesta tyydyttävää. Ratkaisevin selitys kasvun eroille on kuitenkin ruutujen trofiatasossa.

Typpilannoitus paransi sädekasvua 6-9 vuoden aikana, mutta sen vaikutuksen loputtua on kaikkien ruutujen sädekasvu lähes samalla tasolla.

Lähes kaikkia ravinteita on joka alueella lannoitusruudulla enemmän kuin vertailuruuduilla eli tuhkalannoituksen vaikutus on vielä näkyvissä.

HOLMENin (1969) mukaan tulisi turvemaiden sisältää 20 cm:n pintakerroksessa ravinteita seuraavasti "että tyydyttävä kasvu toteutuisi":

N	2000-3000 kg/ha	vähintään	1,3-1,5 %
P	150-200 "	"	0,06 %
K	100-150 "	"	0,03-0,04 %

Näin ollen tyyppiä olisi riittävästi muualla paitsi Viheriäisennevalla, jolla myös fosforimäärät ovat alarajoilla, LO:lla jo puutettakin. Kalista on lievää puutetta Jaakkoin-suon O-ruuduilla. Viheriäisennevalla sitä on riittävästi paitsi LO:lla. Pirttinevalla olisi määrien perusteella erittäin voimakas K puute joillakin ruuduilla. Huomioon on otettava että näytteet nostettiin juuri kasvukauden ollessa päättymäisillään.

Lannoituksen vaikutusaikaan vaikuttavat lähinnä seuraavat seikat: annettu ravinnemäärä, annetut ravinnesuhteet, ojitus, suotyyppi ja puuston kehitysvaihe.

Näissä kokeissa ei voida verrata kaikkia ruutuja keskenään varsinkaan tuhkamäärien ja ravinnesuhteitten osalta, koska ei olla selvillä tuhkaerien tarkasta koostumuksesta, vain siitä että se on ollut puuntuhkaa. 5000 kg/ha on ollut käytetyin määrä ja se on aikaansaanut erittäin voimakkaita reaktioita. Jaakkoin-suon XIII sarjassa toiselle on pantu 2 kertaa enemmän tuhkaa kuin toiselle, mutta kokonaistuotos ja kasvu ovat lähes samat ja kasvun kulminaatiotkin ovat tapahtuneet samaan aikaan. Viheriäisennevalla saatiin paras tulos pienimmällä tuhkamäärällä, mutta ruutu on tyyppiltään minerotrofista lyhytkortista kalvakkanevaa, toiset alueen ruudut ovat ombrotrofisia tyyppisiä. Ruotsalaisten kokeissa eteläisellä Hällmyrenillä, jolle levitettiin puuntuhkaa 3,3 tn/ha, kasvu alkoi vähetä 25 vuoden kuluttua, pohjoisella osalla jolle pantiin 12,5 tn/ha kasvu oli suurimmillaan 25 vuoden kuluttua lannoituksesta ilman merkkiäkään heikkenemisestä (MALMSTRÖM 1952).

Tämän tutkielman alueilla suotyyppien trofiataso vaihteli laajalti. Jaakkoisuuden rämeillä saatiin pitkä ja tasainen vaikutusaika, Pirttinevalla taas sädekasvun reaktio oli nopea ja voimakas. Ruotsissa Södra Abbormossenilla reaktiot olivat heikompia mutta pitkäaikaisempia kuin Norra Abbormossenilla, joka oli ravinteisuudeltaan huonompi (MALMSTRÖM 1966).

Tärkeintä ravinnetason vaatimuksissa tuhkalannoitusta käytettäessä on että suolla on typpeä, ellei haluta joutua N-lannoituskierteeseen 5-8 vuoden välein tyydyttävän kasvun aikaansaamiseksi.

Puuston kehitysvaihe on ollut alueiden sisällä sama. Reagointinopeus lannoitukseen ilmentää kehitysvaihetta. Vilppulan jo olemassa ollut puusto reagoi 2-3 vuodessa ja sädekasvun huippu saavutettiin heti; Pirttinevalla sädekasvu oli suurimmillaan noin 8 vuoden kuluttua lannoituksesta.

Kuivatusolot olivat hyvin erilaiset eri koekentillä, esim. sarkaleveys vaihteli 20-150 m välillä. Sen sijaan kunkin koekentän sisällä sarkaleveys oli sama koko alueella ja kaikkien ojien kunto samaa tasoa.

Kasvipeiteanalyysistä tarkastellessa kävi selvimminkin ilmi, että ensisijaisesti suon kehittämisessä turvekankaaksi vaikuttaa kuivatus, vaikka tuhkalannoitus jonkin verran nopeuttaa sukessiota.

Tuhkalajit tms. korkean trofiatason kasvit ilmestyvät tuhkalannoitusalueille, mutta eivät jää pysyvästi. 40 vuodessa ne olivat hävinneet lähes kokonaan Jaakkoin-suolta; Pirttinevalla niiden osuus oli muutama prosenttiyksikkö pinta-alasta 30 vuoden jälkeen. Viheriäisenevalla N-lannoituksen vaikutus kasvillisuuteen oli vähäinen, ainoastaan rahkasammalet vähenivät nopeammin typpikulmissa.

Tuhkalannoitus on saattanut jonkin verran nopeuttaa turpeen maatumista, turpeen kasvu on pysähtynyt ja hajotustoiminta vilkastunut. Myös pintaturpeen laatu muuttuu tuhkalannoituksen yhteydessä, koska aluskasvillisuus vaihtuu ja puustosta tulee karikkeita ja puuainesta.

Tuhkalannoitus saa aikaan metsittymisen sellaisillakin alueilla, joilla pelkkä ojitus ei ole riittänyt. Kasvureaktiot ovat voimakkaita, edellyttäen, että maassa on ennestään tyypeä. Tässä työssä hyvänä esimerkkinä oli Viheriäisenevan reaktiot muihin verrattuna.

Vaikutusajat ovat pitkiä, kymmeniä vuosia eli moninkertaisia keinolannoitteiden vaikutusaikaan verrattuna, mutta kuten mm. MALMSTRÖM (1952) toteaa, tuhkalannoitus ei aiheuta pysyviä muutoksia vaan toimenpide täytyy uusia.

KIRJALLISUUSLUETTELO

- AALTONEN, V. T. 1940. Metsämaa. WSOY Porvoo.
- EUROLA, S. 1062. Über die Regionale Einteilung der Sudfinnischen Moore. Suom. Eläin- ja kasvitieteellisen seuran Vanamon kasvitiet. julkaisuja 33.
- EUROLA, S. ja KAAKINEN, E. 1978. Suotyyppiopas. WSOY Porvoo.
- HEIKURAINEN, L. 1980. Metsäojituksen alkeet. Ylioppilastuki.
- HOLMEN, H. 1969. Skogsproduktion på torvmark. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens tidsskrift 108 (5).
- HUIKARI, O. 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 42.2.
- KALLIOLA, R. 1973. Suomen kasvimaanteide. WSOY Helsinki.
- KARSISTO, M. 1979. Maanparannustoimenpiteiden vaikutuksesta orgaanista ainetta hajottavien mikrobien aktiivisuuteen suometsissä. Suo 3-4.
- KARSISTO, K. 1972. Lannoituksen vaikutuksen kestoajasta suometsissä. Suo 3-4.
- KOSONEN, R. 1978. Puuntuhkalannoituskokeet. Moniste. Metsäntutkimuslaitos, suontutkimusosasto.
- LUKKALA, O. J. 1951. Kokemuksia Jaakkoin-suon koeojitusalueelta. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 39.6.
- MALMSTRÖM, C. 1935. Om näringförhållandenas betydelse för torvmarkens skogsproduktiva förmåga. Meddelanden från statens skogsförsöksant. Häfte 28.
- MALMSTRÖM, C. 1966. Skogssällskapets äldsta skogliga gödslingsförsök på dikad torvmark, och de resultat de lämnat. Skogssällskapet Styrelse- och revinionsberättelser. Verksamhetsåret 65/66.

- MALMSTRÖM, C. 1952. Svenska gödslinsförsök för belysande av de näringsekologiska villkoren för skogsväkt på torvmark. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 40:17.
- MÄLKÖNEN, E. 1979. Kangasmaitten lannoitustutkimus. Folia Forestalia 400.
- PAARLAHTI, K. 1979. Tuhkalla puhtia puunkasvuun. Artikkelii. Pellervo Nr:7.
- PAAVILAINEN, E. 1979. Metsänlannoitusopas.
- PAAVILAINEN, E. 1972. Reaction of Scots pine on various nitrogen fertilizers on drained peatlands. Seloste: Typpilannoittelajien vaikutus männyn kasvuun metsäojitetuilla soilla. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 77.3.
- PITKÄNEN, M. 1975. Kuori- ja turvetuhkan koostumus ja määrä. Oy Keskuslaboratorio. KEMIRA.
- SARASTO, J. 1957. Metsän kasvattamiseksi ojitetujen soiden aluskasvillisuuden rakenteesta ja kehityksestä Suomen eteläpuoliskossa. Acta Forestalia Fennica 65.
- SARASTO, J. 1963. Ruskosammalia lyhytkortisella nevalla. Suo 3.
- SUOMEN METEOROLOGINEN VUOSIKIRJA. 1934-1978 Ilmastohavainnot. Julk. Ilmatieteen laitos.
- TAMM, C.O. 1956. The effects of nitrogen fertilization on the growth and foliage composition in a forest stand. VI Congres Internat de la Science du sol Paris.
- KALAJA, H. Metsäntutkimuslaitos, teknologian osasto, huhtik. 1980. (Suullinen tieto).

LIITETAULUKKO 1. ERILAISTEN TUHKIEN RAVINNEPITOISUUKSIA
% KUIVA-AINETTA

	Puuntuhka (Malmström 1935)	Kuorituhka MÄ (Kemira)	Polttoturvetuhka (Kemira)
Ca	32,98	11,1 -41,0	9,0-12,5
Mg	4,65	1,0 -5,6	0,9- 2,0
Fe	2,43	0,5 -3,6	20,0-34,0
Al	3,79	-	2,2-5,5
K	1,57	1,50	0,6-2,5
Na	1,11	-	-
P	0,89	1,18	1,8-8,0
S	0,29	0,2 -4,7	-
Si	5,45	-	6,2-22,4
NH ₄ -N		0,005	-
Mn		0,4 -2,4	0,14
Cu		0,01	0,008
Zn		0,07-0,41	0,0032
Mo		>0,005	0,006
Co		0,001	-
B		0,01-0,03	-
V		0,01-0,24	0,025
C		6,7	
pH		11,2	
	1m ³ puuntuhkaa ilmakuivana (0,34% H ₂ O = 1 075 kg		

LIITETAULUKKO 2. ERI TUHKALAJIEN
SISÄLTÄMISTÄ RAVINNEMÄÄRISTÄ AR-
VIOITU 5000 Kg TUHKAA SISÄLTÄMÄT
PITOISUUDET

Rav.	X %	Kg/5000 kg tuhkaa
NH ₄ -N	0,0005	0,25
P	1,8	90
K	1,8	90
Ca	20	1000
Mg	4	200
Fe	5	250
S	2	100
Si	10	500
Al	3	150
Na	1	50

LIITETAULUKKO 3. PUUSTON VUOTUINEN RAVINNETASE
(MÄLKÖNEN 1979)

45 v. MT männikkö

	kg/ha			
	N	P	K	Ca
a	39	4,2	18	19
b	28	3,2	15	12
c	11	1,0	3	8

a = puusto otti maasta

b = sitoutui puustoon

c = palautui karikkeina

Liite 3

SÄDEKASVUN KOEPUULUETTELO

XII-1

Nro	$\frac{1}{2} d_{1,3}$	lustoja
1	4465	43
2	3664	37
3	4669	41
4	5581	37
5	5687	33
6	5787	42
7	4880	43
8	6575	38
9	3712	43
10	2329	25
10 kpl 47349		382
ir		124

XII-2

11	5939	41
12	6728	46
13	8254	46
14	9491	42
15	8265	46
16	10314	42
17	10685	42
18	8270	38
19	9366	46
20	6842	41
10 kpl 82745		418 ir 198
1409		12 " 117 ennen lann.

XIII-0

21	4645	46
22	5203	46
23	7170	46
24	5553	46
25	4536	46
26	3384	46
27	6836	46
28	3344	46
29	4554	46
30	5898	46
31	5431	46
11 kpl 56554		506
ir		112

XIII-1

32	10671	46
33	6750	46
34	8160	46
35	5239	46
36	9062	46
37	10088	46
38	9892	46
39	6917	46
40	4227	46
41	7210	46
10 kpl 75433		430 ir 93
2783		30 " 175

XIII-2

			Nro	
42	9692	46		
43	11512	46	48	7766 46
44	6388	46	49	7474 46
45	8378	46	50	12273 46
46	6120	46	51	6947 46
47	7338	46	52	6951 46
			11 kpl 88900 473	
			1929 33	

ir = sädekasvu

ir 188
" 58 ennen lann.

XXD	$\frac{1}{2}$ D1.3	lustoja			VI-10				
53	5766	34							
54	3262	24			96	7435	33		
55	3992	29			97	7666	38		
56	2247	23			98	5902	32		
57	3559	33			99	8360	33		
58	5284	34			4 kpl	29363	136		
59	4375	28			ir	216			
60	4659	27							
61	3410	26							
62	4618	20							
10 kpl	40357	270	ir	149					
	815	8	"	102					
<u>L0</u>					<u>L2</u>	<u>tuhka + N</u>			
63	1698	13			78	2342	16	2456	9
64	3007	24			79	1463	8	1819	9
65	3294	25			80	5025	22	2845	9
66	3584	24			81	1705	15	2174	9
67	3178	24			82	5449	30		
5 kpl	14761	110			83	2599	15		
ir	134				84	3688	23		
					85	4504	25		
					86	3556	23		
					9 kpl	30331	177	9294	36
					ir	171	ir	258	
<u>L1</u>					<u>L4</u>	<u>tuhka+N</u>			
68	5496	20			87	4463	34		
69	4318	21			88	4734	27		
70	4541	22			89	5547	25	1813	9
71	7057	21			90	3167	20		
72	6627	24			91	4196	20	1909	9
73	2795	8	3217	9	92	3035	16	1797	9
74	4185	14	3047	9	93	3616	17	2924	9
75	3169	11	3956	9	94	3638	17	1543	9
76	2973	11	2327	9	95	3749	28		
77	4711	16	2558	9					
10 kpl	45872	168	15105	45	9 kpl	36145	204	9986	45
ir	273	ir	336		ir	177	ir	222	

<u>19</u>	$\frac{1}{2}$ D 1.3	lustoja
100	6163	27
101	5224	26
102	5347	22
103	6104	24
104	6544	24
105	5545	21
106	6562	26
107	6076	25
108	6717	26
109	9370	25
110	7154	20
111	8265	26
112	5230	27
113	3541	17
137	6489	26
138	8274	25
139	6530	23
140	5992	28
141	5641	25
142	6428	28
<hr/>		
20 kpl	127196	491
	ir	259

<u>19A</u>		
167	5246	23
168	6177	23
169	6856	26
170	5562	29
171	3905	24
<hr/>		
5 kpl	27746	125
	ir	222

<u>20</u>		
172	7739	27
173	7224	24
174	7092	21
175	5269	25
176	7201	24
177	7416	23
178	5076	20
179	4766	21
180	4837	25
181	9624	25
182	6569	28
183	5197	28
184	6922	23
185	4863	20
186	8798	22
187	7947	22
188	5851	21
189	7370	32
<hr/>		
18 kpl	119341	427 ir 279
	420	4 ir 105

<u>18</u>		
159	8715	25
160	5397	25
161	4923	22
162	3413	21
163	5564	20
164	7173	24
165	4406	30
166	4140	30
<hr/>		
8 kpl	43181	191 ir 226
	550	6 " 92

<u>21</u>	$\frac{1}{2}$ D 1.3	lustoja	<u>23</u>		
151	8910	27	125	7111	25
152	6013	20	126	6913	24
153	5291	21	127	9238	24
154	5498	21	128	7138	25
155	8081	28	129	7537	24
156	7523	21	130	4565	23
157	4398	21	131	5562	26
158	8841	26	132	4553	22
<hr/>			133	7688	26
8 kpl	54555	185	134	6259	26
ir	295		135	8921	26
			136	8138	28
			143	9948	26
			144	3987	21
<u>22</u>			145	5812	26
114	6387	26	146	4675	18
115	5417	23	<hr/>		
116	5297	22	16 kpl	108045	390
117	6079	22	ir	277	
118	7842	26			
119	4904	21			
120	7267	23			
121	6082	24			
122	6214	23			
123	4558	18			
124	6924	26			
147	5262	24			
148	5448	23			
149	5407	24			
150	5101	23			
<hr/>					
15 kpl	88189	348			
ir	253				

